

**RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI OTOMATIS BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK MENGENDALIKAN TEMPERATUR
DAN RH PADA KUMBUNG JAMUR MERANG
(*Volvariella volvaceae* L.)**

(Skripsi)

oleh:

ADITYA HARI PRABOWO



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI OTOMATIS BUDIDAYA JAMUR MERANG (*Volvariella volvaceae* L.) UNTUK MENGETAHUI SEBARAN SUHU DAN RH PADA KUMBUNG BERBASIS MIKROKONTROLER

Oleh

Aditya Hari Prabowo

Jamur merang merupakan spesies jamur yang membutuhkan kondisi lingkungan khusus dan berbeda dengan tumbuhan secara umum. Keberagaman syarat budidaya ini menjadikan petani jamur cukup kesulitan dalam menjaga kondisi lingkungan kumbung. Pengkondisian lingkungan biasa dilakukan petani secara manual sehingga menjadi kurang efektif dan efisien dan berdampak pada produktifitas jamur merang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran temperatur dan RH di dalam kumbung serta pengaruh penggunaan kontrol otomatis dalam budidaya jamur merang. Alat dilengkapi 20 sensor pembaca temperatur dan kelembaban sebagai pendeteksi parameter lingkungan. Alat bekerja berdasarkan kondisi temperatur dan kelembaban di dalam kumbung jamur.

Hasil rancangan kontrol otomatis menggunakan *setpoint* temperatur 28-33 °C dan kelembaban 80-90 %. Berdasarkan data rerata temperatur, persentase kondisi lingkungan temperatur di dalam kumbung sebesar 41,02 % berada pada kondisi ideal dan 58,98 % berada pada kondisi yang kurang ideal. Kondisi lingkungan

untuk parameter kelembaban yang ideal di dalam kumbung sebesar 17,11 % dan 82,89 % berada pada kondisi dengan kelembaban kurang ideal untuk budidaya jamur merang. Temperatur rata-rata maksimum di dalam kumbung sebesar 32,69 °C di atas plafon sebesar 32,56 °C dan 34,55 °C untuk temperatur di luar kumbung. Temperatur rata-rata minimum di dalam kumbung sebesar 25,74 °C di atas plafon sebesar 25,96 °C dan 24,16 °C untuk temperatur di luar kumbung. Berdasarkan hasil uji-t untuk kondisi temperatur maksimum menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan antara temperatur di dalam kumbung dan di atas plafon dengan P Value sebesar $0,52 > 0,05$. Perbedaan yang signifikan antara temperatur di dalam kumbung dengan di luar kumbung dan di atas plafon dengan di luar kumbung berturut-turut dengan P Value sebesar $1,2E-04 < 0,05$ dan $1,64E-07 < 0,05$. Hasil uji-t pada kondisi temperatur minimum menunjukkan perbedaan yang signifikan antara temperatur di dalam kumbung dan di atas plafon serta diluar kumbung berturut-turut dengan P Value sebesar $0,048 < 0,05$ dan $1,2E-04 < 0,05$. Kondisi temperatur antara temperatur di atas plafon dan diluar kumbung dengan P Value sebesar $1,64E-07 < 0,05$. Kontrol otomatis dinilai baik dalam menurunkan temperatur pada siang hari dan menaikkan temperatur pada malam hari. Akurasi kontrol otomatis yaitu 87,78 % untuk parameter suhu dan 83,33 % untuk parameter RH. Koefisien keseragaman yang didapat selama budidaya jamur merang cukup baik sebesar $\pm 97,88$ % untuk temperatur dan $\pm 94,66$ % untuk kelembaban.

Kata Kunci : Jamur merang, Faktor Lingkungan, Kontrol otomatis, Mikrokontroller Arduino Mega 2560

ABSTRACT

DESIGN OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF MUSHROOM CULTIVATION (*Volvariella volvaceae* L.) TO KNOW TEMPERATURE AND HUMIDITY DISTRIBUTION MUSHROOM HOUSE BASED ON MICROCONTROLLER

By

Aditya Hari Prabowo

Mushroom is a species of fungus that requires special environmental conditions and different from plants in general. The diversity of these cultivation conditions makes the mushroom farmers quite difficult in maintaining the environmental conditions mushroom house. Environmental conditioning is usually done by farmers manually so it becomes less effective and efficient and has an impact on the productivity of mushroom. This study aims to determine the distribution of temperature and humidity in the mushroom house and influence the use of automatic control in the cultivation of mushroom. The apparatus features 20 temperature and humidity reader sensors as an environmental parameter detector. Tools work based on the conditions of temperature and humidity in the mushroom house.

Automatic control design result with temperature setpoint 28-33 °C and humidity 80-90%. Based on the average temperature data, the percentage of environmental conditions in the mushroom house of 41.02% is in ideal condition and 58.98% are in less than ideal conditions. Environmental conditions for ideal humidity

parameters in mushroom house of 17.11% and 82.89% are in conditions with ideal humidity for the cultivation of mushroom. Maximum mean temperature in the mushroom house was 32.69 °C above the ceiling of 32.56 °C and 34.55 °C for the temperature outside the mushroom house. Minimum mean temperature inside the mushroom house is 25.74 °C above the ceiling of 25.96 °C and 24.16 °C for the temperature outside the mushroom house. Based on the result of t-test for maximum temperature condition shows not significant difference between temperature inside mushroom house and above ceiling with P Value equal to 0,52 > 0,05. Significant difference between temperature inside mushroom house with outside mushroom house and above ceiling with outside mushroom house successively with P Value equal to 1,2E-04 < 0,05 and 1,64E-07 < 0,05. The result of t-test at minimum temperature condition shows significant difference between temperature inside mushroom house and above ceiling and outside mushroom house with P value 0,048 < 0,05 and 1,2E-04 < 0,05 respectively. Temperature conditions between the temperature above the ceiling and outside the mushroom house with P Value of 1.64E-07 < 0.05. Automatic controls are rated both in lowering daytime temperatures and increasing temperatures during the night. Automatic control accuracy is 87.78% for temperature parameters and 83.33% for RH parameters. The coefficient of uniformity obtained during mushroom cultivation is good enough $\pm 97,88\%$ for temperature and $\pm 94,66\%$ for moisture.

Keywords: Mushroom, Environmental Factor, Automatic Control, Arduino Mega 2560 Microcontroller

**RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI OTOMATIS BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK MENGENDALIKAN TEMPERATUR
DAN RH PADA KUMBUNG JAMUR MERANG
(*Volvariella volvaceae* L.)**

Oleh

ADITYA HARI PRABOWO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

**Judul Skripsi : RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI
OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER
UNTUK MENGENDALIKAN TEMPERATUR
DAN RH PADA KUMBUNG JAMUR MERANG
(*Volvariella volvaceae* L.)**

Nama Mahasiswa : Aditya Hari Prabowo

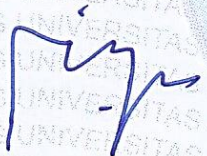
Nomor Pokok Mahasiswa : 1314071002

Jurusan : Teknik Pertanian


Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

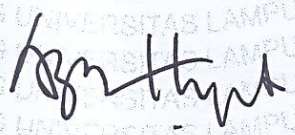


Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.
NIP 19611211 198703 1 004



Cicih Sugianti, S.TP., M.Si.
NIP 19880522 201212 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian



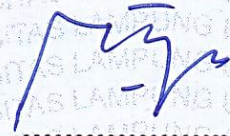
Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.**



Sekretaris

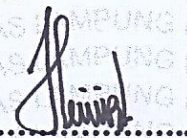
: **Cicih Sugianti, S.TP., M.Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 15 Maret 2018

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Aditya Hari Prabowo NPM 1314071002

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang saya tulis dalam karya ilmiah ini adalah bagian dari penelitian Strategi Nasional (STRANAS) dengan surat kontrak No : 1640/UN26.21/KU/2017., yang diketuai oleh **Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.**

Dengan demikian hak publikasi dimiliki oleh ketua peneliti dan saya **Aditya Hari Prabowo** sebagai salah satu anggota tim peneliti.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandarlampung, April 2018

membuat pernyataan



(Aditya Hari Prabowo)

NPM 1314071002

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada tanggal 1 Juni 1996 di Tekad, Kecamatan Pulaupanggung, Tanggamus, sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Kamija dan Ibu Megawati.

Penulis menempuh pendidikan pada jenjang Sekolah Dasar (SD) Negeri 2 Pulaupanggung dan sekarang bernama Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Tanjung Gunung yang diselesaikan pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Pulaupanggung yang diselesaikan pada tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Talang Padang yang diselesaikan pada tahun 2013. Penulis melanjutkan pendidikan strata (S1) di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) tertulis.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten dosen praktikum mata kuliah Alat dan Mesin Pertanian, Gambar Teknik, Perancangan Mesin, dan Mekanisasi Pertanian. Penulis pernah mengikuti Program Kreatifitas Mahasiswa sebagai anggota dan mendapatkan hibah dana pada tahun 2013. Penulis aktif pada organisasi mahasiswa tingkat jurusan yaitu Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai anggota bidang Pengabdian Masyarakat (Peng-

Mas) pada tahun 2014 dan menjabat sebagai Ketua Bidang dibidang yang sama pada tahun 2015 serta terpilih menjadi Dewan Pembina pada tahun 2016. Selain aktif di organisasi mahasiswa tingkat jurusan, penulis juga aktif pada organisasi mahasiswa tingkat nasional yaitu Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian Indonesia (IMATETANI) sebagai anggota pada tahun 2014 – 2016. Penulis juga sampai saat ini masih tergabung di organisasi RINTARA JAYA LAMPUNG (Perintis Nusantara Jaya) Regional Lampung yang bergerak pada bidang pembangunan negeri di Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Terkecil (WP3K) sebagai anggota divisi Kesehatan dan Lingkungan.

Penulis pernah mengikuti kegiatan dari Kementerian Koordinator bidang Kemaritiman yaitu Ekspedisi Nusantara Jaya di Pulau Sipora, Kepulauan Mentawai tahun 2017 selama 10 hari dan menjabat sebagai ketua tim. Penulis melaksanakan praktik umum (PU) di Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna (PUSBANG-TTG) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Subang, Jawa Barat selama 30 hari pada tahun 2016 dan melaksanakan kuliah kerja nyata (KKN) tematik pada tahun 2017 di Kampung Sinarsari, Kecamatan Kalirejo, Kabupaten Lampung Tengah.

Teruntuk Kedua Orang Tua Tercinta

Bapak Kamija dan Ibu Megawati

*Kupersembahkan karya kecilku ini
sebagai bentuk rasa tanggung jawabku dan
pengukir senyuman kecil serta rasa bangga keluargaku.*

*Sebuah langkah kecil namun pasti ku hadapi
walau dengan sebuah awal keraguan. Berkat do'a kalian aku ada
disini. Keras ku jalani, berat ku nikmati dan pedih ku syukuri.
Maafkan jika anak kecilmu ini belum mampu
membahagiakan kalian.*

Serta

*Almamater tercinta
Teknik Pertanian Universitas Lampung
TEK7AN 2013*

Motto

Sai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan.

(QS. Ar Rahman ayat 33)

The two most important days in your life are the day you are born and the day you find out why.

(Mark Twain)

Pikirkan kemungkinan terbaik dan resiko terburuk dalam hidupmu! Jika kau mampu, lanjutkan langkahmu.

(Aditya Sari Prabowo)

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Rancang Bangun Sistem Kendali Otomatis berbasis Mikrokontroler untuk Mengendalikan Temperatur dan RH pada Kumbung Jamur Merang (Volvariella Volvaceae L.)*” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penulis memahami dalam penyusunan skripsi ini begitu banyak cobaan, suka dan duka yang dihadapi, namun berkat ketulusan do’a, semangat, bimbingan, motivasi dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. selaku Pembimbing Utama atas bimbingan, kritik dan saran dalam proses penelitian hingga penyelesaian skripsi;
2. Ibu Cicih Sugianti, S.TP., M.Si. selaku Pembimbing Akademik dan Pembimbing Kedua atas bimbingan, kritik dan saran selama menjadi mahasiswa serta dalam proses penelitian hingga penyelesaian skripsi;
3. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc. selaku Penguji Utama atas kritik dan saran selama melaksanakan skripsi;
4. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P. selaku ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, serta jajaran Wakil Dekan FP Unila;

6. Bapak, Ibu dan Kakak yang selalu memanjatkan doa, motivasi, dukungan moral dan materi;

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, namun salah satu harapan terbesar semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan kita semua. Aamiin.

Bandarlampung, April 2018

Penulis

Aditya Hari Prabowo

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Jamur Merang	5
2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	7
2.3 Budidaya Jamur Merang.....	8
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Jamur Merang.....	9
2.4.1 Suhu.....	9
2.4.2 Kelembaban.....	9
2.4.3 Radiasi Cahaya Matahari.....	10
2.4.4 Keasaman (pH).....	10
2.4.5 Ketersediaan Oksigen dan Karbondioksida.....	10
2.5 Kontrol Otomatis	11
2.6 Mikrokontroler.....	13
2.7 Sebaran Suhu dan RH.....	14
III. METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	17

3.2	Metode Penelitian	17
3.3.1	Kumbung Jamur.....	17
3.3.2	Media Tumbuh dan Perlakuan Budidaya Jamur Merang..	19
3.3.3	Pemasangan Komponen Aktuator Kumbung.....	20
3.3.4	Kalibrasi Sensor DHT-22.....	23
3.3.5	Pengujian Alat Kontrol dan Pemberian Aksi (Aktuator)..	23
3.3.6	Aplikasi Alat Kontrol pada Budidaya Jamur Merang.....	26
3.3.7	Keakurasian Alat.....	26
3.3.8	Analisis Data.....	26
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1	Perancangan Alat Kontrol.....	28
4.1.1	Mikrokontroler Arduino Mega 2560	29
4.1.2	<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	30
4.1.3	<i>Data Logger</i>	30
4.1.4	<i>Relay Module</i>	31
4.1.5	Sensor DHT-22.....	32
4.2	Peletakkan Komponen Aktuator.....	33
4.2.1	<i>Blower</i>	33
4.2.2	<i>Sprayer RH</i>	34
4.2.3	<i>Sprayer Kadar Air</i>	35
4.2.4	Kipas Pengaduk.....	35
4.2.5	<i>Heater</i>	36
4.3	Kalibrasi Sensor DHT-22.....	37
4.4	Suhu, Sistem <i>Blower</i> dan Sistem <i>Heater</i>	38
4.5	Kelembaban Sistem <i>Blower</i> dan Sistem <i>Sprayer</i>	39
4.6	Uji Alat di Dalam Kumbung.....	39
4.6.1	Uji Sistem Penginderaan dan Penyimpanan Tanpa Aksi.....	39
4.6.2	Uji RH Jenuh.....	40
4.6.3	Uji Aksi Aktuator.....	41

4.7	Aplikasi Alat pada Budidaya Jamur Merang.....	45
4.8	Keakurasian.....	52
4.9	<i>Paired Sample</i> T-Test atau Uji T Paired	54
4.10	Diagram kontur dan Sebaran Suhu di Dalam Kumbung.....	57
	4.10.1 Diagram Kontur dan Proses Pembuatannya	57
	4.10.2 Sebaran Suhu di dalam kumbung	58
4.11	Koefisien Keseragaman (<i>Coefficient of Uniformity</i>).....	60
4.12	Rekomendasi Sensor dalam Aplikasinya.....	63
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	66
	DAFTAR PUSTAKA.....	67
	LAMPIRAN.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jamur Merang (<i>Volvariella volvaceae</i> L.)	6
2. Tandan Kosong Kelapa Sawit	7
3. Mikrokontroler Arduino Mega 2560	14
4. Desain kumbung jamur.....	18
5. Persiapan sarana kumbung jamur.....	19
6. Komponen di dalam kumbung jamur.....	22
7. Tata letak sensor.....	22
8. Perintah komponen suhu.....	24
9. Perintah komponen RH.....	25
10. Kontrol otomatis dengan Arduino Mega 2560.....	29
11. <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD).....	30
12. RTC dan <i>Data logger</i>	31
13. <i>Relay module</i>	32
14. Sensor DHT-22 dan pelindung.....	33
15. <i>Blower</i> di dalam kumbung.....	34
16. <i>Nozle</i> RH.....	34
17. Pompa air untuk <i>sprayer</i> kadar air dan RH.....	35
18. Kipas pengaduk / Turbulensi.....	36
19. Setrika sebagai <i>heater</i>	36
20. (a) Proses kalibrasi sensor RH jenuh.....	38
(b) Proses kalibrasi sensor ternaungi bangunan.....	38
21. Grafik RH saat uji RH jenuh.....	40
22. Grafik suhu saat pengujian aktuator.....	41
23. Grafik RH saat pengujian aktuator.....	43

24. Pola pembacaan nilai rerata suhu ($^{\circ}\text{C}$) selama budidaya	46
25. Pola pembacaan nilai rerata RH (%) selama budidaya	48
26. Grafik suhu tertinggi di dalam dan sekitar kumbung.....	50
27. Grafik suhu terendah di dalam dan sekitar kumbung.....	51
28. Penentuan koordinat sensor	57
29. (a) Diagram kontur bagian atas kumbung	58
(b) Diagram kontur bagian tengah kumbung	59
30. Koefisien Keseragaman (CU) temperatur di dalam kumbung.....	61
31. Koefisien Keseragaman (CU) RH di dalam kumbung.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Skenario pengaturan aktuator	23
2. Persamaan regresi kalibrasi suhu ($^{\circ}\text{C}$) Sensor DHT-22.....	37
3. Nilai keakurasian alat.....	53
4. Hasil uji-t antara data suhu maksimum dan minimum.....	64

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan penghasil utama minyak kelapa sawit dengan jumlah produksi terbesar di dunia. Pada tahun 2015, luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 6.725.300 ha (BPS, 2017). Produk yang dihasilkan dari perkebunan kelapa sawit yaitu tandan buah segar (TBS). Setelah dilakukan pemrosesan TBS, dihasilkan limbah produksi TKKS dan jumlahnya cukup melimpah. Limbah TKKS dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik, briket, bahan baku pembuatan kertas hingga menjadi media tumbuh jamur merang.

Jamur merang (*Volvariella volvaceae* L.) adalah salah satu spesies jamur tropis yang banyak dikenal dan diminati oleh masyarakat. Kebutuhan jamur merang di pasar lokal saat ini cukup tinggi dengan kebutuhan jamur merang untuk Jakarta, Bogor, Sukabumi, Bandung dan sekitarnya rata-rata 15 ton setiap harinya (Mayun, 2007). Jamur Merang (*Volvariella volvaceae* L.) lebih disukai karena rasanya yang lezat dan kandungan gizinya yang cukup tinggi. Hasil penelitian rata-rata menunjukkan bahwa jamur merang mengandung protein sebesar 25,9-28,5% (Sunandar, 2010). Kandungan protein pada jamur merang lebih tinggi dibanding kadar protein pada beras yang hanya 8,4% (Paradigma, 2014) dan pada gandum yang hanya 6-17% (Aptindo, 2012). Jamur merang umumnya tumbuh pada media yang mengandung sumber selulosa, misalnya pada tumpukan jerami

padi, limbah penggilingan padi, limbah pabrik kertas, ampas sagu, ampas tebu, sisa kapas, kulit buah pala, dan sebagainya yang dikomposkan.

Jamur merang membutuhkan kondisi lingkungan khusus jika dibandingkan dengan tumbuhan. Jamur merang dapat tumbuh dengan baik pada kondisi kelembaban yang relatif tinggi yaitu 80-90 %. Jika kelembaban terlalu rendah, jamur tumbuh di bawah media serta payung akan mudah terbuka. Jamur juga dapat mengalami kebusukan jika kelembaban terlalu tinggi. Jamur merang hidup pada kondisi lingkungan yang basah, dengan kondisi kadar air media tumbuh mencapai 85-90%. Jamur merang dapat tumbuh dengan baik pada suhu yang relatif hangat sekitar 30-35°C (Sinaga, 2001).

Distribusi suhu dan RH di dalam kumbung jamur juga merupakan faktor yang perlu diperhatikan. Sesuai dengan syarat pertumbuhan jamur merang, kondisi suhu dan RH di dalam kumbung juga perlu dikendalikan proses distribusinya. Menurut hasil penelitian Anisum dkk., (2016), kumbung jamur konvensional memiliki sebaran suhu yang tidak merata dibandingkan dengan kumbung jamur yang menggunakan *evaporative cooler*. Sebaran suhu dan RH yang tidak merata tentu akan mempengaruhi produksi dari jamur merang. Permasalahan ini tentu perlu menjadi kajian, sehingga distribusi suhu dan kelembaban dapat optimal dan produktifitasnya dapat lebih baik.

Berdasarkan hasil survei Djuariah dan Sumiati (2005) terdapat beberapa masalah dalam budidaya jamur merang yaitu:

1. Petani kurang menerapkan inovasi teknologi budidaya karena kurangnya informasi dan pelatihan hingga tingkat petani. Teknologi budidaya yang

dimaksud seperti penggunaan teknologi kontrol otomatis dalam proses pemeliharaan jamur merang.

2. Petani kurang memperhatikan/kurang mengetahui/kurang menerapkan Standar Prosedur Operasional (SPO) penerapan teknologi pada budidaya jamur merang.
3. Akibat kurangnya pengendalian terhadap pertumbuhan jamur merang, rata-rata produksi jamur merang petani Indonesia lebih rendah (EB 15-20%) dibandingkan hasil panen petani negara luar seperti China, Vietnam, dan India dengan $EB > 30\%$,
4. Kurangnya penyuluhan terkait SPO dan hasil inovasi teknologi budidaya oleh instansi terkait. Penyuluhan ini dapat berupa penyesuaian teori dengan kondisi di lapangan, sehingga didapatkan teknologi yang tepat guna dan tepat sasaran.

Secara umum, masalah dalam budidaya jamur merang adalah kurangnya penerapan teknologi dalam proses budidaya. Hal ini mengakibatkan rendahnya produktivitas jamur merang. Atas dasar tersebut pengembangan teknologi kontrol otomatis dalam budidaya jamur merang perlu dilakukan untuk menjawab permasalahan yang dihadapi dalam budidaya jamur merang saat ini.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut ada beberapa masalah yang perlu dirumuskan, yaitu:

1. Bagaimana bentuk distribusi suhu dan kelembaban di dalam kumbung jamur?

2. Dimanakan letak sensor terbaik dalam aplikasinya yang mewakili nilai seluruh sensor?
3. Bagaimana kinerja kontrol otomatis dalam menjaga kondisi lingkungan pada budidaya jamur merang?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan pola distribusi suhu, RH di dalam ruang kumbung jamur merang.
2. Mendapatkan letak sensor terbaik dalam aplikasinya dalam budidaya jamur merang.
3. Mendapatkan uji kinerja kontrol otomatis pada budidaya jamur merang yang meliputi;
 - a. Akurasi kontrol otomatis.
 - b. Menaikan dan menurunkan kelembaban,
 - c. Kemampuan kontrol otomatis dalam menaikan suhu,
 - d. Kemampuan kontrol otomatis dalam menurunkan suhu,

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberikan kontribusi yang penting dalam ilmu pengetahuan khususnya mengetahui sebaran/distribusi suhu dan RH pada ruang kumbung jamur menggunakan kontrol otomatis. Harapannya penggunaan kontrol otomatis ini dapat meningkatkan produktifitas jamur merang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jamur Merang

Jamur merang (*Volvariella volvacea*) merupakan jamur yang cukup dikenal dan sejak lama dibudidayakan terutama untuk masyarakat Asia Tenggara. Jamur merang umumnya tumbuh pada media yang merupakan sumber selulosa misalnya, pada tumpukan jerami padi, limbah penggilingan padi, limbah pabrik kertas, ampas batang aren dan sebagainya. Secara umum jamur merang dapat ditemukan di berbagai tempat lembab berupa tempat penggilingan padi, pabrik limbah kertas, berbagai jenis ampas dan juga tumpukan lainnya yang lembab. Secara garis besarnya jamur merang ini diklasifikasi dan anatomi antara lainnya :

Kingdom : *Myceteae*
Subkingdom : *Eukaryota*
Divisi : *Amastigomycota*
Sub Divisi : *Basidiomycotae*
Kelas : *Basidiomycetes*
Ordo : *Agaricales*
Famili : *Volvariella*
Spesies : *Volvariella volvacea*



Sumber : bibitbunga.com

Gambar 1. Jamur Merang (*Volvariella volvacea* L.)

Hasil penelitian rata-rata menunjukkan bahwa jamur merang mengandung protein sebesar 25,9-28,5% (Sunandar, 2010). Kandungan protein ini lebih tinggi dibanding kadar protein pada beras yang hanya 8,4% (Paradigma, 2014) dan pada gandum yang hanya 6-17% (Aptindo, 2012). Jamur merang juga mengandung asam amino esensial sekitar 9 jenis dari 10 jenis asam amino yang dikenal. Lemak yang terkandung pada jamur merang 72% merupakan lemak tidak jenuh. Berbagai jenis vitamin, seperti B1 (*thiamine*), B2 (*riboflavine*), niasin dan biotin terdapat pada jamur merang. Jamur merang juga mengandung berbagai jenis mineral, seperti K, P, Ca, Na, Mg, dan Cu (Sunandar, 2010). Gengers (1982) menambahkan bahwa kandungan mineral yang ada di dalam jamur merang lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan mineral yang terkandung di dalam daging sapi maupun domba. Selain itu, kandungan protein pada jamur merang menurutnya lebih tinggi dibanding tumbuh-tumbuhan lainnya secara umum.

2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padatan yang berasal dari pabrik pengolahan minyak sawit. Jumlah TKKS limbah hasil produksi kelapa sawit cukup besar, sekitar 6 juta Ton TKKS dalam setahun (Purnamayami, 2013). Jumlah tersebut didapat dari 20 -30 % dari jumlah panen tandan buah sawit (TBS) yang dipasok ke pengolah. Secara fisik tandan kosong kelapa sawit terdiri dari berbagai macam serat dengan komposisi antara lain *selulosa* sekitar 45,95% *hemiselulosa* sekitar 16,49% dan *lignin* sekitar 22,84%.



Sumber : informasi-kelapasawit.blogspot.co.id

Gambar 2. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kompos dengan kandungan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Kompos TKKS memiliki kandungan kalium yang tinggi. Kompos bermanfaat untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Kandungan unsur hara kompos TKKS yaitu N total (1,91 %), K (1,51 %), Ca (0,83 %), P (0,54 %), Mg (0,09 %), C-organik (51,23 %), C/N ratio 26,82 % dan pH 7,13 (Laboratorium Kimia Dan Kesuburan Tanah UNTAN, 2013).

2.3 Budidaya Jamur Merang

Jamur merang dapat dipanen dalam waktu yang relatif singkat yaitu sekitar satu bulan sampai dengan tiga bulan. Kondisi ini memberikan keuntungan bagi petani jamur karena perputaran modal yang cepat. Oleh sebab itu, komoditas jamur merang ini dapat memberikan lebih banyak kesempatan kerja dalam upaya meningkatkan ekonomi petani dan kesejahteraan petani secara umum (Hagutami, 2001).

Produksi jamur merang dipengaruhi oleh media tumbuhnya karena jamur tidak dapat berasimilasi dan tergolong jasad heterotropik. Jamur merang memenuhi kebutuhan hidupnya dengan bergantung pada sumber nutrisi media tumbuh (Nurman dan Kahar, 1990). Media tumbuh jamur merang merupakan bahan yang mengandung selulosa dengan nilai yang cukup tinggi semisal jerami padi, merang, limbah kapas dan serbuk gergaji. Selain itu, media tumbuh jamur merang juga terdiri dari bahan-bahan yang mengandung mineral lainnya yang didapat dari penambahan kotoran ternak, kapur dolomit, bekatul dan glukosa. Semua bahan dikomposkan untuk menghasilkan media tumbuh jamur merang.

Pengomposan media tubuh jamur merang bertujuan untuk memecah nutrisi menjadi lebih sederhana. Pengomposan mengakibatkan bahan dasar media tumbuh mengalami proses karamelisasi dan reaksi enzimatis selulosa yang akan merubah warna media tumbuh (Irawati dkk., 1999). Berdasarkan penelitian Sukendro dkk. (2001) waktu pengomposan jerami padi berpengaruh nyata terhadap bobot total jamur merang per 0.48 m² selama 21 hari panen.

Pengomposan jerami padi dengan lama waktu 25, 20, 15, 10, dan 5 hari masing

masing memberikan hasil 4,31 kg/m²; 2,93 kg/m²; 5,64kg/m²; 5.23 kg/m² dan 6.30 kg/m². Hal ini menunjukkan bahwa produksi jamur merang tertinggi dicapai pada pengomposan selama lima hari.

2.4 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Jamur Merang

Pada umumnya pertumbuhan jamur merang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, kelembaban, radiasi cahaya, pH serta ketersediaan oksigen dan karbondioksida (Pasaribu dkk., 2002).

2.4.1 Suhu

Jamur merang merupakan jamur yang tumbuh di daerah tropika, sehingga membutuhkan suhu yang relatif hangat. Suhu di dalam kumbung harus dipertahankan antara 30-35°C (Sinaga, 2001). Suhu ekstrim merupakan suhu minimum dan maksimum yang diperkenankan untuk jamur merang. Produksi jamur tidak optimal apabila suhu berada di bawah suhu minimum dan cukup fatal apabila suhu di atas suhu maksimum (Gunawan, 2001).

2.4.2 Kelembaban

Kelembaban yang dianjurkan dalam budidaya jamur merang adalah antara 80-90%. Menurut Sinaga (2001) kelembaban yang terlalu tinggi mengakibatkan jamur mengalami kebusukkan. Jika kelembaban yang terlalu rendah mengakibatkan jamur tumbuh di bawah media tumbuh serta batang jamur menjadi lebih panjang dan payung pada jamur akan mudah terbuka.

2.4.3 Radiasi Cahaya Matahari

Cahaya matahari langsung yang masuk ke dalam kumbung dan diterima oleh jamur akan menjadi penghambat dalam berbudidaya jamur merang. Hal ini disebabkan karena jamur merang peka terhadap datangnya cahaya matahari. Pertumbuhan miselium dan batang jamur akan terhambat dengan adanya sinar matahari langsung. Tempat-tempat yang teduh serta hangat merupakan lokasi yang baik untuk tumbuhnya jamur merang (Suriawiria, 2000). Di samping itu, cahaya tidak langsung dibutuhkan untuk memicu pembentukan primordia atau tubuh buah yang kecil dan menstimulasi pemencaran spora (Sinaga, 2001).

2.4.4 Keasaman (pH)

Keasaman pada media tumbuh jamur merang mempengaruhi produktifitas dari jamur merang. Jamur merang memerlukan pH yang relatif netral. Keasaman optimum yang dibutuhkan antara 6,8-7,0 (Sinaga, 2001). Nilai pH yang terlalu rendah dapat meningkatkan peluang media tumbuh terkontaminasi oleh mikroba lainnya.

2.4.5 Ketersediaan Oksigen dan Karbondioksida

Semua makhluk hidup di bumi ini membutuhkan oksigen termasuk jamur merang. Proses pertumbuhan miselium jamur merang dibutuhkan oksigen dalam jumlah yang relatif kecil. Namun, itu tidak berlaku jika jamur telah memasuki fase pembentukan buah dan batang. Pada fase ini, aliran oksigen kedalam kumbung jamur harus diperhatikan dan terpenuhi dengan baik. Bila kebutuhan oksigen tidak terpenuhi, pertumbuhan tubuh buah dapat terganggu dan menyebabkan

payung jamur merang menjadi kecil sehingga cenderung mudah pecah dan bentuk tubuhnya abnormal. Kekurangan oksigen yang ekstrim menyebabkan tubuh buah tidak pernah terbentuk serta pertumbuhan miselium menjadi padat dan meluas kesemua bagian media. Kondisi kekurangan oksigen ini dapat diindikasikan dengan cara masuk kedalam kumbung jamur. Di saat ruang dirasakan pengap maka dapat dipastikan aliran oksigen tidak lancar (Sinaga, 2001).

Keberadaan karbondioksida di dalam kumbung jamurpun berpengaruh terhadap produktifitas jamur merang. Kadar CO_2 di dalam kumbung meskipun hanya mendekati 1% dapat mengakibatkan jamur mengalami etiolasi dan memiliki ukuran payung yang kecil. Jika konsentrasi CO_2 mencapai 5% menyebabkan jamur tidak akan membentuk tubuh buah (Sinaga, 2001). Maka dari itu, ventilasi perlu dibuat saat fase pembentukan tubuh buah (Gunawan, 2001).

2.5 Kontrol Otomatis

Kontrol otomatis atau dikenal dengan sistem pengendalian otomatis merupakan level kedua dalam hirarki sistem otomatis. Kegiatan pengontrolan atau monitoring yang biasa dilakukan manusia dapat tergantikan melalui penerapan sistem kontrol otomatis. Sistem kendali merupakan susunan dari beberapa unit/komponen yang terintegrasi satu sama lain secara sistematis dan rasional. Unit-unit tersebut menjalankan tugas/fungsi masing-masing untuk mencapai tujuan yang sama (Smith dan Corripio, 1997). Menurut Pitowarno (2006), sistem kontrol adalah sistem yang berfungsi untuk mengontrol aksi terhadap suatu objek melalui pengaturan masukannya. Kelebihan dari sistem kontrol otomatis adalah akurasi serta presisi dalam monitoring suatu kegiatan lebih tinggi serta resiko

yang mungkin dapat terjadi dapat diminimalisir. Pengendalian otomatis dan piranti-piranti pengontrol otomatis saat ini memiliki disiplin ilmu sendiri yang disebut *control engineering* atau *control system engineering*. Semakin berkembangnya ilmu komputerisasi dan jaringan, konsep dari sistem kontrol otomatis dapat diwujudkan sehingga akan semakin meringankan tugas – tugas manusia (Wawolumaja, 2013).

Sistem kontrol dibuat dari serangkaian komponen yang saling bersinergi.

Komponen tersebut diberikan istilah tertentu untuk menjelaskan fungsinya dalam sebuah sistem. Beberapa istilah tersebut antara lain (Ogata, 2010):

- a. kontroler (*controller*) adalah alat atau metode yang digunakan untuk memodifikasi sistem sehingga sesuai dengan tujuan sistem tersebut,
- b. aktuator (*actuator*) adalah alat yang akan menggerakkan *plant*,
- c. *plant* (*plant*) adalah objek fisik yang akan dikendalikan,
- d. sensor adalah alat yang digunakan untuk mengukur hasil luaran sistem dan memasukkan hasil pengukuran pada masukan sistem.

Ada beberapa penelitian yang mengkaji tentang kontrol otomatis dalam berbagai bidang seperti penelitian Puspadini dan Bahriun (2013) tentang sistem kontrol penerangan, pendingin ruangan dan telepon otomatis terjadwal berbasis mikrokontroler. Penelitian Wiranto dkk. (2014) yang mengkaji penggunaan kontrol otomatis dalam mengontrol pemberian air irigasi pada lahan pertanian. Penelitian serupa dilakukan oleh Devika dkk. (2017) tentang perancangan sistem kontrol otomatis dalam pemberian air irigasi untuk tanaman juga pada penelitian Candra dkk. (2015) dengan penambahan koneksi *Wireles ZIGbee*. Penelitian terkait pengendalian iklim mikro budidaya tanaman sawi di dalam *greenhouse*

dilakukan oleh Telaumbanua dkk. (2014) dengan pengembangan sistem kendali untuk model pertumbuhan sawi dengan konsep *precision farming* (Telaumbanua, dkk., 2016). Beberapa penelitian tentang budidaya jamur diantaranya penelitian Wahyono (2016) tentang sistem kendali suhu dan RH pada budidaya jamur tiram. Karsid dkk. (2015) juga melakukan penelitian terkait aplikasi kontrol otomatis dalam upaya meningkatkan produktivitas jamur merang. Anisum dkk. (2016) yang mengkaji tentang sebaran temperatur dan kelembaban dengan metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*) pada kumbung jamur untuk pengoptimalan tata letak sensor yang akan digunakan. Pengukuran suhu, kelembaban, konsentrasi CO₂ dan intensitas cahaya pada kumbung jamur menggunakan *Internet of Thing* dilakukan oleh Marzuki dan Ying (2017).

2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu piranti yang digunakan untuk mengontrol suatu proses atau aspek dari lingkungan. Menurut Kadir (2013), Arduino merupakan salah satu piranti elektronik yang secara fungsional bekerja seperti sebuah komputer. Pada masanya, kontroler dibangun dengan memasukan komponen-komponen logika secara penuh atau keseluruhan sehingga menjadikannya besar dan berat. Semakin berkembangnya zaman, dibutuhkan kontroler dengan ukuran yang lebih kecil tanpa mengurangi kecepatan dan ketepatan dalam bekerja. Atas dasar tersebut, barulah dipergunakannya mikroprosesor sehingga keseluruhan kontroler masuk kedalam *Printed Circuit Board* (PCB) yang cukup kecil. Proses pengecilan komponen terus berlangsung, semua komponen diperlukan guna membangun suatu kontroler dapat dikemas dalam satu keping (mikrokontroler).

Mikrokontroler adalah suatu *Integrated Circuit* (IC) dengan kepadatan yang tinggi, semua bagian yang diperlukan untuk suatu kontroler sudah dikemas dalam satu keping, biasanya terdiri dari:

1. *Central Processing Unit* (CPU)
2. *Random Access Memory* (RAM)
3. EEPROM / EPROM / PROM / ROM
4. *I/O, Serial & Parallel*
5. *Timer*
6. *Interrupt Controller*



Sumber: Arduino.cc

Gambar 3. Mikrokontroler Arduino Mega 2560

2.7 Sebaran Suhu dan RH

Peredaran (*revolution*) bumi mengelilingi matahari dan perputaran (*rotation*) bumi pada sumbunya menyebabkan seluruh permukaan bumi secara bergantian dapat menerima radiasi matahari. Radiasi matahari mempengaruhi suhu rata-rata di masing-masing wilayah, semakin besar jumlah energi radiasi yang diterima suatu wilayah menyebabkan semakin tinggi suhu permukaan pada wilayah tersebut.

Suhu udara akan berfluktuasi dengan nyata pada setiap periode 24 jam. Suhu udara maksimum tercapai beberapa saat setelah intensitas cahaya maksimum tercapai pada saat cahaya jatuh tegak lurus, yakni tengah hari (Lakitan, 2002).

Suhu didefinisikan sebagai ukuran atau derajat panas dinginnya suatu benda atau sistem. Benda yang panas memiliki suhu yang tinggi, sedangkan benda yang dingin memiliki suhu yang rendah. Pada hakikatnya, suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata yang dimiliki oleh molekul-molekul suatu benda. Secara umum, suhu menggambarkan bagaimana gerakan-gerakan molekul benda.

Kelembaban merupakan suatu tingkat keadaan lingkungan udara basah yang disebabkan oleh adanya uap air. Tingkat kejenuhan sangat dipengaruhi oleh temperatur. Jika tekanan uap parsial sama dengan tekanan uap air yang jenuh, maka terjadi pepadatan. Secara matematis *Relative Humidity* (RH) didefinisikan sebagai persentase perbandingan antara tekanan uap air parsial dengan tekanan uap air jenuh. *Relative Humidity* merupakan persentase *rasio* dari jumlah uap air yang terkandung dalam volume tersebut dibandingkan dengan jumlah uap air maksimal yang dapat terkandung dalam volume tersebut (terjadi bila mengalami saturasi). *Relative Humidity* juga merupakan persentase *rasio* dari tekanan uap air saat dilakukan pengukuran dan tekanan uap air saat mengalami saturasi.

Menurut Boutet (1987) pada bangunan pertanian (*greenhouse*), faktor desain yang menentukan distribusi suhu dan kelembaban udara adalah dimensi bangunan, posisi dinding atau atap ventilasi, sudut bukaan ventilasi dan sebagainya.

Menurut Papadakids dkk. (1998) distribusi suhu udara dalam kandang sapi pada 9 desain kandang simulasi selain dipengaruhi oleh bukaan ventilasi, kecepatan

angin, juga dipengaruhi oleh efek termal yang terjadi di dalam kandang. Nelson (2010) menyatakan bahwa, *greenhouse* sebagai suatu bangunan konstruksi baja yang ditutupi oleh bahan transparan tembus cahaya agar bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman. Sase dan Kozal (1988) menyatakan, sirkulasi pertukaran udara di dalam *greenhouse* dengan lingkungan udara tanpa penutup, berlangsung pada keseimbangan pindah panas, massa dan energi yang menyebabkan terjadi fluktuasi temperatur di dalam *greenhouse*. Perubahan radiasi gelombang pendek diubah menjadi radiasi gelombang panjang oleh penutup *greenhouse* (atap).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam kumbung jamur di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan April – Oktober 2017.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kumbung jamur serta komponen pendukungnya, kontrol otomatis (sensor suhu, kelembaban dan laptop), *tools kit*, kipas, *blower*, *sprayer*, *heater*, pompa, buku, pena, *software* Arduino dan Surfer 12.

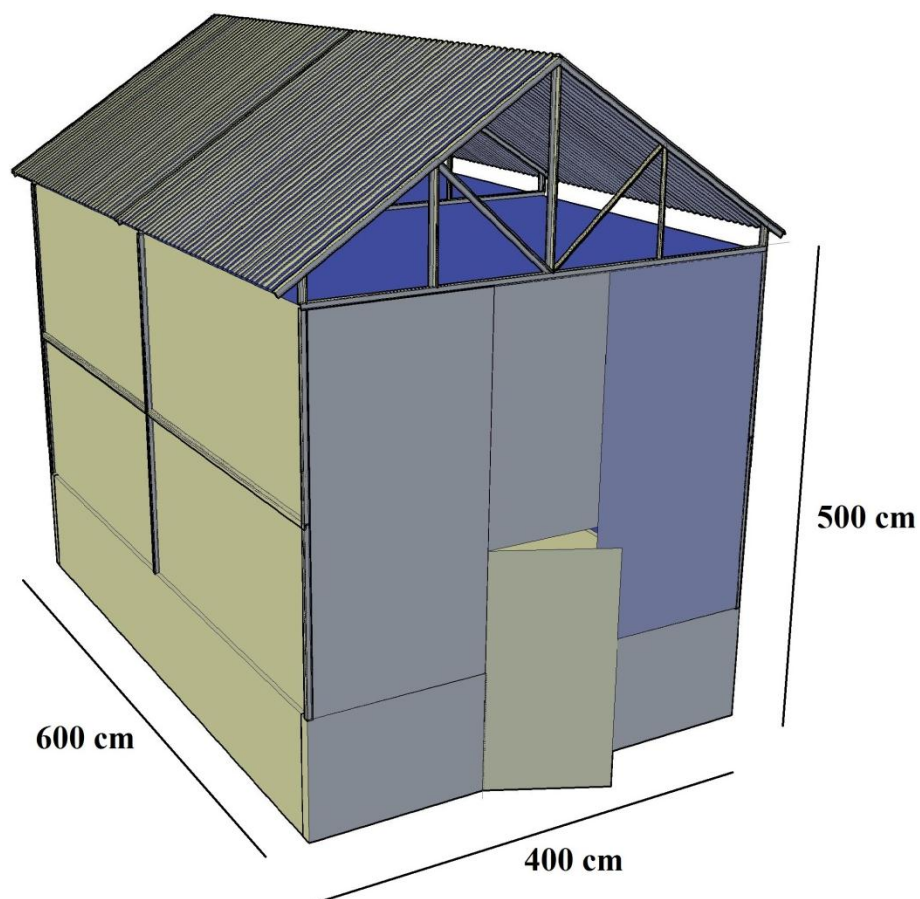
3.3 Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan mempersiapkan semua perlengkapan yang ada, mulai dari kumbung jamur beserta komponen pendukung lainnya termasuk kontrol otomatis. Berikut persiapan yang perlu dilakukan sebelum penelitian dimulai :

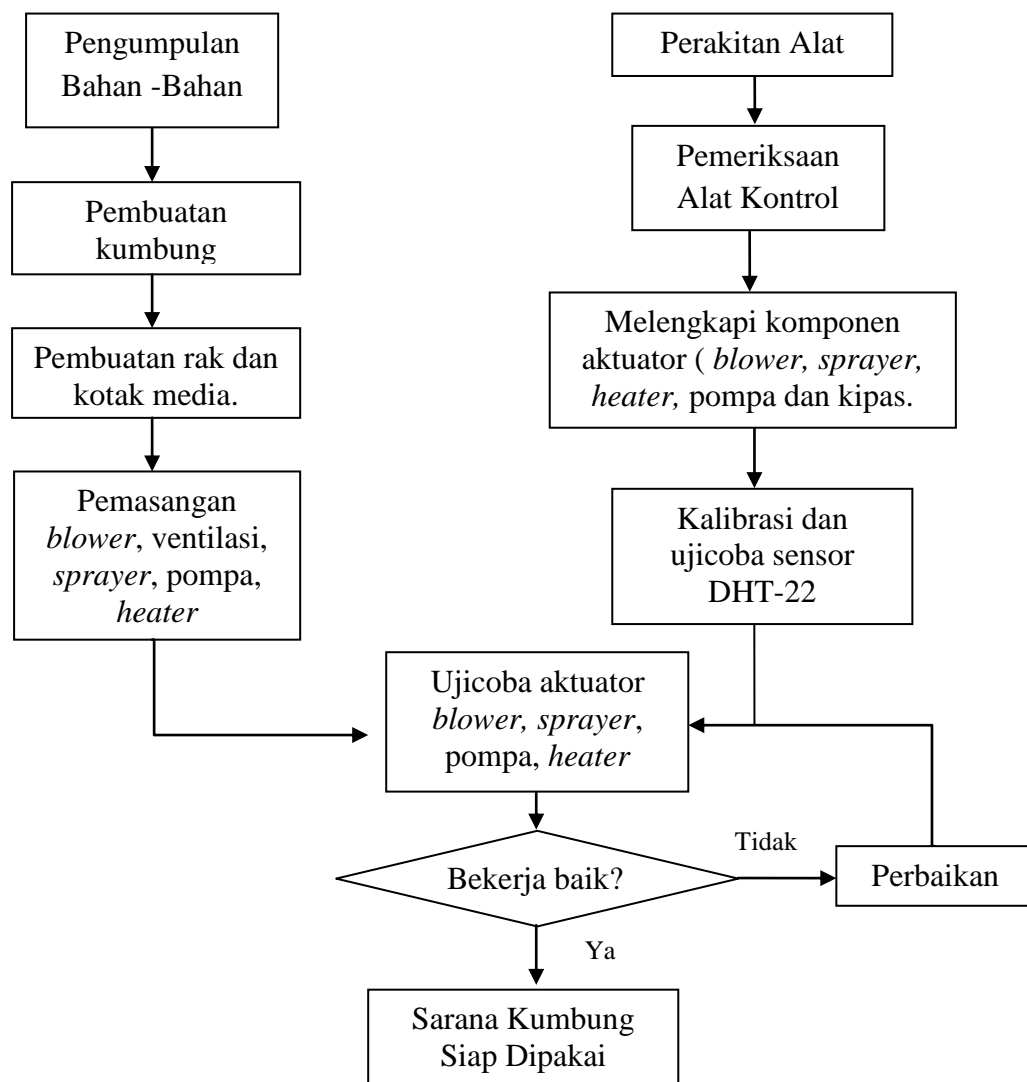
3.3.1 Kumbung Jamur

Kumbung jamur dibuat menggunakan besi siku sebagai rangka kemudian plastik sebagai dinding. Kumbung jamur menggunakan plafon isolator panas yang

terbuat dari triplek sehingga mampu menahan panas berlebih dari atap kumbang. Kumbang jamur dilengkapi dengan peralatan aktuator seperti, *blower*, *heater*, tanki penampungan air, pompa, *water spray*, rak dan kotak media. Media tanam diletakkan di dalam kotak-kotak media berdasarkan satu unit percobaan. Kotak dibuat dengan ukuran 75 x 75 x 25 cm menggunakan papan kayu. Geribik bambu digunakan sebagai alas kotak media yang dinilai dapat membuang kelebihan air. Kotak jamur yang beralaskan geribik tersebut kemudian diletakkan di atas plastik gelombang yang berfungsi mengalirkan sisa – sisa pengairan agar tidak jatuh dan membasahi rak yang berada di bawahnya.



Gambar 4. Desain kumbang jamur



Gambar 5. Persiapan sarana kumbung jamur

3.3.2 Media Tumbuh dan Perlakuan Budidaya Jamur Merang

Penelitian ini menggunakan TKKS sebagai media tumbuh jamur merang. TKKS diberikan 2 perlakuan yaitu ukuran cacahan dan lama pengomposan. Ukuran cacahan dibuat 3 taraf yaitu cacahan halus, cacahan sedang dan utuh (tanpa cacahan). Sedangkan lama pengomposan juga dibuat 3 taraf yaitu pengomposan 2 hari, 6 hari, dan 8 hari.

Setelah dilakukannya pencacahan, TKKS dicampur dengan dedak padi yang sebelumnya telah dicampur kapur pertanian (dolomit) dan kotoran ayam. Perbandingan berat dedak, kapur, dan kotoran ayam adalah 70 kg, 60 kg, dan 60 kg untuk 1 kumbung. Selanjutnya, pengomposan dilakukan sesuai dengan perlakuan. Proses pengomposan yang baik dapat dilihat dan penampilan fisik kompos yang dihasilkan, yaitu berwarna coklat kehitaman dan teksturnya remah. Perubahan warna disebabkan oleh reaksi kimia dalam kompos, yaitu karamelisasi karbohidrat yang terjadi pada suhu tinggi (Sukendro dkk., 2001).

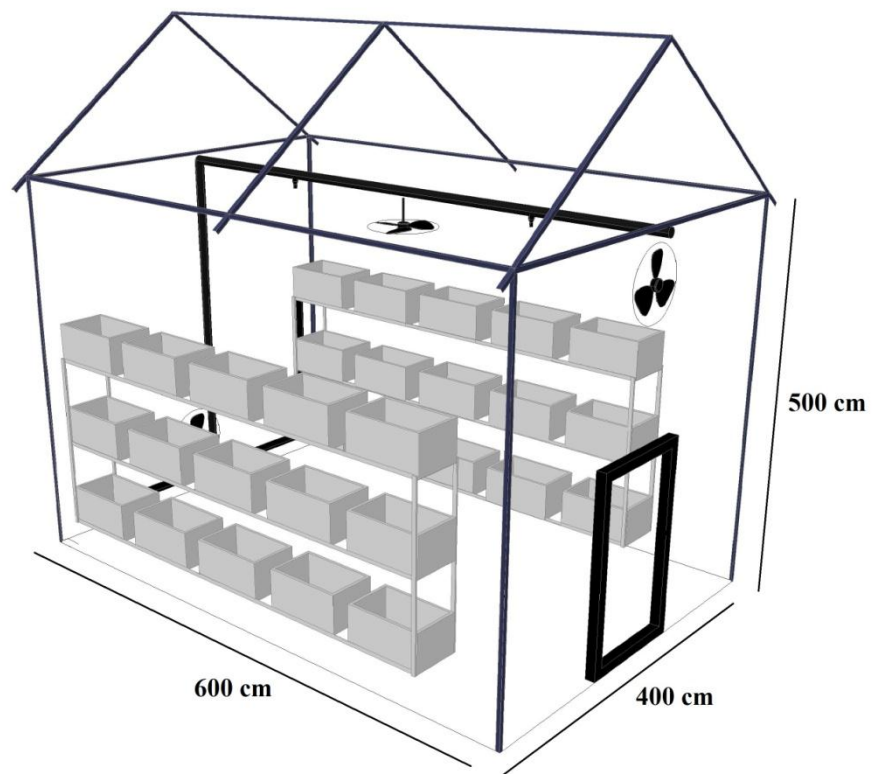
Pasterurisasi dilakukan setelah seluruh media tumbuh telah selesai di komposkan dan dimasukkan ke dalam kumbung. Pasteurisasi dilakukan pada suhu 70°C yang dipertahankan selama 4 jam. Penanaman dilakukan setelah suhu di dalam kumbung kembali normal pasca pasteurisasi.

3.3.3 Pemasangan Komponen Aktuator Kumbung

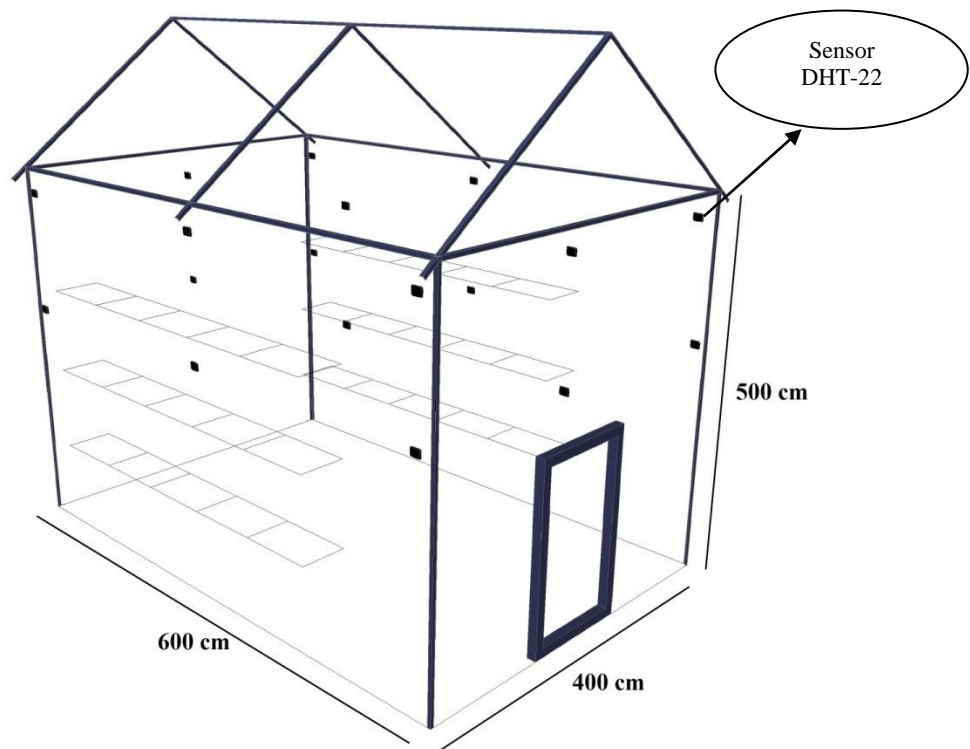
Komponen aktuator kumbung ini merupakan komponen-komponen yang menjadi penunjang terciptanya kumbung jamur berbasis kontrol otomatis. Komponen aktuator terdiri dari :

- a. *Blower in* : Digunakan untuk memasukan udara dari luar kumbung ke dalam kumbung jamur. *Blower in* ini menjadi aktuator pengendali suhu di dalam kumbung. *Blower in* diletakkan di dinding kumbung bagian bawah.
- b. *Blower out* : Digunakan untuk mengeluarkan udara dari dalam kumbung keluar. *Blower* ini menjadi aktuator pengendali suhu dan RH di dalam kumbung. *Blower out* diletakkan di dinding kumbung bagian atas.

- c. Kipas pengaduk : Digunakan untuk menghomogenkan suhu dan kelembaban di dalam kumbung. Kipas ini akan diletakkan di dalam kumbung bagian tengah atas.
- d. *Sprayer* : Digunakan untuk mengatur kelembaban di dalam kumbung. *Sprayer* ini menjadi aktuator yang mengendalikan kelembaban. *Sprayer* diletakkan di atas kumbung tepat di bawah plafon.
- e. *Heater* : Digunakan untuk meningkatkan suhu di dalam kumbung jamur. *Heater* akan terhubung dengan sensor suhu dan diletakkan di bawah kipas pengaduk.
- f. Pompa : Digunakan untuk mendorong air agar mengalir dari sumber air menuju ke *sprayer*. Pompa diletakkan pada bagian lantai dekat sumber air.
- g. Sensor : Digunakan untuk membaca kondisi lingkungan sekitar dan memberikan informasi tersebut ke mikrokontroler. Sensor yang akan digunakan berjumlah 20 sensor, dengan 18 sensor di dalam kumbung dan 2 sensor di luar kumbung.
- h. Kontrol otomatis : Digunakan sebagai pengatur kendali komponen aktuator di dalam kumbung jamur. Kontrol otomatis mengolah data dari sensor dan memberikan perintah ke komponen aktuator. Kontrol otomatis diletakkan di luar kumbung jamur sehingga tidak mengganggu dan terganggu oleh aktifitas di dalam kumbung jamur.



Gambar 6. Komponen di dalam kumbung jamur



Gambar 7. Tata letak sensor

3.3.4 Kalibrasi Sensor DHT-22

Kalibrasi sensor dilakukan dengan membandingkan nilai yang terbaca oleh sensor dengan nilai yang terbaca oleh alat lain pada kondisi yang berbeda-beda (Candra dkk., 2016). Proses kalibrasi ini dapat dilakukan dengan membandingkan sensor suhu dengan *thermometer*, sensor kelembaban dengan *hygrometer*. Semuanya dilakukan dalam kondisi lingkungan yang berbeda-beda.

3.3.5 Pengujian Alat Kontrol dan Pemberian Aksi (Aktuator)

Pengujian alat kontrol dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem kontrol otomatis. Beberapa uji yang dilakukan antara lain:

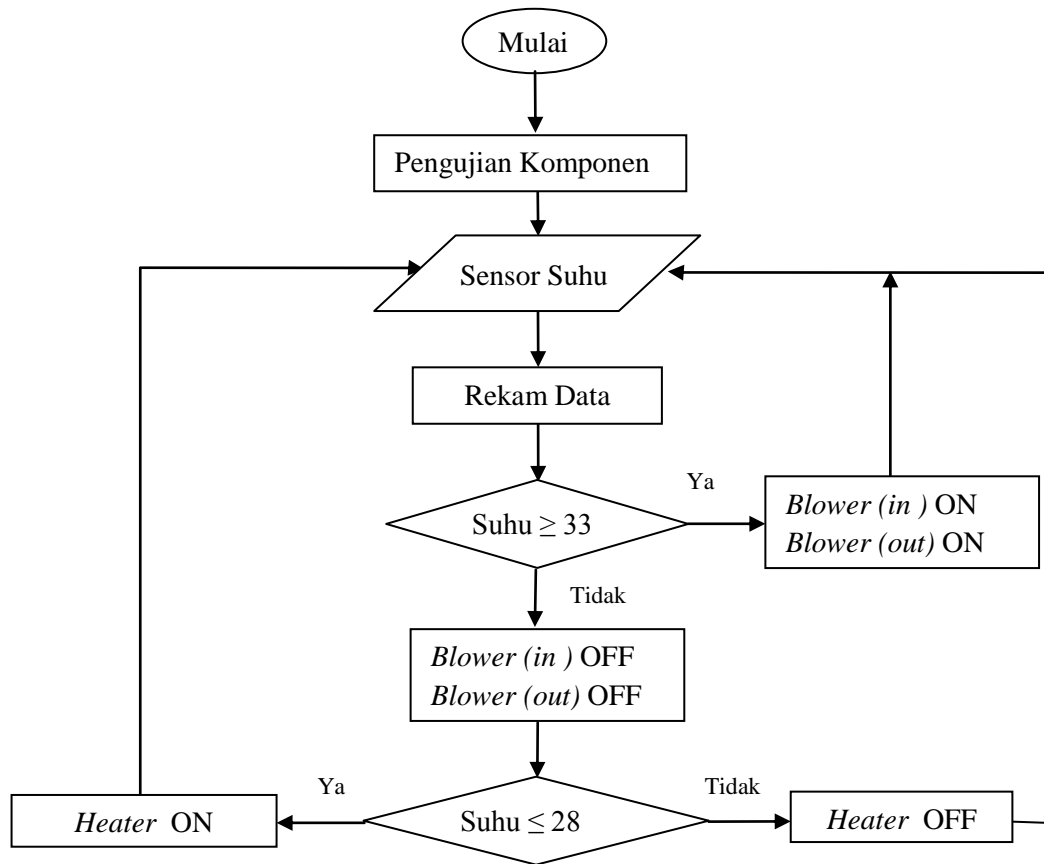
1. Uji sistem penginderaan dan penyimpanan tanpa aksi
2. Uji RH jenuh
3. Uji aksi aktuator

Tabel 1. Skenario Pengaturan Aktuator

Faktor Pemanding	<i>Sprayer</i> RH	<i>Blower</i>	<i>Heater</i>
\bar{x} Temperatur = <i>setpoint</i>	0	0	0
\bar{x} Temperatur < <i>setpoint</i>	0	0	1
\bar{x} Temperatur > <i>setpoint</i>	0	1	0
\bar{x} Kelembaban = <i>setpoint</i>	0	0	0
\bar{x} Kelembaban < <i>setpoint</i>	1	0	0
\bar{x} Kelembaban > <i>setpoint</i>	0	1	0

Keterangan :

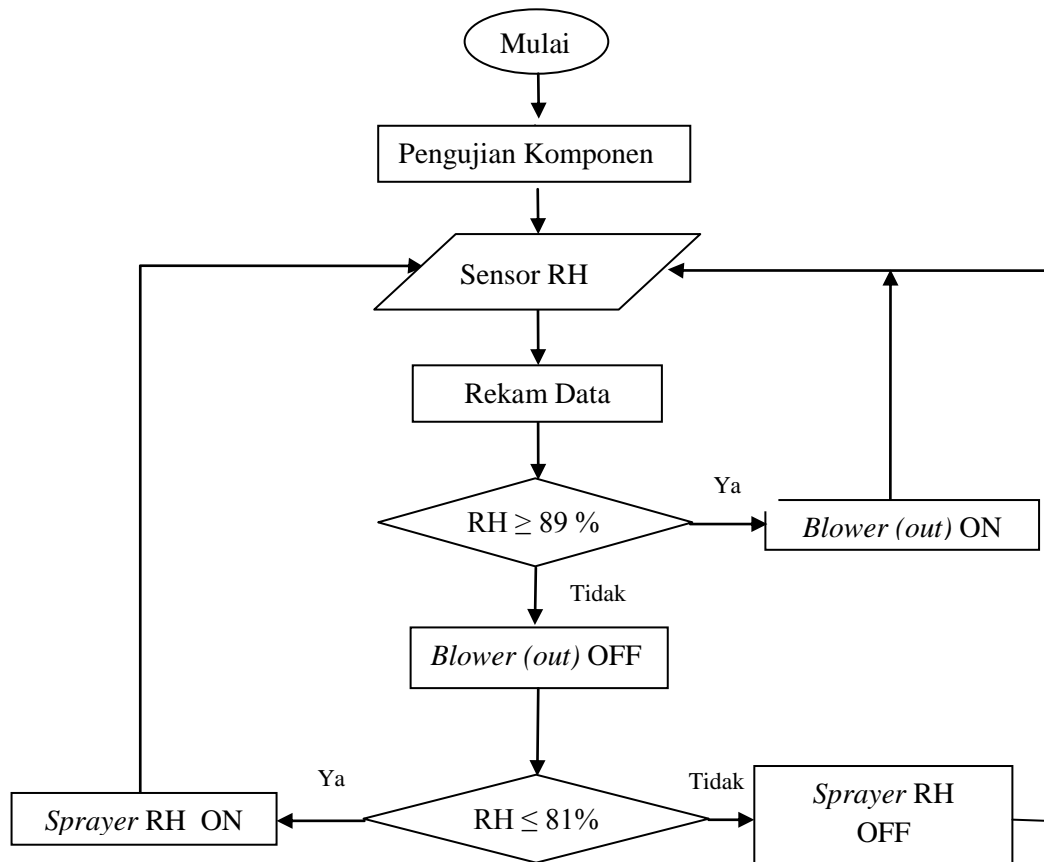
- 0 = Mati
1 = Hidup



Gambar 8. Perintah komponen suhu

Perintah dalam menjalankan komponen suhu :

- a. Di saat suhu lingkungan $\leq 28^{\circ}\text{C}$ maka *heater* ON. Di saat suhu telah mencapai 33°C maka *heater* OFF.
- b. Di saat suhu lingkungan $\geq 33^{\circ}\text{C}$ maka kedua *blower* ON. Di saat suhu telah mencapai 30°C maka *blower* OFF.



Gambar 9. Perintah komponen RH

Perintah dalam menjalankan komponen RH :

- a. Di saat kelembaban $\geq 89\%$ maka *blower* ON. Di saat kelembaban telah mencapai 81% maka *blower* OFF.
- b. Di saat kelembaban $\leq 81\%$ maka *sprayer RH* ON. Di saat kelembaban telah mencapai 89% maka *sprayer* OFF.

3.3.6 Aplikasi Alat Kontrol pada Budidaya Jamur Merang

Aplikasi ini dilakukan dengan menerapkan alat kontrol dalam budidaya jamur merang di dalam kumbung jamur selama kurang lebih 40 hari. Penerapan alat ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem kontrol otomatis dalam mendukung budidaya jamur merang. Pengaplikasian alat dilakukan dari kumbung masih kosong sampai dengan jamur merang selesai panen.

3.3.7 Keakurasian Alat

Keakurasian alat menunjukkan ketepatan kinerja alat saat melewati *setting point* yang diinginkan. Mencari nilai keakurasian harus dilakukan dengan mengetahui terlebih dahulu berapa nilai ketidakakurasian dari alat (Telaumbanua, 2015). Cara perhitungannya dengan menggunakan persamaan berikut

$$\text{Keakurasian} = \left(1 - \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n |SP - NA_i|}{n} \right)}{SP} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

SP = Nilai *setting point*

NA_i = Nilai aktual ke-i

n = Jumlah data

3.3.8 Analisis Data

Data hasil pembacaan sensor disimpan ke dalam SD *card* dengan format *.txt, dengan interval penyimpanan data selama 15 menit. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan Microsoft Excel dan ditampilkan dalam bentuk tabel dan

grafik. Selain itu, data diolah menggunakan *software* Surfer 12 untuk melihat distribusi suhu dalam bentuk diagram kontur.

1. Diagram Kontur

Peta topografi biasa digunakan untuk menampilkan bentuk topografi dan beberapa bentuk sebaran semisal, sebaran salinitas, suhu maupun RH. Surfer 12 merupakan salah satu *software* yang digunakan dalam membuat diagram kontur.

2. Uji T

Analisis data juga dilakukan dengan melakukan uji T antara suhu di dalam kumbung dengan suhu di lingkungan untuk melihat kinerja dari kontrol otomatis.

Apabila didapat nilai antara kondisi di dalam kumbung dan di luar kumbung berbeda secara signifikan, berarti kinerja kontrol otomatis cukup baik.

3. CU (*Coefficient of Uniformity*) / Koefisien Keseragaman

Koefisien keseragaman atau *Coefficient of Uniformity* adalah rerata dari suhu dan RH media yang terbaca sensor dikurangi jumlah deviasi absolut rata-rata pengukuran. Menurut Paskalis, *et al* (2011) koefisien keseragaman dapat dinyatakan dengan persamaan Christiansen sebagai berikut :

$$CU = 100 \left[1 - \frac{\sum (xi - \bar{x})}{\sum x} \right]$$

Keterangan :

CU = koefisien keseragaman (%)

xi = nilai masing-masing pengamatan ($^{\circ}C$), (%)

\bar{x} = nilai rata-rata pengamatan ($^{\circ}C$), (%)

$\sum (xi - \bar{x})$ = jumlah tiap pengamatan dibagi dengan jumlah total pengamatan ($^{\circ}C$), (%)

$\sum x$ = jumlah total pengamatan ($^{\circ}C$), (%)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebaran suhu maupun kelembaban di dalam kumbung dinilai cukup baik, dengan koefisien keseragaman untuk suhu mencapai 97,88% sedangkan untuk kelembaban mencapai 94,66 %.
2. Letak sensor terbaik dan mampu mewakili ke-18 sensor di dalam kumbung adalah sensor ke-2.
3.
 - a. Keakurasian alat dinilai cukup baik dibuktikan dengan nilai keakurasian untuk parameter suhu sebesar 87,78 % dan untuk parameter kelembaban sebesar 83,33 %.
 - b. Sistem kendali otomatis cukup baik dalam menaikkan kelembaban namun kurang baik dalam menurunkan nilai kelembaban, dibuktikan dengan uji-t yang berbeda signifikan namun kelembaban rata-rata di dalam kumbung melebihi batas atas kelembaban ideal.
 - c. Sistem kendali otomatis cukup baik dalam menaikkan suhu pada malam hari, dibuktikan dengan uji-t yang menunjukkan perbedaan signifikan antara suhu rata-rata dan suhu di luar kumbung.

- d. Sistem kendali otomatis cukup baik dalam menurunkan suhu pada siang hari selama 40 hari, dibuktikan dengan uji-t yang menunjukkan perbedaan signifikan antara suhu rata-rata dan suhu di luar kumbung.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan sensor suhu dan kelembaban yang lebih responsif terhadap perubahan lingkungan.
2. Kinerja setrika sebagai pemanas masih kurang optimum dalam upaya meningkatkan temperatur di dalam kumbung, sebaiknya dapat diganti dengan *heater* udara yang mampu memberikan panas yang cukup serta lebih tahan apabila terjadi *overheat*.
3. Penggunaan *blower* dapat diperbanyak untuk mengoptimalkan usaha dalam menurunkan temperatur dan kelembaban.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisum, Bintoro, N., dan Geonadi, S. (2016). Analisis Distribusi dan Kelembaban Udara dalam Rumah Jamur (Kumbung) menggunakan *Computation Fluid Dynamics (CFD)*. *Agritech* 36: 64-70.
- Arduino. 2017. *Arduino.cc*. Diakses pada 2 Desember 2017, dari <http://www.arduino.cc>.
- Aptindo. 2012. *Gandum Serelia Berprotein Tinggi*. Asosiasi Produsen Tepung Terigu Indonesia (Aptindo).
- Argo, B.D dan Rahayu, C. 2017. Model Simulasi Pengendalian Udara pada Mesin Pengering Cabe dengan Kontrol Logika Fuzzy. *Jurnal Teknik Pertanian* Vol. 5. No.3: 156-172.
- Boutet, T.S., 1987. *Controlling Air Movement – A Manual for Architects and Builder*. New York: McGraw-Hill.
- BPS. 2017. *Luas Areal Tanaman Perkebunan Besar menurut Jenis Tanaman*. Badan Pusat Statistik
- Candra, H., Triyono, S, Kadir, M. Z. dan Tusi. A. 2016. Rancang Bangun dan Uji Kinerja Sistem Kontrol Otomatis pada Irigasi Tetes menggunakan Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* .Vol. 4 (4), 2016: 235-244.
- Devika, V., Khamuruddeem, S., Khamurunnisa, S., Thota, J., Shaik, K. 2017. Arduino Based Automatic Plant Watering System. *Internatinal Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*. 4(10): 449-456.
- Djuariah, D. dan Sumiati, E. 2005. *Koleksi, pemurnian, identifikasi, dan konservasi jamur edible komersial asal dari dalam dan luar negeri*. Laporan hasil survey TA 2005. In press.
- Gengers, R. 1982. *Pedoman Berwiraswasta Bercocok Tanam Jamur*. Pionir Jaya. Bandung. 100 Hlm.
- Gunawan, A.W. 2001. *Usaha Pembibitan Jamur*. Penebar Swadaya: Jakarta

- Hagutami, Y. 2001. *Budidaya Jamur Merang*. Yapentra.Hagutami. Cianjur. 19 Hlm.
- Holman, J.P., Jasjfi, E. 1997. [*Heat Transfer .Bah.Indonesia*]. *Perpindahan kalor*. 6th Edition, Cet.2 Jakarta: Erlangga.618 hlm.
- Irawati, M., Lunawan, A.W., Dharmaputra, O. 1999. Campuran Kapas dan Kelaras Pisang sebagai Media Tanam Jamur Merang. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia* Vol.4 No.1, 1999: 27-29.
- Kadir, A. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler & Pemrogramannya menggunakan Arduino CV Andi Offset*. Yogyakarta. 282 hlm.
- Karsid, K., Aziz, R., Apriyanto, H. 2015. Aplikasi Kontrol Otomatis Suhu dan Kelembaban untuk Peningkatan Produktivitas Budidaya Jamur Merang. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. Vol.4.No. 3 :86-88.
- Laboratorium Kimia Dan Kesuburan Tanah UNTAN. 2013. *Analisis Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Pontianak.
- Lakitan, B. 2002. *Dasar-Dasar Klimatologi*. Jakarta: Raja Grafindo Persada. 174 hlm.
- Marzuki, A., and Ying, S.Y. 2017. Environmental Monitoring and Controlling System for Mushroom Farm with Online Interface. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)* Vol 9 No 4.
- Mayun, I.A. 2007. Pertumbuhan jamur merang (*Volvariella volvaceae*) pada berbagai media tumbuh. *J. Agritrop*. (26)3: 124-128.
- Nelson. 2010. *The Greenhouse Gas Reduction Plan*. The Corporate Operations of The City of Nelson May 12th 2010.
- Nurman, S. dan Kahar, A. 1990. *Bertanam Jamur dan Seni Memasaknya*. Angkasa: Bandung. 77 hlm.
- Ogata, K. 2010. *Modern Control Engineering (Fifth Edition)*. Pearson Education. New Jersey. 905 hlm.
- Papadakis, G., Manolacos, D., and Kyritsis, S. 1998. Solar radiation transmissivity of a singlespan greenhouse through measurement on scale models. *J.Agric. Eng. Res*. 71: 331–338.
- Paradigma. 2014. *Perbedaan Nutrisi Beras Hitam, Beras Putih, dan Beras Merah*. <http://berashitam.net/perbedaan-nutrisi-beras-hitam-beras-putih-dan-beras-merah>. Diakses pada 10 April 2017.

- Pasaribu, T. Permana, T., dan Alda, ER. 2002. *Aneka Jamur Unggulan yang Menembus Pasar*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Pitowarno, E. 2006. *Robotika : Desain Kontrol dan Kecerdasan Buatan*. Buku Teks. Penerbit Andi: Yogyakarta. 352 hlm.
- Purnamayami, R. 2013. *Teknologi Pembuatan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit*. BPTP. Jambi.
- Puspadini, R., dan Bahriun, A. 2013. Perancangan Sistem Kontrol Penerangan, Pendingin Ruangan dan Telepon Otomatis Terjadwal berbasis Mikrokontroler. *Singuda Ensikom* Vol.4. No.2. 2013; 41-46.
- Ritter, M. 2007. *Air Temperature Patterns*. http://www.Uswp.edu//geo/faculty/ritter/geog101/uswp_lectures/lecture_atmospheric_temperature.html. diakses tanggal 14 November 2017.
- Sase and Kozal. 1988. *Eco House Hand Book Australian Green Building Source Book*. : http://www.austinenergy.com/eneray/efficiency/program/green_building/source_book_glossary.pdf tanggal 4 Februari 2018.
- Sinaga, M.S. 2001. *Jamur Merang dan Budidayanya*. Penebar Swadaya. Jakarta. 86 hlm.
- Smith, C. A., and Corripio, A. B. 1997. *Principles and Praktece Of Automatic Process Control (2nd Ed)*. Jonh Wilay & Sons. Florida. 28 hlm.
- Sukendro, L., Agustin, W.G., dan Okky, S.D. 2001. Pengaruh Pengomposan Limbah Kapas terhadap Produksi Jamur Merang. *Jumal Mikrobiologi Indonesia*. 6 (1) : 19-22.
- Sunandar, B. 2010. *Budidaya Jamur Merang*. BPTP Jawa Barat, BPTP Kementan. Jakarta.
- Suriawiria, U. 2000. *Sukses Beragrobisnis Jamur Kayu: Shiitake, Kuping, Tiram*. Penebar Swadaya. Jakarta. 104 hlm.
- Telaumbanua, M. 2015. Model Pengendalian Iklim Mikro dan Nutrisi Otomatis pada Pertumbuhan Sawi (*Brassica rapa var.parachinensis* L.) secara Hidroponik. (*Disertasi*). Program Pascasarjana, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 264hlm.
- Telaumbanua, M., Purwanto, B., dan Sutiarmo, L. 2014. Rancangbangun aktuator pengendali iklim mikro di dalam *greenhouse* untuk pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica rapa var.parachinensis* L.). *Agritech* 34: 213-222.

- Telaumbanua, M., Purwanto, B., dan Sutiarmo, L., dan Falah, M.A.F. 2016. Studi Pola Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica rapa var. parachinensis* L.) Hidroponik di Dalam *Greenhouse* Terkontrol. *Agritech* 36: 104-110.
- Wawolumaja, R. 2013. *Elektronika Industri dan Otomasi (IE-204)*. Universitas Kristen Maranatha. Bandung.
- Wahyono, E.R. 2016. Rancang Bangun Sistem Kendali Otomatis Temperatur dan Kelembaban Kumbung Jamur Tiram (*Pleurotus Sp*) Berbasis Mikrokontroler (*Skripsi*). Universitas Lampung. Lampung. 101 hlm.
- Wiranto, Setiawan, B.I., dan Saptomo, S.K. 2014. Sistem Kontrol Irigasi Nirkabel. *Jurnal Irigasi*. Vol.9.No.2. 2014; Hal: 108-114.