

Purwarupa Sistem Monitoring dan Kendali Suhu, Kelembapan, dan Kadar Air Media Tanam Pada Kumbung Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*)

Prototype of a Monitoring and Control System for Temperature, Humidity, and Growing Media Moisture in an Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Cultivation House

Theo Ignatius Ginting¹, Faisal Wahab^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Rekayasa, Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung
faisal.wahab@unpar.ac.id²

Abstrak – Jamur tiram termasuk komoditas yang banyak diminati oleh masyarakat. Kandungan gizinya yang tinggi menjadikannya sebagai salah satu pilihan bahan pangan yang layak dikonsumsi. Banyaknya peminat jamur tiram mengakibatkan kebutuhan akan jamur tiram di Indonesia terus meningkat. Sayangnya kebutuhan jamur tiram di Indonesia belum bisa seluruhnya dipenuhi petani jamur tiram. Budidaya jamur tiram tidak memerlukan modal dan lahan yang besar, namun memerlukan perhatian khusus dalam merawatnya. Yang sering menjadi kesulitan dalam budidaya jamur adalah kurang memperhatikan aspek lingkungan yang menjadi faktor utama penentu keberhasilan budidaya jamur tiram. Penggunaan sistem yang diterapkan pada kumbung jamur (rumah jamur) merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sistem yang dirancang bertujuan untuk memantau sekaligus mengontrol suhu dan kelembapan di dalam kumbung jamur sehingga kondisi pertumbuhan yang ideal dapat dicapai. Metode yang digunakan meliputi pemasangan sensor suhu dan kelembapan untuk pemantauan real-time, penggunaan lampu sebagai pengatur suhu, kipas untuk sirkulasi udara, serta mist maker untuk menjaga kelembapan. Sistem ini bekerja secara otomatis berdasarkan data sensor, sehingga lingkungan kumbung tetap stabil tanpa perlu pengawasan terus-menerus. Hasil pada penelitian ini, purwarupa yang dibuat dapat menjaga suhu dan kelembapan udara agar tetap berada di kondisi pertumbuhan yang ideal.

Kata Kunci: jamur tiram, kumbung jamur tiram, suhu, kelembapan udara, kadar air media tanam.

Abstract – Oyster mushrooms are a commodity highly favored by the public. Their high nutritional content makes them one of the preferred food ingredients for consumption. The high demand for oyster mushrooms has caused the need for them in Indonesia to continue increasing. Unfortunately, the demand for oyster mushrooms in Indonesia cannot yet be fully met by local farmers. Cultivating oyster mushrooms does not require large amounts of capital or land, but it does demand special care in maintenance. One of the common challenges in oyster mushroom cultivation is the lack of attention to environmental factors, which are the main determinants of successful cultivation. Implementing a system within the mushroom house (kumbung jamur) is one solution to address this issue. The designed system aims to monitor and control temperature and humidity inside the mushroom house to maintain ideal growth conditions. The method

involves installing temperature and humidity sensors for real-time monitoring, using lamps for temperature regulation, fans for air circulation, and a mist maker to maintain humidity. The system operates automatically based on sensor data, keeping the mushroom house environment stable without the need for constant supervision. The results of this study show that the developed prototype can maintain air temperature and humidity within the ideal range for mushroom growth.

Keywords: oyster mushrooms, oyster mushroom cultivation facility, temperature, air humidity, substrate moisture content

1. Pendahuluan

Saat ini, komoditas jamur sangat digemari dan banyak dibudayakan di Indonesia. Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) adalah salah satu jenis jamur konsumsi yang digemari masyarakat karena memiliki cita rasa yang khas serta kandungan gizi yang tinggi. Produksi jamur di Indonesia tergolong rendah. Para petani diperkirakan hanya mampu menyediakan jamur tiram tidak lebih dari 12.500 ton/tahun. Oleh karena itu, Indonesia masih mengimpor jamur tiram dari beberapa negara akibat kurangnya pasokan jamur tiram [1]. Tingginya permintaan terhadap jamur tiram di Indonesia menyebabkan banyak kalangan untuk mencoba budidaya jamur. Budidaya jamur memerlukan modal yang relatif kecil dan penggunaan lahan yang hemat. Namun yang perlu diperhatikan dalam budidaya jamur adalah aspek lingkungan yang sangat mempengaruhi tumbuhnya jamur, seperti suhu, kelembapan udara, kandungan CO₂, intensitas cahaya dan kadar air media tanam seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1 [2]. Selain itu, ketinggian lokasi tempat budidaya jamur tiram juga mempengaruhi keberhasilan budidaya jamur tiram. Jamur tiram paling baik tumbuh di ketinggian sekitar 700 meter di atas permukaan laut (mdpl). Budidaya jamur tiram umumnya dilakukan di dalam kumbung jamur (rumah jamur) untuk menjaga temperatur dan kelembapan lingkungan sesuai dengan yang direkomendasikan serta tanaman jamur terlindung dari gangguan luar seperti angin, hama dan curah hujan yang tinggi. Masalah muncul ketika petani tidak dapat mengontrol suhu dan kelembapan di dalam kumbung jamur dikarenakan pengaruh dari lingkungan di luar kumbung jamur.

Tabel 1. Aspek lingkungan penentu pertumbuhan jamur tiram.

Parameter Pertumbuhan	Fase Pembentukan Tubuh Buah
Suhu	21°C - 28°C
Kelembapan Udara	90% - 95%
Kandungan CO ₂	<1000 ppm
Cahaya	1000 – 5000 lux
Kadar Air Media Tanam	60% - 65%

Penelitian [3] dilakukan di Kabupaten Indramayu, dimana suhu rata-rata di dalam kumbung jamur turun menjadi 18°C saat musim hujan. Selain itu, penelitian [4] yang dilakukan di Bandar Lampung selama 3 hari mendapatkan bahwa adanya fluktuasi yang melewati batas ambang atas dan batas ambang bawah untuk masing-masing suhu dan kelembapan udara saat jam-jam tertentu. Untuk menjaga suhu dan kelembapan di dalam kumbung jamur petani melakukan pengendalian suhu dan kelembapan kumbung jamur dengan cara manual menggunakan *sprayer* yang disemprotkan pada kumbung jamur saat pagi dan sore jika kondisi di lingkungan luar kumbung jamur cenderung panas. Cara ini akan efektif jika suhu di dalam kumbung jamur selalu konstan. Namun, cara ini tidak akan efektif jika suhu dan kelembapan di dalam kumbung berfluktuasi sepanjang hari akibat keadaan diluar kumbung yang tidak dapat diprediksi [5]. Selain suhu dan kelembapan udara, faktor lain yang perlu diperhatikan agar budidaya jamur berhasil adalah kadar air pada media tanam jamur seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1. Jika kadar air terlalu tinggi, maka jamur akan busuk hingga akhirnya mati dan jika kadar air terlalu rendah akan menghambat pertumbuhan jamur [6]. Untuk mengukur kadar air pada media tanam, para petani umumnya hanya menggunakan pengalaman mereka saja dengan cara menggenggam gumpalan media

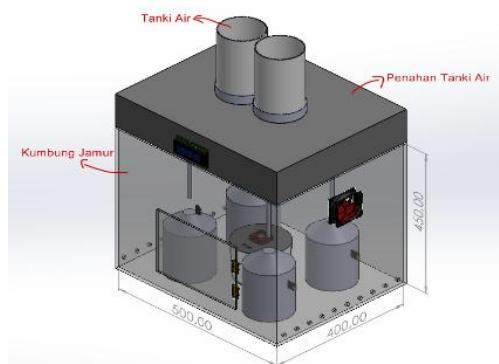
tanamnya saja. Hal ini tidak efisien bagi petani yang baru memulai budidaya jamur karena nantinya para petani akan mengalami kesulitan [6].

Karena pentingnya menjaga kondisi lingkungan dalam proses pembudidayaan jamur tiram, maka diperlukan sistem yang dapat memantau serta mengontrol aspek lingkungan pada proses pertumbuhan jamur tiram. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem yang dapat memantau sekaligus mengontrol suhu, kelembapan udara pada sebuah miniatur kumbung jamur tiram dengan ukuran $500 \times 400 \times 450$ mm. Pada penelitian ini ditambahkan juga sistem yang dapat *monitoring* sekaligus mengontrol kadar air pada media tanam jamur (*baglog*).

2. Metode Penelitian

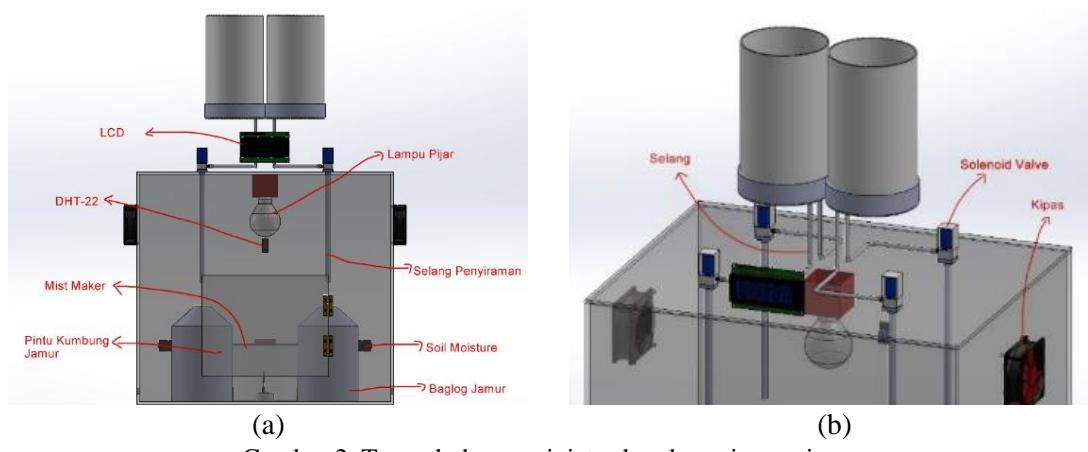
2.1 Rancangan Sistem Kumbung Jamur Tiram

Rancangan kumbung jamur tiram terdiri dari dua bagian utama, yaitu rancangan konstruksi dan sistem elektrikal. Gambar 1 menunjukkan desain konstruksi kumbung jamur tiram.



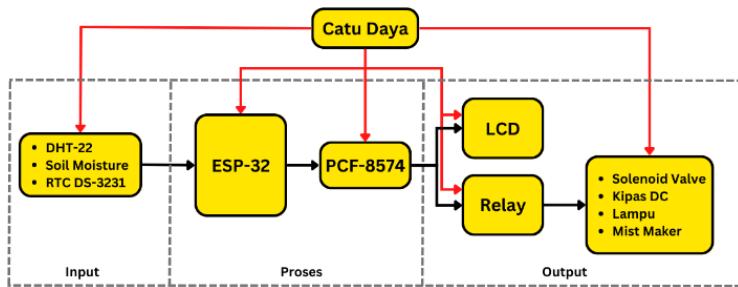
Gambar 1. Rancangan kumbung jamur tiram.

Kumbung jamur memiliki dimensi $500 \times 400 \times 450$ mm dan menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan 4 mm. Di dalamnya akan ditempatkan empat buah baglog jamur tiram yang akan dibudidayakan dengan menerapkan sistem yang telah dirancang. Sebagai ventilasi, dibuat delapan lubang kecil di masing-masing sisi kiri dan kanan bagian bawah kumbung. Tangki air diletakkan di bagian paling atas untuk menyimpan pasokan air yang dibutuhkan dalam sistem. Pengisian tangki dilakukan secara manual dengan menggunakan air bersih biasa. Untuk menjaga posisi tangki tetap stabil, ditambahkan penahan dengan panjang dan lebar yang sama dengan kumbung jamur. Selain berfungsi sebagai penahan tangki, bagian ini juga digunakan untuk menutupi komponen-komponen pendukung sistem yang diletakkan di antara bagian atas kumbung dan tangki air.



Gambar 2. Tampak depan miniatur kumbung jamur tiram.

Gambar 2 merupakan rancangan dan penempatan sistem elektrikal pada kumbung jamur tiram. Di dalam kumbung jamur tiram, terdapat dua buah sensor DHT-22, empat sensor *soil moisture*, satu buah lampu pijar, dan satu unit *mist maker*. Sensor DHT-22 ditempatkan di sisi dalam bagian depan dan belakang untuk mengukur suhu dan kelembapan. Sensor *soil moisture* ditancapkan ke permukaan masing-masing baglog untuk memantau kadar air pada media tanam. Lampu pijar dipasang di bagian atas sisi dalam kumbung sebagai sumber pencahayaan dan pengatur suhu. *Mist maker* ditempatkan di tengah-tengah kumbung untuk menghasilkan uap air yang menjaga kelembapan udara. Sistem penyiraman otomatis dikendalikan oleh empat buah *solenoid valve* yang dipasang tepat di atas masing-masing *baglog*. Air dari tangki dialirkan melalui selang menuju *solenoid valve*. Dua buah kipas motor DC diletakkan di sisi kanan dan kiri bagian luar kumbung, berfungsi untuk mengeluarkan udara dari dalam ruang tumbuh. Sebuah layar LCD dipasang di bagian atas pintu kumbung jamur untuk menampilkan informasi suhu, kelembapan, dan kadar air pada masing-masing *baglog*. Secara umum, rancangan sistem elektrikal yang digunakan ditampilkan pada Gambar 3.



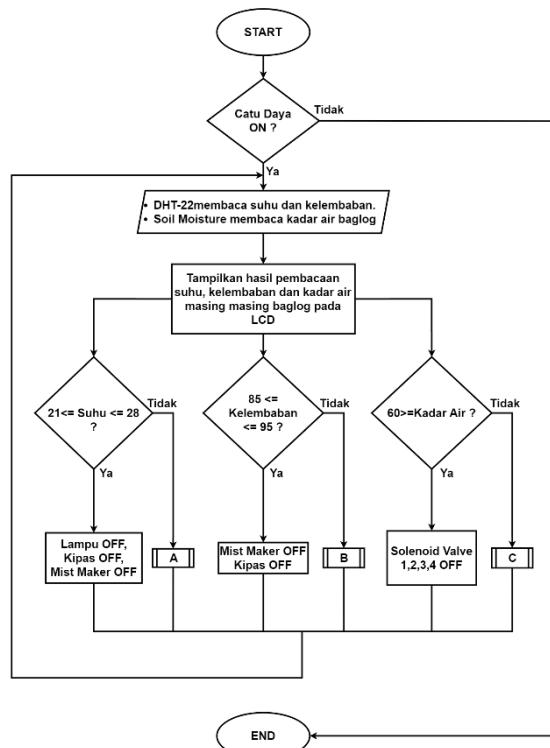
Gambar 3. Diagram blok sistem elektrik.

Komponen yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain: ESP-32 DEVKIT V1 [7], *Liquid Crystal Display* (LCD), Sensor DHT-22 [8], *Capacitive Soil Moisture Sensor* [9], *Ultrasonic Mist Maker* [10] dan *Solenoid Valve* [11]. DHT-22, *soil moisture* dan RTC DS-3231 berfungsi sebagai input pada sistem ini. Data yang diperoleh dari sensor DHT-22 dan *soil moisture* akan diproses oleh mikrokontroler ESP-32. Informasi hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan pada LCD. Untuk mengendalikan aktuator seperti lampu pijar, kipas, *solenoid valve*, dan *mist maker*, digunakan modul relay sebagai perantara antara mikrokontroler dan perangkat aktuator. Dalam sistem ini, digunakan dua buah modul *relay* 4 channel. *Relay* tersebut digunakan untuk mengatur pengoperasian dua buah kipas, satu buah lampu pijar, empat buah *solenoid valve*, dan satu unit *mist maker* secara otomatis sesuai dengan data yang diproses oleh mikrokontroler.

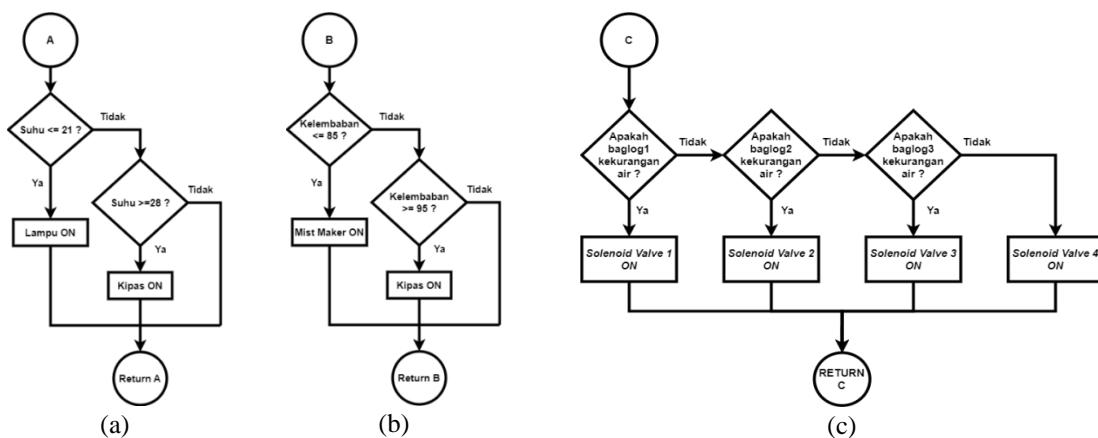
2.2 Rancangan Kerja Sistem

Secara keseluruhan, sistem bekerja sesuai dengan bagan alir yang ditampilkan pada Gambar 4. Sensor DHT-22 berfungsi mendeteksi suhu dan kelembapan di dalam kumbung jamur. Karena digunakan dua buah sensor DHT-22, nilai rata-rata dari keduanya dihitung untuk memperoleh pembacaan yang lebih akurat. Sementara itu, sensor *soil moisture* digunakan untuk mengukur kadar air pada masing-masing *baglog* jamur. Data dari sensor DHT-22 dan *soil moisture* ditampilkan pada layar LCD serta digunakan sebagai dasar pengaturan kondisi lingkungan sesuai parameter yang telah ditetapkan dalam penelitian ini. Lampu pijar yang digunakan pada penelitian ini memiliki daya sebesar 15 W dan *mist maker* yang digunakan membutuhkan 24 volt untuk bekerja yang menghasilkan 3-5 mikron molekul air. Apabila hasil pembacaan sensor menunjukkan bahwa semua parameter berada dalam kondisi ideal, maka seluruh aktuator termasuk kipas, *solenoid valve*, dan *mist maker* akan berada dalam kondisi nonaktif (*OFF*).

Gambar 5 (a) menunjukkan bagan alir dari sub-proses A yang berfungsi untuk mengatur suhu di dalam kumbung jamur, yaitu ketika sensor DHT-22 mendeteksi suhu yang berada di luar batas yang telah ditentukan. Sub-proses ini akan aktif ketika suhu terdeteksi lebih rendah dari titik minimum (21°C) atau lebih tinggi dari titik maksimum (28°C). Ketika kondisi ini terjadi, sistem akan mengambil tindakan untuk mengembalikan suhu ke rentang ideal dengan mengaktifkan atau menonaktifkan aktuator, seperti lampu pijar dan kipas, sesuai kebutuhan. Gambar 5(b) menunjukkan bagan alir sub-proses B yang berfungsi mengatur kelembapan di dalam kumbung jamur apabila sensor DHT-22 mendeteksi nilai kelembapan di bawah batas *set point* minimum 85% atau di atas batas *set point* maksimum 95%. Penentuan batas ini mengacu pada referensi [2] dan [4], dengan mengambil nilai tengah dari perbedaan yang terdapat pada kedua sumber tersebut. Gambar 5 (c) menunjukkan bagan alir sub-proses C yang bertujuan untuk mengatur kadar air pada masing-masing *baglog*, apabila sensor *soil moisture* mendeteksi kadar air pada baglog kurang dari 60%.



Gambar 4. Bagan alir keseluruhan sistem.



Gambar 5. Bagan alir sub-proses (a) A, (b) B dan (c) C.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dijabarkan hasil dari penelitian ini seperti hasil kalibrasi sensor dan pengujian keseluruhan sistem.

3.1. Kalibrasi Sensor

3.1.1. Metode Kalibrasi Sensor

Sebelum digunakan, sensor yang digunakan dalam penelitian ini (DHT-22 dan *capacitive soil moisture*) perlu dikalibrasi untuk mengetahui keakuratannya. Kalibrasi sensor DHT-22 dilakukan dengan mengukur suhu dan kelembapan pada rentang waktu tertentu, kemudian membandingkan hasil pembacaannya dengan alat ukur referensi. Hasil pembacaan sensor yang diperoleh dari alat ukur referensi kemudian dihitung nilai % *error*-nya menggunakan persamaan (1) dan (2).

$$\text{error} = a - b \quad (1)$$

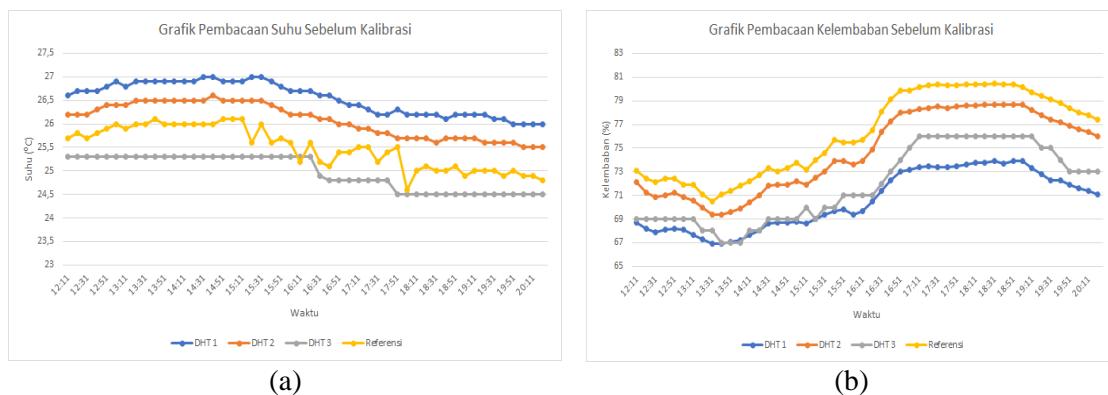
$$\% \text{error} = \left(\frac{\text{error}}{a} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Dimana a = nilai pembacaan alat ukur referensi dan b = nilai pembacaan sensor. Setelah nilai % *error* didapatkan, nilai tersebut diimplementasikan ke dalam kode program agar pembacaan sensor DHT-22 mendekati nilai pembacaan alat ukur referensi.

Kalibrasi sensor *capacitive soil moisture* dilakukan dengan cara melakukan pengukuran nilai kadar air tanah pada 5 lokasi berbeda dengan nilai kadar air tanah yang berbeda. Nilai pembacaan sensor akan dibandingkan dengan nilai pembacaan alat ukur referensi (*soil pH-moisture meter* VT-05). Kemudian dilakukan analisis regresi linear untuk memperoleh sebuah persamaan yang akan diimplementasikan pada kode program agar nilai pembacaan sensor mendekati nilai pembacaan alat ukur referensi.

3.1.2. Kalibrasi Sensor DHT-22

Sebelum kalibrasi dilakukan, hasil pembacaan suhu dari ketiga sensor DHT-22 yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 6 (a). Sementara itu, hasil pembacaan kelembapan dari ketiga sensor DHT-22 tersebut ditampilkan pada grafik yang terdapat pada Gambar 6 (b). Pada penelitian ini hasil bacaan dari sensor DHT-22 akan dibandingkan dengan alat ukur referensi Elitech Data Logger GSP-6.



Gambar 6. Grafik (a) suhu dan (b) kelembapan sebelum kalibrasi.

Dari grafik tersebut, dihitung nilai rata-rata % *error* pembacaan untuk setiap data suhu dan kelembapan yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai %error suhu dan kelembapan sebelum kalibrasi.

% error Pembacaan Suhu			% error Pembacaan Kelembapan		
DHT 1	DHT 2	DHT 3	DHT 1	DHT 2	DHT 3
-4,13	-2,31	2,08	7,34	2,06	5,71

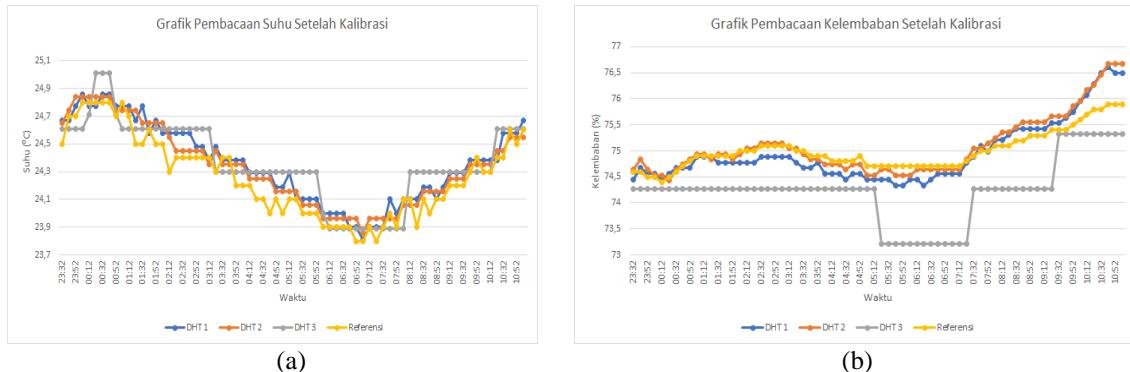
Nilai % error tersebut kemudian diimplementasikan pada kode program menggunakan persamaan (3).

$$x = \left\{ y \times \left(\frac{\% \text{error}}{100} \right) \right\} + y \quad (3)$$

Dimana, x adalah nilai suhu atau kelembapan setelah kalibrasi, dan y adalah nilai pembacaan suhu atau kelembapan pada sensor. Setelah persamaan (3) diimplementasikan pada kode program, nilai % error yang dapat dilihat pada Tabel 3, sementara hasil pembacaan suhu dan kelembapan setelah kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 7 (a) dan (b).

Tabel 3. Nilai % error suhu dan kelembapan setelah kalibrasi.

% error Pembacaan Suhu			% error Pembacaan Kelembapan		
DHT 1	DHT 2	DHT 3	DHT 1	DHT 2	DHT 3
0,37	0,28	0,41	0,05	0,12	1,02



Gambar 7. Grafik (a) suhu dan (b) kelembapan setelah kalibrasi.

3.1.3. Kalibrasi Sensor Capacitive Soil Moisture

Sebelum kalibrasi sensor *capacitive soil moisture* dilakukan, langkah pertama adalah menentukan nilai pembacaan minimum dan maksimum dari setiap sensor. Nilai-nilai tersebut kemudian digunakan dalam fungsi *map()* untuk mengonversi nilai analog hasil pembacaan sensor ke dalam bentuk persen (%). Hasil pembacaan sensor akan dibandingkan dengan alat ukur referensi yaitu *soil pH-moisture meter VT-05*. Selanjutnya, dilakukan pengukuran kadar air tanah pada 5 lokasi berbeda. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4, sementara nilai % error dapat ditemukan pada Tabel 5.

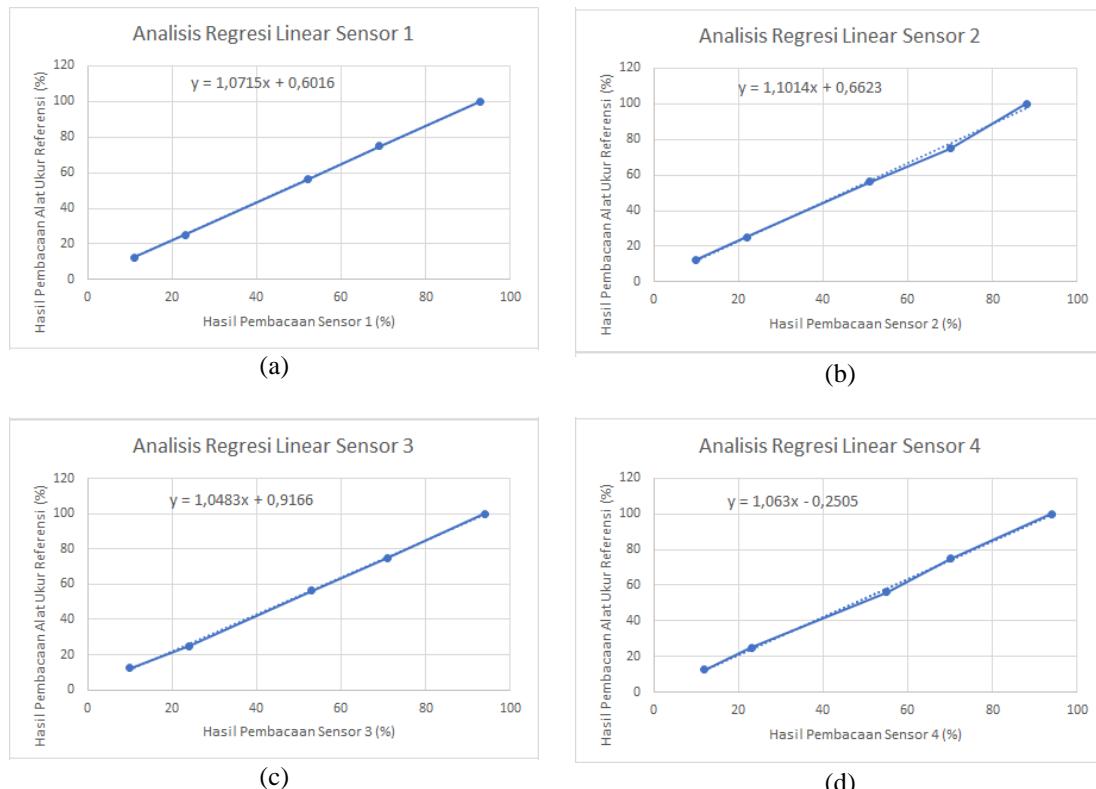
Tabel 4. Hasil pengukuran sebelum kalibrasi.

Referensi (%)	Sensor Soil Moisture (%)			
	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
100	93	88	94	94
75	69	70	71	70
56,25	52	51	53	55
25	23	22	24	23
12,5	11	10	10	12

Tabel 5. Nilai % error sebelum kalibrasi.

% Error Pembacaan Sensor			
Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
7	12	6	6
8	6,6	5,3	6,7
7,5	9,3	5,7	2,2
8	12	4	8
12	20	20	4

Karena nilai % *error* yang diperoleh masih cukup besar (>5%), perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut menggunakan metode regresi linear. Hasil analisis regresi linear untuk setiap sensor dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Analisis regresi linear setiap sensor.

Sebuah persamaan diperoleh untuk masing-masing sensor *capacitive soil moisture*, yang kemudian diimplementasikan dalam kode program. Selanjutnya, dilakukan pengukuran ulang pada lokasi yang sama. Hasil pembacaan sensor dapat dilihat pada Tabel 6, sementara nilai % *error*-nya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil pengukuran setelah kalibrasi.

Referensi (%)	Sensor Soil Moisture (%)			
	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
100	99,2	97,6	99,5	98,6
75	75,6	78,9	76,4	73,1
56,25	57,4	59	57,5	55
25	24,2	28,2	25	21
12,5	11,3	13,9	12,4	15,7

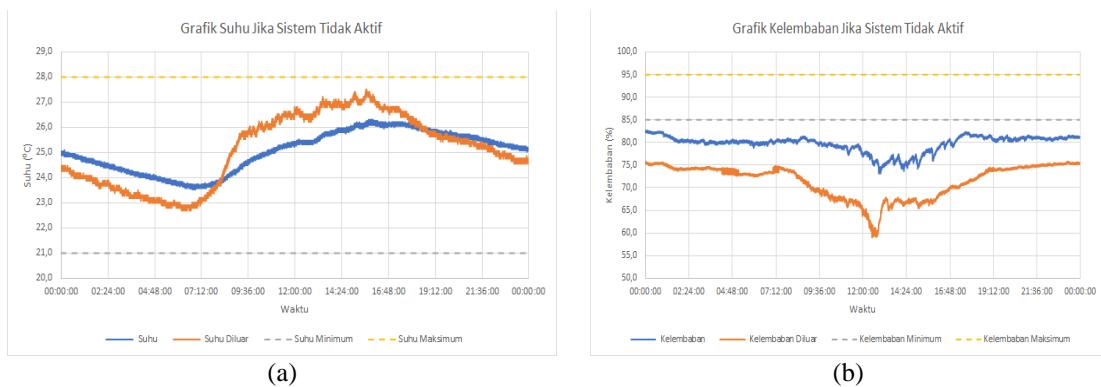
Tabel 7. Nilai %error setelah kalibrasi.

% Error Pembacaan Sensor			
Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
0,8	2,4	0,5	1,4
-0,8	-5,1	-1,9	2,5
-2	-5	-2,3	2,2
3,3	-12,8	-0,1	16
9,5	-11	0,4	-25,6

3.2. Hasil Pengujian Sistem

3.2.1. Pengujian Tanpa Media Tanam

Pada bagian ini akan dijelaskan uji coba sistem secara keseluruhan tanpa menggunakan media tanam (*baglog*) jamur tiram. Percobaan dilakukan dengan mencatat hasil pembacaan suhu dan kelembapan di dalam kumbung jamur tiram sepanjang hari, mulai dari pukul 00:00 hingga 23:59. Selain itu, akan di uji juga kondisi dimana pengaruh lampu, kipas dan *mist maker* terhadap suhu ruangan.



Gambar 9. Hasil pembacaan (a) suhu dan (b) kelembapan jika sistem tidak aktif.

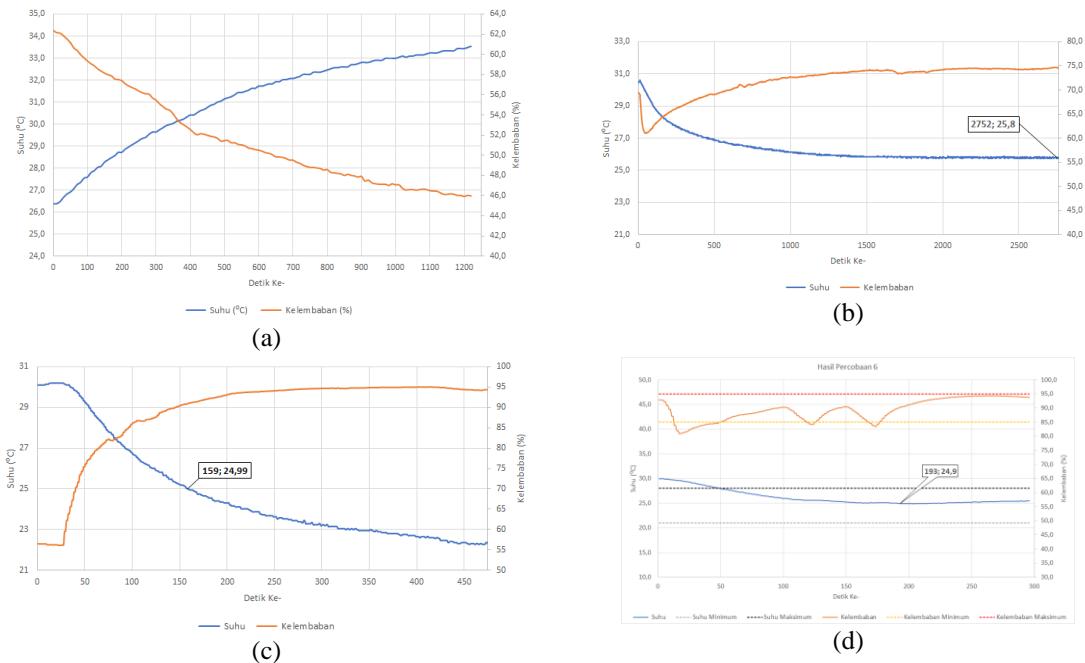
Pada Gambar 9 (a), suhu di luar kumbung (garis berwarna jingga) cenderung mempengaruhi suhu di dalam kumbung (garis berwarna biru). Dari pukul 00:00 hingga 07:00, suhu di luar kumbung lebih rendah dibandingkan suhu di dalam kumbung dan mengalami penurunan, yang menyebabkan suhu di dalam kumbung juga turun. Kemudian, mulai pukul 07:12, suhu di luar kumbung mengalami kenaikan hingga mencapai 27,5°C. Kenaikan suhu di luar kumbung ini turut mempengaruhi suhu di dalam kumbung. Dapat dilihat pada grafik bahwa ketika suhu di luar kumbung naik, suhu di dalam kumbung juga mengalami kenaikan. Namun, selama percobaan ini, suhu di dalam kumbung tidak pernah melewati batas setting point minimum (garis putus-putus berwarna abu-abu) atau setting point maksimum (garis putus-putus berwarna kuning). Hal ini disebabkan suhu di luar kumbung tidak mengalami kenaikan atau penurunan yang melebihi batas *setting point*.

Pada Gambar 9 (b), terlihat bahwa kelembapan di luar kumbung (garis berwarna jingga) cenderung mempengaruhi kelembapan di dalam kumbung (garis berwarna biru). Kelembapan di dalam kumbung cenderung stabil dari pukul 00:00 hingga 12:00, kemudian mengalami penurunan. Penurunan kelembapan di dalam kumbung disebabkan oleh penurunan kelembapan di luar kumbung pada waktu yang sama. Selama percobaan berlangsung, nilai kelembapan di dalam kumbung tetap berada di bawah batas *setting point minimum* (85%), karena kelembapan di luar kumbung juga berada di bawah batas *setting point minimum*.

Selanjutnya, dilakukan pengujian untuk mengetahui perubahan suhu dan kelembaban di dalam kumbung jamur saat lampu dinyalakan. Pada grafik Gambar 10 (a) terlihat bahwa suhu awal di dalam kumbung jamur sebelum lampu dinyalakan adalah 26,4°C dengan kelembaban

62,4%. Setelah lampu dinyalakan, sensor DHT-22 mendeteksi kenaikan suhu secara bertahap hingga mencapai $33,5^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 1.200 detik. Sebaliknya, kenaikan suhu tersebut menyebabkan kelembaban menurun hingga 46% pada akhir percobaan. Jenis lampu yang digunakan telah memenuhi kondisi ideal untuk pertumbuhan jamur.

Pada pengujian ini dilakukan percobaan untuk mengetahui apakah kipas mampu menurunkan suhu dari kondisi yang melebihi batas **set point** maksimum (28°C) hingga mencapai suhu ideal (25°C). Hasil pada Gambar 10 (b) menunjukkan bahwa penggunaan kipas dapat menurunkan suhu, namun selama 46 menit percobaan berlangsung, suhu belum berhasil mencapai kondisi ideal 25°C . Oleh karena itu, *mist maker* ditambahkan untuk membantu mencapai suhu ideal.



Gambar 10. Hasil pembacaan suhu dan kelembapan jika (a) lampu dioperasikan, (b) kipas dioperasikan, (c) kipas dan mistmaker dioperasikan, dan (d) batas set point maximum suhu.

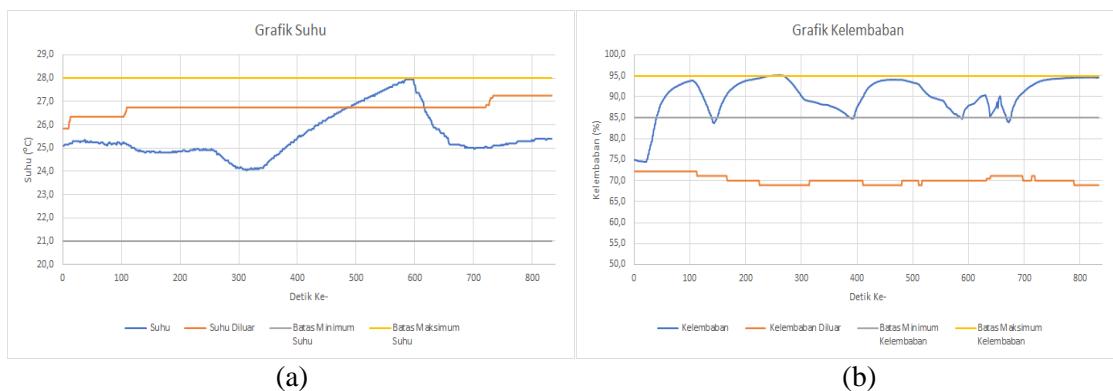
Percobaan ini dilakukan untuk menurunkan suhu yang melebihi batas *set point* maksimum (28°C) hingga mencapai suhu ideal (25°C). Proses penurunan suhu dilakukan dengan menyalakan kipas dan *mist maker* secara bersamaan secara manual melalui *switch*. Pada Gambar 10 (c) terlihat bahwa kombinasi kipas dan *mist maker* mampu menurunkan suhu dari 30°C menjadi 25°C dalam waktu 159 detik atau sekitar 2 menit 39 detik.

Pengujian terakhir dilakukan dengan menaikkan suhu di dalam kumbung hingga melewati batas *set point* maksimum, kemudian sistem diharapkan menurunkannya kembali ke kondisi suhu ideal. Pada Gambar 10 (d) terlihat bahwa setelah suhu dinaikkan melewati batas *set point* maksimum, nilai yang tercatat adalah 30°C dengan kelembaban 92,8%. Selanjutnya, kipas menyala secara otomatis sehingga suhu mulai turun secara bertahap, sementara kelembaban turun drastis hingga melewati batas *set point* minimum kelembaban (85%). Saat kelembaban berada di bawah batas minimum tersebut, *mist maker* aktif untuk menaikkannya kembali ke nilai kelembaban ideal (90%), sedangkan kipas tetap menyala karena suhu belum mencapai suhu ideal (25°C). Setelah kelembaban mencapai nilai ideal, *mist maker* mati, dan proses ini berulang hingga suhu turun ke kondisi ideal. Suhu berhasil diturunkan hingga mencapai 25°C dalam waktu 193 detik atau sekitar 3 menit 13 detik.

3.2.2. Pengujian Dengan Mengubah Parameter

Percobaan ini dilakukan untuk menguji kinerja sistem secara keseluruhan dengan memvariasikan parameter suhu dan kelembapan secara sengaja. Langkah pengujian dilakukan sebagai berikut: sensor DHT-22 dipasang di dalam kumbung sesuai posisi yang dijelaskan pada bagian sebelumnya, kemudian sistem dinyalakan untuk membaca serta mengatur suhu dan kelembapan agar berada pada kondisi ideal. Setelah kondisi ideal tercapai, suhu dan kelembapan diubah hingga melewati batas set point minimum dan maksimum. Hasil pembacaan suhu di dalam kumbung ditunjukkan pada Gambar 11(a), sedangkan hasil pembacaan kelembapan ditampilkan pada Gambar 11(b).

Pada awal percobaan, suhu yang tercatat adalah $25,1^{\circ}\text{C}$ dengan kelembapan 74,8%. Karena nilai kelembapan berada di bawah batas *setting point minimum*, *mist maker* dinyalakan untuk meningkatkan kelembapan hingga mencapai nilai ideal (90%). Pada detik ke-58, kelembapan sudah melewati nilai ideal, sehingga *mist maker* mati. Setelah *mist maker* mati, kelembapan di dalam kumbung terus meningkat secara perlahan hingga mencapai 93,7% pada detik ke-100. Selanjutnya, kipas dinyalakan, yang menyebabkan kelembapan kembali turun melewati batas setting point minimum pada detik ke-139, dan *mist maker* kembali menyala pada detik ke-140 hingga detik ke-165 untuk mengembalikan kelembapan ke kondisi ideal. Setelah *mist maker* mati secara otomatis, kelembapan kembali dinaikkan secara manual hingga melewati batas *setting point maksimum* dengan cara menyalakan *mist maker* secara manual.



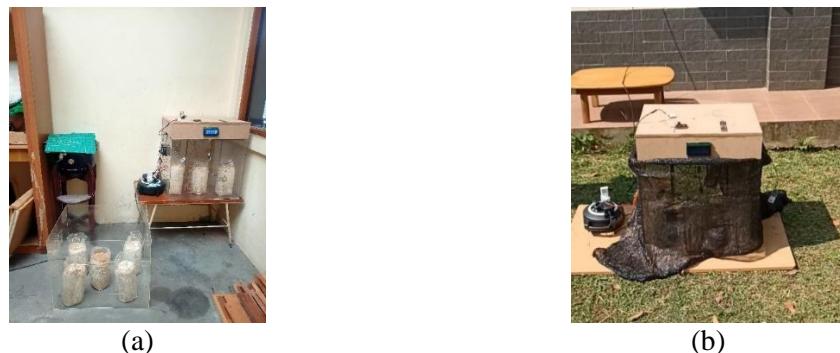
Gambar 11. Grafik hasil pembacaan (a) sensor suhu dan (b) sensor kelembapan.

Pada detik ke-247, kelembapan yang tercatat adalah 95%, kemudian kipas menyala secara otomatis hingga detik ke-301 untuk mengembalikan nilai kelembapan ke kondisi ideal. Selanjutnya, pada detik ke-345, lampu dinyalakan secara manual untuk menaikkan suhu melebihi batas *setting point* maksimum. Setelah lampu dinyalakan, suhu meningkat perlahan, yang mengakibatkan penurunan kelembapan seiring dengan kenaikan suhu. Pada detik ke-387, kelembapan turun melewati batas *setting point* minimum, sehingga *mist maker* menyala untuk mengembalikan kelembapan ke kondisi ideal. Setelah kelembapan kembali ke nilai ideal, *mist maker* mati, tetapi lampu tetap menyala karena suhu belum melewati batas *setting point* maksimum. Pada detik ke-588, suhu sudah melewati batas *setting point* maksimum, dan kelembapan juga melewati batas *setting point* minimum, sehingga kipas dan *mist maker* menyala bersamaan. *Mist maker* tetap menyala hingga detik ke-622, sementara kipas terus menyala karena suhu belum kembali ke kondisi ideal (25°C). Kelembapan kembali turun melewati batas *setting point* minimum pada detik ke-640 dan ke-669. Pada kedua rentang waktu tersebut, kelembapan cepat turun melewati batas *setting point* minimum karena kipas masih menyala akibat suhu yang belum kembali ke keadaan ideal. Pada detik ke-687, kipas mati karena suhu sudah turun ke keadaan ideal, dan pada detik ke-693, *mist maker* mati.

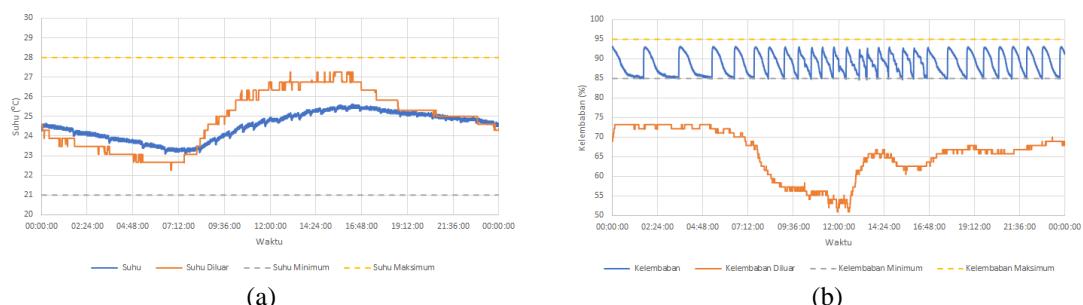
3.2.3. Pengujian Dengan Kondisi Penempatan yang Berbeda

Selanjutnya, percobaan dilakukan untuk menguji sistem pada dua kondisi penempatan kumbung jamur yang berbeda. Kondisi pertama dilakukan di dalam sebuah ruangan, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 12 (a), dan kondisi kedua dilakukan di lingkungan terbuka, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12 (b).

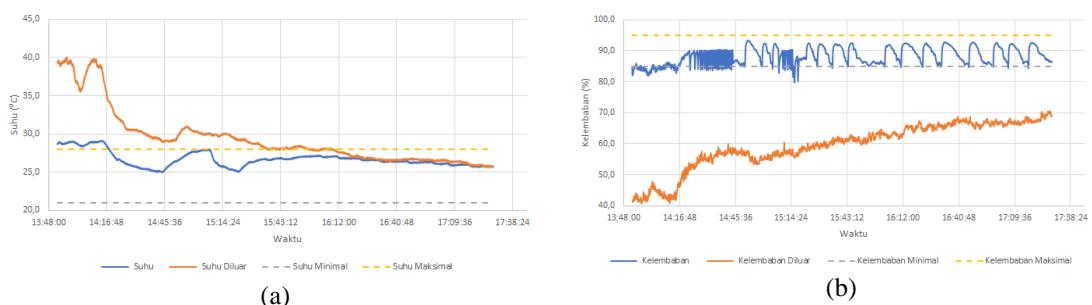
Pada percobaan dengan kondisi di dalam ruangan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 13(a) dan 13(b), hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu cenderung stabil dengan fluktuasi pada jam-jam tertentu, namun tetap berada dalam rentang set point minimum dan maksimum. Sementara itu, kelembapan di dalam kumbung mengalami penurunan hingga melewati batas set point minimum sebesar 27%. Pada percobaan dengan kondisi di area terbuka, sebagaimana ditunjukkan pada grafik Gambar 14(a) dan 14(b), suhu awal di dalam kumbung tercatat sebesar 28,7°C dengan kelembapan 84,9%, sedangkan suhu luar kumbung sebesar 39,4°C dengan kelembapan 41,4%. Karena suhu di dalam kumbung melebihi batas set point maksimum, kipas menyala secara otomatis sesuai dengan kode program yang telah dirancang. Suhu berhasil diturunkan hingga mencapai kondisi ideal (25°C) pada pukul 14:44, ketika suhu luar kumbung terdeteksi sebesar 29,1°C.



Gambar 12. Pengujian di (a) dalam ruangan dan (b) luar ruangan.



Gambar 13. Grafik (a) suhu dan (b) kelembapan saat percobaan di dalam ruangan.



Gambar 14. Grafik (a) suhu dan (b) kelembapan saat percobaan di luar ruangan.

Setelah itu, suhu di dalam kumbung kembali naik melewati batas *set point* maksimum pada pukul 15:07 yang disebabkan oleh kenaikan suhu di luar kumbung. Suhu berhasil diturunkan kembali ke kondisi ideal pada pukul 15:22, saat suhu di luar kumbung tercatat sebesar 29,2°C. Setelah pukul 15:22, suhu di luar kumbung cenderung menurun, sehingga suhu di dalam kumbung tidak lagi melebihi batas *setting point* maksimum. Selama dua kali proses penurunan suhu tersebut, kelembapan di dalam kumbung jamur mengalami fluktuasi naik-turun dengan interval yang cepat. Hal ini disebabkan oleh kipas yang terus menyala, yang menyebabkan penurunan nilai kelembapan di dalam kumbung.

4. Kesimpulan

Dengan diterapkannya sistem ini, suhu dan kelembapan di dalam kumbung jamur dapat dijaga agar tetap berada pada kondisi ideal untuk pertumbuhan jamur. Suhu di luar kumbung memiliki pengaruh langsung terhadap suhu di dalam kumbung. Berdasarkan hasil percobaan yang telah ditunjukkan, dapat disimpulkan bahwa ketika suhu di luar kumbung meningkat, suhu di dalam kumbung juga akan ikut naik secara perlahan, dan sebaliknya. Sementara itu, kelembapan di dalam kumbung cenderung terus menurun hingga melewati batas *set point* minimum. Hal ini disebabkan karena kelembapan udara di luar kumbung selalu lebih rendah dibandingkan kelembapan di dalam kumbung. Penurunan kelembapan udara di luar kumbung dalam rentang waktu tertentu menyebabkan kelembapan di dalam kumbung juga menurun dengan cepat hingga melewati batas *setting point minimum*.

Referensi

- [1] E. Suharjo, *Budi Daya Jamur Merang Dengan Media Tanam Kardus*. AgroMedia, 2008.
- [2] N. Widyastuti, "Aspek lingkungan sebagai faktor penentu keberhasilan budidaya jamur tiram (*Pleurotus sp*)," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 9, no. 3, 2008.
- [3] K. Karsid, R. Aziz, and H. Apriyanto, "Aplikasi Kontrol Otomatis Suhu dan Kelembaban Untuk Peningkatan Produktivitas Budidaya Jamur Merang," *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, vol. 4, no. 3, 2015.
- [4] S. Waluyo, B. Lanya, and M. Telaumbanua, "Pengendalian Temperatur dan Kelembaban Dalam Kumbung Jamur Tiram (*Pleurotus Sp*) secara Otomatis berbasis Mikrokontroler," *AgriTECH* vol. 3, no. 38, pp. 282–288, 2018.
- [5] M. E. Higuitta and H. Cordova, "Perancangan Sistem Pengendalian Suhu Kumbung Jamur dengan Logika Fuzzy," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 2, no. 2, pp. F183–F188, 2013.
- [6] A. Arafat and N. Alamsyah, "Alat Pengukur Kadar Air Pada Media Campuran Pembuatan Baglog Jamur Tiram Berbasis *Internet of Things* (IoT)," *Technologia: Jurnal Ilmiah*, vol. 9, no. 2, pp. 115–119, 2018.
- [7] H. Muchtar, M. Zulfikar, and H. Ulhaq, "Rancang Bangun Smart Monitoring Farming pada Media Tanah Menggunakan Sistem IoT (*Internet of Things*)," *RESISTOR*, vol. 6, no. 2., 2023.
- [8] R. Andreano, B. Siswo Nugroho, and Hasanuddin, "Rancang Bangun Pengendalian Kelembapan Tanah dan Suhu Lingkungan Tanaman Berbasis NodeMCU ESP8266," *PRISMA FISIKA*, vol. 10, no. 1, pp. 40–47, 2022.
- [9] R. Eka Putri, W. Erza Pratama, and I. Ifmalinda, "Application of Capacitive Sensor for Measuring Grain Moisture Content Based on Internet of Things," *Jurnal Keteknikan Pertanian*, vol. 11, no. 1, pp. 29–40, Apr. 2023, doi: 10.19028/jtep.011.1.29-40.
- [10] Jamaaluddin, "Rancang Bangun Alat Pengontrol Kelembaban Udara Pada Budidaya Jamur Menggunakan Arduino Uno dan *Ultrasonic Mist Maker*," *J-Eltrik*, vol. 2, no. 1, p. 46, Nov. 2021, doi: 10.30649/j-eltrik.v2i1.46.
- [11] A. Indy Kautstar, A. Siswo Raharjo Ansori, and R. Erfia Saputra, "Penyiram Tanaman Otomatis Pada Planter Bag (*Plant Watering Automatic On Planter Bag*)," *e-proceeding of Engineering*, vol 8, No 5, 2021.