

Rancang Bangun *Smart Garden* Untuk Budidaya Jamur Tiram Dengan Metode Sistem Fuzzy Mamdani Berbasis *Internet Of Things (IoT)*

Akhmad Wahyu Dani*, Donna Yosephine Siahaan, Yuliza Yuliza, Fadli Sirait, Fina Supegina

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta

*wahyu.dani@mercubuana.ac.id

Abstrak— Jamur tiram pada umumnya dapat tumbuh secara alami dibawah pohon berdaun lebar yang ada dihutan atau dibawah tanaman berkayu yang memiliki suhu lingkungan sekitar 22- 28°C dan kelembaban 70 – 90%. Indonesia adalah negara tropis dengan suhu lingkungan sekitar 27.3°C. Pada penelitian ini dirancang sebuah alat untuk mengontrol dua macam miniatur kumbung untuk diamati pertumbuhan dari keduanya, yaitu kumbung dengan kendali fuzzy mamdani dan kumbung konven tanpa kendali fuzzy. Alat ini berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan suhu dan kelembapan pada kumbung jamur tiram agar suhu dan kelembapan sesuai dengan habitat jamur tiram sehingga dapat mempermudah pekerjaan petani. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil yaitu kumbung dengan kendali fuzzy diperoleh hasil pertumbuhan jamur yang lebih baik daripada kumbung tanpa kendali. Dengan penerapan metode fuzzy mamdani alat dapat mengendalikan suhu pada kisaran 25°C sampai 28°C dan kelembaban pada kisaran 87% sampai 90%.

Kata Kunci— *Jamur Tiram, Suhu, Kelembapan, Fuzzy Mamdani, Blynk, ESP32.*

DOI: 10.22441/jte.2022.v13i2.008

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki keanekaragaman hayati yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan negara sub tropic (beriklim sedang) dan kutub (iklim kutub). Jamur tiram merupakan salah satu keberagaman hayati di Indonesia yang saat ini banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Selain karena kandungan gizi didalam jamur tiram yang tinggi, jamur tiram juga dapat diolah dalam beragam makanan. Jamur tiram pada umumnya dapat tumbuh secara alami dibawah pohon berdaun lebar yang ada dihutan atau dibawah tanaman berkayu yang memiliki suhu lingkungan sekitar 22 - 28°C dan kelembaban 70 – 90%.

Seperti halnya yang kita ketahui bahwa Indonesia adalah negara tropis dengan suhu lingkungan sekitar 27.3°C, hal tersebut mempengaruhi bagaimana proses budidaya jamur tiram yang dilakukan oleh petani. Untuk menjaga agar kondisi temperatur dan kelembaban lingkungan sesuai untuk budidaya jamur dan tanaman terlindung dari gangguan luar seperti serangan angin, serangan hama, curah hujan yang tinggi, dan intensitas sinar yang terlalu tinggi, maka umumnya budidaya jamur tiram dilakukan dalam kumbung jamur [1]. Untuk

perkembang biakan atau pertumbuhan jamur pada dataran rendah dengan suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$, diperlukan perlakuan khusus terhadap kebun atau kumbung jamur yaitu pengontrolan suhu dan kelembapan pada tanaman sehingga kondisi ideal terhadap pertumbuhan jamur dapat terpenuhi dengan baik.

Pada budidaya jamur tiram konvensional, untuk menjaga temperatur dan kelembaban biasanya dilakukan dengan cara penyemprotan air menggunakan hand sprayer pada pagi dan sore hari. Dan hal itu tidak efektif dalam menghemat waktu dan tenaga petani. Penelitian ini bertujuan merancang dan membuat alat yang berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan suhu dan kelembapan pada miniatur kumbung jamur tiram agar suhu dan kelembapan sesuai dengan habitat jamur tiram sehingga dapat mempermudah pekerjaan petani untuk menghemat waktu dan tenaga.

II. PENELITIAN TERKAIT

Pada penelitian sebelumnya yaitu karya [2] pada penelitiannya yang berjudul “ *Design and Implementation of Temperature and Humidity Control System in Oyster Mushroom Cultivation using Fuzzy Logic Controller* “. Pada penelitian ini menjelaskan tentang pengembangan prototype suhu dan kelembapan pada jamur tiram menggunakan fuzzy pengontrol logika. Sistem kendali logika fuzzy digunakan untuk mendapatkan sistem kendali dengan masukan yang tidak tepat, banyak parameter dan hasil yang bagus. Sistem ini menggunakan sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan , arduino dan kipas pengontrol.

Selanjutnya ada penelitian dari karya[3] pada penelitiannya yang berjudul “ *Fuzzy Logic-based Controlled Environment for the Production of Oyster Mushroom*”. Pada penelitian ini dirancang sebuah alat yang mampu membantu perkembangan jamur . Sistem ini bekerja dengan menggunakan Sensor suhu dan kelembaban. Sensor menggunakan Arduino Uno menggunakan Fuzzy Algoritma logika. Penulis menggunakan analysis of variance (ANOVA) untuk menentukan produktivitas perawatan.

Selanjutnya ada penelitian dari karya [4] , pada penelitiannya yang berjudul “ *Oyster Mushroom Humidity Control Based On Fuzzy Logic By Using Arduino ATmega238 Microcontroller*”. Pada penelitian ini dirancang sistem untuk memantau kelembapan dan suhu pada kumbung jamur secara

real time. Sistem ini bekerja dengan cara menyemprot kabut air ketika kelembapan lebih rendah dari titik yang ditetapkan dan dapat menyalakan kipas ketika kelembapan lebih tinggi dari titik yang ditetapkan. Kontrol fuzzy pada sistem ini menjadi sistem kontrol yang berperan penting dalam sistem otomasi. Logika Fuzzy adalah sistem kontrol modern yang dapat menghasilkan keputusan seperti logika manusia.

Selanjutnya ada penelitian dari karya [5], pada penelitiannya yang berjudul “Automatic Temperature and Humidity Control System by Using Fuzzy Logic Algorithm for Mushroom Nursery”. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem untuk meningkatkan efisiensi penyesuaian suhu dan kelembapan pada proses penanaman jamur tiram. Data akan disimpan pada sensor suhu dan kelembapan ,lalu akan dikirim ke mikrokontroller untuk menjalankan fuzzy dan akan menghasilkan output yang akan disalurkan ke kipas kontrol, pemanas dan pengkabut ruangan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

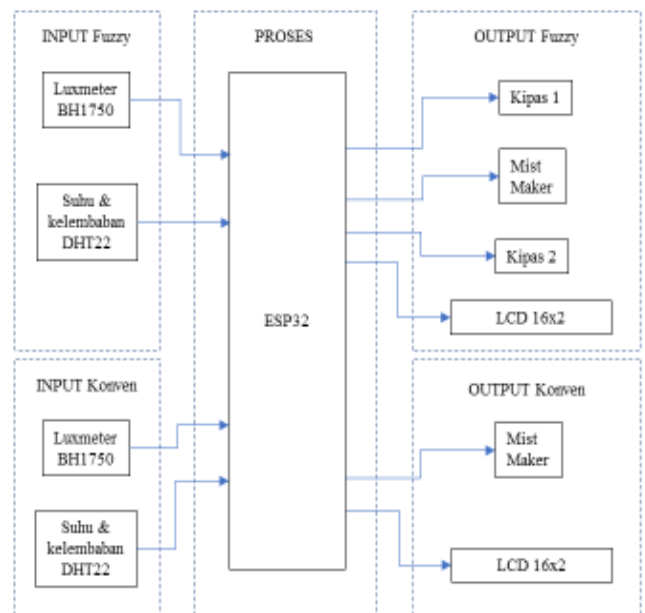
A. Material dan Metode Perancangan

Pada perancangan sistem ini terbagi atas dua bagian yaitu diagram untuk system alat yang menggunakan Fuzzy Inferensi Sistem Mamdani dan diagram konvensional yang tidak menggunakan system Fuzzy. Pada bagian diagram masing-masing input terdiri dari 2 buah sensor yaitu sensor suhu dan kelembapan dan sensor Lux. Sensor suhu dan kelembapan menggunakan DHT22, sensor ini digunakan untuk input pada perhitungan menggunakan fuzzy yang mengatur suhu dan kelembapan yang sesuai pada kumbung jamur tiram dan juga input pada kumbung konvensional. Sensor Lux yang digunakan untuk mengetahui intensitas cahaya [6] adalah sensor BH1750, sensor ini digunakan untuk sebagai indicator tambahan pada kedua kumbung jamur.

Bagian Proses ditangani oleh Arduino IDE ESP32. Arduino ESP32 bertugas untuk menjalankan program perhitungan fuzzy serta program pendukung system lainnya. Perhitungan logika fuzzy yang dilakukan adalah perhitungan logika fuzzy untuk menentukan set point suhu dan kelembapan ruangan pada kumbung jamur fuzzy. Untuk Kumbung Jamur Konvensional, program juga diproses pada Arduino IDE ESP32.

Pada perancangan alat ini output pada kumbung fuzzy terdiri satu buah mistmaker, dua buah kipas dan LCD karakter 16x2. Mistmaker dan kipas dikendalikan oleh hasil perhitungan fuzzy dari suhu dan kelembapan pada kumbung jamur tiram. Jika suhu dan kelembapan pada ruangan tidak sesuai dengan set point, maka mistmaker dan kipas akan bekerja. Untuk output LCD , berguna untuk menampilkan keterangan berapa suhu dan kelembapan yang tercipta, serta intensitas cahaya yang ada didalam kumbung jamur tersebut.

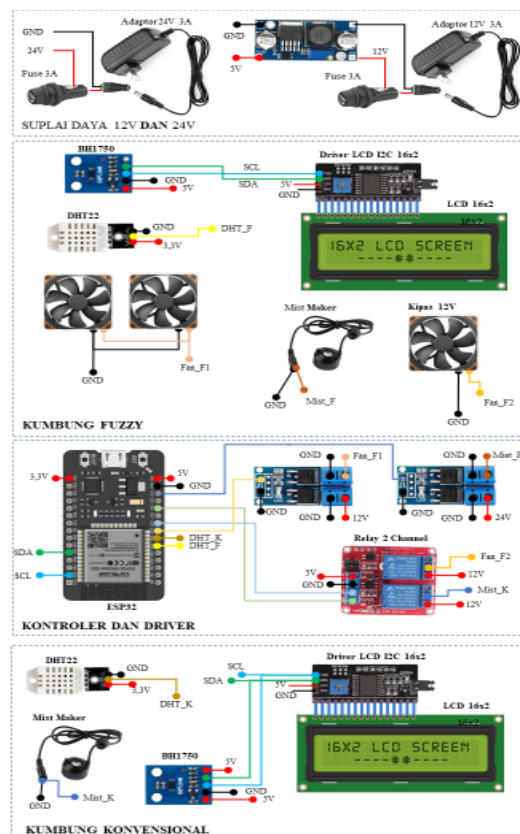
Arduino ESP32 juga berfungsi sebagai alat komunikasi alat system kendali dengan sebuah smartphone. Sistem komunikasi tersebut juga dibantu oleh sebuah Internet of Things dan dapat dibaca oleh sebuah smartphone melalui aplikasi yang dirancang menggunakan aplikasi Blynk. [7]



Gambar 1. Blok Diagram Rangkaian

B. Rangkaian Keseluruhan

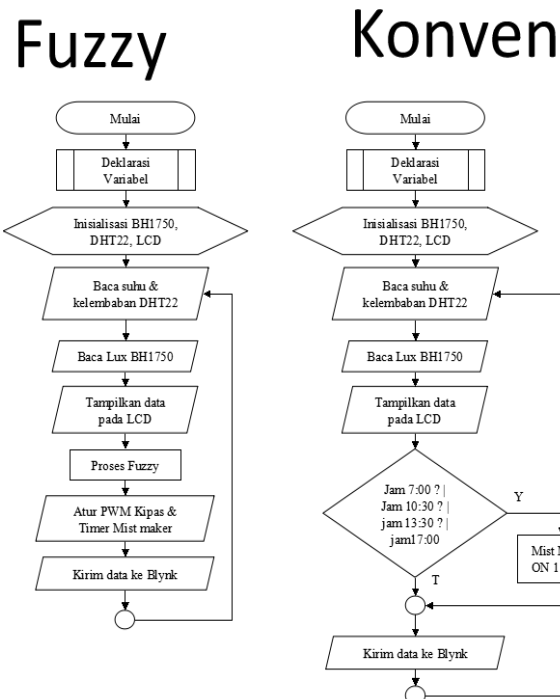
Pada perancangan rangkaian alat terdapat komponen yang digunakan terdiri dari dua buah adaptor 12V dan 24V, Sensor DHT22 (2 unit), Sensor BH1750 (2 Unit), PWM Kipas (3 unit), LCD, Driver LCD, Timer Mistmaker (2 unit) dan relay.



Gambar 2. Rangkaian Keseluruhan

C. Flowchart

Dalam merancang system diperlukan aturan umum atau alur system supaya alat dapat berjalan sesuai dengan prosedurnya.



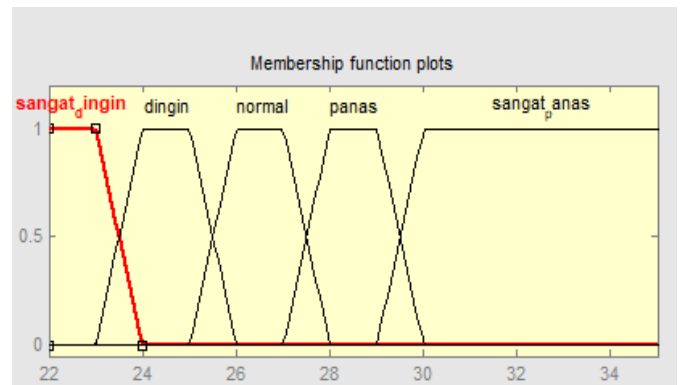
Gambar 3. Flowchart Keseluruhan

D. Flowchart

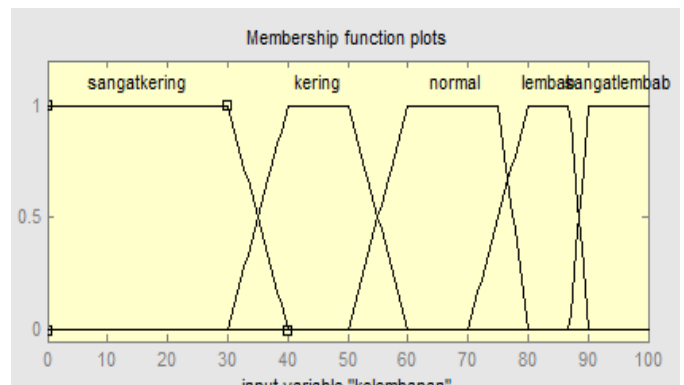
Perancangan sistem fuzzy akan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu perancangan sistem fuzzy untuk kendali suhu, dan perancangan sistem fuzzy untuk kendali kelembapan. Fuzzy logic menggunakan input nilai suhu dan kelembapan dari sensor. Nilai Suhu didapat dari selisih dari nilai set point dengan nilai sensor suhu saat ini. Fuzzy logic ini menggunakan dua variable input yaitu suhu dan kelembapan dikarenakan kedua variable tersebut nilainya selalu berubah-ubah. Dan untuk output dari fuzzy logic tersebut ada dua dimana suhu outputnya kipas dan kelembapan outputnya mistmaker. Untuk menentukan nilai output, maka ditentukan aturan-aturan yang digunakan untuk menyimpulkan variabel input dalam fuzzy logic.

Himpunan Fuzzy

Himpunan Fuzzy [8][9][10] untuk input terdiri dari dua yaitu suhu dan kelembapan dari pembacaan nilai pada sensor yang berubah-ubah. Suhu dan kelembapan digunakan pada proses fuzzifikasi. Himpunan Fuzzy untuk output adalah kecepatan kipas saat berputar dan durasi mistmaker saat menyala. Himpunan suhu dan kelembapan dibangun dengan representasi kurva trapesium. Parameter suhu tersusun atas lima variabel yaitu sangat dingin (SD), dingin (D), Normal (N), Panas (P), dan Sangat Panas (SP). Parameter Kelembapan tersusun atas lima variable yaitu Sangat Kering (SK), Kering (K), Normal (N), Lembab(L), Sangat Lembab (SL).

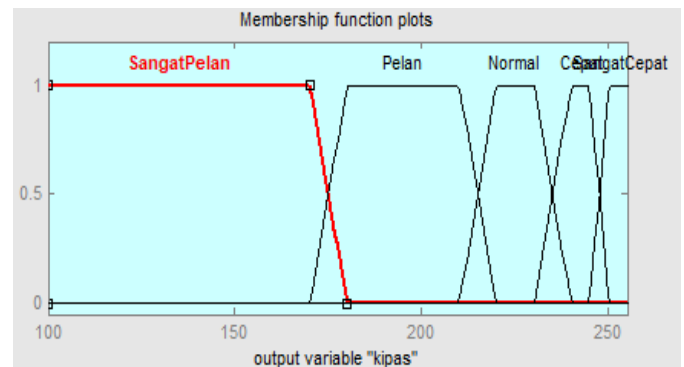


Gambar 4. Himpunan Fuzzy Suhu



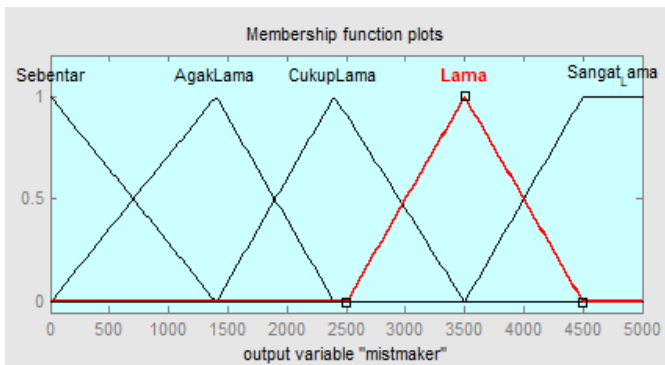
Gambar 5. Himpunan Fuzzy Kelembapan

Himpunan fuzzy untuk kecepatan kipas dirancang dengan representasi kurva trapezium. Terdapat lima jenis kecepatan yaitu Sangat Pelan (SP), Pelan (P), Normal (N), Cepat (C), dan sangat Cepat (SC).



Gambar 6. Himpunan Fuzzy Kecepatan PWM Kipas

Himpunan fuzzy untuk durasi mistmaker dirancang dengan representasi kurva segitiga. Terdapat lima jenis durasi yaitu Sebentar (S), AgakLama (AL), Cukup Lama (CL), Lama (L), Sangat Lama (SL). Berikut gambar himpuna Fuzzy durasimistmaker.



Gambar 7. Himpunan Fuzzy Timer Mistmaker ON

Aturan FIS Mamdani

Aturan pada FIS Mamdani berfungsi sebagai penalaran terhadap nilai input dari sensor sehingga dapat disimpulkan menjadi suatu informasi. Jumlah aturan pada FIS Mamdani berdasarkan pada jumlah himpunan dan variabel. Dalam sistem ini dibuat dua belas aturan pada FIS Mamdani. Aturan tersusun oleh frasa dua himpunan suhu dan kelembapan sehingga muncul jawaban berdasarkan himpunan fuzzy kecepatan kipas berputar dan durasi mistmaker on.

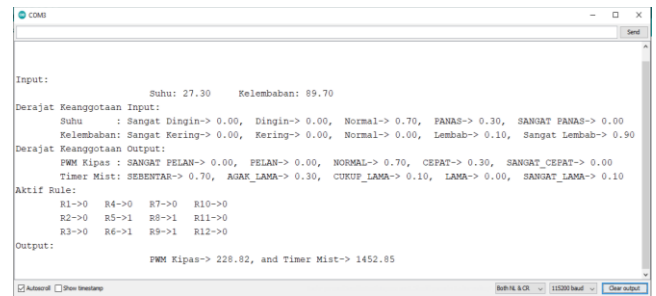
Tabel 1. Rules Fuzzy

	Sangat Dingin	Dingin	Normal	Panas	Sangat Panas
Sangat Dingin	NA	NA	NA	NA	NA
Kering	NA	NA	NA	NA	NA
Kering	NA	NA	NA	NA	NA
Normal	NA	PWM (N) 1	PWM (N) 4	PWM (C) 7	PWM(SC) 10
	NA	TIMER (L) 2	TIMER(SL) 5	TIMER(SL) 8	TIMER(SL) 11
Lembab	NA	PWM (N) 3	PWM (N) 6	PWM (C) 9	PWM (C) 12
	NA	TIMER (AL) 4	TIMER (S) 7	TIMER(AL) 10	TIMER(CL) 13
Sangat Lembab	NA	PWM (N) 5	PWM (N) 8	PWM (C) 11	PWM (C) 14
Lembab	NA	TIMER (S) 6	TIMER (S) 9	TIMER(AL) 12	TIMER(CL) 15

IV. HASIL DAN ANALISA

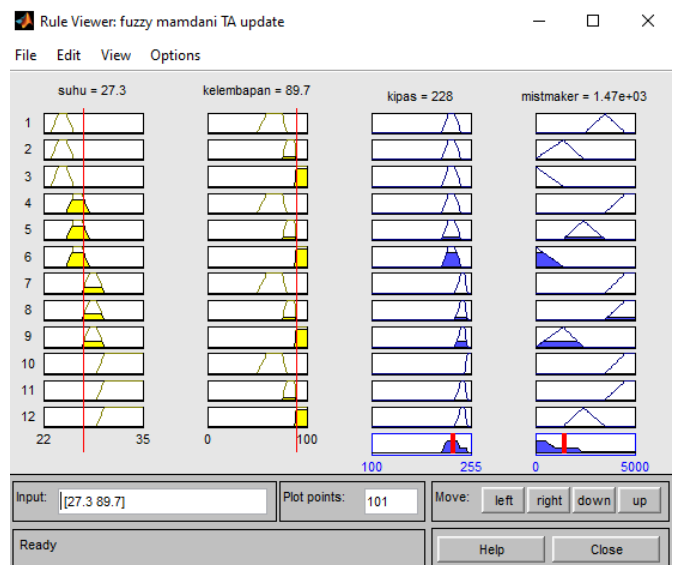
A. Pengujian Nilai Output Fuzzy

Pada penelitian ini digunakan metode fuzzy mamdani dengan input 2 variabel yaitu suhu dan kelembaban serta dua output variable yaitu PWM kipas dan timer mist maker. Skema pengujian dilakukan dengan cara melihat nilai input fuzzy suhu dan kelembaban pada software Arduino serial monitor kemudian memasukkan nilai suhu dan kelembaban tersebut ke program fuzzy matlab yang telah diprogram sebelumnya. Hasil perhitungan fuzzy matlab dibandingkan dengan hasil perhitungan fuzzy arduino di serial monitor.



Gambar 8. Nilai Input dan fuzzy ESP32 pada serial monitor Arduino

Dari gambar 8 dapat terlihat bahwa dengan input suhu 27,30 °C dan kelembaban 89,70% diperoleh output perhitungan fuzzy PWM kipas sebesar 228,82 dan Timer Mist Maker sebesar 1452,85 mS. Berdasarkan data itu kemudian penulis bandingkan dengan hasil dari matlab seperti pada gambar 9.



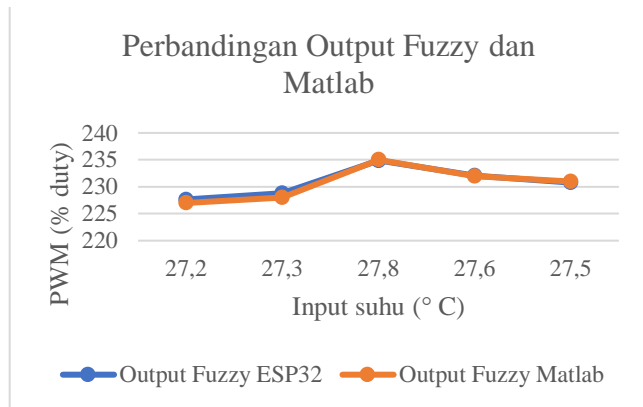
Gambar 9. Nilai Input dan Output Fuzzy pada Matlab

Dari gambar 9 dapat terlihat *output* perhitungan fuzzy untuk PWM kipas adalah 228 sedangkan output timer mist maker adalah 1470 mS. Berikut tabel 4.5 dan 4.6 yang berisi perbandingan hasil perhitungan fuzzy ESP32 dengan fuzzy matlab untuk 5 kali percobaan.

Tabel 2. Perbandingan Output Fuzzy ESP32 dengan Matlab untuk input suhu

No.	Suhu (°C)	Fuzzy ESP32	Fuzzy Matlab	% Error
1	27,20	227.65	227	0,28%
2	27.30	228.82	228	0,35%
3	27.80	234.89	235	0,04%
4	27.60	232.04	232	0,01%
5	27.50	230.83	231	0,07%
Rata-rata % Error				0,15%
Akurasi perhitungan fuzzy ESP32				99,85%

Tabel 2 merupakan perbandingan output fuzzy matlab dan output ESP32 untuk input suhu. Output berupa nilai PWM yang berfungsi mengubah kecepatan PWM Kipas. Berdasarkan tabel diatas, akurasi perhitungan fuzzy pada ESP32 yaitu sebesar 99.85%.

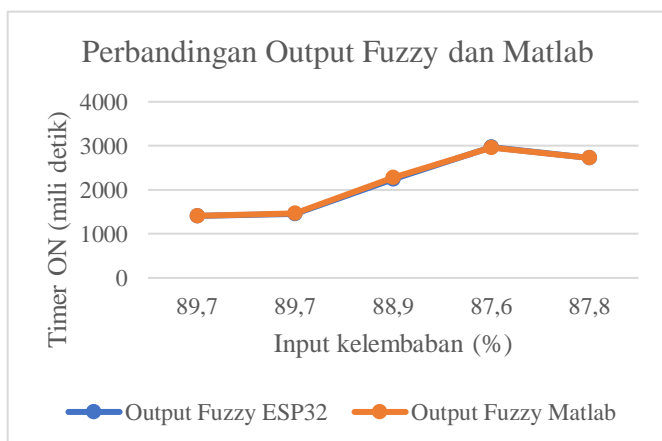


Gambar 10. Grafik Perbandingan output Fuzzy dan Matlab untuk input suhu

Tabel 3. Perbandingan output fuzzy ESP32 dengan matlab untuk input kelembapan

No.	Kelembaban (%)	Fuzzy ESP32	Fuzzy Matlab	% Error
1	89.70	1408.93	1410	0,001%
2	89.70	1452.85	1470	0,012%
3	88.90	2235.93	2280	0,020%
4	87.60	2968.90	2960	0,003%
5	87.80	2724.50	2730	0,002%
Rata-rata % Error				0,007%
Akurasi perhitungan fuzzy ESP32				99,992%

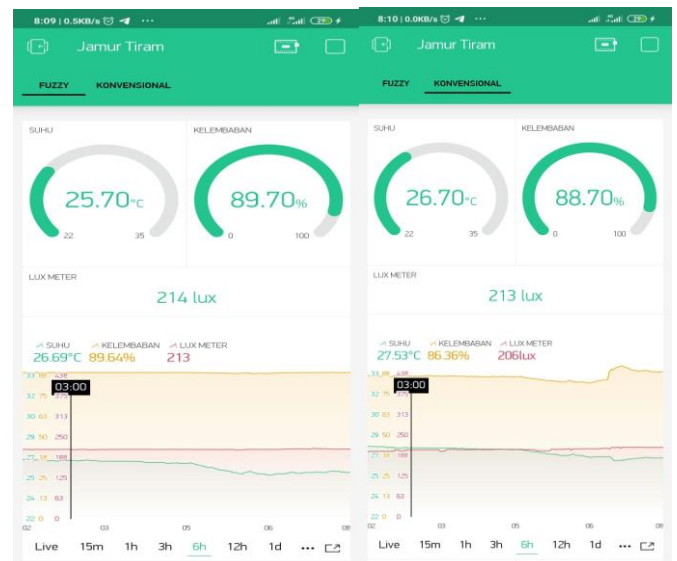
Tabel 3 merupakan perbandingan output fuzzy matlab dan output ESP32 untuk input kelembapan. Output berupa nilai yang akan mengatur berapa lama durasi Timer Mistmaker akan ON/OFF dalam satuan mili second. Berdasarkan tabel diatas, akurasi perhitungan fuzzy pada ESP32 yaitu sebesar 99.92%.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Output Fuzzy dan Matlab untuk input kelembapan

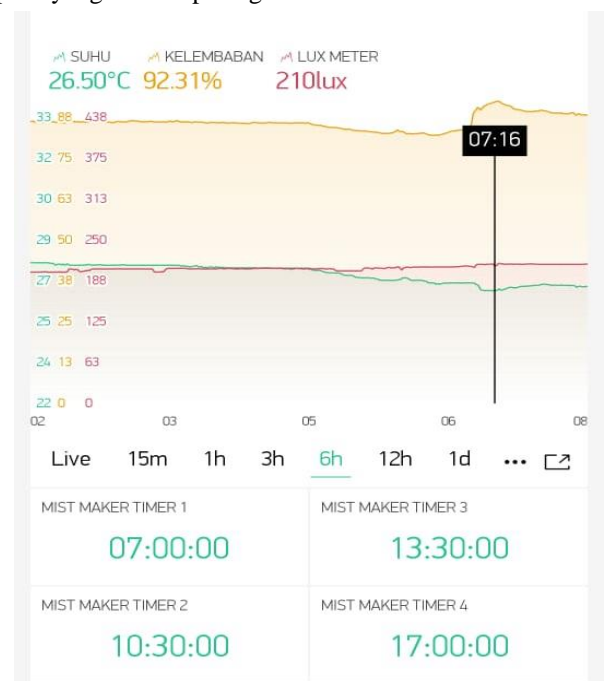
B. Pengujian Respon Suhu dan Kelembapan Pada Blynk

Pengujian bertujuan untuk mengetahui sejauh mana respon suhu dan kelembapan yang diperoleh pada kumbung dengan kendali fuzzy dan kumbung tanpa kendali. Untuk melihat respon tersebut penulis menggunakan aplikasi blynk.



Gambar 12. Perbandingan Suhu dan Kelembapan dua kumbung

Dari gambar 12 terlihat bahwa pada kumbung dengan kendali fuzzy, kelembapan dapat terjaga dengan baik pada kisaran 89,13% dan suhu dibawah 26 derajat celcius. Suhu semakin menurun saat mendekati jam 4 pagi. Sedangkan pada kumbung tanpa kendali fuzzy dapat diketahui bahwa suhu dan kelembapan kurang terkontrol, terlihat kelembapan berada pada 83,04%. Kelembapan baru bertambah pada jam 7 karena mist maker untuk kumbung tanpa kendali menyala 4 kali sehari seperti yang terlihat pada gambar 13.

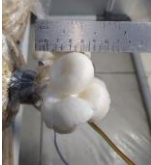









Gambar 13. Pengaturan waktu pada kumbung konven





C. Perbandingan Pertumbuhan Jamur

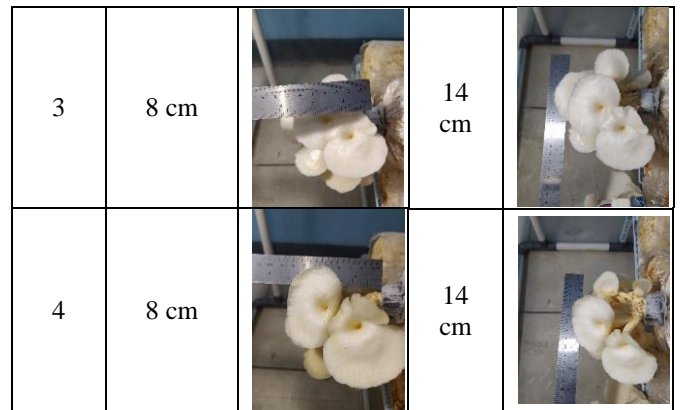
Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sistem kendali logika fuzzy terhadap pertumbuhan jamur yang ditanam. Pengujian dilakukan dengan membandingkan secara fisik ukuran jamur pada kumbung dengan kendali fuzzy dengan jamur yang ditanam di kumbung tanpa sistem kendali fuzzy. Jamur yang terkendali logika fuzzy dan yang tanpa kendali logika fuzzy ditanam pada hari yang sama yaitu pada tanggal 24 Desember 2021 dengan kadar miselium yang sama juga yaitu sekitar 95-100%, sehingga tanaman memiliki umur tanam yang sama. Jumlah baglog ditanam pada masing-masing media sebanyak 6 baglog.

Tabel 4. Data pertumbuhan jamur pada kumbung dengan kendali fuzzy

Hari ke	Panjang Badan	Foto dokumentasi	Lebar Badan	Foto dokumentasi
1	6 cm		12 cm	
2	8 cm		14 cm	
3	9 cm		15 cm	
4	9 cm		15 cm	

Tabel 5. Data pertumbuhan jamur pada kumbung dengan kendali fuzzy

Hari ke	Panjang	Foto dokumentasi	Lebar	Foto dokumentasi
1	5,5 cm		10 cm	
2	7 cm		13 cm	

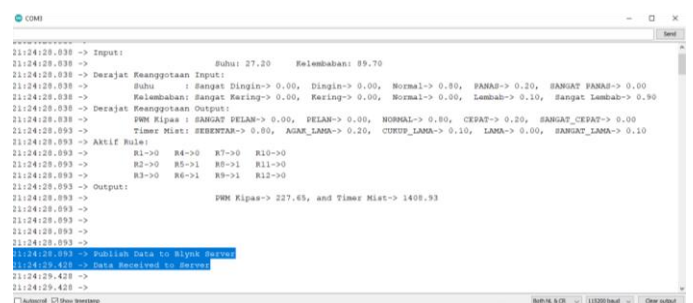


Sesuai dengan fakta yang diperoleh dari petani jamur, bahwa memang pertumbuhan jamur tiram tidak serentak meski umur pembibitan sama. Hal ini terlihat pada tabel 4 dan 5 dari masing-masing kumbung dengan 6 baglog yang ditanam hanya ada 2 baglog di masing-masing kumbung yang baru tumbuh. Pada kumbung dengan kendali fuzzy panjang jamur sudah mencapai 12cm sedangkan pada kumbung tanpa kendali jamur baru tumbuh dengan panjang 6,5cm. Selain itu pada kumbung tanpa kendali juga tumbuh jamur baru masih dalam bentuk *pinhead*.

Kemudian untuk kondisi fisik baglog sendiri, pada kumbung dengan kendali baglog lebih cenderung berwarna putih hal ini dikarenakan sistem sirkulasi yang baik dan pengatur kelembaban yang baik sehingga dapat terjaga kualitas pertumbuhan jamurnya. Sedangkan pada kumbung tanpa kendali, jamur cenderung berwarna coklat padahal kumbung sudah diberikan lubang ventilasi cukup banyak di bagian bawah dan atas untuk membantu sirkulasi.

D. Perbandingan Kecepatan Pengiriman Data

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat data dikirimkan oleh ESP32 ke server Blynk. Data yang dikirim ke server ada 9 variabel dengan detail yaitu 6 data input suhu, kelembaban, dan lux meter dari masing-masing kumbung. Lalu 2 variabel untuk output fuzzy yaitu PWM kipas dan Timer mist maker. Dan satu variabel output timer mist maker kumbung fuzzy. Data yang dikirimkan ke server Blynk adalah float. Besar tipe data float adalah 4 byte sehingga total untuk 9 variabel adalah 36 byte. Dan yang terakhir kemudian untuk skema pengujiannya dilakukan dengan cara melihat data *timestamp* pada serial monitor di software Arduino. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Data timestap pada serial monitor Arduino

Pengujian ini dilakukan sebanyak lima kali percobaan kemudian penulis sajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Kecepatan Pengiriman Data

No.	Banyak data	Waktu mulai kirim data	Waktu data terkirim	Interval
1	36 byte	21:24:28.893	21:24:29.428	535 mS
2	36 byte	21:29:05.095	21:29:05.657	562 mS
3	36 byte	21:33:41.317	21:33:41.857	540 mS
4	36 byte	21:34:20.776	21:34:21.312	536 mS
5	36 byte	21:34:44.472	21:34:44.996	524 mS
Rata-rata				539,4 mS

Dari tabel 6 Dapat kita ketahui bahwa dengan banyak data 36 byte data waktu yang dibutuhkan ESP32 untuk menyelesaikan pengiriman data ke server Blynk adalah sekitar 539,4 mS.

V. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan, pengujian dan analisa dapat disimpulkan bahwa kumbung dengan kendali fuzzy diperoleh hasil pertumbuhan jamur yang lebih baik daripada kumbung tanpa kendali. Dengan penerapan metode fuzzy mamdani alat dapat mengendalikan suhu pada kisaran 25°C sampai 28°C. Dengan penerapan metode fuzzy mamdani alat dapat mengendalikan kelembaban pada kisaran 87% sampai 90%. Total waktu pengiriman data dari ESP32 ke server Blynk adalah sekitar 539,4 mS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini dituliskan ucapan terima kasih terhadap pihak-pihak yang membantu terselesaikannya penelitian ini serta ucapan terima kasih terhadap tim editorial Jurnal Teknologi Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Waluyo, R. E. Wahyono, B. Lanya, and M. Telaumbanua, "Pengendalian Temperatur dan Kelembaban dalam Kumbung Jamur Tiram (*Pleurotus* sp) Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *agriTECH*, vol. 38, no. 3, p. 282, 2019, doi: 10.22146/agritech.30068.
- [2] A. Najmurokhman, Kusnandar, U. Komarudin, A. Daelami, and F. Adiputra, "Design and Implementation of Temperature and Humidity Control System in Oyster Mushroom Cultivation using Fuzzy Logic Controller," *2019 Int. Conf. Comput. Control. Informatics its Appl. Emerg. Trends Big Data Artif. Intell. IC3INA 2019*, pp. 146–150, 2019, doi: 10.1109/IC3INA48034.2019.8949573.
- [3] J. Dela Cruz-Del Amen and J. Flores Villaverde, "Fuzzy Logic-based Controlled Environment for the Production of Oyster Mushroom," *2019 IEEE 11th Int. Conf. Humanoid, Nanotechnology, Inf. Technol. Commun. Control. Environ. Manag. HNICEM 2019*, 2019, doi: 10.1109/HNICEM48295.2019.9072902.
- [4] G. P. Cikarge and F. Arifin, "Oyster Mushrooms Humidity Control Based on Fuzzy Logic by Using Arduino ATmega238 Microcontroller," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1140, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1140/1/012002.
- [5] T. Kaewwiset and P. Yodkhad, "Automatic temperature and humidity control system by using Fuzzy Logic algorithm for mushroom nursery," *2nd Jt. Int. Conf. Digit. Arts, Media Technol. 2017 Digit. Econ. Sustain. Growth, ICDAMT 2017*, pp. 396–399, 2017, doi: 10.1109/ICDAMT.2017.7905000.
- [6] M. Pamungkas and Y. S. Rohmah, "Perancangan dan Realisasi Alat Pengukur Intensitas Cahaya," vol. 3, no. 2, pp. 120–132, 2015.
- [7] A. Saputra, M. H. Ibnu Hajar, and A. R. Bahrain, "Sistem Kontrol Pada Hydroponics Grow Room Dengan Menggunakan Module Esp8266-01," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 10, no. 1, p. 16, Dec. 2019, doi: 10.22441/jte.v10i1.003.
- [8] A. W. Dani, A. Mundhola, R. Rahmatullah, and A. Mundhola, "Perangkat Uji Penciuman sebagai Protokol Kesehatan Menggunakan Fuzzy Mamdani Berbasis Internet Of Things," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 3, p. 160, Oct. 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i3.010.
- [9] A. W. Dani, "Optimalisasi Pertumbuhan Pada Sayuran Hidroponik Nutrient Film Technique Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 11, no. 1, p. 1, Feb. 2020, doi: 10.22441/jte.2020.v11i1.001.
- [10] R. B. Cahya, T. Pangaribowo, and F. Supegina, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Penyiraman Tanaman Anggrek Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Notifikasi Telegram," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 2, p. 59, Jul. 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i2.003.