

Sistem Penyiraman Pintar dan Pemantauan Menggunakan Sistem IoT Berbasis *Smartphone* Pada Tanaman Cabai

Josua Cristian Tambunan¹, Adlian Jefiza^{1*}

¹ Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam, Batam
Jl. Ahmad Yani, Tlk. Tering, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau 29461

*Corresponding Author : adlianjefiza@polibatam.ac.id

Abstrak

Penyiraman dapat mempengaruhi kualitas dan tumbuh kembang tanaman cabai. Saat ini proses penyiraman pada tanaman cabai masih dilakukan dengan cara konvensional menggunakan bantuan tangan manusia sehingga kurang efektif. Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem untuk mengatasi permasalahan ini, yaitu sistem penyiraman tanaman cabai otomatis dan juga terjadwal menggunakan metode fuzzy. Alat penyiraman otomatis menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama. Fuzzy diaplikasikan untuk menghasilkan tiga durasi penyiraman yang berbeda berdasarkan parameter. Sebagai parameter fuzzy, digunakan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu udara dan sensor YL-69 untuk mendeteksi kelembaban tanah, sementara penyiraman terjadwal diaplikasikan menggunakan modul RTC DS3231. Sistem pemantauan juga diusulkan dengan memanfaatkan sistem IoT untuk *monitoring* kondisi lingkungan di sekitar tanaman cabai melalui aplikasi *Blynk*. Sistem penyiraman otomatis dan terjadwal yang dihasilkan dari penelitian ini dapat berfungsi dengan baik dalam mengendalikan durasi penyiraman dengan rata-rata durasi yang dihasilkan 4.52 detik dan mampu menjaga kelembaban tanah pada tanaman cabai dengan rata-rata 73.2%, sistem penyiraman otomatis juga menunjukkan hasil yang lebih efektif dalam menjaga kelembaban tanah jika dibandingkan dengan penyiraman manual. Sementara, sistem IoT pemantauan atau *monitoring* aplikasi *Blynk* menggunakan jaringan *hotspot* pada lingkungan tanaman cabai dapat berfungsi dengan baik dengan jarak akses 20m..

Keywords: fuzzy, kelembaban tanah, suhu udara, sistem IoT, tanaman cabai.

1. Pendahuluan

Kualitas dan tumbuh kembang tanaman cabai dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya adalah proses penyiraman[1]. Penyiraman berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air serta menjaga kelembaban tanah pada tanaman cabai sehingga dapat menjaga tanaman tersebut agar tumbuh dengan subur dan mendapatkan hasil yang baik[2]. Saat ini proses penyiraman tanaman cabai banyak dilakukan dengan cara konvensional yaitu dengan bantuan tangan manusia. Hal ini sedikit kurang efektif karena manusia tersebut terkadang tidak dapat melakukan penyiraman secara berkala karena kondisi tertentu. Selain itu, sistem penyiraman yang dilakukan oleh manusia memiliki kekurangan, seperti dapat menghabiskan banyak waktu, pengeluaran energi cukup besar dan penggunaan air menjadi boros[3]. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang baru untuk mengatasi masalah penyiraman manual.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut, seperti penelitian yang dilakukan oleh Andi dkk pada tahun 2020 yang mengusulkan sebuah sistem penyiraman otomatis tanaman cabai untuk menjaga kelembaban tanah[4]. Namun sistem yang diusulkan dimana sistem yang dihasilkan menghasilkan dua kondisi

penyiraman yaitu aktif dan juga mati, sehingga sistem ini masih kurang efektif karena belum memenuhi kebutuhan air untuk setiap kondisi tanah yang berbeda-beda pada tanaman cabai.

Kemudian, penelitian dilakukan oleh Musyaffa dkk pada tahun 2023 yang mengusulkan sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan metode *fuzzy*[5]. Sistem yang diusulkan sudah mampu menghasilkan kondisi penyiraman yang berbeda sesuai dengan kebutuhan tanaman cabai melalui pemrosesan logika *fuzzy*. Namun, penyiraman tanaman cabai yang dilakukan masih belum terjadwal, sementara penyiraman tanaman cabai baik dilakukan pada pagi hari dan sore hari[6].

Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem penyiraman otomatis pada tanaman cabai dengan waktu penyiraman yang terjadwal, penyiraman otomatis dibuat dengan menggunakan metode *fuzzy* dalam mengklasifikasikan kondisi parameter penyiraman yaitu suhu udara dan kelembaban tanah. Hal ini dilakukan agar sistem dapat menghasilkan durasi penyiraman yang berbeda, sehingga debit air yang diterima oleh tanaman cabai serta kelembaban tanah menjadi lebih terkontrol. Sensor DHT22 digunakan untuk mendeteksi suhu udara dan juga sensor YL-69 sebagai sensor kelembaban tanah. Penyiraman secara terjadwal dilakukan dengan menambahkan modul RTC DS3231 sehingga alat akan bekerja sesuai dengan waktu yang telah diatur yaitu pagi hari (07:00) dan sore hari (16:10).

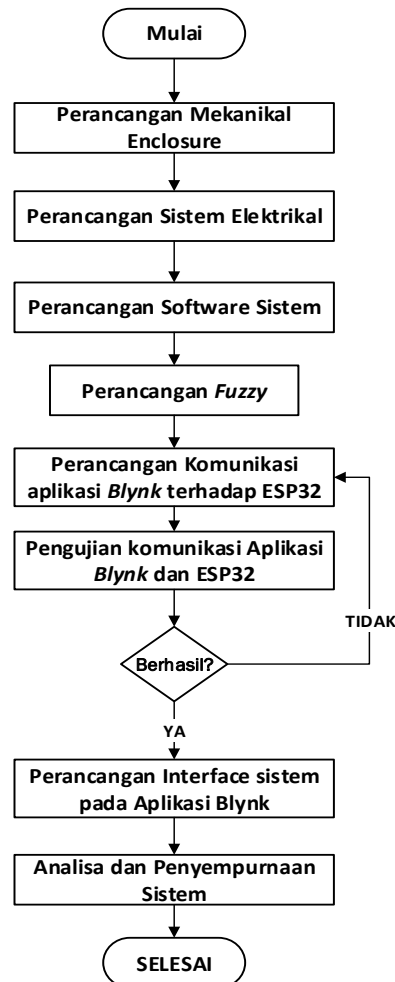
Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, berbagai teknologi diciptakan untuk mempermudah manusia. Salah satu wujud teknologi tersebut adalah adanya sistem yang bernama *Internet Of Things* atau IoT. Pada suatu sistem IoT manusia dapat melakukan pemantauan dan pengontrolan suatu alat menggunakan jaringan internet dari jarak yang cukup jauh sehingga dapat mempermudah manusia[7]. Dengan memperhatikan keuntungan dari sistem IoT tersebut, maka sistem IoT dapat diterapkan pada alat yang akan dibuat. Sistem IoT pada penelitian ini digunakan untuk mengatasi masalah sulitnya melakukan proses *monitoring* kondisi lingkungan seperti suhu udara, kelembaban udara dan kelembaban tanah pada tanaman cabai. Sistem IoT juga dapat digunakan untuk melakukan penyiraman manual pada tanaman cabai. Dengan adanya sistem IoT, manusia dapat melakukan *monitoring* dan pengontrolan tanpa harus berada di lokasi tanaman, melainkan dapat dilakukan dari jarak yang cukup jauh dengan bantuan jaringan internet[8]. Untuk mengimplementasikan sistem IoT pada sistem yang akan dibuat maka akan digunakan mikrokontroler ESP32.

ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama alat. Perangkat ini berfungsi untuk melakukan *processing* kendali *fuzzy* dari data sensor DHT22 dan *Soil Moisture* dan mengirim perintah kepada modul relay untuk menghidupkan *output* berupa *solenoid valve* yang berfungsi untuk mengalirkan air. Untuk memudahkan manusia dalam penggunaan sistem pemantauan melalui IoT, maka akan digunakan sebuah aplikasi bernama *Blynk*. *Blynk* digunakan sebagai *interface* antara manusia dan sistem. Aplikasi *Blynk* akan diinstall pada perangkat *smartphone*.

2. Metode Penelitian

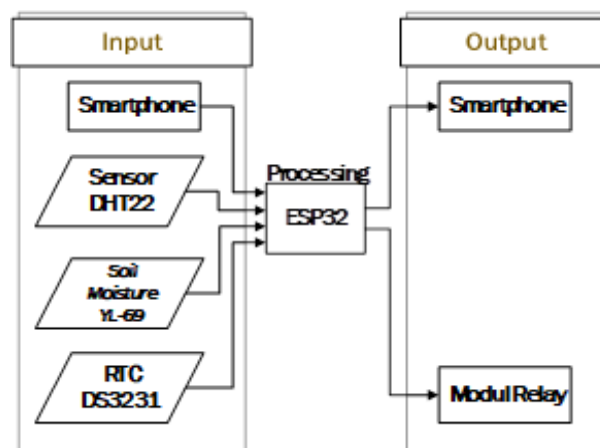
Metode penelitian yang dilakukan akan melewati beberapa tahapan, tahapan pertama yaitu studi literatur yang dilakukan untuk mempersiapkan penelitian dengan mencari literasi dari berbagai sumber. Kemudian tahapan penelitian dilanjutkan dengan tahapan perancangan.

Perancangan sistem perlu dilakukan untuk membuat gambaran proses pengerjaan sistem yang akan dibuat dan menentukan sistem yang akan dibuat agar sesuai dengan tujuan alat. Tahapan perancangan pada penelitian ini dapat dilihat melalui flowchart perancangan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1: Flowchart perancangan

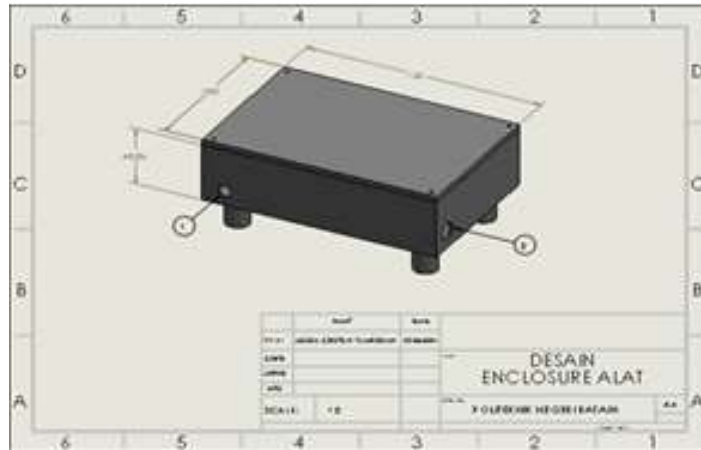
Dalam perancangan sistem diperlukan adanya diagram blok sistem, sehingga setiap aspek yang diperlukan dalam membuat sistem dapat terindikasi dengan baik. Gambar 2 menunjukkan diagram blok sistem yang diterapkan pada penelitian ini.



Gambar 2: Diagram blok sistem

1. Perancangan Mekanikal *Enclosure*

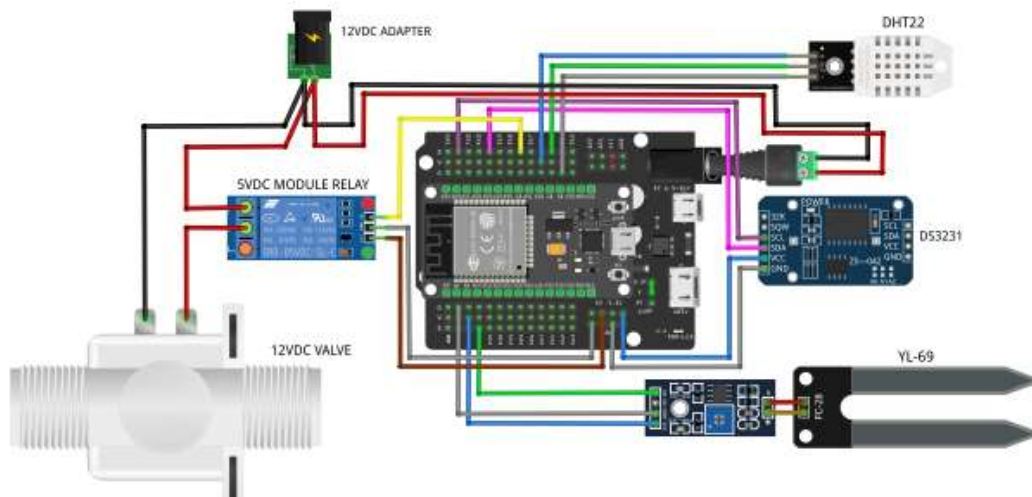
Perancangan mekanikal dari *enclosure* alat yang akan dibuat berbentuk *box* dengan menggunakan bahan *rubber* atau plastik. Pada kotak *enclosure* yang dibuat terdapat dua *socket* atau lubang yang berfungsi untuk *socket output* kran air elektrik dan juga *socket input* sensor DHT22 dan sensor YL-69. *Enclosure* yang akan digunakan memiliki ukuran: panjang 15cm, lebar 10cm, tinggi 4cm, dan tinggi penyangga 1,5cm. Berikut ini merupakan gambar rancangan dari *enclosure* alat.



Gambar 3: Desain mekanikal enclosure alat

2. Perancangan sistem elektrikal

Perancangan sistem elektrikal dilakukan untuk menghubungkan setiap komponen elektrikal yang akan digunakan dalam penelitian. Komponen elektrikal yang terdiri dari Modul ESP32, RTC DS3231, Sensor DHT22, Sensor YL-69, Modul Relay, Power Adaptor, dan juga Kran air elektrik dihubungkan sesuai dengan rancangan sehingga alat dapat berfungsi dengan baik. Rancangan elektrikal dari alat yang akan dibuat dapat dilihat dari Gambar 4.



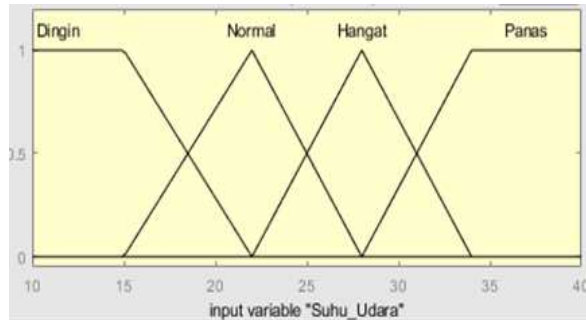
Gambar 4: Rangkaian elektrikal sistem

3. Perancangan Sistem Fuzzy

Perancangan fuzzy dilakukan untuk mengklasifikasikan atau mengolah data *inputan* berupa sensor sehingga dapat menghasilkan *output* sesuai dengan diagram alir sistem. Metode fuzzy tersebut akan ditanamkan pada mikrokontroler ESP32 menggunakan pemrograman Arduino IDE. Perancangan logika fuzzy sebagai sistem kendali dari proses penyiraman melibatkan dua parameter yang akan digunakan yaitu suhu udara dan

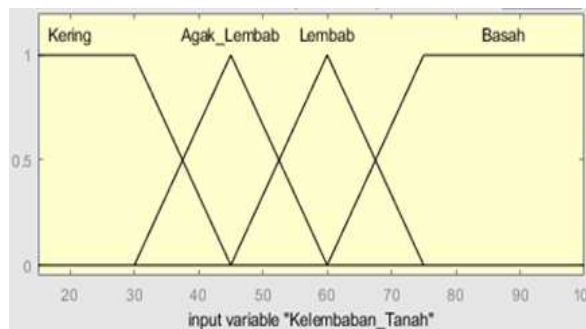
kelembaban tanah sebagai parameter *input* logika fuzzy dan durasi penyiraman sebagai *output* dari logika fuzzy tersebut.

Tahapan pertama dalam perancangan sistem *fuzzy* adalah *fuzzifikasi* yaitu menentukan fungsi keanggotaan dari parameter logika *input* dan juga *output* yang akan digunakan. Tahapan *fuzzifikasi* parameter *input* dari sistem penyiraman yang menggunakan suhu udara terbagi menjadi 4 yaitu Dingin(D), Normal(N), Hangat(H), dan Panas(P yang dapat dilihat pada Gambar 5.



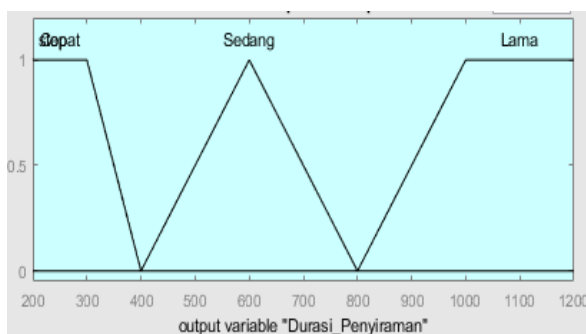
Gambar 5: Membership function input suhu udara

Sementara, pada *input* kelembaban tanah terbagi menjadi Kering(K), Agak Lembab(AL), Lembab(L), dan Basah(B) yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6: Membership function input kelembaban tanah

Sementara, pada *membership output* dirancang dengan hasil berupa durasi penyiraman yang terbagi menjadi 4 yaitu, Tidak Menyiram, Cepat, Sedang, dan Lama dengan masing-masing 0, 2-4, 4-8, dan 8-12 detik.



Gambar 7: Membership function output durasi penyiraman

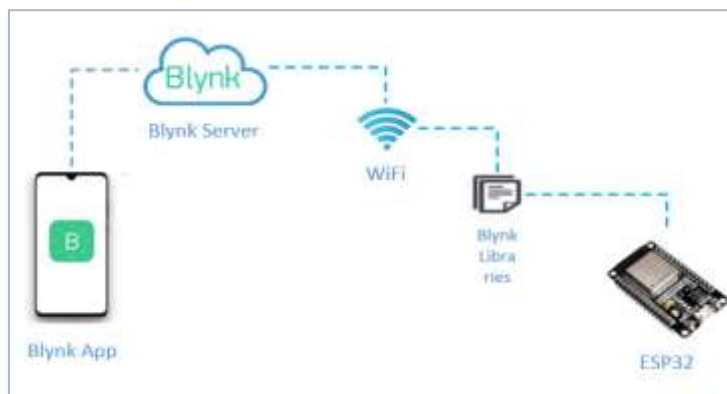
Setelah dilakukan *fuzzifikasi* untuk setiap parameter *input* dan *output*, selanjutnya dilakukan tahap pembentukan aturan atau *rule base*. Pada tahap ini, kedua variabel atau kondisi hasil pembentukan *fuzzifikasi* di atas dilakukan pemrosesan *IF-AND-THEN* sehingga nantinya dapat menghasilkan sebuah *output* berupa durasi penyiraman. Untuk aturan *fuzzy* yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1: Aturan sistem fuzzy

Kondisi		Suhu Udara			
		D	N	H	P
Kelembaban tanah	K	Cepat	Sedang	Lama	Lama
	AL	Cepat	Cepat	Sedang	Sedang
	L	Cepat	Cepat	Cepat	Cepat
	B	Tidak Menyiram	Tidak Menyiram	Tidak Menyiram	Tidak Menyiram

4. Perancangan sistem IoT

Tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah perancangan dan pembangunan sistem komunikasi antara ESP32 dengan aplikasi *Blynk* yang akan menjadi aplikasi dari sistem *Internet Of Things* yang akan diterapkan. ESP32 dan juga *Blynk* terhubung dengan menggunakan komunikasi *WiFi*. Sistem IoT pada penelitian ini digunakan sebagai sistem pemantauan yang akan memantau kondisi lingkungan pada tanaman cabai seperti suhu dan kelembaban udara dan juga kelembaban tanah serta proses penyiraman pada tanaman cabai. Sistem pemantauan diterapkan dengan memanfaatkan sebuah sistem IoT yang berbasis pada aplikasi *Blynk* pada *Smartphone*. Perancangan sistem IoT yang dilakukan melibatkan perancangan sistem komunikasi antara ESP32 dan juga aplikasi *Blynk* melalui pemrograman software Arduino IDE dan juga perancangan *interface* dari aplikasi *Blynk*. Perancangan sistem komunikasi mikrokontroler ESP32 dan aplikasi *Blynk* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8: Diagram topologi sistem komunikasi IoT aplikasi *Blynk* dan ESP32

Smartphone melalui aplikasi *Blynk* akan terhubung dengan perangkat ESP32 melalui koneksi WiFi. Perancangan sistem pemantauan ini akan dilakukan dengan menghubungkan aplikasi *Blynk* dengan ESP32 menggunakan *library* pada Arduino IDE dan juga *authorization code* yang diberikan oleh *server Blynk*. Setelah perancangan komunikasi sistem IoT selesai dilanjutkan dengan perancangan sistem *interface* yang akan digunakan. Pada *interface* aplikasi *Blynk* terdapat beberapa menu seperti menu pemantauan suhu dan kelembaban udara, kelembaban tanah, menu penyiraman manual dan notifikasi status penyiraman, dan juga menu durasi penyiraman. Desain *interface* dari aplikasi *Blynk* ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9: Desain *interface* aplikasi Blynk

3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil penelitian merupakan hasil pengujian dari seluruh alat dan sistem yang telah dibuat dan diimplementasikan terhadap objek penelitian sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian ini.

3.1 Hasil implementasi alat

Hasil implementasi sistem pada objek penelitian yaitu tanaman cabai. Tanaman cabai yang digunakan berusia 2 bulan 3 minggu saat pengujian dan ditanam di dalam sebuah *polybag* hitam berukuran tinggi : 18cm dan diameter *polybag* : 14cm.



Gambar 10: Implementasi alat pada tanaman cabai

3.2 Hasil pengujian sensor

Pengujian terhadap sensor suhu DHT22 dan juga YL-69 dilakukan sebanyak 6 kali. Pengujian dilakukan untuk memperhatikan hasil pembacaan sensor jika dibandingkan dengan alat ukur. Pengujian sensor DHT22 dilakukan dengan perbandingan menggunakan *Thermometer HTC-2*. Hasil pengujian sensor DHT22 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Pengujian sensor DHT22

No.	Waktu	Sensor DHT22 (°C)	Thermometer (°C)	Error(%)
1	08:00	28.6	28.8	0.69
2	10:00	30.0	30.2	0.66
3	12:00	32.0	32.3	0.92
4	14:00	31.2	30.9	0.97
5	16:00	29.8	30	0.66
6	18:00	28.2	28.5	1.05
Rata-rata				0.82

Pada hasil pengujian sensor DHT22 dengan perbandingan menggunakan Thermometer mendapatkan hasil error sebesar 0.82%. Hasil pengujian dari sensor DHT22 di atas menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki tingkat akurasi yang masih cukup baik. Dengan begitu penerepan sensor DHT22 dalam mendeteksi suhu udara yang akan digunakan dalam parameter *input* sistem *fuzzy* nantinya akan mendapatkan hasil yang baik.

Sementara pada pengujian sensor YL-69 dilakukan dengan perbandingan *Soil Meter*. Hasil pengujian sensor YL-69 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Pengujian sensor YL-69

No.	ADC ESP32	Persentase YL-69 (%)	Soil Meter(%)	Error(%)
1	3227	27	26	3.8
2	2866	38	36	5.5
3	2260	59	61	3.2
4	1968	66	69	4.3
5	1695	73	75	2.6
6	1220	85	83	2.4
Rata-rata				3.63

Dari tabel di atas dapat dilihat hasil pengujian sensor YL-69 dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur *soil meter 3in1*. Dengan rata-rata error sebesar 3.63% dapat disimpulkan bahwa sensor YL-69 dapat mendeteksi kelembaban tanah dari kering hingga basah dengan akurasi yang masih cukup baik untuk digunakan sebagai parameter *input* kelembaban tanah pada alat yang dirancang.

3.3 Hasil pengujian sistem fuzzy

Hasil pengujian sistem *fuzzy* merupakan perbandingan durasi penyiraman yang dihasilkan oleh sistem melalui ESP32 dengan hasil durasi penyiraman yang ditampilkan menggunakan perhitungan manual melalui aplikasi Matlab. Hasil pengujian dari sistem *fuzzy* pada sistem ESP32 dan aplikasi Matlab dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4: Hasil Pengujian sistem Fuzzy

No	Suhu Udara(°C)	Kelembaban(%)	ESP32	Matlab	Error (%)
1	30.1	37	84.0	84.3	0.35
2	30.0	64	44.3	44.4	0.22
3	28.4	31	100.9	101.0	0.09
4	30.4	72	46.4	46.6	0.42
5	29.4	57	41.8	42.0	0.47
6	30.2	62	44.7	44.9	0.44
7	31.0	55	48.9	48.9	0
8	32.2	30	103.7	104.0	0.28
Rata-rata error					0.28

Dari data yang dilampirkan pada Tabel 4, hasil pengujian metode *fuzzy* yang dilakukan sebanyak 8 kali menunjukkan adanya perbedaan nilai yang dihasilkan oleh sistem *fuzzy* ESP32 dengan aplikasi Matlab. Didapatkan rata-rata error yang dihasilkan sebesar 0.28%. Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan logika *fuzzy* pada sistem ESP32 sudah cukup baik dalam menghasilkan *output* durasi penyiraman.

3.4 Hasil pengujian sistem penyiraman

Pengujian sistem penyiraman dilakukan dengan memperhatikan hasil dari alat yang dibuat dalam mengendalikan durasi penyiraman ketika aktif hingga mati. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil dari alat yang dirancang yaitu hasil metode *fuzzy* dalam mengendalikan durasi penyiraman yang dihasilkan dan juga kelembaban tanah yang dihasilkan setelah penyiraman aktif serta menguji penyiraman terjadwal yang telah dirancang.

1. Hasil pengujian sistem penyiraman otomatis

Dari Tabel 5 merupakan hasil pengujian sistem penyiraman otomatis pada alat yang dirancang. Pengujian dilakukan sebanyak 7 kali, dengan tujuan untuk menguji penyiraman terjadwal yang dirancang dalam periode hari yang berbeda dan juga melihat beberapa kondisi dari kelembaban tanah serta suhu udara yang ada pada tanaman cabai dan bagaimana durasi penyiraman yang dihasilkan. Hasil pengujian dari sistem penyiraman otomatis dapat dilihat pada tabel 5 di bawah.

Tabel 5: Hasil Pengujian sistem penyiraman otomatis

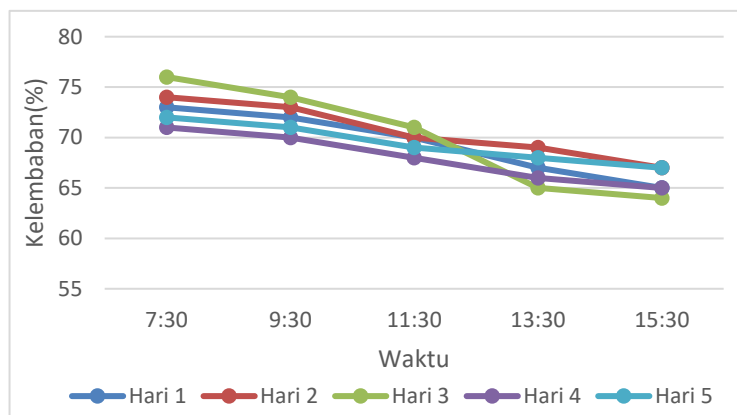
No	Hari	Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Durasi (detik)	Hasil Kelembaban (%)
1	Hari ke-1	Pagi (07 :10)	29.9	46	5.4	70
		Sore (16 : 10)	30.6	65	4.6	72
2	Hari ke-2	Pagi (07 :10)	30	51	5.1	76
		Sore (16 : 10)	28	40	7.6	80
3	Hari ke-3	Pagi (07 :10)	29.3	71	2.6	78
		Sore (16 : 10)	30	54	4.6	73
4	Hari ke-4	Pagi (07 :10)	28	66	2.8	75
		Sore (16 : 10)	31.4	46	6.9	71
5	Hari ke-5	Pagi (07 :10)	30.4	63	4.4	74
		Sore (16 : 10)	31.1	62	4.8	73
6	Hari ke-6	Pagi (07 :10)	29	60	3.9	69
		Sore (16 : 10)	28.4	62	2.9	73
7	Hari ke-7	Pagi (07 :10)	28.6	68	2.8	74
		Sore (16 : 10)	31	55	4.9	68
Rata Rata					4.52	73.2

Hasil pengujian menunjukkan sistem penyiraman telah bekerja sesuai dengan jadwal yang ditentukan yaitu pagi hari pukul 07:10 dan sore hari pukul 16:10 selama 7 kali pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah berhasil dalam mengendalikan penyiraman terjadwal. Rata-rata durasi penyiraman yang dihasilkan dari sistem adalah sebesar 4.52 detik.

Kemudian, diambil juga data hasil kelembaban tanah setelah sistem penyiraman aktif. Data hasil kelembaban diambil dengan memperhatikan perubahan kelembaban tanah pada sistem *monitoring* aplikasi *Blynk* maupun serial monitor hingga akhirnya mencapai nilai yang stabil. Secara keseluruhan, hasil kelembaban tanah setelah dilakukan penyiraman mendapatkan rata-rata 73.2%. Sehingga dari data pengujian hasil kelembaban ini dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *fuzzy* dalam mengendalikan durasi penyiraman sudah berfungsi dengan cukup baik untuk mengendalikan kelembaban tanah yang sesuai pada tanaman cabai.

2. Hasil pengujian perubahan kondisi kelembaban tanah

Pada pengujian sistem penyiraman diambil pula data pengujian mengenai kondisi kelembaban tanah yang dihasilkan setelah penyiraman aktif hingga nantinya aktif kembali. Pengujian dilakukan selama 5 hari dengan melihat persentase kelembaban tanah secara aktual menggunakan *soil meter* setiap selang 2 jam setelah penyiraman aktif. Data hasil pengujian dapat dilihat dari grafik yang ditampilkan pada gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11: Grafik perubahan kondisi kelembaban tanah

Pada pengujian yang dilakukan selama 5 hari berturut-turut, hasil pengujian menunjukkan kelembaban tanah yang dihasilkan masih berada pada range yang mencukupi untuk kebutuhan tanaman cabai pada setiap harinya yaitu sekitar 64% hingga 76%.

3. Hasil pengujian perbandingan dengan penyiraman manual

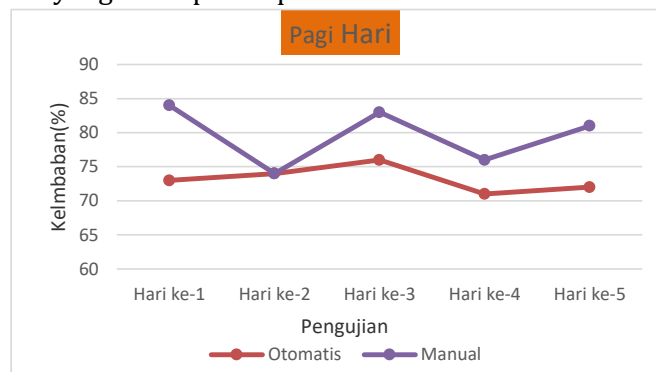
Pada saat yang bersamaan dengan pengujian pergerakan nilai kelembaban tanah, dilakukan juga pengujian perbandingan penyiraman otomatis dan penyiraman manual pada tanaman cabai. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil kelembaban tanah yang dihasilkan oleh penyiraman otomatis dengan penyiraman manual pada tanaman cabai yang ditanam di polybag yang berbeda dengan ukuran polybag dan volume tanah yang sama, penyiraman manual juga dilakukan pada waktu yang sama dengan sistem penyiraman otomatis yaitu pukul 07:10 dan pukul 16:10. Hasil pengujian perbandingan penyiraman otomatis dan penyiraman manual dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6: Hasil pengujian perbandingan sistem penyiraman

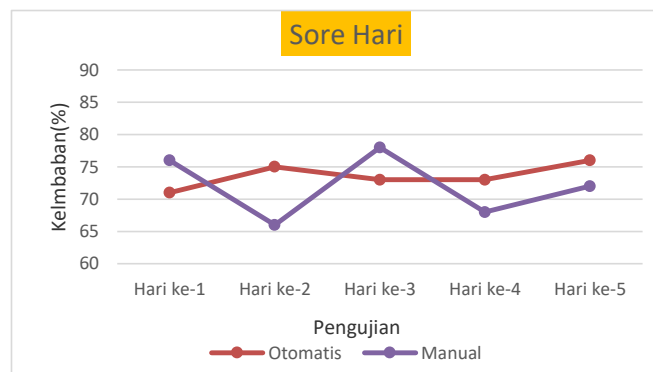
Hari ke-	Waktu	Penyiraman Otomatis			Penyiraman Manual		
		Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Durasi (s)	Hasil Kelembaban (%)	Volume Air (mL)	Hasil Kelembaban (%)
1	07:10	30.6	60	4.7s	73	±450	84
	16:10	29.8	63	4.3s	71	±150	76
2	07:10	29.3	64	4.1s	74	±200	74
	16:10	30	65	4.4s	75	±100	66

3	07:10	30	65	4.4s	76	±350	83
	16:10	31.3	61	4.9s	73	±200	78
4	07:10	29.6	60	4.1s	71	±300	76
	16:10	30.2	62	4.5s	73	±150	68
5	07:10	28.2	63	3.3s	72	±250	81
	16:10	29.6	65	4.2s	76	±200	72
Rata-rata					73.4		75.6

Dari hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan dari kelembaban tanah yang dihasilkan oleh sistem penyiraman otomatis yang dikembangkan dibandingkan dengan metode penyiraman manual oleh manusia. Jika ditampilkan kedalam bentuk grafik hasil pengujian dibagi menjadi kondisi pagi hari dan sore hari seperti yang ditampilkan pada Gambar 12.



(a)



(b)

Gambar 12: (a) Grafik hasil kelembaban tanah pada pagi hari, (b) Grafik hasil kelembaban tanah pada sore hari

Secara keseluruhan pengujian sistem penyiraman otomatis mampu menghasilkan kelembaban tanah dengan rata-rata 73.4 %, sedangkan penyiraman manual menghasilkan nilai rata-rata 75.6%. Kemudian dengan menggunakan data pengujian perbandingan sistem penyiraman otomatis dan penyiraman manual, dilakukan analisa dengan menggunakan standar deviasi.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \tilde{x})^2}{n}} \quad (1)$$

Keterangan: σ : Standar Deviasi

x_i : Nilai x ke-i

\tilde{x} : Nilai rata-rata

n : Jumlah data

Dengan menggunakan rumus(1) di atas, diperoleh hasil standar deviasi hasil kelembaban tanah yang dihasilkan ssitem penyiraman otomatis sebagai berikut.

$$\sigma = \sqrt{\frac{30.4}{10}}$$

$$\sigma = \sqrt{3.04}$$

$$\sigma = 1.74$$

Sementara, pada sistem penyiraman manual, diperoleh nilai standar deviasi sebagai berikut ini.

$$\sigma = \sqrt{\frac{325.6}{10}}$$

$$\sigma = \sqrt{32.56}$$

$$\sigma = 5.70$$

Nilai standar deviasi dari kedua metode yang digunakan diperoleh bahwa sistem penyiraman otomatis dari alat yang dirancang mendapatkan nilai standar deviasi 1.74 dan sistem penyiraman manual mendapatkan hasil standar deviasi sebesar 5.70, selisih standar deviasi yang diperoleh 3.96. Dari hasil standar deviasi ini dapat dilihat bahwa sistem penyiraman otomatis memiliki tingkat penyebaran data yang lebih baik daripada sistem penyiraman manual yang berarti sistem penyiraman otomatis lebih efektif dalam menjaga kestabilan hasil kelembaban tanah dibandingkan dengan penyiraman manual oleh manusia.

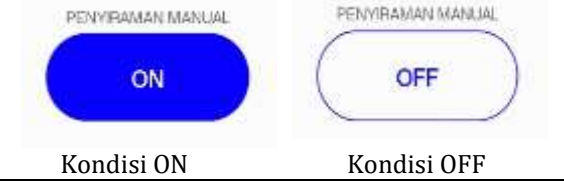
3.5 Hasil pengujian sistem IoT

Sistem pemantauan atau *monitoring* yang dirancang untuk memantau kondisi lingkungan dan juga sistem penyiraman pada tanaman cabai menggunakan aplikasi *Blynk* pada *smartphone*. Pengujian sistem IoT merupakan pengujian dari sistem pemantauan lingkungan tanaman cabai dengan menggunakan aplikasi *Blynk* melalui perangkat *Smartphone*.

Pengujian dilakukan pada fungsionalitas dari setiap fitur yang telah dirancang pada aplikasi *Blynk*. Hasil pengujian sistem IoT dan tampilan dari *Grafical User Interface* dari setiap fitur dapat dilihat pada Tabel 7. Dengan hasil pengujian yang menunjukkan bahwa setiap fitur yang ada pada aplikasi *Blynk* dapat berfungsi dengan baik.

Tabel 7: Hasil Pengujian sistem IoT aplikasi *Blynk*

No	Fitur	Tampilan Aplikasi <i>Blynk</i>
1	Pemantauan Suhu dan Kelembaban Udara	
2	Pemantauan Kelembaban Tanah	

3	Notifikasi penyiraman	
4.	Penyiraman manual	
5	Durasi Penyiraman	

Hasil pengujian dari tampilan setiap fitur pada aplikasi *blynk* menunjukkan bahwa setiap fitur dapat berfungsi dengan baik dan dapat ditampilkan pada aplikasi. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap hasil pembacaan dari nilai sensor suhu udara dan kelembaban tanah pada aplikasi *blynk* dengan membandingkan hasil pembacaan yang ditampilkan pada serial monitor. Pengujian dilakukan dengan melihat hasil pembacaan nilai sensor pada serial monitor dan aplikasi *blynk* pada waktu yang sama. Hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8: Hasil Pengujian tampilan aplikasi *Blynk*

No.	Serial Monitor ESP32			Aplikasi <i>Blynk</i>		
	Suhu Udara (°C)	Kelembaban udara (%)	Kelembaban tanah (%)	Suhu udara (°C)	Kelembaban udara (%)	Kelembaban tanah (%)
1	29.6	86.0	13	29.6	86.0	13
2	28.9	88.0	45	28.9	88.0	45
3	29.2	92.2	34	29.2	92.2	34
4	31.1	54.3	56	31.1	54.3	56
5	30.9	60.2	46	30.9	60.2	46

Pengujian hasil pembacaan nilai sensor pada aplikasi *Blynk* yang dibandingkan dengan pembacaan nilai sensor pada serial monitor arduino IDE menunjukkan hasil yang sangat baik. Dimana pada pengujian yang dilakukan sebanyak 5 kali, tidak ada perbedaan hasil pembacaan nilai sensor yang ditampilkan oleh aplikasi *Blynk*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa aplikasi *Blynk* dapat berfungsi dengan baik dalam menampilkan nilai pembacaan sensor. Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap jarak aksesibilitas alat dengan sumber internet. Pengujian ini dilakukan untuk melihat fungsionalitas alat terhadap jarak atau *range* dengan sumber internet.

Tabel 9: Hasil Pengujian jarak aksesibilitas aplikasi *Blynk*

No.	Percobaan	Jarak Alat Dari Sumber Internet						
		5m	10m	15m	20m	25m	30m	40m
1	Pemantauan Suhu Udara	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
2	Pemantauan Kelembaban Udara	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
3	Pemantauan Kelembaban Tanah	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
4	Notifikasi Penyiraman	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
5	Penyiraman Manual	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗

Dari tabel hasil pengujian di atas, tanda centang (✓) menandakan sistem IoT dapat berfungsi dengan baik, sedangkan tanda silang (✗) berarti sistem IoT mengalami masalah koneksi sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Dari hasil pengujian di atas dapat dilihat bahwa alat dapat berfungsi dengan baik pada fitur pemantauan hingga jarak maksimal 25m dari sumber internet, sedangkan pada fitur penyiraman dan notifikasi jarak maksimal berada pada 20m. Jarak aksesibilitas sistem IoT ini juga dipengaruhi oleh tipe dan *range* jangkauan dari *WiFi* yang digunakan. Pada penelitian ini, sumber internet yang digunakan adalah hotspot dari perangkat *smartphone*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan pada penelitian ini, secara keseluruhan dapat diambil kesimpulan bahwa alat penyiraman yang dirancang mampu menghasilkan sebuah sistem penyiraman otomatis dan juga terjadwal secara baik. Metode *fuzzy* yang diterapkan mampu menghasilkan durasi penyiraman dengan rata-rata 4.52s dan mampu mengendalikan kelembaban tanah dengan rata-rata 73.2%. Dari hasil pengujian hasil kelembaban tanah juga menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis yang dikembangkan mampu menghasilkan kelembaban tanah yang lebih stabil dengan nilai standar deviasi kelembaban tanah 1.74 dibandingkan dengan penyiraman manual dengan nilai standar deviasi kelembaban tanah 5.70. Sistem IoT yang digunakan sebagai sistem pemantauan melalui aplikasi *Blynk* juga mampu berfungsi dengan baik dalam menampilkan kondisi lingkungan dengan jarak aksesibilitas maksimal 20m yang menggunakan sumber internet berupa *hotspot* dari *smartphone*.

Daftar Pustaka

- [1] Tanjung, "SISTEM OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BERBASIS TELEGRAM," *SIGMA TEKNIKA*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [2] B. Sugandi and J. Armentaria, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Metode Logika Fuzzy," *Journal of Applied Electrical Engineering*, vol. 5, no. 1, 2021, doi: 10.30871/jaee.v5i1.2991.
- [3] A. R. Putri, Suroso, and Nasron, "Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis pada Miniatur Greenhouse Berbasis IOT," *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2019*, vol. 5, 2019.
- [4] A. Priyono and P. Triadyaksa, "Sistem penyiram tanaman cabai otomatis untuk menjaga kelembaban tanah berbasis esp8266," *Berkala Fisika*, vol. 23, no. 3, 2020.
- [5] N. Musyaffa, B. Rifai, R. Sastra, and E. Yuniarto, "Smart Plant Monitoring System Kelembaban Tanah Menggunakan Metode Fuzzy Logic Pada Tumbuhan Cabai Berbasis IoT," *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, vol. 11, no. 1, 2023, doi: 10.31294/jki.v11i1.16114.
- [6] M. Hendri, S. Sucipto, and R. W. S. Insani, "SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS PADA TANAMAN CABAI RAWIT MENGGUNAKAN METODE FUZZY SUGENO," *JUTECH: Journal Education and Technology*, vol. 4, no. 1, 2023, doi: 10.31932/jutech.v4i1.2109.
- [7] F. Ariani, R. Y. Endra, E. Erlangga, Y. Aprilinda, and A. R. Bahan, "Sistem Monitoring Suhu dan Pencahayaan Berbasis Internet of Thing (IoT) untuk Penetasan Telur Ayam," *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi dan Teknologi*, vol. 10, no. 2, 2020, doi: 10.36448/jmsit.v10i2.1602.
- [8] M. Y. N. Shahrosi, A. Harijanto, and L. Nuraini, "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban dan Intensitas Cahaya pada Tanaman Cabai Berbasis IoT," *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, vol. 7, no. 3, 2023, doi: 10.30998/string.v7i3.15139.