

Rancang Bangun Sistem Kontrol Kelembaban Dan Suhu Pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis *Fuzzy Logic*

Moch Choeszaini¹

¹PT. Charoen Pokphand Indonesia
Jl. Raya Suroboyo - Mojokerto KM 19
Korespondensi: mochcoeszaini@gmail.com

Received: Maret 2023; Accepted: Mei 2023; Published: Juli 2023

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v5i1.116>

Abstrak

Kelembaban dan suhu bagi kelangsungan hidup jamur tiram sangatlah tinggi. Dibutuhkan kelembaban dan suhu yang tepat agar jamur tiram tumbuh secara maksimal. Selama ini petani jamur tiram dalam upaya pengontrolan masih menggunakan cara manual dan masih menggunakan feeling, jadi pertumbuhan jamur kurang maksimal. Maka Pengontrolan yang dilakukan kali ini menggunakan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) karena dianggap paling sesuai dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Metode pengontrol logika fuzzy ini menggunakan MCS51 dan komputer sebagai interface. Dengan metode fuzzy ini, inputan sensor suhu dan kelembaban digunakan untuk mengontrol beban-beban berupa lampu, kipas serta pompa spray secara automatis. *Fuzzy Logic* merupakan salah satu metode sistem kendali yang dapat memberikan keputusan yang menyerupai keputusan manusia. Proses pengendalian dengan fuzzy logic ini dilakukan oleh PC dan mikrokontroler, dengan empat sensor suhu LM35 dan satu sensor kelembaban HSM 20G sebagai input masukan fuzzy logic kontrol. Dari hasil percobaan yang dilakukan, menunjukan bahwa sistem kendali fuzzy logic lebih mudah dalam pembuatan sistem pengendaliannya dan lebih fleksibel dalam membuat perancangannya karena sistem fuzzy mengambil keputusan dari logika manusia yang ditempatkan pada knowledge Base sistem fuzzy.

Kata kunci: *Fuzzy Logic*, HSM-20G, LM35 dan Mikrokontroler

Abstract

Humidity and temperature for the survival of oyster mushrooms are very high. It requires the right humidity and temperature for oyster mushrooms to grow optimally. So far, oyster mushroom farmers in their control efforts still use manual methods and still use feeling, so mushroom growth is less than optimal. So the control carried out this time uses a Fuzzy Logic Controller (FLC) because it is considered the most appropriate taking into account changing environmental conditions. This fuzzy logic controller method uses MCS51 and a computer as an interface. With this fuzzy method, temperature and humidity sensor input are used to control loads in the form of lights, fans, and spray pumps automatically. Fuzzy Logic is a control system method that can provide decisions that resemble human decisions. The fuzzy logic control process is carried out by a PC and microcontroller, with four LM35 temperature sensors and one HSM 20G humidity

sensor as fuzzy logic control inputs. The results of the experiments carried out, show that the fuzzy logic control system is easier to create the control system and more flexible in making the design because the fuzzy system takes decisions from human logic which is placed in the fuzzy system knowledge base.

Key words: Fuzzy Logic, HSM-20G, LM35, microcontroller

I. PENDAHULUAN

Permintaan pasar terhadap jamur tiram sangat banyak. Jamur tiram disukai masyarakat untuk dijadikan berbagai macam olahan masakan. Sering kali para produsen jamur tiram sampai kehabisan stok. Hal ini dikarenakan pembudidayaan jamur tiram yang tidak gampang dan memerlukan waktu lama.

Salah satu kesulitan yang dihadapi adalah jamur tiram sangat sensitif terhadap perubahan temperatur dan kelembaban lingkungan. Jamur tidak dapat berkembang dengan baik apabila temperatur dan kelembaban lingkungannya tidak sesuai. Perawatan jamur tiram yang sulit dan sensitif menyebabkan masyarakat menganggap budidaya jamur tiram merupakan hal yang menyusahkan [1].

Berdasarkan analisa data pada petani jamur tiram di Pacet didapatkan bahwa dalam budidaya jamur tiram mengontrol kelembaban jamur tiram sangat penting, ketika pada waktu penyemprotan kondisi terlalu basah dikhawatirkan jamur yang akan di panen akan terlalu basah dan itu akan berpengaruh pada ketahanan jamur, jamur yang terlalu basah akan cepat busuk [2].

Kebanyakan konsumen tidak mau membeli jamur tiram dalam kondisi terlalu basah ataupun kering karena akan rugi untuk menjualnya kembali. Bila jamur kelihatan terlalu kering dianggap jamur tidak segar lagi. Hal inilah yang mengilhami peneliti untuk membuat alat ini. Diharapkan dengan alat ini bisa mengatasi permasalahan yang di alami oleh petani jamur tiram.

Selama ini pengontrolan kelembaban dan suhu dilakukan secara manual yaitu

dengan mengontrol secara berkala pada thermometer dan hygrometer [3]. Apabila kelembaban kurang ideal maka dilakukan penyemprotan hingga lingkungan yang ideal. Dibutuhkan kesabaran dan keuletan untuk merawatnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut dalam penelitian ini didesain suatu sistem pengontrolan suhu dan kelembabab kumbung pada budidaya jamur tiram. Kelembaban di kontrol dengan sensor HSM-20G, suhu akan dikontrol dengan sensor LM35, mikrokontroler arduino pengolah output dari sensor yang akan menginstruksi untuk menggerakkan *exhaust fan* atau pompa *spray* [3]. Suhu dan kelembaban akan di tampilkan oleh PC dan dengan metode *fuzzy logic* pengontrolan akan lebih presisi, sehingga tanaman jamur tiram akan tumbuh dengan baik dengan kelembaban dan suhu yang stabil. Dan konsumen puas untuk membeli produk jamur tiram dari petani jamur.

II. METODE PENELITIAN

• Jamur Tiram

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) adalah jamur pangan dari kelompok *Basidiomycota* dan termasuk kelas *Homobasidiomycetes* dengan ciri-ciri umum tubuh buah berwarna putih hingga krem dan tudungnya berbentuk setengah lingkaran mirip cangkang tiram dengan bagian tengah agak cekung. Jamur tiram masih satu kerabat dengan *Pleurotus eryngii* dan sering dikenal dengan sebutan *King Oyster Mushroom* [4]. Gambar 1 menunjukkan tampilan dari jamur tiram.



Gambar 1. Jamur tiram

- **Manfaat**

Jamur tiram ini memiliki manfaat kesehatan diantaranya, dapat mengurangi kolesterol dan jantung lemah serta beberapa penyakit lainnya. Jamur ini juga dipercaya mempunyai khasiat obat untuk berbagai penyakit seperti penyakit lever, diabetes, anemia [4].

Selain itu jamur tiram juga dapat bermanfaat sebagai antiviral dan antikanker serta menurunkan kadar kolesterol. Di samping itu, jamur tiram juga dipercaya mampu membantu penurunan berat badan karena berserat tinggi dan membantu pencernaan. Jamur tiram ini mengandung senyawa *pleuran* yang berkhasiat sebagai antitumor, menurunkan kolesterol, serta bertindak sebagai antioksidan. Adanya polisakarida, khususnya *Beta-D-glucans* pada jamur tiram mempunyai efek positif sebagai antitumor, antikanker, antivirus (termasuk AIDS), melawan kolesterol, antijamur, antibakteri, dan dapat meningkatkan sistem imun [4].

Pada jamur tiram, produk ini disebut sebagai plovastin yang di pasaran dikenal sebagai suplemen penurun kolesterol (komponen aktifnya statin yang baik untuk menghambat metabolisme kolesterol di dalam tubuh manusia).

Dilihat dari kandungan gizi yang terdapat dalam jamur tiram maka bahan ini termasuk aman untuk dikonsumsi. Adanya serat yaitu lignoselulosa baik untuk pencernaan. USDA (*United States Drugs and Administration*) yang melakukan

penelitian pada tikus menunjukkan bahwa dengan pemberian menu jamur tiram selama 3 minggu akan menurunkan kadar kolesterol dalam serum hingga 40 % dibandingkan dengan tikus yang tidak diberi pakan yang mengandung jamur tiram [4].

Sehingga mereka berpendapat bahwa jamur tiram dapat menurunkan kadar kolesterol pada penderita hiperkolesterol. Di Jepang saat ini sedang diteliti potensi jamur tiram sebagai bahan makanan yang dapat mencegah timbulnya tumor.

- **Media Tanam dan Komposisi**

Media tanam *Pleurotus ostreatus* yang digunakan adalah jerami yang dicampur dengan air, dedak 10% dan kapur 1%. Fungsi dari jerami adalah sebagai bahan dasar dari pertumbuhan jamur. Jerami mengandung lignin, selulosa, karbohidrat, dan serat yang dapat didegradasi oleh jamur menjadi karbohidrat yang kemudian dapat digunakan untuk sintesis protein. Air pada jerami berfungsi sebagai pembentuk kelembapan dan sumber air bagi pertumbuhan jamur. Dedak dan kapur merupakan bahan tambahan pada media tanam *Pleurotus ostreatus* [4].

Dedak ditambahkan pada media untuk meningkatkan nutrisi media tanam, terutama sebagai sumber karbohidrat, karbon, dan nitrogen. Kapur merupakan sumber kalsium bagi pertumbuhan jamur. Selain itu juga kapur berfungsi untuk mengatur pH media pertumbuhan jamur.

- **Metode Budidaya**

Budi daya jamur tiram menggunakan substrat jerami dengan tahapan sebagai berikut: pembuatan media tanam dilakukan dengan memotong jerami menjadi berukuran 1-2 cm, kemudian jerami direndam selama semalam. Setelah itu, ditiriskan airnya sebelum ditambahkan dedak 10% dan kapur 1% sebagai zat hara pertumbuhan jamur. Semua bahan diaduk rata dan campuran bahan tadi dimasukkan

ke dalam plastik yang tahan panas hingga terisi 2/3 bagian [4].

Kemudian dipadatkan (dipukul-pukul dengan botol kaca). Setelah cukup padat, leher plastik bagian atas dimasukkan pipa paralon dan dibagian tengah media substrat diberi lubang dan ditancapkan tips. Selanjutnya ditutupi dengan kapas lalu media substrat dilapisi dengan kertas dan diikat dengan karet.

Media tersebut disterilisasi pada 121°C selama 20 menit di dalam autoklaf untuk memastikan bahwa tidak ada kontaminan yang tumbuh yang mungkin akan mengganggu pertumbuhan jamur. Setelah steril, media substrat dibuka secara aseptis, lalu tips di tengah-tengah media dan kapas diambil dengan pinset steril.

Lubang yang terbentuk diisi dengan bibit jamur tiram yang ditumbuhkan pada biji sorgum pada botol (*aseptis*). Lalu media ditutup kapas lagi dan dibungkus dengan kertas. Media substrat diinkubasi pada suhu ruang selama beberapa minggu hingga tumbuh miselium. Setelah tumbuh miselium, kapas pada media dibuang dan media dibiarkan terbuka. Air disemprotkan setiap hari pada tempat pertumbuhan jamur agar kondisi sekitar lembab dan mendukung pertumbuhannya. Tubuh buah jamur akan tumbuh secara perlahan-lahan ketika media lembab dalam waktu sekitar 1 bulan lebih. Tubuh buah yang sudah cukup besar diambil dan ditimbang untuk diamati pertumbuhannya setiap minggu.

• Sensor HSM-20G

Sensor HSM-20G adalah sensor pengukur kelembaban dan temperatur. Dimana bentuk dari humidity tersebut pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor HSM 20G [6]

Sensor humidity HSM-20G dimana kelembaban relative bisa di konversi ke tegangan keluaran yang standart [3]. Macam-macam dari jenis aplikasi yang dapat digunakan oleh sensor ini adalah lembab, dan sangat lembab, untuk AC, data loggers kelembaban, *automotive climate control*, dan lain-lain.

Sensor ini mempunyai beberapa karakteristik dimana batas input tegangan DC 5 ± 0.2 volt, batas output tegangan adalah sebesar DC 1-3 volt, akurasi pengukuran $\pm 5\%$ RH, operasi arus maksimum 2mA, batas *storage* RH 0-99% RH, batas operasi RH 20-95% (100% RH *intermittent*), kondensasi transient $<3\%$ RH, batas *storage* temperatur -200°C - 700°C , batas operasi temperatur 0°C - 500°C , *hysteresis* (RH@ 250°C) maksimal 2% RH, sangat linier, respon waktu (63% perubahan step) 1 menit. [4]

Semua standart alat ini berdasarkan variasi kelembaban di bawah 60% RH pada saat 250°C . Kelengkapan semua tes-tes yang ada, module ini akan melewati batas bawah nominal lingkungan. Dan juga kelembaban untuk 24 jam.

• Sensor Suhu (LM35)

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan [3].

Tiga pin LM35 menunjukkan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau V_{out} dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor

LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt [3]. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajad *celcius* sehingga diperoleh persamaan (1) sebagai berikut :

$$VLM35 = \text{Suhu} \times 10\text{mV} \quad (1)$$

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1°C akan menunjukan tegangan sebesar 10 mV. Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar $0,01^{\circ}\text{C}$ karena terserap pada suhu permukaan tersebut. Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya.

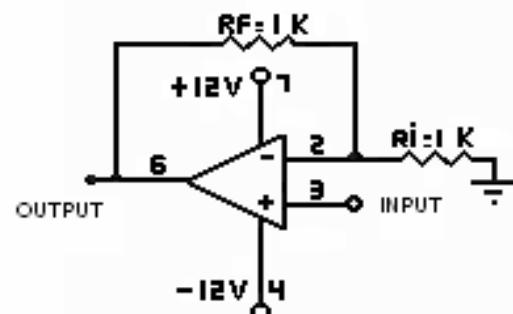


Gambar 3. Sensor suhu LM35 [7]

• **Rangkaian Penguat**

Rangkaian penguatan operasional tak membalik yang telah dibuat digunakan untuk menguatkan sinyal tegangan dan sensor agar dapat disetarakan dengan batas minimum input yang di perbolehkan masuk ke ADC yaitu 20 mV per langkah [3]. Dengan penjelasan tersebut maka penguatan yang dapat dipakai adalah 2 kali dari sinyal tegangan semula. Agar didapat penguatan yang tepat maka perlu dikalibrasi dengan mengatur tahanan variabel. Pengaturan dapat dilakukan dengan cara memutar tahanan variabel resistansi (VR) searah jarum jam atau

berlawanan yang akan menghasilkan perubahan pada nilai arus (I) [3]. Rangkaian penguat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penguat Non-inverting

Untuk perhitungan penguatan pada sensor suhu LM35 agar dapat dibaca oleh ADC yaitu dengan persamaan (2) berikut:

$$V_o = V_i \left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right) \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan (2), maka didapatkan nilai V_o sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_o &= 10\text{mV} \left(1 + \frac{1}{1} \right) \\ &= 10\text{mV}(2) \\ &= 20\text{mV} \end{aligned}$$

• **Multiplexer**

Multiplexer adalah Pemakaian bersama kapasitas link oleh beberapa stasiun dengan cara menggabungkan data dari semua stasiun tersebut seperti tampak pada Gambar 5.



Gambar 5. Multiplexer dan Demultiplexer

Terdapat n input *multiplexer*, dan 1 *output* dengan kapasitas *link* yang lebih tinggi. Sebaliknya, *demultiplexer* menerima aliran data hasil penggabungan

tersebut, kemudian memisah-misahkannya lagi menjadi *n output*. Aplikasi *multiplexing* yang paling umum pada komunikasi jarak jauh (*long haul/SLIJ*) dan pengukuran jarak jauh (*telemetri*) [10].

- **Fuzzy Logic**

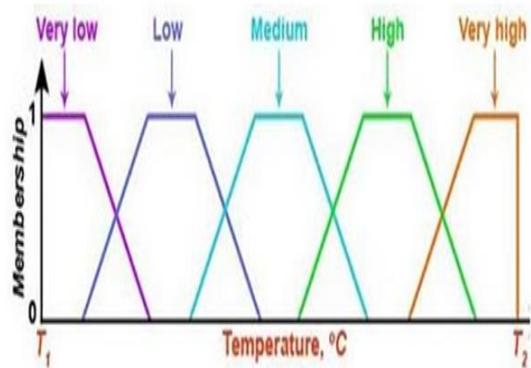
Adalah metodologi pemecahan masalah dengan beribu – ribu aplikasi dalam pengendali yang tersimpan dan pemrosesan informasi. *Fuzzy logic* menyediakan cara sederhana untuk menggambarkan kesimpulan pasti dari informasi yang ambigu, samar – samar, atau tidak tepat. Sedikit banyak, *fuzzy logic* menyerupai pembuatan keputusan pada manusia dengan kemampuannya untuk bekerja dari data yang ditafsirkan dan mencari solusi yang tepat [8].

Fuzzy logic pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (*multivalued logic*) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan konvensional seperti ya atau tidak, benar atau salah, hitam atau putih, dan sebagainya [9]. Penalaran *fuzzy* menyediakan cara untuk memahami kinerja dari system dengan cara menilai input dan output system dari hasil pengamatan [8].

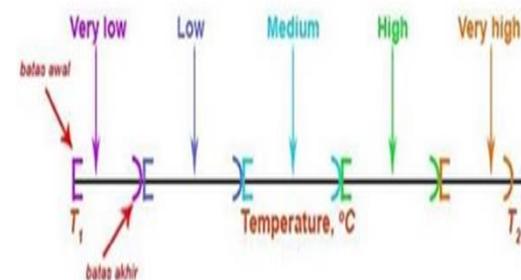
- **Himpunan Klasik vs Himpunan Fuzzy**

Perbedaan himpunan fuzzy dengan himpunan klasik dapat diilustrasikan pada Gambar 6. Dari Gambar 6 tersebut dapat terlihat himpunan fuzzy memiliki batas yang tidak jelas, sedangkan himpunan klasik memiliki batas yang jelas.

Pada Gambar 7 tanda ‘)’ mengartikan batas akhir dari sebuah scope dan tanda ‘[’ mengartikan batas awal sebuah scope dari himpunan klasik. Rentang suhu yang dinyatakan dalam Himpunan Fuzzy dapat dilihat pada Gambar 6. Sedangkan Rentang suhu yang dinyatakan dalam Himpunan Klasik dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Rentang Suhu Dalam Himpunan Fuzzy



Gambar 7. Rentang Suhu Dinyatakan Himpunan Klasik

- **Operasional Perangkat Fuzzy**
- **Fuzzifikasi**

Pada kontrol sistem ini terdapat dua input masukan yang akan di fuzzifikasi ke himpunan fuzzy dan menjadi fungsi keanggotaan fuzzy. Pada Tabel 1. merupakan fuzzifikasi dari input-input masukan yang dikeluarkan rangkaian sensor suhu udara dan kelembaban udara.

- **Knowledge Base**

Untuk sistem kontrol otomatis pada tanaman ini, digunakan beberapa rule yang kemungkinan besar akan terjadi pada tanaman yang akan dikendalikan tersebut. Dalam pembuatan rule atau pernyataan ini, sebenarnya tidak memiliki batasan dalam jumlahnya, semakin banyak rule-rule yang dibuat semakin tepat dan detail kerja alat yang dirancang.

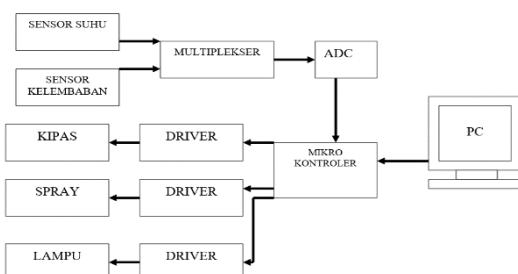
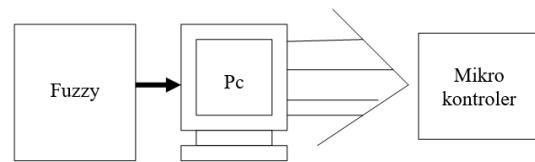
Tabel 1. Rule putaran kipas, pompa spray dan lampu

Suhu\Kelembaban	Dingin	Sejuk	Normal	Hangat	Panas
Kering	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Agak Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Agak Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Pelan	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang
Kering Normal	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Agak Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Agak Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang
Normal	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Agak Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Cepat
Normal Basah	Pompa:Nyala Lampu:Nyala Kipas:Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Nyala Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Nyala Kipas:Agak Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Cepat
Basah	Pompa:Mati Lampu:Nyala Kipas:Cepat	Pompa:Mati Lampu:Nyala Kipas:Cepat	Pompa:Mati Lampu:Nyala Kipas:Cepat	Pompa:Mati Lampu:Mati Kipas:Cepat	Pompa:Mati Lampu:Mati Kipas:Cepat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

- Perancangan Sistem**

Dalam perencanaan dan pembuatan alat ini pembahasan dibagi menjadi dua bagian. Pada bagian pertama dibahas mengenai perangkat keras (*hardware*) yang dibuat. Perencanaan perangkat keras dimulai dengan perencanaan secara diagram blok terlebih dahulu kemudian, dilanjutkan dengan merancang rangkaian dari masing-masing blok dan mengintegrasikannya menjadi suatu rangkaian yang lengkap. Sedangkan pada bagian yang kedua akan dibahas tentang perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk mengontrol atau mengendalikan perangkat keras dari keseluruhan sistem. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 8. Sedangkan diagram blok dapat dilihat pada Gambar 9.

**Gambar 8.** Diagram Blok Sistem**Gambar 9.** Diagram Blok Software

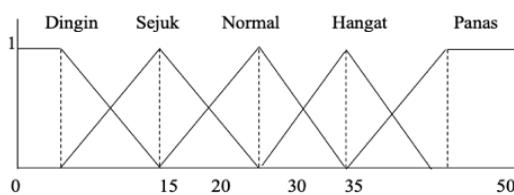
Pada sistem ini program dimulai dengan membaca suhu dan kelembaban, kemudian data yang dihasilkan sensor suhu berupa tegangan analog diperkuat dengan pengkondisian sinyal sebesar 1 kali. Hal ini dilakukan karena tegangan analog yang dihasilkan sensor suhu sangat kecil sehingga tidak dapat dibaca oleh ADC.

Untuk sensor kelembaban tidak diperlukan penguatan karena dari tegangan yang dikeluarkan sensor kelembaban dapat sudah dibaca oleh ADC. Pada proses ini data analog akan dikonversi menjadi data digital oleh ADC, selanjutnya data digital tersebut akan menjadi input data pada sistem mikrokontroler. Data dari mikrokontroler ini selanjutnya akan diolah oleh PC.

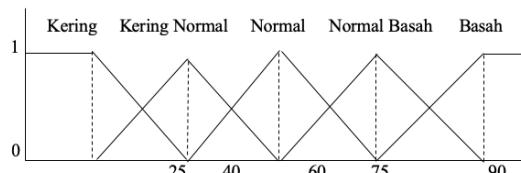
- Fungsi keanggotaan**

Pada Gambar 10 menggambarkan fungsi konggotaan pada sensor suhu dan sensor kelembaban.

Dalam fungsi keanggotaan Gambar 10-11 menggunakan fungsi segitiga dengan trapesium. Pada fungsi ini juga terdapat hanya satu nilai X yang memiliki derajat keanggotaan sama dengan 1, yaitu ketika $X = 25^{\circ}\text{C}$ atau pada posisi puncak segitiga. Tetapi, nilai-nilai disekitar daerah turunan segitiga memiliki derajat keanggotaan yang turun cukup tajam menjauhi 1 dan pada fungsi trapesium contoh pada fungsi keanggotaan kelembaban di atas yaitu ini terdapat beberapa nilai X yang memiliki derajat keanggotaan sama dengan 1, yaitu ketika $20\% \text{ RH} \leq X \leq 80\% \text{ RH}$. Tetapi derajat keanggotaan untuk $40\% \text{ RH} \geq X \geq 20\% \text{ RH}$ dan $80\% \text{ RH} \leq X \leq 90\% \text{ RH}$ memiliki karakteristik yang sama dengan fungsi segitiga.



Gambar 10. Fungsi keanggotaan sensor suhu



Gambar 11. Fungsi keanggotaan Sensor kelembaban

- **Pengujian Sensor Kelembaban**

Pengujian sensor kelembaban bertujuan untuk mengetahui apakah sensor ini berfungsi dengan baik yaitu dapat mendeteksi perubahan tegangan agar dapat dibaca oleh ADC dan tegangan keluaran langsung diamati dengan voltmeter *digital*. Hasil pengujian sensor kelembaban dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sensor Kelembaban

Tegangan Keluaran HSM-20G (Volt)	Kelembaban (%RH)	Hygrometer (%RH)
0	0	0
0.155	5	7
0.299	10	11
0.620	20	22
0.930	30	32
1.240	40	42
1.550	50	52
1.860	60	61
2.170	70	72
2.480	80	82
2.790	90	91

- **Pengujian Sensor Temperatur**

Pengujian sensor temperatur dilakukan untuk mengetahui apakah sensor temperatur yang digunakan masih dapat berfungsi dengan baik, sekaligus juga untuk mengetahui apakah aplikasi rangkaian sensor temperatur yang telah dibuat dapat berjalan sesuai yang diharapkan.

Cara kerja pengujian terhadap sensor temperatur dan aplikasi rangkaian sensor temperatur dilakukan dengan cara memberikan catu 5V dan memberikan pemanasan secara tidak langsung, sedangkan tegangan keluaran langsung diamati dengan voltmeter. Hasil pengujian sensor temperatur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Sensor Temperatur

Pengukuran Sensor(mV)	Suhu $^{\circ}\text{C}$	Pengukuran termometer $^{\circ}\text{C}$
0	0	0
101	12	10
203	23	20
299	31	30
400	42	40
502	52	50
598	61	60
701	72	70
809	82	80
902	93	90

- **Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal**

Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal dilakukan dengan cara memberikan tegangan berubah-ubah pada bagian masukan penguat akhir (penguat *non inverting*) kemudian mengukur keluarannya untuk kemudian dihitung tingkat penguatan tegangan. Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian penguatan terhadap sensor suhu

Sensor	V _{in}	V _{out}
1	0,35	0,68
2	0,33	0,68
3	0,34	0,69
4	0,35	0,70

Tabel 5. Sistem kontrol suhu dan kelembaban

Suhu	Kelembaban	Lampu	Pompa	Putaran Kipas
Dingin	Kering	mati	nyala	sedang
Sejuk	Kering	mati	nyala	Sedang
Normal	Kering	mati	nyala	Pelan
Hangat	Kering	mati	nyala	Agak cepat
Panas	Kering	mati	nyala	Sedang
Dingin	Normal kering	mati	nyala	Agak cepat
Sejuk	Normal kering	mati	nyala	Agak cepat
Normal	Normal kering	mati	nyala	Agak cepat
Hangat	Normal kering	mati	nyala	Agak cepat
Panas	Normal kering	mati	nyala	Agak cepat
Dingin	normal	mati	nyala	Cepat
Sejuk	normal	mati	nyala	Agak cepat
Normal	Normal	mati	nyala	sedang
Hangat	normal	mati	nyala	Agak cepat
Panas	normal	mati	nyala	Cepat
Dingin	Normal basah	nyala	nyala	Pelan
Sejuk	Normal basah	nyala	nyala	Sedang
Normal	Normal basah	nyala	nyala	Agak cepat
Hangat	Normal basah	mati	nyala	Cepat
Panas	Normal basah	mati	nyala	Cepat
Dingin	Basah	nyala	Mati	Cepat
Sejuk	Basah	nyala	mati	Cepat
normal	Basah	nyala	Mati	Cepat
Hangat	Basah	mati	Mati	Cepat
panas	Basah	mati	mati	Cepat

- **Pengujian DAC**

Pengujian DAC dilakukan dengan memberi data biner dari mikro kemudian di ubah oleh DAC, output DAC kemudian di ukur dalam bentuk tegangan. Hasil pengujian DAC dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian DAC

Keterangan	Data Dari mikro(Hex)	Output dari DAC(V)
Pelan	100	2,25
Agak pelan	127	2,8
Sedang	150	3,25
Agak Cepat	190	4
Cepat	225	4,9

- **Pengujian Komunikasi Serial**

Dalam pengujian komunikasi antara mikro dan pc menggunakan hyperterminal yang terdapat dalam PC untuk menerima data yang dikirim oleh mikro. Data dikirim dari mikro akan di terima dalam bentuk heksa. Hasil pengujian komunikasi serial dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian Komunikasi Serial

Data Dikirim oleh mikro	Data yang diterima PC
A	41
B	42
C	43
D	44
E	45
F	46
G	47

- **Pengujian Sistem Kontrol Budidaya Jamur Tiram**

Setelah semua komponen diuji secara parsial maka selanjutnya dilakukan pengujian secara integrasi. Pengujian dilakukan dengan mengintegrasikan semua sistem elektronika dan mengintegrasikan dengan software yang sudah didesain. Hasil pengujian sistem kontrol dapat dilihat pada Tabel 5.

IV. SIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa penerapan pengendali logika fuzzy pada sistem kontrol kelembaban dan suhu pada jamur tiram ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut. Untuk penerapan sistem kendali *fuzzy logic control* tidak memerlukan model matematika dan optimum pada kendali non-linier karena keputusan yang dikeluarkan hanya menggunakan logika manusia.

Variabel linguistik, Derajat keanggotaan dan Fungsi keanggotaan

adalah parameter-parameter pembentuk untuk anggota himpunan logika fuzzy. Langkah-langkah untuk membuat sistem fuzzy logic kontrol terdiri dari pembentukan: fuzzifikasi, knowledge base, inferensi dan defuzzifikasi.

Knowledge base disusun berdasarkan pengalaman seorang operator ahli pada bidangnya. Pengontrolan kelembaban dan suhu pada budidaya jamur tiram lebih presisi menggunakan metode fuzzy logic. Pertumbuhan jamur tiram optimal pada suhu 25°C-29°C dan kelembaban 52% RH - 60% RH. Pengontrolan dalam ruangan sangatlah sulit untuk menstabilkan suhu dan kelembaban tetapi dapat diatasi dengan pemakaian sejumlah sensor dan dengan sensor-sensor yang lebih sensitif.

Dari melakukan percobaan 10 kali tingkat keberhasilan pada alat ini 7 kali berhasil dan 3 kali gagal, keberhasilan alat ini sekitar 70%.

V. RUJUKAN

- [1] D. Septianita, "Analisis Pengembangan Usaha Jamur Tiram (*Pleurotus Ostreatus*) Di Kota Palembang," *Jurnal KaliAgri*, Vol. 2, No. 2, 2021.
- [2] S. Sumarsih, "Buku Bisnis Bibit Jamur Tiram Edisi Revisi," Jakarta: Swadaya Group, 2014.
- [3] N. Z. Wahidah., M. Taufiqurrohman, "Alat Ukur Kelembaban, ph, Suhu Dan Fertility Pada Budidaya Buah Naga Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *Peran Fortei Regional VII Di Era Industri 4.0 Dan Society 5.0*, Malang, Fortei VII, 2019.
- [4] S. T. Chang, P. G. Miles, "Mush-rooms : Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact," Boca Raton : CRC Press, 2004.
- [5] R. Zhang, X. Li, J. G. Fadel, "Oyster mushroom cultivation with rice and wheat

straw," *Bioresource Technology*, Vol. 82, No. 3, 2002.

[6] "Datasheet HSM 20G Humidity Module," 2012, (https://www.geeetech.com/wiki/index.php/Humidity_Temperature_Sensor_Module_HSM20G, diakses : 5 Februari 2023).

[7] "Datasheet LM 35 Temperature Sensor," 1999, (<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8866/NSC-LM35.html>, diakses : 20 Januari 2023).

[8] S. Putriani, M. Taufiqurrohman, J. Subur, "Implementasi Metode Fuzzy Logic Untuk Menentukan Proporsional Badan Berdasarkan Indeks Massa Tubuh (IMT)," *Peran Fortei Regional VII Di Era Industri 4.0 Dan Society 5.0*, Malang, Fortei VII, 2019.

[9] M. Taufiqurrohman, Aulanni'am, Y. Yueniawati P. W., G. Ciptadi, "Development of Surface Acoustic Wave Sensor Electronic Nose for the Identification of Volatile Compound Organic Using Artificial Neural Network," *International Journal on Engineering Application (IREA)*, Vol. 11, No. 5, 2023.

[10] Andra, "Dasar-Dasar Packet Switch," 2008, (<https://id.scribd.com/document/363679647/9-Dasar-Paket-Switch-pdf>, diakses : 7 Juli 2022).