

**PENERAPAN SISTEM KENDALI *FUZZY LOGIC* PADA
KUMBUNG JAMUR TIRAM**

FERNANDO

G041 19 1057



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

**PENERAPAN SISTEM KENDALI *FUZZY LOGIC* PADA
KUMBUNG JAMUR TIRAM**

**FERNANDO
G041 19 1057**



Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Departemen Teknologi Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

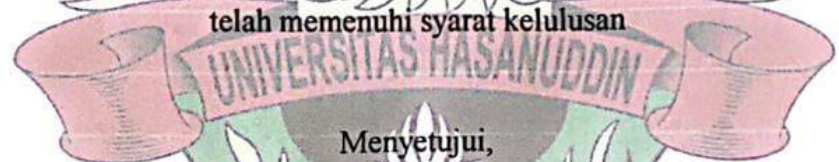
LEMBAR PEGESAHAN

PENERAPAN SISTEM KENDALI *FUZZY LOGIC* PADA KUMBUNG JAMUR TIRAM

Disusun dan diajukan oleh

FERNANDO
G0411 91 057

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 18 Oktober 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan



Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Abdul Waris, M.T.
NIP. 19601101-198903 1 002

Diyah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D
NIP. 19810129 200912 2 002

Ketua Program Studi
Teknik Pertanian



Diyah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D
NIP. 19810129200912 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fernando
Nim : G041191057
Program Studi : Teknik Pertanian
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Penerapan Sistem Kendali *Fuzzy Logic* pada Kumbung Jamur Tiram ini adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 18 Oktober 2023

Yang Menyatakan,



ABSTRAK

FERNANDO (G041191057). Penerapan Sistem Kendali *Fuzzy Logic* dan Kumbung Jamur Tiram : ABDUL WARIS dan DIYAH YUMEINA.

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) merupakan jamur yang memiliki nutrisi dan gizi yang cukup tinggi sehingga baik untuk dikonsumsi. Rata-rata harga jual jamur tiram pada pasaran adalah 20.000/kg. Selama ini pengendalian kondisi kumbung jamur tiram untuk menjaga suhu dan kelembapan (RH) dilakukan dengan menggunakan metode konvensional, metode ini dilakukan dengan cara menyemprotkan air menggunakan *hand sprayer* pada pagi dan sore hari. Cara ini tentu tidak efektif untuk mengontrol kelembapan dan suhu pada kumbung jamur tiram karena kelembapan dan suhu tidak terkontrol dengan baik bahkan dapat menyebabkan *misselium* tidak dapat tumbuh dengan optimal oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem kontrol yang baik untuk mengendalikan kumbung jamur tiram dilengkapi sistem kendali *fuzzy logic*. Metode penelitian ini meliputi pembuatan kumbung, perancangan kaidah kontrol untuk mengendalikan kelembapan pada kumbung dan uji kinerja sistem kontrol ke kumbung jamur tiram. Parameter yang diamati adalah kelembapan, *respon dinamis*, *respon steady state*, dan daya listrik. Hasil penelitian menunjukkan kaidah-kaidah kontrol *fuzzy* mampu mengatur daya sehingga *overshoot* kelembapan cukup kecil (1,1%), *settling time* relatif singkat (13 menit), kelembapan stabil dan *error steady state* sebesar 3,33% (dalam batas toleransi). Penerapan sistem kendali *fuzzy logic* untuk mengendalikan kumbung jamur tiram pada kelembapan 90% menunjukkan bahwa kelembapan kumbung lebih tinggi dibandingkan dengan kelembapan lingkungan yang tidak stabil. Keberhasilan sistem kontrol juga dapat dilihat pada penggunaan daya listrik yang menurun secara bertahap dimulai pada menit ke-11 hingga daya 0 saat mencapai kelembapan *setting point* dan hanya sesekali aktif. Selain sistem kontrol daya, kontrol *fan* juga berhasil membuat ruang kelembapan relatif seragam. Energi listrik yang digunakan untuk mengontrol kumbung jamur tiram selama satu minggu sebesar 1,79 kWh. Estimasi biaya penggunaan listrik, kumbung jamur beroperasi di rumah dengan harga listrik Rp1.444,70/kWh untuk kelembapan ruang 90% adalah 2.586,013/minggu.

Kata Kunci: Fuzzy, Jamur, Kumbung.

ABSTRACT

FERNANDO (G041191057). *Application of Fuzzy Logic Control System and Monitoring on Oyster Mushroom Mushroom Coupling*. Supervisors: ABDUL WARIS dan DIYAH YUMEINA.

Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) is a mushroom that has high enough nutrients and nutrients so that it is good for consumption. The average selling price of oyster mushrooms on the market is 20,000/kg. So far, controlling the condition of oyster mushroom barns to maintain temperature and humidity (RH) is done using conventional methods, this method is done by spraying water using a hand sprayer in the morning and evening. this method is certainly not effective for controlling humidity and temperature in oyster mushroom barns because humidity and temperature are not well controlled and can even cause mycelium to not be able to grow optimally, therefore this study aims to produce a good control system to control oyster mushroom barns equipped with a fuzzy logic control system. The method of this research includes making a barn, designing control rules to control humidity in the barn and testing the performance of the control system to the oyster mushroom barn. The parameters observed are humidity, dynamic response, steady state response, and electrical power. The results showed that the fuzzy control rules were able to regulate the power so that the humidity overshoot was quite small (1.1%), the settling time was relatively short (13 minutes), the humidity was stable and the steady state error was 3.33% (within tolerance limits). The application of the fuzzy logic control system to control the oyster mushroom barn at 90% humidity shows that the humidity of the barn is higher than the unstable humidity of the environment. The success of the control system can also be seen in the use of electric power which decreases gradually starting at the 11th minute to 0 power when it reaches the setting point humidity and is only occasionally active. In addition to the power control system, the fan control also succeeded in making the humidity chamber relatively uniform. The electrical energy used to control the oyster mushroom barn for one week amounted to 1.79 kWh. The estimated cost of electricity use, the biofermentor operates at home with an electricity price of Rp1,444.70/kWh for 90% room humidity is 2,586.013/week.

Keyword: Fuzzy, Mushroom, Barn.

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat karunianya penulis dapat sampai pada tahap penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa selesainya penulisan skripsi ini tidak luput dari dukungan dan semangat serta doa dari berbagai pihak yang telah membantu penulis untuk sampai ke tahap ini. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Ayahanda **Frans Nggalene** dan Ibunda **Suwarti**, selaku orang tua yang telah sabar, membina dan memberikan motivasi sehingga penulis sampai ke tahap penyelesaian skripsi ini.
2. **Dr. Ir. Abdul Waris, M.T.** selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, kritikan dan ilmunya dalam penyelesaian penelitian ini mulai dari tahap proposal hingga sampai pada tahap penyelesaian skripsi ini.
3. **Dyah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D** selaku dosen pembimbing kedua yang juga telah memberikan ilmu dan meluangkan waktunya dalam proses penyelesaian skripsi ini.
4. Terima kasih kepada **Dr. Abdul Azis, S.TP., M.Si** dan **Husnul Mubarak, S.TP., M.Si** selaku penguji saya yang telah memberikan saran terhadap skripsi saya.
5. Segenap teman-teman yang telah membantu selama penelitian ini berlangsung. Terkhusus untuk **Sultan Erlangga, Selpiah, Rasma Rahman, A. Muhammad Ilham, Himager squad** dan **Pemuda kristiani** Terima kasih atas segala kebaikan yang kalian berikan, semoga Tuhan memberkatinya.

Makassar, 18 Oktober 2023

Fernando

RIWAYAT HIDUP



Fernando, Lahir di Grobogan, Jawa Tengah pada tanggal 1 Februari 2001, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara oleh pasangan bapak Frans Nggalene dan ibu Suwarti . Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Menempuh pendidikan pertama di SD 159 pakatan pada tahun 2007 sampai tahun 2013.
2. Melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Mangkutana pada tahun 2013 sampai tahun 2016.
3. Melanjutkan sekolah menengah atas di SMA Negeri 4 Luwu Timur pada tahun 2016 sampai tahun 2019.
4. Melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Hasanuddin dan terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Teknik Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian pada tahun 2019 sampai tahun 2023.

Selama menempuh pendidikan di bangku perkuliahan, penulis terdaftar sebagai salah satu penerima bantuan beasiswa pendidikan BIDIKMISI dari pemerintah. Penulis juga aktif dalam berorganisasi dan menjadi anggota dari organisasi Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATEPA UNHAS) dan juga pernah menjadi kordinator dan asisten laboratorium beberapa mata kuliah dibawah naungan *agricultural study club* (TSC).

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
PERSANTUNAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Kondisi Jaamur Ideal Tiram	3
2.2 Kumbung Jamur	4
2.3 Sistem Kontrol	4
2.4 <i>Fuzzy Logic Controller</i>	5
2.5 <i>Fuzzifikasi</i>	6
2.6 Basis Pengetahuan.....	6
2.7 Sistem Inferensi Sugeno.....	7
2.8 <i>Defuzzifikasi</i>	7
2.9 Mikrokontroler	7
2.10 Arduino	8
2.11 <i>Solid State Relay</i>	9
2.12 Sensor DHT11	9

2.13 Alat Pengkabut (<i>Mist Maker</i>)	10
2.14 <i>Fan</i>	10
3. METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3 Prosedur Penelitian	12
3.3.1 Studi Literatur	13
3.3.2 Pembuatan Kumbung Jamur	13
3.3.3 Perancangan Sistem Kontrol.....	14
3.3.4 Perakitan Alat.....	15
3.3.5 Pembuatan Bahasa Program.....	16
3.3.6 Uji Fungsional.....	18
3.3.7 Uji Kinerja	19
3.3.8 Analisis Data	19
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Deskripsi Kumbung Jamur Tiram	21
4.2 Faktor Penentu Keberhasilan Jamur Tiram	21
4.3 Uji Fungsional	22
4.3.1 Pengukuran Kelembapan Lingkungan	22
4.3.2 <i>Fan</i> Kumbung Jamur Tiram	23
4.3.3 Kaidah Kontrol.....	24
4.3.4 Sistem Kontrol <i>Fuzzy Logic</i>	24
4.4 Hasil Uji Kinerja	25
4.4.1 Respon <i>Transient</i> Kelembapan pada Kumbung Jamur Tiram	25
4.4.2 Respon <i>Stady State</i> Kelembapan pada Kumbung Jamur Tiram ...	26
4.5 Energi Dan Daya Listrik yang Digunakan	27
5. PENUTUP	30
Kesimpulan	30
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Jamur tiram.....	3
Gambar 2.	Kumbung jamur	4
Gambar 3.	Rangkaian dalam aktuator SSR	9
Gambar 4.	Sensor DHT11	10
Gambar 5.	<i>Mist maker</i>	11
Gambar 6.	<i>Fan</i>	12
Gambar 7.	Diagram alir penelitian	13
Gambar 8.	Bentuk kumbung jamur	14
Gambar 9.	Bagan kontrol penelitian	15
Gambar 10.	Rangkaian kontrol kumbung jamur tiram.....	16
Gambar 11.	Diagram sistem kontrol.....	17
Gambar 12.	Fungsi keanggotaan segitiga untuk <i>error</i>	18
Gambar 13.	Fungsi keanggotaan segitiga untuk <i>delta error</i>	18
Gambar 14.	Fungsi keanggotaan segitiga untuk <i>delta error</i>	19
Gambar 15.	Kumbung jamur tiram	22
Gambar 16.	Kelembapan lingkungan	24
Gambar 17.	Kelembapaan lapisan atas dan bawah baglog	25
Gambar 18.	(a) Selisih kelembapan bawah dan atas baglog terpaut 4% (b) kelembapan bawah dan atas baglog seragam.....	25
Gambar 19.	Hubungan antara <i>error</i> dan <i>delta error</i> untuk PWM	26
Gambar 20.	Respon dinamis suhu air dengan kontrol <i>fuzzy logic</i>	27
Gambar 21.	Respon <i>trensient</i> kelembapn pada kumbung jaamur tiap menit pengulangan 1	27
Gambar 22.	Respon <i>trensient</i> kelembapan pada kumbung jamur tiap menit pengulangan 2	28
Gambar 23.	Respon <i>stady state</i> kelembapan pada kumbung jamur tiram pengulaangn 1	29
Gambar 24.	Respon <i>stady state</i> kelembapan pada kumbung jamur pengulaangn 2	29

Gambar 25. Daya <i>fogger</i> saat kontrol <i>on</i> dengan <i>setting point</i> 90% pada pengulangan 1	30
Gambar 26. Daya <i>fogger</i> saat kontrol <i>on</i> dengan <i>setting point</i> 90% pada pengulangan 2	28
Gambar 27. Pengulangan energi listrik selama satu minggu pada pengulangan 1 dan 2	31

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nama dan fungsi bagian utama kumbung jamur	13
Tabel 2. Dimensi kumbung jamur	14
Tabel 3. Jumlah energi dan estimasi biaya pengontrolan kumbung jamur ...	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengukuran Kelembapan Lingkungan	33
Lampiran 2. Pengukuran Suhu Lingkungan.....	33
Lampiran 3. Respon <i>Stady Satate</i> Kelembapaan pada Kumbung Jamur Tiram Pengulangan 1	34
Lampiran 4. Respon <i>Stady Satate</i> Kelembapaan pada Kumbung Jamur Tiram Pengulangan 2	34
Lampiran 5. Respon Dinamis Kelembapaan pada Kumbung Jamur Tiram Pengulangan 1	36
Lampiran 6. Respon Dinamis Kelembapaan pada Kumbung Jamur Tiram Pengulangan 2	38
Lampiran 7. Perhitungan <i>Overshoot</i>	39
Lampiran 8. Perhitungan <i>Error Stady State</i>	39
Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian.....	40

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jamur tiram merupakan tanaman yang memiliki nutrisi dan gizi yang cukup tinggi sehingga baik untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Setiap tahunnya permintaan akan jamur tiram semakin meningkat namun produksi yang dihasilkan rendah. Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2017 tingkat konsumsi jamur tiram di Indonesia mencapai 47.753 ton sedangkan hasil produksinya hanya mencapai 37.020 ton. Jamur ini tumbuh pada pokok-pokok kayu yang sudah lapuk, syarat tumbuh jamur tiram tergantung dari sumber nutrisi, suhu, kelembapan, air, cahaya, udara. Rata-rata harga jual jamur tiram pada pasaran adalah 20.000/kg.

Jamur tiram tumbuh dengan baik pada lingkungan dengan rentang suhu 16-30 °C dan rentan kelembapan 80-95% (Waluyo *et al.*, 2019). Untuk menjaga kondisi suhu dan kelembapan lingkungan yang sesuai untuk budidaya jamur tiram, budidaya jamur dilakukan pada kumbung jamur (rumah jamur) dengan tujuan agar jamur dapat terlindung dari gangguan luar seperti serangan angin, serangan hama, curah hujan yang tinggi dan intensitas sinar yang terlalu tinggi atau faktor lain yang dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur tiram menjadi tidak optimal (Arafat *et al.*, 2019).

Pengendalian kondisi kumbung jamur tiram untuk menjaga suhu dan kelembapan dilakukan dengan menggunakan metode konvensional. Metode ini dilakukan dengan cara menyemprotkan air menggunakan *hand sprayer* pada pagi dan sore hari (Waluyo *et al.*, 2018). Cara ini tentu tidak efektif untuk mengontrol suhu dan kelembapan pada kumbung jamur tiram karena kelembapan dan suhu tidak terkontrol dengan baik bahkan dapat menyebabkan *misselium* tidak dapat tumbuh dengan optimal. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Devi *et al.*, (2018) Menyatakan bahwa pada kelembapan diatas 95% membuat baglog jamur tiram menjadi lembab karena kelebihan kadar air dengan demikian *misselium* tidak dapat tumbuh dengan baik sedangkan pada kelembapan dibawah 74% jamur tumbuh tebal dan lebar namun bagian tepi jamur berwarna kuning kecoklatan menandakan jamur sedikit kering dan suhu diatas 30 °C pertumbuhan *misselium* lambat dan kering sehingga baglog jamur rontok.

Proses budidaya jamur tiram yang dilakukan dengan menggunakan metode konvensional tentu membuat petani tidak dapat memonitoring (mengecek keadaan suhu dan kelembapan pada kumbung jamur secara *realtime*) terlebih jika jarak antara rumah petani dengan kumbung jamur yang jauh membuat waktu untuk menempuh kumbung jamur menjadi lama. maka dari itu diperlukan teknologi tepat untuk mengendalikan suhu dan kelembapan secara otomatis pada kumbung jamur tiram.

Berdasarkan uraian masalah di atas maka perlu dilakukan penelitian pengendalian kumbung jamur tiram menggunakan sistem kendali *fuzzy* untuk menjaga kelembapan pada kumbung jamur tiram.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana bentuk sistem kontrol dengan menggunakan kaidah *fuzzy logic* untuk pengendalian kumbung jamur tiram?
2. Bagaimana bentuk kaidah-kaidah kontrol *fuzzy logic* sehingga dapat mengendalikan kelembapan pada kumbung jamur tiram?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini fokus pada RH pada kumbung jamur tiram.
2. Sistem inferensi *fuzzy logic* yang digunakan yaitu sugeno.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah untuk menghasilkan sistem kontrol *fuzzy logic* pada kumbung jamur tiram.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai informasi bagi petani jamur tiram untuk mengembangkan alat pertanian yang presisi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Jamur Ideal Tiram

Jamur tiram merupakan tanaman yang memiliki nutrisi dan gizi yang cukup tinggi sehingga baik untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Setiap tahunnya permintaan akan jamur tiram semakin meningkat namun produksi yang dihasilkan rendah. Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2017 tingkat konsumsi jamur tiram di Indonesia mencapai 47.753 ton sedangkan hasil produksinya hanya mencapai 37.020 ton. Pembudidayaan jamur tiram saat ini cukup mudah seiring berkembang ilmu pengetahuan dan teknologi yang dimana jamur tiram ini dapat dibudidayakan dengan medium bantuan yang dimana biasa disebut dengan baglog. Dalam membudidayakan jamur, perlu perawatan dan perlakuan khusus yang membuat jamur dapat berkembang sesuai dengan lingkungan alamnya. Perlu penyiraman dengan teratur sehingga suhu dan kelembabannya tetap terjaga, cahaya matahari yang sedikit juga perlu yang membuat perkembangannya optimal dan hasil produksi dari jamur juga meningkat (Rahman & Mushkir, 2021).



Gambar 1. Jamur tiram (Sumber: Rahman & Mushkir, 2021).

Budidaya jamur tiram cocok dilakukan pada daerah dataran tinggi yang mempunyai udara sejuk dan juga dapat tumbuh pada dataran rendah, jika kondisi jamur dapat disesuaikan. Maka dari pada saat membudidayakan jamur harus menjaga kelembapan dan suhu disekitarnya. Pada saat melakukan budidaya jamur tiram hal yang harus dihindari diantaranya hama, angin, hujan dan intensitas cahaya yang terlalu tinggi. Budidaya jamur tiram yang dilakukan di kumbung biasanya dilakukan secara konvensional dimana pengaturan suhu dan kelembapan dilakukan dengan melakukan penyemprotan air setiap pagi dan sore hari menggunakan *hand sprayer* (Waluyo *et al.*, 2018).

Perawatan jamur tiram dengan metode konvensional menimbulkan permasalahan pada pengontrolan suhu dan kelembapan. Hal ini diakibatkan karena pengontrolan suhu dan kelembapan yang dilakukan dengan memperkirakan banyaknya pemberian air yang disemprot melalui *hand sprayer*. Untuk Setiap jenis jamur memiliki kebutuhan suhu dan kelembapan yang berbeda diman Jamur tiram tumbuh optimal dengan rentan suhu 16-30 °C dengan rentan kelembapan 80-95% (Waluyo *et al.*, 2019).

2.2 Kumbung Jamur



Gambar 2. Kumbung jamur (Sumber: Wajiran *et al.*, 2020).

Membudidayakan jamur terutama jamur tiram diperlukan kumbung. Kumbung diartikan sebagai rumah jamur yang terbuat dari kayu atau bambu dengan dinding papan yang digunakan sebagai media merawat baglog jamur dan menumbuhkan jamur. Baglog merupakan media tanam tanam untuk meletakkan bibit jamur. Kumbung yang dibuat untuk jamur harus mampu menjaga suhu dan kelembapan jamur agar jamur tumbuh secara optimal. Pengendalian kelembapan pada jamur yang dilakukan oleh petani jamur biasanya dilakukan secara manual dengan menyemprotkan air pada baglog jamur (Wajiran *et al.*, 2020).

2.3 Sistem Kontrol

Sistem kontrol otomatis menjadi hal yang sanga tperlu untuk diterapkan khususnya dalam bidang pertanian untuk mendukung revolusi industri 4.0. Menurut Prabowo (2018) sistem kendali merupakan sistem yang terdiri dari beberapa komonen yang saling terintegrasi satu samalainya secara sistematis dan rasional, komponen-komponen tersebut menjalankan tugasnya masing-masing untuk mencapai nilai

yang ditujukan dan juga berfungsi mengontrol aksi terhadap suatu objek yang menjadikannya, komponen tersebut terdiri dari:

- a. Kontroler (*controller*) adalah alat atau metode yang digunakan untuk memodifikasi sistem sehingga sesuai dengan tujuan sistem tersebut.
- b. Aktuator (*actuator*) adalah alat yang menggerakkan lant.
- c. *Plant (plant)* objek fisik yang akan dikendalikan.
- d. Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mengukur hasil luaran sistem dan sekaligus sebagai nilai masukan untuk sistem.

Herianto (2013), mengatakan bahwa, sistem kontroler bagi menjadi dua jenis yaitu sistem kontrol terbuka (*openloop*) dan sistem kontrol rangkain tertutup (*closeloop*). Sistem kontrol tertutup merupakan sistem kontrol dimana nilai keluarannya akan berpengaruh terhadap nilai input sehingga membuat besaran yang dikendalikan dapat dibandingkan dengan harga yang akan dikendalika.

2.4 Fuzzy Logic Controller

Fuzzy Logic Controller (FLC) merupakan metode pengontrol menggunakan prinsip pengambilan keputusan menggunakan logika *fuzzy* (*Fuzzy Inference System*). Metode ini telah banyak diterapkan diberbagai bidang karena kemudahan implementasinya, seperti pada bidang robotika atau pengaturan sistem tenaga listrik atau dalam bidang pertanian khususnya pada sistem hidroponik pada logika *fuzzy* yang dikenalkan oleh Lotfi Zadeh, berbeda dengan logika biasa atau tradisional dimana logika *fuzzy* dasarnya adalah kekaburan dan ketidakpastian. Logika *fuzzy* merupakan cara untuk memetakan ruang masukan kedalam ruang keluaran. Karakteristik lain yang ada pada logika *fuzzy* adalah dapat dibangun berdasarkan pengalaman seorang ahli, dengan kata lain logika *fuzzy* dapat memformulasikan pengetahuan seorang ahli (Pancawati & Yulianto, 2016).

Logika *fuzzy* merupakan ilmu yang mempelajari mengenai ketidakpastian. Logika *fuzzy* juga mampu untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang *output* dengan tepat. Sistem kendali logika *fuzzy* digunakan sebagai aplikasi sistem kontrol karena proses kendali ini relatif mudah dan fleksibel dirancang dengan tidak melibatkan model matematis yang rumit dari sistem yang akan dikendalikan. Dalam logika *Fuzzy* kemungkinan nilai keanggotaan berada diantara

0 dan 1. Artinya, bisa saja suatu keadaan mempunyai dua nilai “Ya dan Tidak”, “Benar dan Salah”, “Baik dan Buruk” secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya (Dorteus, 2015).

2.5 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses pemetaan nilai *input* sistem pada fungsi keanggotaan untuk menentukan derajat keanggotaan setiap label pada variabel *input* dan *output*. Nilai dari variable *input* dan variabel *output* disebut nilai *crisp*. *Fuzzifikasi* digunakan untuk menentukan *input crisp* ke nilai derajat keanggotaan yang bersesuaian (Monica & Susana, 2009).

Menurut Pancawati, D., & Yulianto, A. (2016) proses *fuzzifikasi* melibatkan fungsi berikut :

- Mengukur nilai variabel masukan.
- Melakukan pemetaan skala yang memetakan rentang nilai masukan ke dalam semesta pembicaraan yang bersesuaian.
- Melakukan fungsi *Fuzzifikasi* yang mengkonversikan data masukan ke nilai linguistik yang sesuai, bisa dipandang sebagai label dari himpunan *fuzzy*.

Dorteus, L, 2015 menyatakan Terdapat beberapa bentuk kurva yang digunakan untuk mendesain fungsi keanggotaan seperti bentuk kurva linear, segitiga, trapezium dan Gauss Namun, pada penelitian ini akan digunakan kurva segitiga untuk mendesain fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan segitiga adalah sebagai berikut.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (b-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

2.6 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan (*knowledge base*) terdiri dari pengetahuan tentang domain aplikasi dan kumpulan tujuan dari pengontrolan. Disinilah perilaku dari kontroler dirumuskan agar tujuan pengontrolan bisa dicapai (Pancawati & Yulianto, 2016)

Menurut Negnevitsky (2002), aturan *fuzzy* dapat didefinisikan sebagai pernyataan bersyarat dalam bentuk:

$$IF \ x \text{ is } A$$

THEN y is B

Dimana x dan y adalah variabel linguistik serta A dan B masing-masing adalah nilai linguistik yang ditentukan oleh himpunan *fuzzy* pada semesta pembicaraan X dan Y .

2.7 Sistem Inferensi Sugeno

Penalaran dengan metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan *non-linear*. Michio Sugeno mengusulkan penggunaan singleton sebagai fungsi keanggotaan dari konsekuen. Singleton adalah sebuah himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang pada titik tertentu mempunyai sebuah nilai dan 0 di luar titik tersebut (Rahakbauw, 2015).

2.8 Defuzzifikasi

Langkah terakhir dalam proses inferensi fuzzy adalah *defuzzifikasi*. Ketidakjelasan membantu kita untuk mengevaluasi aturan-aturan, tetapi *output* akhir dari sistem fuzzy harus berupa angka yang tegas (*crisp*). Masukan untuk proses *defuzzifikasi* adalah himpunan *fuzzy output agregat* dan outputnya adalah angka tunggal yang kemudian direalisasikan dalam bentuk tindakan yang dilaksanakan dalam proses tersebut Negnevitsky (2002). Nilai keluaran dapat dihitung dengan menggunakan cara berikut:

$$u = \frac{\sum_{i=1}^N \mu(S_i) S_i}{\sum_{i=1}^N \mu(S_i)}$$

Keterangan:

u = output *defuzzifikasi* bernilai *crisp*

S_i = posisi singleton dalam semesta pembicara dan

$\mu(S_i)$ = adalah derajat keanggotaan singleton.

2.9 Mikrokontroller

Mikrokontroller merupakan sebuah sistem komputer fungsional yang ada di dalam sebuah chip dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler terdiri memori RAM, memori program, perlengkapan input dan output, inti processor dan beberapa lain. Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan

program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Cara kerja dari Mikrokontroler adalah dengan membaca dan kemudian menuliskan data untuk melakukan proses kerja (Gerriansyah, 2019).

Mikrokontroler digunakan sebagai pengendali suatu sistem atau untuk mengontrol berbagai peralatan elektronik, yang dimana dapat menekankan efisiensi dan efektifitas suatu biaya. Mikrokontroler bisa juga disebut sebagai pengendali kecil, dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan suatu komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS yang dapat direduksi atau diperkecil dan akhirnya dapat terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler (Gerriansyah, 2019).

2.10 Arduino

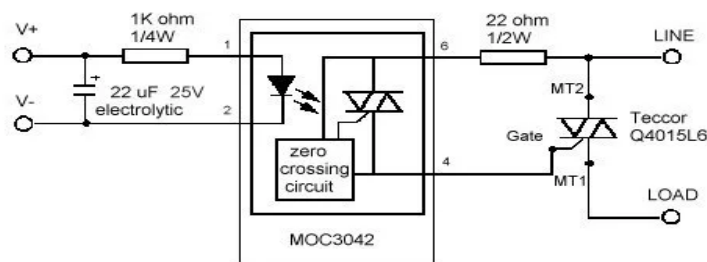
Arduino merupakan sebuah rangkaian elektronik yang memiliki sifat *open source* atau terbuka. Arduino dirancang untuk memudahkan penggunaan suatu elektronik yang dapat digunakan dalam berbagai bidang. Arduino memiliki sebuah *hardware* dan *software* yang mudah untuk digunakan. *Hardware*-nya memiliki proses Atmel AVR dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri yaitu bahasa C+. Arduino memiliki beberapa macam jenis seperti Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Due, Arduino Leonardo, Arduino Fio, Arduino Pro Mini, Arduino Mega, Arduino Lilypad, dan lain-lain (Gerriansyah, 2019).

Arduino merupakan *platform* atau *hardware* terbuka sehingga dapat digunakan oleh siapa saja yang ingin membuat *purwarupa* peralatan elektronik interaktif yang dimana berdasarkan *hardware* dan *software* yang bersifat fleksibel dan mudah digunakan. Arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang dimana berupa bahasa pemrograman C. Selain itu, di dalam *board* arduino sendiri terdapat *loader* yang berupa universal serial bus (USB) sehingga dapat memudahkan saat melakukan memprogram mikrokontroler di dalam arduino. Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin *input* analog dan 14 pin digital I/O. Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai *output* digital jika diperlukan *output* digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia (Gerriansyah, 2019).

2.11 Solid State Relay

Solid State Relay merupakan saklar elektronik yang biasa digunakan atau diaplikasikan di industri-industri sebagai *device* pengendali. Aktuator SSR juga dapat digunakan untuk pengendali tegangan. Namun *relay* elektro mekanik memiliki banyak keterbatasan bila dibandingkan dengan *solid state relay*, salah satunya seperti siklus hidup kontak yang terbatas, mengambil banyak ruang, dan besarnya daya kontaktor *relay*. *Solid state relay* ini dibangun dengan isolator untuk memisahkan bagian input dan bagian saklar. Dengan *solid state relay* kita dapat menghindari terjadinya percikan api seperti yang terjadi pada relay konvensional juga dapat menghindari terjadinya sambungan tidak sempurna karena kontaktor keropos seperti pada relay konvensional (Dista & Iman, 2018).

Solid State Relay berfungsi untuk memotong gelombang sinusoida yang dihasilkan oleh tegangan AC. Dengan memutus gelombang sinusoida maka arus yang diinginkan bisa didapat. Pada *Solid state relay* memiliki karakteristik seperti mempunyai 4 buah terminal yang diantaranya 2 terminal *input* dan 2 terminal *output*, tegangan input yang digunakan berupa tegangan AC dan DC, antara dari input dan output diisolasi dengan sistem optikal, outputnya menggunakan keluarga thyristor, SCR untuk beban DC dan TRIAC untuk beban AC, switching *on* yang sering disebut dengan '*fring*', *solid state relay* hanya terjadi pada saat tegangan yang masuk ke *output* pada level yang sangat rendah mendekati 0 volt serta *output* yang dihasilkan pada tegangan AC yaitu 50 Hz atau 60 Hz. Selain fungsi dan karakteristik *solid state relay* juga memiliki spesifikasi seperti tegangan kontrol *input* 3-32V DC (min 3V), tegangan switching *output* 24-480V AC, range arus beban 0,1-25 A, temperatur operasi -30-80 °C, berat sebesar 88 gram, kecepatan switching 0,2 *second* (Dista & Iman, 2018).



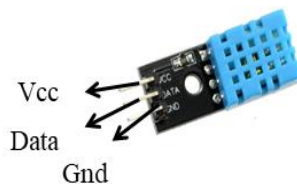
Gambar 3. Rangkaian dalam aktuator SSR.

2.12 Sensor Kelembaban Udara

Sensor kelembaban adalah tipe sensor yang dapat membaca data jumlah atau intensitas banyaknya kandungan air di dalam tanah. Desain sensor ini dirancang memanfaatkan dua buah lempeng yang bersifat/berbahan konduktor yang mempunyai sensitivitas terhadap muatan listrik terhadap media lain seperti tanah. Hasil pembacaan sensor berupa tegangan analog. Sehingga dibutuhkan sebuah konversi digital sehingga dapat diolah oleh kontroler sesuai fungsi yang ingin dirancang (Budi & Pramudya, 2017).

Sensor DHT11 merupakan sensor dengan kalibrasi sinyal digital yang mampu memberikan informasi suhu dan kelembapan udara. Sensor ini tergolong komponen dengan tingkat stabilitas yang sangat baik serta memiliki fitur kalibrasi yang sangat akurat. Sensor ini memiliki ukuran kecil yang memiliki transmisi sinyal hingga 20 meter, sehingga dapat membuat sensor DHT11 ini dapat digunakan dalam berbagai pengaplikasian khususnya sebagai alat untuk mengukur suhu dan kelembapan pada suatu ruang (Budi & Pramudya, 2017).

Sensor DHT11 memiliki koefisien kalibrasi yang disimpan dalam *one time programable* (OTP) program memori, sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu, maka dapat menyertakan koefisien tersebut dalam kalkulasinya dengan transmisi sinyal hingga 20 meter, dengan spesifikasi *supply voltage*: +5 V, *temperature range* : 0-50 °C *error of* ± 2 °C, *Humidity* : 20-95% RH $\pm 5\%$ RH *error*. Prinsip kerja sensor ini yaitu memanfaatkan perubahan kapasitif perubahan posisi bahan dielektrik diantara kedua keping, pergeseran posisi salah satu keping dan luas keping yang berhadapan langsung (Budi & Pramudya, 2017).



Gambar 4. Sensor DHT11 (Sumber: Budi & Pramudya, 2017).

2.13 Alat Pengkabut (*Mist Maker*)

Alat pengkabut (*mist maker*) merupakan komponen yang digunakan sebagai penambah kelembaban udara pada sekitar lingkungan. Alat ini dapat mengubah

air biasa menjadi awan kabut Karena sudah teruji kualitasnya, alat pengkabut ini juga biasa digunakan pada budidaya jamur. Pada saat kelembapan di ruangan kurang memenuhi kebutuhannya maka alat ini akan bekerja, tetapi pada saat kelembapan sudah sesuai dengan kondisi yang ditentukan maka *mist maker* tidak bekerja (Triyanto & Nurwijayanti, 2016).

Mist maker hanya menghabiskan 300 cc air dalam waktu satu jam dengan transduser berupa piezoelektrik beresonansi 1,7 MHz yang menjadikan ukuran partikel air menjadi $\pm 5\mu\text{m}$, sehingga terlihat seperti uap air dan mampu menembus pada ruangan kecil. *Mist maker* bekerja dengan suplay tegangan 24 VDC dan memiliki adaptor daya masukan sebesar 0,06-0,15A. Frekuensi pengoprasian yang dihasilkan 17 MZ dengan masukan pertukran sebesar 100-240V 50 atau 60Hz (Rahmadani *et al*, 2013).

Mist maker yang digunakan tidak boleh aktif pada keadaan kering, sehingga alat ini membutuhkan air yang cukup untuk bekerja. Sebuah sensor built-in mendeteksi keberadaan air dan mengaktifkan pelat transduser. Transduser bergetar menyebabkan air berubah menjadi tetesan yang menguap berubah menjadi partikel kabut tinggi air optimal untuk pengoperasian *mist maker* adalah 0,5 - 3cm (Najmurrokhman *et al.*, 2018)



Gambar 5. *Mist maker* (Sumber: Triyanto & Nurwijayanti, 2016).

2.14 Fan

Fan berfungsi untuk mengatur aliran udara masuk atau keluar ruangan. Menghembuskan udara baik udara segar atau udara yang dikondisikan ke dalam ruangan dan menghembuskan udara panas keluar. *Fan* secara umum dibedakan kipas angin manual dan kipas angin listrik. (Triyanto & Nurwijayanti, 2016).

Kipas angin listrik merupakan suatu peralatan elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Energi listrik disalurkan ke motor, lalu motor menggerakkan baling-baling kipas dengan tegangan sebesar 220 V.

Tombol-tombol yang terdapat pada kipas angin antara lain, *speed*, *timer* dan *move*. Pengguna menekan/memutar kendali yang terpasang pada perangkat kipas angin tersebut. Kecepatan dari kipas angin tersebut terdiri dari 3 level yaitu rendah, sedang dan tinggi. Ketiga mode kecepatan tersebut dilambangkan dengan angka 1, 2 dan 3. Sedangkan untuk angka 0 menunjukkan kipas angin mati. Terdapat 3 *speed switch* untuk mengatur kecepatan rendah (*low*), sedang (*medium*) dan tinggi (*high*). Dari masing-masing *switch* tersebut terhubung dengan *run winding* (lilitan utama) yang mempunyai nilai resistansi berbeda-beda. Semakin besar nilainya maka arus yang mengalir semakin besar, sehingga kipas akan berputar semakin cepat. Pada sisi *aux winding* ditambahkan kapasitor digunakan untuk menyimpan arus yang berguna agar kipas dapat mulai berputar dan menunjukkan arah rotasi dari kipas angin.



Gambar 6. *Fan* (Sumber: Triyanto & Nurwijayanti, 2016).