



Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Budidaya Jamur Tiram menggunakan Logika Fuzzy

Samaria¹, Helyawati Hamrul², Muh. Fuad Mansyur³

^{1,2,3}Prodi Informatika Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat, Majene

e-mail: ¹samariaeng@gmail.com, ²heliawatyhamrul@unsulbar.ac.id, ³muh.fuadm@unsulbar.ac.id

Abstrak

Budidaya jamur tiram membutuhkan pengawasan suhu dan kelembaban yang tepat untuk pertumbuhan optimal. Penelitian ini mengusulkan sistem monitoring berbasis logika fuzzy untuk mendukung budidaya jamur tiram, dengan tujuan meningkatkan produktivitas dan kualitas panen melalui pengaturan penyiraman. Metode melibatkan pengumpulan data suhu dan kelembaban serta konsep logika fuzzy. Penggunaan logika fuzzy memungkinkan sistem mengambil keputusan dari informasi tidak pasti, seperti pemikiran manusia. Dengan variabel linguistik seperti "dingin", "sedang", "panas" untuk suhu, dan "kering", "lembab" untuk kelembaban, sistem memberikan rekomendasi durasi penyiraman sesuai dengan hasil dari logika fuzzy. Hasil penelitian menunjukkan sistem monitoring menghasilkan durasi penyiraman sesuai suhu dan kelembaban yang terbaca, dengan logika fuzzy meningkatkan akurasi pengambilan keputusan. Ini berdampak positif pada pertumbuhan dan kualitas panen jamur tiram. Kesimpulan penelitian menunjukkan penggunaan logika fuzzy dalam monitoring suhu dan kelembaban meningkatkan efisiensi budidaya jamur tiram dalam hal produksi dengan peningkatan sebesar 40%. Penelitian berikutnya dapat mengembangkan aspek lain dari budidaya jamur yang dapat diintegrasikan dalam sistem monitoring serupa.

Kata kunci—jamur tiram, monitoring, fuzzy, produktivitas.

Abstract

Cultivating oyster mushrooms requires precise monitoring of temperature and humidity for optimal growth. This study proposes a fuzzy logic-based monitoring system to support oyster mushroom cultivation, aiming to enhance productivity and harvest quality through irrigation regulation. The method involves collecting temperature and humidity data along with fuzzy logic concepts. Utilizing fuzzy logic allows the system to make decisions based on uncertain information, akin to human thinking. Employing linguistic variables like "cold", "moderate", "hot" for temperature, and "dry", "humid" for humidity, the system provides irrigation duration recommendations aligned with fuzzy logic outcomes. Research findings reveal that the monitoring system generates irrigation durations in accordance with sensed temperature and humidity, with fuzzy logic enhancing decision-making accuracy. This positively impacts oyster mushroom growth and quality. The research concludes that employing fuzzy logic for temperature and humidity monitoring boosts cultivation efficiency and production with an increase of 40%. Subsequent research can explore other aspects of mushroom cultivation that could integrate with similar monitoring systems.

Keywords—fuzzy, monitoring, oyster mushrooms, productivity.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan budidaya jamur tiram di Indonesia cukup pesat, artinya permintaan jamur tiram di Indonesia semakin meningkat sehingga banyak petani atau pengusaha yang tertarik untuk membudidayakan jamur tiram [1]. Keunikan dari jamur tiram ini yaitu membutuhkan kondisi lingkungan yang tepat untuk pertumbuhan yang

optimal. Kondisi ini meliputi suhu dan kelembaban yang harus diatur dengan tepat sedangkan pada saat observasi awal ditemukan bahwa budidaya jamur tiram saat ini masih menggunakan metode manual dalam penyiraman, yang membutuhkan banyak waktu dan tenaga. Hal ini menyebabkan proses budidaya jamur tiram menjadi kurang efisien

karena petani terkadang tidak sempat untuk menyiram dan masih terkendala pada pemantauan kondisi lingkungan dan kontrol parameter yang diperlukan. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem atau teknologi yang dapat membantu petani dalam memonitoring dan mengontrol Kubung Jamur Tiram. Berdasarkan hasil observasi tersebut, Salah satu cara untuk meningkatkan hasil dan produktivitas pertanian adalah dengan menggunakan teknologi IOT [2]. *Internet of Things (IoT)* merupakan teknologi yang memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi satu sama lain dan mengirimkan data melalui jaringan internet. Dalam konteks budidaya jamur Tiram, *IoT* dapat digunakan untuk memantau kondisi lingkungan dan memastikan bahwa langkah-langkah yang tepat diambil untuk memastikan hasil yang optimal, serta sangat cocok digunakan di bidang pertanian seperti Jamur Tiram karena dapat menyelesaikan masalah petani secara efisien serta berguna untuk memantau kondisi Kubung Jamur Tiram [3]. Petani Jamur Tiram dapat memantau tingkat suhu dan kelembaban, sehingga dapat mengambil tindakan yang tepat untuk menjaga kualitas Jamur Tiram [4]. Dalam perawatan Jamur Tiram, dilakukan penyiraman setiap pagi dan sore hari serta melakukan penyiraman pada waktu kondisi suhu naik dengan durasi tertentu untuk menjaga suhu dan kelembaban Kubung Jamur Tiram tetap optimal.

Pada penelitian [5] dengan judul “Perancangan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembaban Ruangan pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis *Internet of Things*”, menggunakan metode perancangan sistem yang terhubung ke hp melalui aplikasi *blynk* dengan parameter suhu dan kelembaban. Hasil dari penelitian ini yaitu kondisi suhu dan kelembaban kumbung jamur terpantau melalui aplikasi *blynk*. Namun, kekurangan dari penelitian ini adalah sistem yang dibuat masih manual karena masih menghidupkan *fan* air melalui aplikasi *blynk*, tidak menyala otomatis sesuai dengan kondisi suhu yang didapatkan. Pada penelitian [6] dengan judul “Sistem Kendali dan Akuisisi Data Suhu serta Kelembaban Ruang Budidaya Jamur Tiram (*Pleurotus Ostreatus*) Berbasis *Internet of Things (IoT)*” menggunakan metode perancangan sistem kendali suhu dan kelembaban yang tersimpan ke dalam sebuah *cloud server* yang dapat dipantau secara *realtime*. Namun, kekurangan dari penelitian ini adalah suhu dan kelembaban yang diperoleh masih kurang akurat karena hanya mengandalkan pada sensor

DHT11 yang mana, tingkat akurasinya masih kurang akurat sesuai pada penelitian oleh [7].

Fuzzy Logic sangat cocok untuk menyelesaikan permasalahan durasi penyiraman berdasarkan kondisi suhu dan kelembaban karena memiliki fungsi keanggotaan yang memetakan nilai-nilai input ke dalam interval 0 hingga 1. Fungsi keanggotaan ini disebut himpunan fuzzy, seperti "rendah", "sedang", atau "tinggi". Dengan menggunakan himpunan fuzzy, sebuah sistem dapat menggambarkan ketidakpastian atau keabuan dalam pengambilan keputusan [8]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem penyiraman IoT jamur tiram berdasarkan *Fuzzy Logic*. Sistem IoT ini bagus digunakan untuk memonitor dan mengontrol kondisi Kubung Jamur Tiram [9].

Berdasarkan permasalahan diatas, rumusan masalahnya yaitu bagaimana penerapan logika *fuzzy* pada teknologi *IoT* untuk mendukung budidaya jamur tiram. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan logika *fuzzy* dalam teknologi *IoT* untuk membantu budidaya jamur tiram, serta mengidentifikasi manfaat yang didapat dari penggunaan teknologi ini dalam konteks budidaya Jamur Tiram. Adapun manfaat penelitian yaitu logika *fuzzy* akan memberikan kontrol yang lebih baik terhadap variabel lingkungan seperti suhu, kelembaban. Hal ini akan memungkinkan agar budidaya jamur mencapai hasil yang lebih maksimal serta teknologi *IoT* akan memungkinkan petani untuk meninjau kondisi budidaya jamur secara *realtime* tanpa terbatas jarak dan waktu dengan lebih mudah. Dengan demikian, petani dapat lebih memaksimalkan produksi jamur tiram dan meningkatkan pendapatan mereka.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah R&D (*Research and Development*). R&D (*Research and Development*) adalah proses yang digunakan untuk menemukan solusi baru atau meningkatkan produk yang sudah ada melalui penelitian dan pengembangan. Penelitian pengembangan adalah penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan *prototype* atau produk baru dengan menggunakan hasil penelitian sebelumnya.

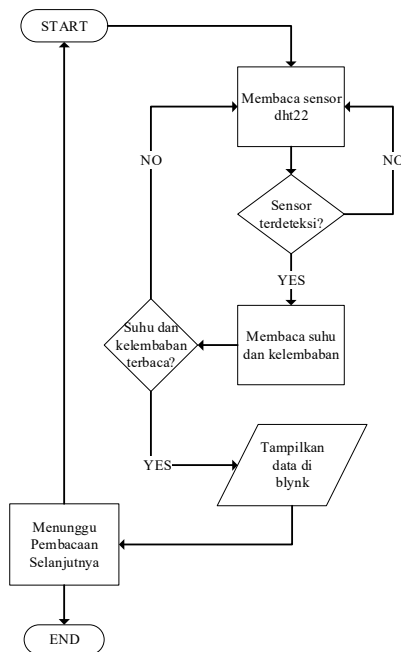
2.1 Desain penelitian

- Studi pustaka untuk mengumpulkan informasi tentang logika *fuzzy*, *IoT* dan budidaya jamur tiram
- Analisis sistem dan perancangan sistem budidaya jamur tiram dengan menggunakan logika *fuzzy* dan *IoT*

- c. Implementasi sistem dan pengujian (*prototype testing*)
- d. Evaluasi hasil dan perbaikan sistem berdasarkan hasil evaluasi
- e. Uji coba lapangan untuk mengetahui efektivitas sistem dalam lingkungan nyata
- f. Analisis data dan interpretasi hasil
- g. Penyusunan laporan dan rekomendasi untuk penerapan sistem dalam skala yang lebih besar.

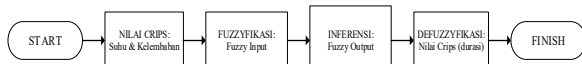
Keterangan:

- 1) Logika *fuzzy* digunakan untuk menghasilkan durasi penyiraman sesuai kondisi kubung jamur tiram
- 2) *IoT* digunakan untuk memantau dan mengontrol kondisi budidaya secara real-time melalui internet.



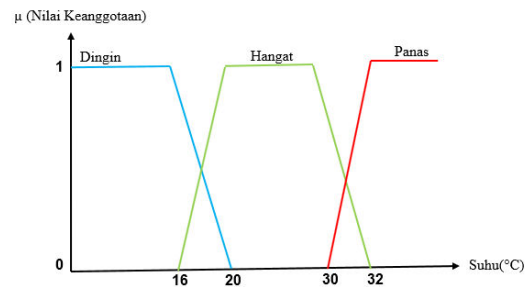
Gambar 1 Flowchart sensor DHT22

Pada gambar 1 menunjukkan *flowchart* proses pembacaan suhu dan kelembaban pada sensor *DHT22*, jika sensor terdeteksi maka dilanjutkan pada pembacaan suhu dan kelembaban dan jika tidak maka dilakukan deteksi sensor lagi. Setelah suhu dan kelembaban diperoleh, akan ditampilkan melalui aplikasi *blynk*. Pembacaan suhu dan kelembaban ini dilakukan secara terus menerus sampai program dihentikan.



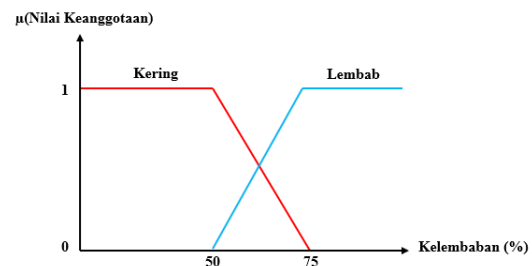
Gambar 2 Tahapan Fuzzy Logic

Pada gambar 2 menunjukkan proses logika *Fuzzy*. Sistem diawali dengan menerima inputan berupa suhu dan kelembaban kemudian masuk ke tahap *fuzzifikasi*. *Fuzzifikasi* yaitu proses penentuan kategori dari suhu dan kelembaban yang diterima oleh sistem berdasarkan fuzzy set atau grafik fungsi nilai keanggotaan. Hasil dari proses *Fuzzifikasi* disebut *fuzzy input* [10].



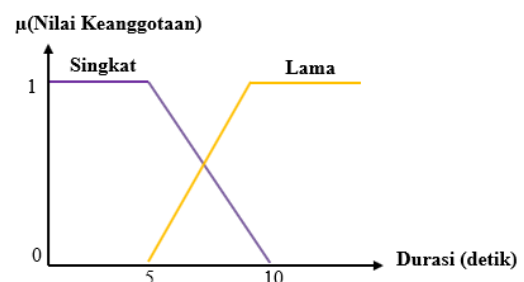
Gambar 3 Grafik fungsi nilai keanggotaan suhu

Nilai keanggotaan suhu dingin pada gambar 3 bernilai 1 jika berada diantara 0-16°C. Nilai keanggotaan suhu hangat bernilai 1 jika suhu berada diantara 20-30°C. Sedangkan suhu panas lebih besar dari 32°C. Suhu yang berada pada posisi bersinggungan dengan kondisi lain, maka dilakukan perhitungan *fuzzy*.



Gambar 4 Grafik fungsi nilai keanggotaan kelembaban

Nilai keanggotaan kelembaban kering pada gambar 4 bernilai 1 jika berada antara 0-50%. Sedangkan Nilai keanggotaan kelembaban lembab bernilai 1 jika berada diatas 75%. Namun, jika kelembaban berada antara 50-75%, maka dilakukan perhitungan *fuzzy*.



Gambar 5 Grafik fungsi nilai keanggotaan durasi

Dalam penelitian ini, durasi dibagi menjadi dua yaitu durasi singkat dan durasi lama. Durasi singkat pada gambar 5 antara 0-5 detik sedangkan durasi lama diatas 7-10 detik. Selanjutnya tahap *Inferensi*, tahap ini melakukan pemetaan fuzzy input yang dihasilkan pada tahap sebelumnya [10] sesuai aturan yang sudah dibuat pada tabel 1, yaitu sebagai berikut:

Tabel 1 Aturan *Fuzzy Logic* untuk kondisi fuzzy input

KELEMBABAN	SUHU		
	Dingin	Hangat	Panas
Kering	Singkat	Lama	Lama
Lembab	Singkat	Singkat	Lama

Aturan yang dihasilkan pada tabel 1 sebagai berikut:

- IF suhu= “dingin” AND kelembaban= “kering” THEN durasi = “singkat”.
- IF suhu= “dingin” AND kelembaban= “lembab” THEN durasi = “singkat”.
- IF suhu= “hangat” AND kelembaban= “kering” THEN durasi = “lama”.
- IF suhu= “hangat” AND kelembaban= “lembab” THEN durasi = “singkat”.
- IF suhu= “panas” AND kelembaban= “kering” THEN durasi = “lama”.
- IF suhu= “panas” AND kelembaban= “lembab” THEN durasi = “lama”.

Hasil dari proses inferensi disebut fuzzy output. Setelah kondisi diperoleh, tahap selanjutnya yaitu *Defuzzifikasi*. *Defuzzifikasi* merupakan kebalikan dari tahap fuzzifikasi, defuzzifikasi mengubah fuzzy output menjadi nilai crips yaitu durasi penyiraman sesuai pada grafik fungsi nilai keanggotaan durasi. Pada tahap ini, dilakukan perhitungan menggunakan metode Sukamoto (Centroid Method). Metode *Centroid* merupakan proses perhitungan nilai tengah dari kondisi yang ada dan akan menghasilkan sebuah nilai baru dari kondisi tersebut [10].

Dalam buku Logika fuzzy dengan Matlab [10] beberapa rumus yang akan digunakan dalam perhitungan, sebagai berikut:

- Rumus grafik fungsi turun

$$\mu = \begin{cases} 0; & x \geq b \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \leq a \end{cases} \quad (1)$$

- Rumus grafik fungsi naik

$$\mu = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

Keterangan:

- 1) μ = nilai keanggotaan
- 2) a = batas bawah
- 3) b = batas atas
- 4) x = nilai crips

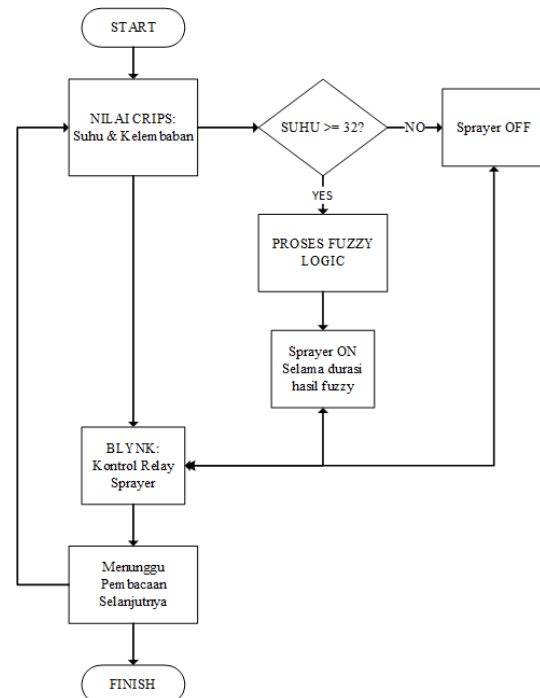
- Rumus Centroid Method

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i x_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i} \quad (3)$$

Keterangan:

- 1) z = variable yang akan dicari (durasi)
- 2) μ = nilai keanggotaan
- 3) x = nilai linguistik
- 4) i = index
- 5) n = total indeks

Setelah proses perhitungan maka akan didapat nilai *Defuzzifikasi* dalam bentuk durasi penyiraman yang akan dilanjutkan pada program untuk menyalakan *sprayer*.



Gambar 6 Flowchart sistem sprayer

Pada gambar 6 menunjukkan *flowchart* proses untuk menyalakan *sprayer*. Sistem menerima inputan berupa nilai crips suhu dan kelembaban kemudian dicek apakah suhu lebih

besar atau sama dengan 32°C? Jika salah maka sprayer akan mati, jika benar maka data yang diperoleh masuk perhitungan logika *fuzzy*. Proses *fuzzy* akan menghasilkan durasi penyiraman untuk sprayer menyala. Pada saat bersamaan, sprayer bisa dinyalakan ataupun dimatikan melalui aplikasi Blynk. Namun, kontrol melalui Blynk akan berfungsi jika koneksi jaringan terhubung. Program ini akan terus berjalan sampai program dihentikan.

2.2 Tahapan Penelitian

a Tahap persiapan

- 1) Riset literatur dan studi kasus terkait sistem kontrol budidaya jamur tiram dengan logika *fuzzy*
- 2) Perencanaan dan pembuatan *Rule base*

b Tahap implementasi

- 1) Pembuatan *Fuzzy Set* atau Grafik fungsi nilai keanggotaan suhu, kelembaban, dan durasi.
- 2) Perancangan Alat
- 3) Pemrograman melalui Arduino IDE

c Tahap uji coba

- 1) Uji coba sistem kontrol pada kondisi budidaya jamur tiram yang sesungguhnya.
- 2) Perbandingan Sistem sebelum dan setelah penerapan *fuzzy logic*.
- 3) Analisa hasil produksi dari kondisi kontrol dengan sistem ini dan tanpa kontrol sistem.

d Tahap analisa hasil dan laporan

- 1) Analisa hasil dari uji coba
- 2) Penyusunan laporan akhir penelitian

Secara keseluruhan penelitian ini diperkirakan membutuhkan waktu selama 3 bulan 1 minggu. Namun, karena beberapa faktor yang tidak dapat diprediksi, waktu penelitian dapat berubah.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

a Observasi

Dilakukan observasi lingkungan budidaya jamur tiram untuk mengukur nilai dari variabel-variabel yang diamati yaitu suhu dan kelembaban. Informasi yang diperoleh dari observasi ini kemudian digunakan sebagai acuan dalam implementasi *fuzzy logic*.

b Wawancara

Wawancara dilakukan dengan para petani dalam bidang budidaya jamur tiram untuk mendapatkan pendapat dan masukan tentang sistem kontrol yang diusulkan.

c Studi pustaka

Melakukan kajian pustaka untuk mengumpulkan informasi dari sumber-sumber yang relevan seperti jurnal, buku dan lain-lain

yang berkaitan dengan logika *fuzzy* sistem budidaya jamur tiram.

2.4 Teknik Analisis Data

a Analisis kualitatif

Analisis kualitatif dilakukan untuk mengevaluasi kualitas sistem kontrol yang diimplementasikan. Pada penelitian ini, analisis kualitatif dilakukan dengan mengevaluasi hasil uji coba sistem kontrol yang dilakukan pada tahap uji coba. Analisis ini dilakukan dengan mengevaluasi bagaimana sistem kontrol ini dapat menjaga kondisi optimal dalam budidaya jamur tiram seperti suhu, kelembaban, sesuai dengan batas-batas normal yang telah ditentukan. Dengan analisis kualitatif ini, dapat ditentukan apakah sistem kontrol yang diimplementasikan mampu menjaga kondisi optimal dalam budidaya jamur tiram dan dapat digunakan dalam kondisi nyata.

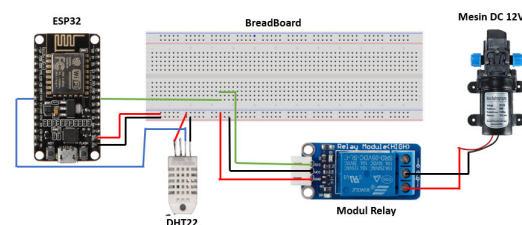
b Analisis kuantitatif

Analisis kuantitatif dilakukan untuk mengevaluasi produksi jamur tiram yang dihasilkan dari budidaya yang dilakukan dengan sistem kontrol dan dibandingkan dengan kondisi budidaya tanpa kontrol sistem. Analisis ini menggunakan aplikasi spss dengan menggunakan statistik frekuensi yang meliputi seperti *mean*, *median*, dan standar *deviasi*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Logika Fuzzy pada sistem IoT

a Rangkaian Sistem IoT



Gambar 7 Implementasi sistem penyiraman

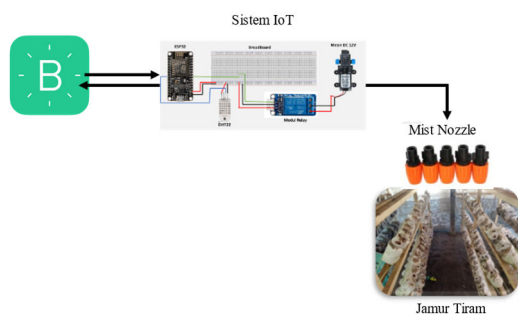
Rangkaian sistem penyiraman pada gambar 7 yang digunakan dalam penelitian ini. Tabel 2 dan tabel 3 merupakan detail koneksi masing-masing perangkat yaitu:

Tabel 2 Sambungan PIN alat IoT

ESP32	DHT22	RELAY
GND	GND	GND
5	OUT	-
18	-	IN
VCC	VCC	VCC

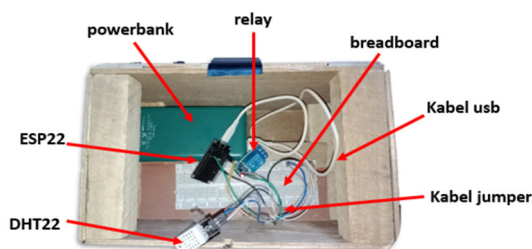
Tabel 3 Sambungan relay dan adaptor pompa air

RELAY	ADAPTOR 12V
NO (Normally Open)	VCC (+)
COM	GND (-)
NC (Normally Close)	-



Gambar 8 Perangkat IoT integrasi Blynk pada jamur tiram

b Implementasi alat penelitian



Gambar 9 Rangkaian alat penelitian

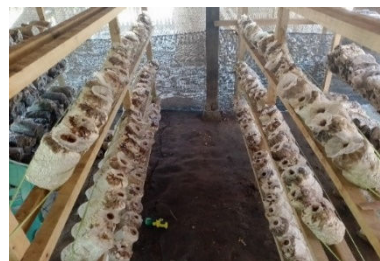
Detail komponen pada gambar 9 sebagai berikut:

- 1) Esp32 : digunakan sebagai mesin utama dalam sistem kontrol ini yang terhubung kesemua rangkain. Daya dari esp32 diambil dari powerbank.
- 2) DHT22 : berfungsi sebagai alat pembaca kondisi suhu dan kelembaban udara pada kubung jamur tiram sekaligus menjadi input pada proses fuzzifikasi.
- 3) Relay : berfungsi sebagai saklar penghubung antara pompa air DC 12V dengan aliran listrik yang terhubung langsung dengan listrik melalui adaptor 12V. Relay akan menyala pada kondisi tertentu sesuai dengan hasil fuzzy yang sudah ditentukan.
- 4) Pompa Air DC 12V: pompa air ini berfungsi untuk menyerap air dari penampungan air dan diteruskan melalui selang air dan disemprotkan melalui mist nozzel yang dipasang pada kubung jamur tiram.
- 5) Mist nozzel : berfungsi untuk menyemprotkan air dari pompa DC 12V. Terdapat 10 nozzel yang ditempatkan pada kubung jamur dengan posisi vertikal diatas jamur tiram.



Gambar 10 Posisi mist nozzel pada kubung jamur

Posisi nozzle pada gambar 10 diarpakan mampu menyiram jamur tiram secara keseluruhan. Posisi jamur tiram seperti rak buku sehingga air dari nozzel akan menjangkau penutup baglog jamur.



Gambar 11 Posisi baglog jamur tiram

Posisi baglog pada yang miring seperti gambar 11 itu akan mampu memperoleh air dari nozzel secara sempurna sehingga kebutuhan jamur tiram terpenuhi dengan baik.

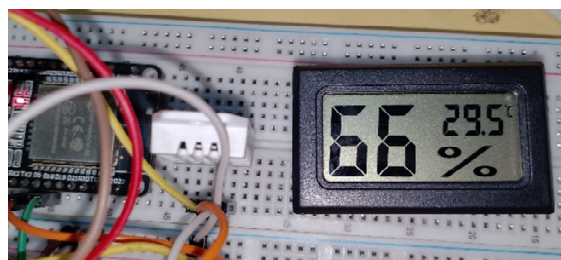
c Pengujian sistem

Sebelum pengujian sistem, peneliti melakukan kalibrasi pada sensor DHT22 dengan membandingkan hasil pembacaan dari Hygrometer kemudian menambahkan selisih dari hasil pembacaan ke dalam sistem kontrol. Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

- 1) Siapkan DHT22 dan Hygrometer
- 2) Hubungkan DHT22 dengan ESP32 sesuai pada tabel 4.1
- 3) Upload Program pada lampiran source code
- 4) Catat hasil pembacaan DHT22 dan Hygrometer dan hitung selisihnya terlihat pada gambar 12

22:25:20.483 -> 30.50 67.90 13.573

Gambar 12 Sebelum kalibrasi



Gambar 13 Pembacaan hygrometer

Nilai selisih dari 2 pembacaan tersebut dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4 Nilai kalibrasi

DHT22		HYGROMETER		SELISIH	
T°C	RH%	T°C	RH%	T°C	RH%
30,50	67,90	29,50	66,00	1,00	1,90

Ket:

T°C : Suhu

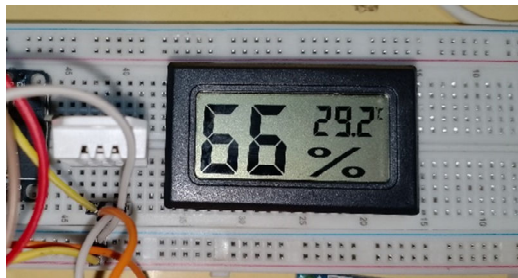
Rh% : Kelembaban

- 5) Nilai selisih pada suhu ditambahkan pada program dengan operasi pengurangan sedangkan nilai selisih kelembaban menggunakan operasi penjumlahan seperti pada gambar 14.

```
void DataSensor() {
  h = dht.readHumidity()-1.90;
  t = dht.readTemperature()-1.00;
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    spln("Gagal membaca DHT22");
    return;
  }
}
```

Gambar 14 Penambahan nilai kalibrasi
Setelah penambahan nilai kalibrasi, upload ulang kode dan berikut hasil kalibrasinya:

```
22:49:39.580 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:40.591 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:41.596 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:42.572 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:43.607 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:44.615 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:45.622 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:46.585 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:47.620 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:48.630 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:49.637 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:50.644 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:51.647 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:52.551 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:53.595 -> 29.30 65.60 12.20s
22:49:54.568 -> 29.30 65.50 12.25s
```



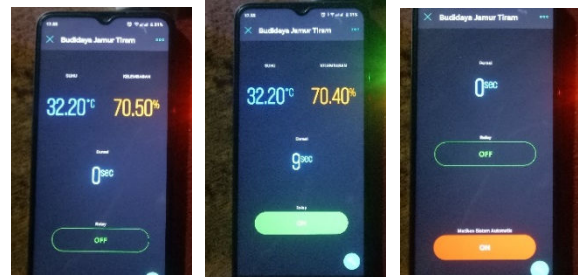
Gambar 15 Hasil kalibrasi sensor DHT22

Berdasarkan hasil kalibrasi pada gambar 15 yang dilakukan, maka sensor DHT22 bisa digunakan untuk pembacaan suhu dan kelembaban pada kubung jamur tiram. Pengujian selanjutnya adalah pengujian sistem kontrol blynk. Metode pengujian yang digunakan adalah pengujian black-box. Pengujian yang dilakukan melalui blynk yang sudah terhubung sesuai tahapan pada tabel 5 melalui perangkat IoT yaitu sebagai berikut:

Tabel 5 Persiapan pengujian sistem

Tujuan	Menguji I/O blynk pada sistem IoT
Alat & Bahan	ESP32, DHT22, Relay, Kabel Jumper, Kabel USB, Laptop, Jaringan WiFi, Arduino IDE, Pompa Air DC12V + adaptor 12V
Sambungan	Lihat tabel 2 dan tabel 3
Library	DHT sensor library, WiFi, Simple Timer

SourceCode	Lampiran SourceCode
Tahapan	1) Sambungkan alat sesuai pada bagian sambungan 2) Hubungan esp32 ke laptop dengan kabel usb 3) Upload program yang dilampirkan melalui arduino IDE (sesuaikan nama ssid dan password wifi yang digunakan)



Tombol Off

Tombol on

Kunci on

Gambar 16 Pengujian Blynk

Gambar 16 menunjukkan kondisi relay saat tombol blynk dan tombol kunci dalam kondisi On dan Off serta menampilkan data suhu dan kelembaban sesuai dengan kondisi lingkungan yang diperoleh dari DHT22.

Tabel 6 Hasil pengujian kendali sistem

VPi n	Fungsi	Input	Output	Ke t
V0	Tombol On/Off	0/1	Off/On	✓
V1	Suhu	Suhu	Suhu	✓
V2	Kelembaban	Kelembaban	Kelembaban	✓
V3	Durasi	Durasi	Durasi	✓
V5	Tombol Kunci	0/1	Off/On	✓

Hasil pengujian pada tabel 6 diatas, dapat disimpulkan bahwa virtual pin yang terhubung pada ESP32 berfungsi dengan baik sesuai yang diharapkan.

d Data Pengujian Sistem Penyiraman dengan Fuzzy Logic

Pengambilan data dilakukan selama 5 hari berturut-turut yaitu 3 hari perlakuan normal dan 2 hari penerapan sistem pada tanggal 4 - 9 Juni 2023 selama 2 jam perhari dimulai pada pukul 13:00 sampai 15:00 WITA.

Statistics				
		suhu	kelembaban	jam
N	Valid	7202	7200	7202
	Missing	0	2	0
Mean		31,7346	74,9730	13:59:59
Median		31,8000	75,0000	13:59:59
Std. Deviation		,61731	1,32667	0:34:39
Minimum		,00	72,00	13:00:00
Maximum		32,10	78,00	15:00:00

Gambar 17 Data pengujian hari ke-1 (perlakuan normal)

Pada gambar 17 menunjukkan pengujian pertama menunjukkan rata-rata suhu yaitu 31,73 dan kelembaban 74,97% dan nilai maksimum masing-masing 32,10 dan 78,00%. Begitu juga pada pengujian berikutnya pada gambar 18 hingga gambar 21 yang menunjukkan perubahan.

Statistics				
		suhu	kelembaban	jam
N	Valid	83	83	83
	Missing	0	0	0
Mean		31,0205	75,9241	14:19:36
Median		31,0000	76,0000	14:19:36
Std. Deviation		,16287	1,08937	0:24:06
Minimum		30,70	73,00	13:38:36
Maximum		31,30	78,00	15:00:36

Gambar 18 Data pengujian hari ke-2 (perlakuan normal)

Statistics				
		suhu	kelembaban	jam
N	Valid	721	721	721
	Missing	0	0	0
Mean		32,0331	74,2092	14:00:00
Median		32,0000	74,2000	14:00:00
Std. Deviation		,14219	,86913	0:34:42
Minimum		31,70	72,00	13:00:00
Maximum		32,30	75,80	15:00:00

Gambar 19 Data pengujian hari ke-3 (perlakuan normal)

Statistics				
		suhu	kelembaban	jam
N	Valid	731	731	938
	Missing	209	209	2
Mean		31,6858	70,4880	14:06:38
Median		32,0000	69,5000	14:09:40
Std. Deviation		,89775	4,31616	0:34:16
Minimum		25,50	25,50	13:00:03
Maximum		32,70	87,00	15:01:43

Gambar 20 Data pengujian hari ke-4 (penerapan sistem)

Statistics				
		suhu	kelembaban	jam
N	Valid	721	721	721
	Missing	0	0	0
Mean		31,2849	71,7845	14:00:08
Median		31,3000	71,6000	14:00:08
Std. Deviation		1,05629	1,01581	0:34:42
Range		28,40	4,80	2:00:00
Minimum		3,20	69,00	13:00:08
Maximum		31,60	73,80	15:00:08

Gambar 21 Data pengujian hari ke-5 penerapan sistem

Keterangan

Mean : Rata-Rata
 Median : Nilai Tengah
 Std. Deviasi : Ukuran Penyebaran Data
 Range : Nilai Jangkauan
 Minimum : Nilai Terkecil
 Maksimum : Nilai Terbesar

Pada perlakuan normal, peneliti hanya melakukan penyiraman pagi dan sore hari sedangkan untuk perlakuan sistem dilakukan penyiraman pada siang hari sesuai dengan batas kondisi (suhu) yang terbaca oleh sistem. Jumlah penyiraman akan dilakukan berdasarkan kondisi terkini pada kubung jamur serta durasi penyiraman sesuai dengan hasil perhitungan fuzzy.

e Data produksi jamur tiram

Pengambilan data produksi dilakukan selama 7 hari dengan 5 baglog perlakuan normal dan 5 baglog untuk perlakuan fuzzy pada masa implementasi sistem dimulai pada pengujian hari pertama. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, peneliti memperoleh data pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7 Jumlah jamur tiram yang siap panen

Hari	1	2	3	4	5	6	7
Manual	-	-	-	2/5	-	-	2/5
Sistem IoT	-	-	3/5	4/5	1/5	3/5	3/5

Pada tabel 7 menunjukkan jumlah produksi 2/5 yang artinya 2 baglog yang tumbuh dari total 5 baglog yang diamati pada perlakuan normal (manual) dan begitu juga dengan perlakuan sistem. Baglog yang belum dipetik tetap terhitung pada hari berikutnya sampai jamur dipanen atau mengalami kerusakan. Proses panen harus segera dilakukan dalam 1-2 hari setelah jamur tumbuh karena berdasarkan hasil pengamatan, jamur yang siap panen akan rusak dalam jangka waktu tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan ibu x yang mengatakan “cabutmi kalau ada yang besar”.

Berdasarkan hasil penelitian, kondisi kubung jamur mencapai suhu panas pada pukul

13:00 sampai 15:00. Pada waktu tersebut, sistem membaca suhu dan kelembaban yang kemudian melalui tahapan fuzzy dan menghasilkan durasi penyiraman. Penyiraman dilakukan apabila suhu melebihi kondisi optimal jamur tiram yaitu 32°C . Hal ini sesuai dengan penelitian (Martawijaya & Baihaqi, 2019) yang mengatakan kondisi optimal kubung jamur adalah berkisar pada suhu $28-30^{\circ}\text{C}$. Apabila kondisi masih tidak optimal, penyiraman akan terus dilakukan sehingga penggunaan air akan menjadi lebih boros. Kondisi tersebut dikarenakan beberapa faktor yaitu bentuk kubung jamur yang kurang tertutup sehingga panas diluar kubung lebih terasa, kehabisan air pada tempat penampungan, koneksi wifi terputus dan sistem terlalu panas karena terus menyala. Melihat masalah tersebut, peneliti menggunakan durasi dalam penyiraman untuk memberi interval untuk penyiraman berkelanjutan apabila kondisi kubung jamur tidak berubah. Durasi akan menjadi interval sprayer menyala dan interval saat sprayer mati. Cara ini sedikit lebih baik dalam menangani keborosan air saat menyiram. Hal ini sesuai dengan hasil wawancara dengan ibu x yang mengatakan bahwa “jangan terlalu sering disiram, karena cepat i rusak”. Begitu juga dengan keterangan dari ketua pelatihan pembudidaya jamur tiram, bapak Haris yang megatakan “penyiraman normal hanya dilakukan pagi dan sore saja”. Berdasarkan analisis tersebut disimpulkan bahwa, sistem kontrol yang diterapkan dapat dikatakan berfungsi dengan baik sesuai dengan kebutuhan pada kubung jamur tiram. Berikut ini hasil produksi jamur tiram sebelum penerapan sistem pada gambar 22 dan setelah penerapan sistem pada gambar 23:



Gambar 22 Hasil panen sebelum penerapan



Gambar 23 Hasil panen setelah penerapan sistem

Statistics

		normal	fuzzy
N	Valid	7	7
	Missing	0	0
Mean		,57	2,00
Median		,00	3,00
Std. Deviation		,976	1,633
Minimum		0	0
Maximum		2	4
Sum		4	14

Gambar 24 Statistik hasil produksi

Keterangan

Mean : Rata-Rata
 Median : Nilai Tengah
 Std. Deviasi : Ukuran Penyebaran Data
 Minimum : Nilai Terkecil
 Maksimum : Nilai Terbesar
 Sum : Jumlah Total

Statistik hasil produksi jamur tiram pada gambar 24 sebelum penerapan dan sesudah penerapan sistem menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dalam masing-masing 7 hari pengujian, produksi jamur tiram dengan perlakuan normal hanya menghasilkan 4 baglog jamur tiram sedangkan setelah perlakuan sistem fuzzy, produksi jamur tiram meningkat dengan jumlah 7 baglog jamur tiram. Hal ini menunjukkan bahwa sistem IoT yang terintegrasi dengan logika fuzzy yang diterapkan dapat menjaga kondisi suhu dan kelembaban yang dibutuhkan oleh jamur tiram. Hal ini sesuai dengan penelitian [11] yang mengatakan bahwa jumlah produksi jamur tiram dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dalam kubung jamur.

pengujian ma			penerapan sis		
	Frequency	Percent		Frequency	Percent
Valid 0	5	71,4	Valid 0	2	28,6
2	2	28,6	1	1	14,3
Total	7	100,0	3	3	42,9
			4	1	14,3
			Total	7	100,0

Gambar 25 Frekuensi jumlah produksi

Gambar 25 merupakan tabel statistik jumlah produksi jamur tiram sebelum dan sesudah perlakuan sistem IoT dengan logika fuzzy. Dalam 7 hari pengujian, persentase baglog yang berbuah sebelum perlakuan sistem hanya 28,6% sedangkan setelah perlakuan sistem meningkat sebesar 71,4% masing-masing 1 baglog 14,3%, 3 baglog 42,9%, dan 4 baglog 14,3%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem IoT dengan logika fuzzy mampu meningkatkan hasil produksi jamur tiram.

4. KESIMPULAN

Penerapan logika fuzzy pada budidaya jamur tiram yang terintegrasi melalui teknologi IoT dalam menjaga kondisi kubung jamur tiram dapat diterapkan dengan baik dan memiliki pengaruh yang signifikan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan hasil pengukuran kondisi kubung jamur tiram yang mengalami perubahan setelah alat diterapkan dan hasil produksi juga menunjukkan peningkatan setelah penerapan teknologi IoT dengan logika fuzzy. Manfaat logika fuzzy dalam penelitian ini adalah menghasilkan durasi penyiraman berdasarkan input suhu dan kelembaban dari sensor Dht22. Durasi yang dihasilkan digunakan sebagai delay atau interval dalam program untuk menyalakan sprayer. Program tersebut mampu menjaga kondisi kubung dan meningkatkan hasil produksi.

5. SARAN

Terdapat beberapa masalah yang muncul pada penelitian ini seperti penampungan air yang terlalu kecil sehingga harus selalu dilakukan pengisian ulang dan kubung jamur yang masih kurang tertutup sehingga suhu dan kelembaban mengalami penurunan yang membutuhkan banyak waktu. Berdasarkan masalah tersebut, peneliti menyarankan mesin pompa air langsung terhubung ke mesin air utama yang terhubung melalui pipa sehingga tidak lagi membutuhkan penampungan air dan kubung jamur sebaiknya berada pada tempat yang lebih tertutup agar kondisi kubung lebih mudah untuk dikendalikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. R. D. Setiawan, "Simak, Cara Budidaya Jamur Tiram Untuk Pemula," 2022.
- [2] M. Yusuf, "Perancangan Alat Internet Of Things (Iot) Untuk Monitoring Serta Mengendalikan Suhu Dan Kelembaban Pada Budidaya Jamur," 2021.
- [3] G. H. Sandi, Y. Fatma, And F. I. Kompuer, "Pemanfaatan Teknologi Internet Of Things (Iot) Pada Bidang Pertanian," Vol. 7, No. 1, Pp. 1–5, 2023.
- [4] M. N. Faizi, "Penerapan Sistem Distribusi Pengairan Otomatis Berbasis Teknologi Iot Dalam Pencegahan Kekeringan Pada Tanaman Cabe," Vol. 3, No. November, 2022.
- [5] N. S. Devi, D. Erwanto, And Y. B. Utomo, "Perancangan Sistem Kontrol Suhu Dan Kelembaban Pada Ruangan Budidaya Jamur Tiram Berbasis Iot," *Multitek Indones.*, Vol. 12, No. 2, P. 104, 2018, Doi: 10.24269/Mtkind.V12i2.1331.
- [6] A. Rohmah And S. A. Dewanto, "Sistem Kendali Dan Akuisisi Data Suhu Serta Kelembaban Ruang Budidaya Jamur Tiram (Pleurotus Ostreatus) Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.)*, Vol. 4, No. 1, Pp. 56–61, 2019, Doi: 10.21831/Elinvo.V4i1.28253.
- [7] A. Sofwan, Y. Wafdulloh, M. R. Akbar, And B. Setiyono, "Sistem Pengaturan Dan Pemantauan Suhu Dan Kelembaban Pada Ruang Budidaya Jamur Tiram Berbasis Iot (Internet Of Things)," *Transmisi*, Vol. 22, No. 1, Pp. 1–5, 2020, Doi: 10.14710/Transmisi.22.1.1-5.
- [8] Azizah Nur, "Smart Building Jamur Tiram Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Interior Internet Of Things," P. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Ma, 2021.
- [9] C. Saputra, R. Setiawan, Y. Arvita, F. I. Komputer, And U. D. Bangsa, "Penerapan Sistem Kontrol Suhu Dan Monitoring Serta Kelembaban Pada Kumbung Jamur Tiram Berbasis Iot Menggunakan Metode Fuzzy Logic," Vol. 8, No. November, Pp. 116–126, 2022, Doi: 10.34128/Jsi.V8i2.504.
- [10] A. Setiawan, B. Yanto, And K. Yasdomi, *Logika Fuzzy Dengan Matlab*. 2018.
- [11] M. Y. N. E. I. Martawijaya And H. Baihaqi, *Sukses Bisnis Jamur Tiram Di Rumah Sendiri*. Pt Penerbit Ipb Press, 2019. [Online]. Available: <https://Books.Google.Co.Id/Books?Id=Gkcteaabqaj>