

Desain Dan Implementasi Teknologi IoT Untuk Optimalisasi Budidaya Jamur Enoki Di Lingkungan Perkotaan

1st M. Arif Husaini

S1 Teknik Telekomunikasi
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia

marifhusaini@student.telkomuniversity.ac.id2nd Zein Hanni Pradana

Dosen Pembimbing I
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia

zeinhp@telkomuniversity.ac.id3rd Mas Aly Afandi

Dosen Pembimbing II
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia

alyafandi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Jamur enoki (*Flammulina velutipes*) merupakan tanaman yang termasuk dalam kingdom Fungi, divisi *Basidiomycota*, kelas *Agaricomycetes*, ordo *Agaricales*, dan famili *Physalacriaceae*. Dalam budidaya Jamur enoki terdapat beberapa fase dimulai dari fase pemijahan dimana miselium dari bibit yang diinokulasi mulai mengkolonisasi substrat baru, fase batang tubuh jamur mulai terbentuk, fase pembuahan dan terakhir fase panen. Indonesia memiliki kekayaan Sumber daya alam yang besar dan berpotensi untuk pengembangan budidaya jamur. Namun, potensi tersebut masih terhambat oleh kondisi suhu rata-rata di Indonesia yang kurang mendukung. Budidaya jamur enoki memerlukan kondisi lingkungan yang spesifik, yaitu suhu rendah dan kelembapan tinggi, yang sering kali menjadi tantangan di berbagai daerah, termasuk di Jakarta. Jakarta, sebagai ibu kota Indonesia, memiliki iklim tropis dengan suhu yang relatif tinggi dan kelembapan yang tidak cukup untuk mendukung pertumbuhan optimal jamur enoki. Kondisi ini menyebabkan tantangan besar bagi para petani yang ingin membudidayakan jamur enoki di wilayah ini. Dalam proses budidayanya, jamur enoki membutuhkan suhu yang ideal berkisar antara 10-16 °C, kelembapan yang tinggi sekitar 90-95%, dan intensitas cahaya 20-50 lux agar dapat tumbuh dengan optimal. Meskipun demikian, solusi yang dapat membantu mengatasi kendala tersebut dengan penggunaan teknologi *Internet of Things* (iot) dalam sistem budidaya. Dalam tugas akhir ini, telah dirancang sebuah alat yang berfungsi untuk melakukan pemantauan dan pengendalian otomatis secara *realtime* menggunakan teknologi *Internet of Things* (iot). Alat ini mengintegrasikan sensor kelembapan dan suhu udara DHT11, sensor intensitas cahaya BH1750, serta nodemcu sebagai mikrokontroler. Hasil pengukuran akan dikirimkan ke database *firebase*. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan pompa air DC yang terhubung ke *nozzle sprayer* untuk menjaga kelembapan di kumbung jamur enoki.

Kata Kunci — Jamur enoki, Internet of Things, Kelembaban, Suhu, Intensitas cahaya.

I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Jamur enoki (*Flammulina velutipes*) merupakan tanaman yang termasuk dalam kingdom Fungi, divisi *Basidiomycota*, kelas *Agaricomycetes*, ordo *Agaricales*, dan famili *Physalacriaceae*. Dalam budidaya jamur, diperlukan perawatan dan perlakuan khusus agar jamur

dapat tumbuh dengan baik sesuai dengan lingkungan alaminya. Penyiraman yang teratur sangat penting untuk menjaga suhu dan kelembaban, sementara sedikit cahaya diperlukan untuk mendukung perkembangan optimal jamur, sehingga hasil produksinya meningkat. Selama masa pemeliharaan perkembangan tumbuh buah aspek lingkungan harus diperhatikan, termasuk menjaga suhu dan kelembaban di kumbung dalam kisaran normal. Masa perkembangan tumbuh buah jamur enoki dengan baik pada suhu antara 10 °C-16 °C dan kelembaban 90% RH-95% RH (*Relative Humidity*), Intensitas cahaya yang dibutuhkan untuk pertumbuhan jamur adalah sekitar 20-50 Lux [1].

Dalam proyek akhir ini, sensor DHT11 digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban di kumbung jamur, dan hasil pembacaannya dimanfaatkan untuk otomatisasi pengaturan suhu dan kelembaban. Pompa air DC digunakan untuk menyemprotkan air dengan rutin pada waktu tertentu dan otomatis melalui *nozzle sprayer* guna menurunkan suhu dan menaikkan kelembaban jika kelembaban kurang dari 90% RH. Semua ini dapat dipantau melalui *smartphone* menggunakan aplikasi MIT App Inventor berbasis *internet of things*. Perangkat keras dan lunak yang digunakan meliputi pompa air DC 12V untuk mengalirkan air ke *sprayer*, yang berfungsi menurunkan suhu dan menaikkan kelembaban di dalam kumbung jamur enoki. Sensor DHT11 dapat mengukur suhu dan kelembaban udara. Modul sensor intensitas cahaya BH1750 digunakan untuk mengukur intensitas cahaya dengan *output lux* (lx) tanpa perlu perhitungan tambahan, dan hasilnya digunakan untuk otomatisasi lampu. Jika intensitas cahaya kurang dari 20-50 lux, lampu diaktifkan untuk memastikan pertumbuhan jamur enoki yang optimal.

II DASAR TEORI

2.1 Budidaya Jamur

Budidaya Jamur khususnya di lingkungan perkotaan atau biasa dikenal sebagai *urban farming*, Tren *urban farming* semakin populer di kalangan masyarakat yang tinggal di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, dan Makassar. Kemajuan di berbagai bidang yang didorong oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, menjadi tantangan besar bagi generasi muda untuk terus dapat memanfaatkan dan mengelola lingkungan mereka. Oleh karena itu, dibutuhkan berbagai program yang dapat dilakukan oleh kaum muda untuk meningkatkan kesejahteraan [15].

2.2 Jamur Enoki (*Flammulina velutipes*)

Jamur enoki putih atau secara ilmiah disebut *Flammulina velutipes*, dinamakan demikian karena bentuknya yang mirip dengan tiram atau kerang. Jamur enoki adalah salah satu jenis jamur yang dapat dikonsumsi oleh manusia. Ciri-ciri umumnya meliputi tubuh berwarna putih dan tudung berbentuk lingkaran, menyerupai cangkang dengan bagian tengah yang sedikit melengkung [3].



JAMUR ENOKI (*FLAMMULINA VELUTIPES*)

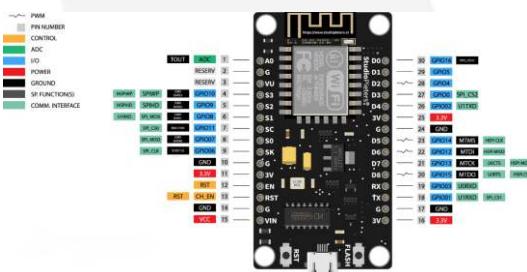
Dalam budidaya Jamur enoki terdapat fase pemijahan dimana miselium dari bibit yang diinokulasi mulai mengkolonisasi substrat baru, fase batang tubuh jamur mulai terbentuk, fase pembuahan dan terakhir fase panen [1]. Pada proyek akhir ini alat kontrol otomatis di gunakan pada fase pembuahan yang di mulai dari rentang parameter ideal untuk kualitas habitat jamur enoki dapat dilihat pada Tabel 1

TABEL 1
PARAMETER IDEAL BUDIDAYA JAMUR ENOKI

No	Parameter	Rentang Parameter Ideal
1	Suhu Ruangan	10° C – 16° C
2	Kelembaban Ruangan	90 RH – 95 RH
3	Intensitas Cahaya	20-50 lux

2.3 Node MCU

Node MCU adalah platform Internet of Things (IoT) yang bersifat *open-source* karena telah menggabungkan chip ESP-8266 ke dalam sebuah *board* yang kompak dengan berbagai fitur seperti mikrokontroler dan memiliki akses WiFi.



GAMBAR 2
NODE MCU

2.4 DHT11

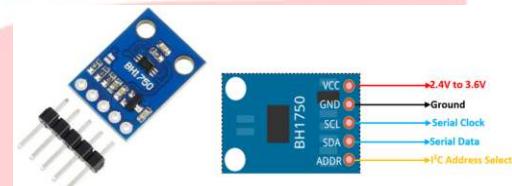
DHT11 adalah sensor suhu dan kelembaban yang kompleks dengan *output* sinyal digital yang dikalibrasi, memiliki rentang pengukuran suhu 0-50°C dan rentang pengukuran kelembaban relatif 20%-100%.



GAMBAR 3

2.5 BH1750

Modul sensor intensitas cahaya BH1750 adalah sensor cahaya digital yang menghasilkan sinyal digital, sehingga tidak memerlukan perhitungan yang rumit.



GAMBAR 4
BH1750

2.6 Real-Time Clock (RTC)

RTC adalah jam yang dijalankan oleh baterai dan terintegrasi dalam sebuah *microchip* pada *motherboard* komputer, biasanya terpisah dari mikroprosesor dan *chip* lainnya.



GAMBAR 5
REAL-TIME CLOCK (RTC)

2.7 Mit App Inventor

Mit App Inventor adalah aplikasi web open-source yang pertama kali dikembangkan oleh Google dan sekarang dikelola oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT).



GAMBAR 6
LOGO MIT APP INVENTOR

2.8 Firebase

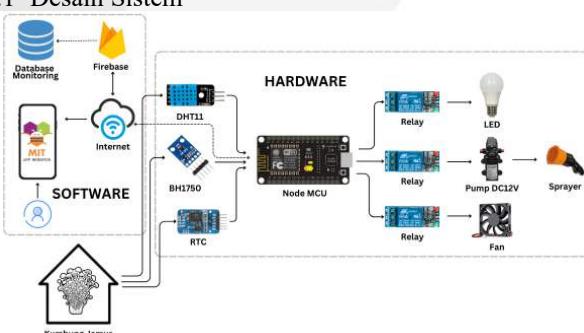
Firebase adalah jenis *database real-time* yang digunakan. Dengan *database real-time* Firebase, pengguna dapat menyimpan dan menyinkronkan data secara *real-time* di antara pengguna.



GAMBAR 7
LOGO FIREBASE

III PERANCANGAN SISTEM

3.1 Desain Sistem



GAMBAR 8
MODEL SISTEM

Pada Gambar 8, terlihat bahwa sistem perancangan terbagi menjadi dua bagian, yaitu hardware dan software. Bagian hardware terdiri dari tiga komponen input di sebelah kiri, proses di bagian tengah, dan output di sebelah kanan. Sementara itu, bagian software terhubung ke database Firebase dan menampilkan informasi melalui MIT App Inventor. Berikut ini adalah penjelasan untuk setiap komponen yang ada pada gambar 3.1

3.2 Proses Perancangan

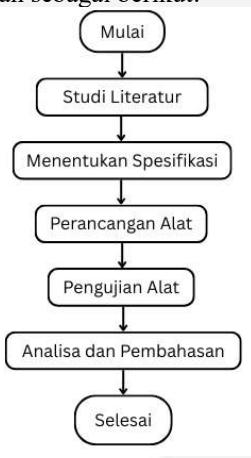
Proses perancangan sistem *monitoring* dan kontrol otomatis ini dilakukan menggunakan metode eksperimental, dan langkah-langkahnya dapat dilihat pada gambar 3.2. Tahapan pembuatannya adalah sebagai berikut:

- Penentuan spesifikasi

Langkah pertama dalam merancang antena adalah menentukan spesifikasi dan desain yang akan diintegrasikan dengan semua komponen, sehingga dapat berfungsi sesuai dengan pengaturan NodeMCU. Setelah itu, perangkat tersebut dapat mengirimkan data hasil pemantauan ke dataset *Firebase*.

- Perancangan dan penyusunan komponen

Semua komponen dihubungkan ke NodeMCU dengan pengkabelan antar pin komponen. Proses kerja alat dimulai dengan sensor membaca kondisi lingkungan, kemudian nilai dari *database* dipanggil untuk mengontrol *relay* agar pompa air bisa dinyalakan secara manual maupun otomatis. Sensor membaca kondisi jamur enoki berdasarkan standar ideal, seperti kelembapan ruangan 90-95%, suhu 10-16°C, dan intensitas cahaya sekitar maksimal 50 lux. Jika kondisi lingkungan tidak sesuai dengan standar yang ditentukan, maka proses penyiraman dan pengendalian dilanjutkan hingga kondisi lingkungan media tanam memenuhi standar. Data tersebut kemudian ditampilkan ke *database* dan divisualisasikan melalui *smartphone* menggunakan *MIT App Inventor*. Dari tahapan utama ini, ada beberapa tahapan pendukung, dan jika dibuat *flowchart* adalah sebagai berikut:



GAMBAR 9
DIAGRAM ALIR PERANCANGAN

3.3 Pemilihan Komponen atau Modul

Dalam Proyek Akhir ini, beberapa sensor atau komponen digabungkan menjadi suatu perangkat yang diintegrasikan dalam sebuah rangkaian lengkap menggunakan PCB. Beberapa peralatan yang dimaksud termasuk:

- Sensor DHT11

Sensor DHT11 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di dalam kumbung jamur.



GAMBAR 10
SENSOR DHT11

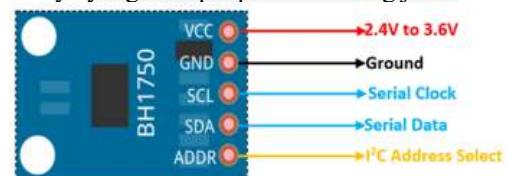
Adapun spesifikasi dari sensor DHT11 dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

TABEL 2
SPESIFIKASI DHT11

No.	Kategori	Spesifikasi
1.	Catu Daya	3.5V – 5V
2.	Konsumsi Arus	2,5mA
3.	Sinyal Keluaran	Sinyal Digital
4.	Rentang Pengukuran Suhu	0-50 °C
5.	Akurasi Pengukuran Suhu	±5%
6.	Rentang Pengukuran Kelembapan	20-100% RH
7.	Akurasi Pengukuran Kelembapan	±2%
8.	Periode Pemindai Rata-rata	2 Detik
9.	Ukuran	15.5 x 12 x 5.5 mm

- Sensor BH1750

Sensor BH1750 berfungsi untuk mengukur intensitas Cahaya yang terdapat pada kumbung jamur.



GAMBAR 11
SENSOR BH1750

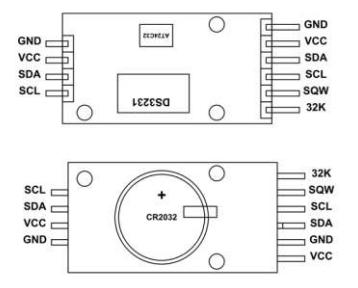
Adapun spesifikasi dari sensor BH1750 dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

TABEL 3
SPESIFIKASI BH1750

No.	Kategori	Spesifikasi
1.	Catu Daya	2.4V - 3.6V
2.	Konsumsi Arus	0,12mA
3.	Rentang Pengukuran	1-65535 Lux
4.	Komunikasi	Protokol I2C
5.	Akurasi	±20%

- Modul *Real Time Clock* (RTC)

Modul RTC berfungsi untuk mendapatkan data waktu berupa jam, menit dan detik pada lokasi modul berada.



GAMBAR 12
MODUL REAL TIME CLOCK (RTC)

4. Modul Relay

Modul relay berfungsi sebagai saklar dari sumber Listrik ke beban.



GAMBAR 13
MODUL RELAY

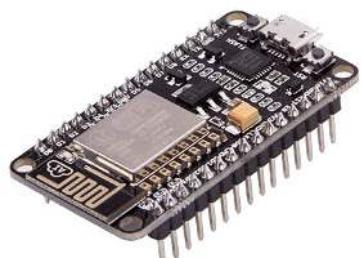
Adapun spesifikasi dari modul relay dapat dilihat pada tabel 3.3 dibawah ini.

TABEL 4
SPESIFIKASI RELAY

No.	Kategori	Spesifikasi
1.	Catu Daya	3.75V – 6V
2.	Konsumsi Arus	5mA
3.	Arus saat relay aktif	~300mA
4.	Relay tegangan maksimum	250VAC, 30VDC
5.	Relay arus maksimum	10 A

5. Modul NodeMCU

Modul Node MCU digunakan untuk memproses dan mengolah data-data yang telah dikirimkan oleh sensor.



GAMBAR 14
MODUL NODEMCU

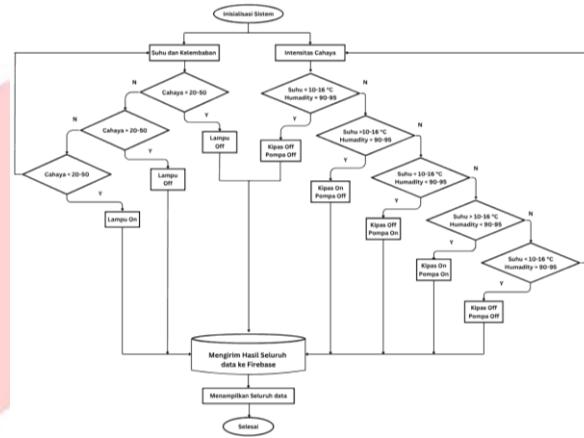
Adapun spesifikasi dari modul NodeMCU dapat dilihat pada table 5 dibawah ini.

TABEL 5
SPESIFIKASI MODUL NODEMCU

No.	Kategori	Spesifikasi
1.	Tegangan Operasional	3,3 V
2.	Jumlah Pin Digital	16
3.	Jumlah Pin Analog	1
4.	Komunikasi	CP2102
5.	Memori Flash	4 MB

6.	SRAM	64 KB
7.	Clock Speed	80 MHz

3.4 Flowchart Sistem



GAMBAR 14
FLOWCHART IMPLEMENTASI SISTEM

Pada Gambar 14 proses dimulai dengan inisialisasi seluruh komponen serta penyambungan modul ESP8266 ke *Firebase* atau basis data. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap perangkat berfungsi dengan baik dan terhubung satu sama lain. Setelah itu, sensor DHT11 dan BH1750 akan mengukur suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya di dalam kumbung jamur. Data yang diperoleh kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk dibandingkan dengan batas nilai suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya minimum dan maksimum yang telah ditetapkan sebelumnya sebagai berikut.

TABEL 5
PARAMETER SKEMA FLOWCHART SISTEM

No	Kondisi			Kipas	Pump	Lampu
	Suhu	Kelembapan	Intensitas Cahaya			
1	>10°-16°C	>90%-95%	>20-50	ON	OFF	OFF
2	<10°-16°C	<90%-95%	<20-50	OFF	ON	ON
3	>10°-16°C	<90%-95%	>20-50	ON	ON	OFF
4	<10°-16°C	>90%-95%	<20-50	OFF	OFF	ON
5	=10°-16°C	=90%-95%	=20-50	OFF	OFF	OFF

Secara bersamaan data dari NodeMCU dikirim ke database *Firebase* untuk disimpan. Data yang telah tersimpan kemudian ditampilkan melalui aplikasi yang dibuat menggunakan MIT App Inventor.

3.5 Perancangan Alat

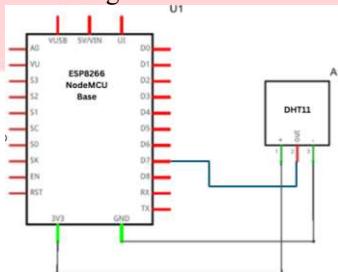
Sistem ini memanfaatkan sensor DHT11 untuk memantau suhu di dalam kumbung jamur berukuran 40 x 30 x 32 cm, serta sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya di dalamnya. NodeMCU berperan sebagai mikrokontroler utama yang mengatur seluruh kondisi yang terjadi di dalam kumbung. Kipas angin digunakan untuk menurunkan suhu, sedangkan pompa air yang terhubung ke *nozzle sprayer* berfungsi menghasilkan embun guna menjaga kelembapan udara. Selain itu, lampu digunakan untuk menjaga intensitas cahaya tetap stabil pada kisaran 20-50 lux. Seluruh data yang diperoleh dari sensor akan dikirim dan diproses melalui NodeMCU ke dalam *database*, lalu ditampilkan melalui aplikasi Android. Berdasarkan hasil perancangan sistem kerja perangkat keras, komponen dan alat yang digunakan dapat dirangkai sebagai berikut.

3.5.1 Rangkaian Sensor

Berikut di jelaskan dan di gambarkan rangkaian sensor yang di gunakan pada tugas akhir ini.

a. Sensor DHT11

Sensor DHT11 memerlukan tegangan antara 3 hingga 5V agar dapat beroperasi, sehingga pin VCC dihubungkan ke pin 3.3V pada NodeMCU. Ketika sensor membaca kondisi di dalam kumbung jamur, data yang diperoleh akan dikonversi dari sinyal analog menjadi digital berupa informasi suhu dan kelembapan. Oleh karena itu, pin data dihubungkan ke pin D7, sedangkan pin GND dihubungkan untuk mencegah terjadinya korsleting listrik.



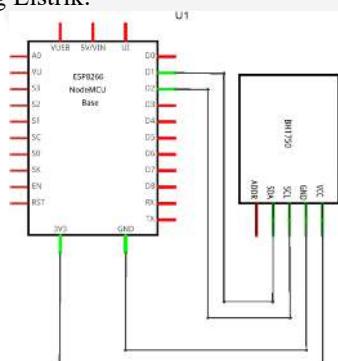
GAMBAR 15
RANGKAIAN DHT11 PADA NODEMCU

TABEL 6
WIRING DHT11 PADA NODEMCU

NodeMCU	DHT11
3.3V	VCC
GND	GND
D7	Data

b. Sensor BH1750

Sensor BH1750 beroperasi pada rentang tegangan 2.4V hingga 3.6V, sehingga pin VCC pada sensor ini dihubungkan ke pin 3.3V pada NodeMCU. Komunikasi antara sensor dan mikrokontroler menggunakan protokol I2C. Untuk itu, pin SCL pada BH1750 dihubungkan ke pin D1 (GPIO5) pada NodeMCU, sedangkan pin SDA yang berfungsi untuk transfer data dihubungkan ke pin D2 (GPIO4). Pin GND pada BH1750 dihubungkan ke pin GND pada NodeMCU untuk menyelesaikan sirkuit dan mencegah potensi korsleting Listrik.



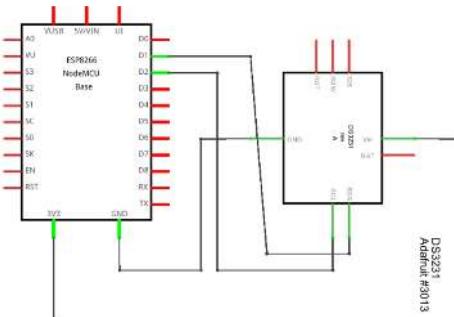
GAMBAR 16
RANGKAIAN BH1750 PADA NODEMCU

TABEL 1
WIRING BH1750 PADA NODEMCU

NodeMCU	BH1750
3.3V	VCC
GND	GND
D1	SDA
D2	SCL

3.5.2 Rangkaian RTC DS3231

Pin VCC pada modul RTC DS3231 disambungkan ke pin 3.3V pada papan NodeMCU untuk pasokan daya. Karena RTC DS3231 menggunakan protokol komunikasi I2C, pin SCL pada modul BH1750 dihubungkan ke pin D2 pada NodeMCU, dan pin SDA pada BH1750 dihubungkan ke pin D1 pada NodeMCU untuk transfer data. Pin GND pada kedua modul dihubungkan untuk menyelesaikan sirkuit dan mencegah korsleting listrik.



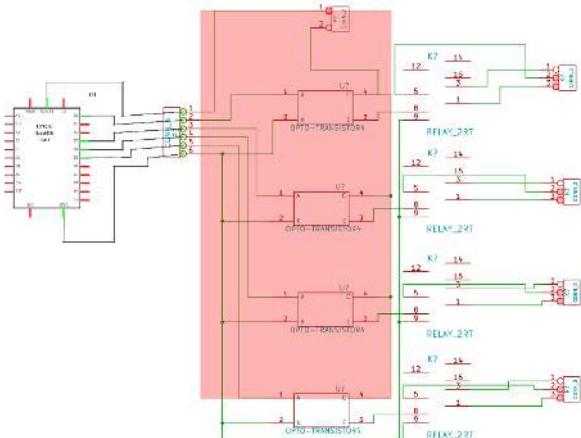
GAMBAR 17
RANGKAIAN RTC DS3231 DENGAN NODEMCU

TABEL 8
WIRING RTC DS3231 DENGAN NODEMCU

NodeMCU	DS3231
3.3V	VCC
GND	GND
D1	SDA
D2	SCL

3.5.3 Rangkaian Relay

Modul relay 4 Channel memerlukan tegangan 5V agar dapat berfungsi. Oleh karena itu, pin VCC pada relay dihubungkan ke pin 5V pada NodeMCU yang telah dipasang pada baseplate board, sehingga tersedia tambahan pin 5V. Pin D0 pada NodeMCU dihubungkan ke pin IN1 pada relay, sehingga saat program dijalankan, NodeMCU memberikan sinyal ke relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan saklar sebagai output. Hal yang sama berlaku untuk pin-pin berikutnya. Pin GND digunakan untuk menyambungkan ground dan mencegah korsleting listrik.



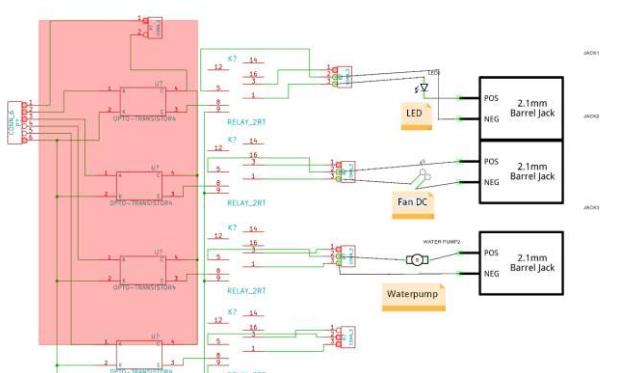
GAMBAR 18
RANGKAIAN NODEMCU DENGAN RELAY

TABEL 2
WIRING NODEMCU DENGAN RELAY

NodeMCU	Relay
3.3V	VCC
GND	GND
D0	IN 1
D3	IN 2
D4	IN 3
D5	IN 4

3.5.4 Rangkaian Kipas, Lampu, dan Pump

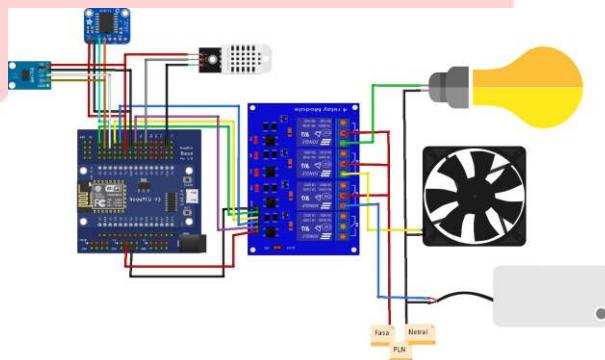
Relay berfungsi sebagai saklar elektromagnetik yang mengendalikan aliran listrik pada perangkat elektronik. Dalam prototipe ini, kipas 12V, Lampu, dan pompa dihubungkan ke pin NO pada relay, memastikan bahwa perangkat tersebut dalam keadaan mati (terputus) saat relay tidak aktif. Pin COM pada relay wajib dihubungkan ke salah satu ujung kabel dari perangkat yang dikendalikan. Pompa digunakan untuk meningkatkan kelembapan udara dalam kumbung jamur dengan menyemprotkan air melalui *nozzle sprayer*. Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan embun yang merata dan efektif dalam menaikkan kelembapan udara di dalam kumbung jamur. Kipas pada prototipe ini menggunakan sumber tegangan DC 12V untuk menggerakkan kipas. Dengan menggunakan kipas, dapat mengontrol suhu kumbung jamur agar tidak mengalami kenaikan suhu yang cepat. lampu pada prototipe ini dapat menjaga kestabilan intensitas cahaya sekitar 20-50 lux, mendukung pertumbuhan jamur yang optimal.



GAMBAR 19
RANGKAIAN RELAY DENGAN KIPAS, POMPA DAN LAMPU

3.5.5 Perancangan Keseluruhan

Perancangan prototipe dalam proyek akhir ini dilakukan dengan memanfaatkan komponen yang mudah ditemukan di pasaran dan memiliki harga yang relatif murah. Selain itu, perangkat yang digunakan dirancang seefisien mungkin agar menghasilkan bentuk fisik yang ringkas, sehingga memudahkan dalam proses perawatan. Keseluruhan sistem yang dirancang mencakup berbagai komponen penting seperti NodeMCU, sensor DHT11, Relay 4 Channel, kipas DC, pompa 12V, dan lampu. Sistem ini juga dilengkapi dengan sumber listrik AC dari PLN, yang digunakan untuk mengoperasikan kipas DC, lampu, dan pompa. Berikut adalah tampilan rangkaian lengkap yang telah disusun.



GAMBAR 20
RANGKAIAN PENGAPLIKASIAN INTEGRASI ALAT KESELURUHAN

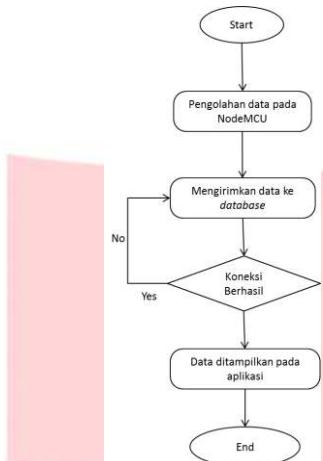
3.5.6 Pemrograman Alat

Proses pemrograman dilakukan dengan menuliskan kode perintah pada perangkat lunak yang akan dijalankan oleh mikrokontroler. Dalam proyek ini, software yang digunakan untuk memprogram NodeMCU adalah Arduino IDE. Penggunaan Arduino IDE memerlukan library, yaitu sekumpulan file yang berisi kode bawaan sesuai dengan jenis komponen yang digunakan, sehingga program dapat dijalankan dengan baik. Adapun library yang digunakan dalam program ini adalah sebagai berikut:

- a. Wire.h : Library Komunikasi I2C
- b. ESP8266WiFi.h : Library dari modul ESP8266 untuk koneksi WiFi
- c. FirebaseESP8266.h : Library dari Firebase untuk mengirim ke database
- d. RTClib.h : Library dari modul RTC
- e. BH1750.h : Library dari sensor BH1750
- f. DHT.h : Library dari sensor DHT

3.6 Perancangan Sistem Monitoring

Diagram alir dari perancangan sistem pemantauan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya pada budidaya jamur enoki berbasis IoT ditampilkan pada Gambar 3.16.



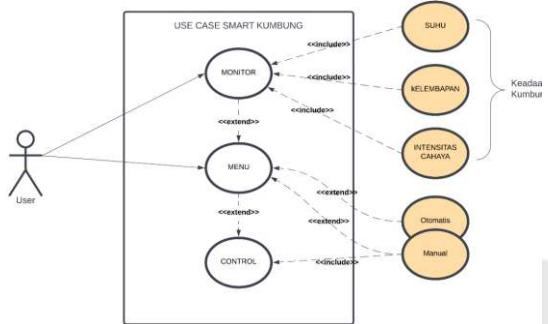
GAMBAR 21
FLOWCHART PERANCANGAN SISTEM MONITORING

Berdasarkan Gambar 3.16 *Flowchart* perancangan sistem *monitoring* suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya proses kerjanya dimulai dari :

1. Menginisialisasi sensor DHT11 dan BH1750.
2. Menghubungkan NodeMCU ke internet agar dapat menerima data dari sensor DHT11 dan BH1750.
3. Penginputan data sensor DHT11.
4. Proses pengiriman data ke *database* jika terkoneksi maka akan *upload* data ke *database* dan jika tidak maka akan menyambungkan kembali NodeMCU ke internet.
5. Data ditampilkan pada aplikasi android.

3.7 Use Case

Berikut merupakan *use case system monitoring* dan kontrol otomatis budidaya jamur enoki berbasis *Internet of Things*.



GAMBAR 22
USE CASE DIAGRAM

Use Case adalah diagram yang membantu pengguna dalam memahami cara kerja sistem aplikasi *monitoring* dan kontrol. Pada tahap ini, *use case* menggambarkan bahwa pengguna dapat mengakses tiga menu utama di dalam *dashboard*, yaitu menu monitoring, *Auto/Manual*, dan kontrol. Masing-masing menu dalam aplikasi ini memiliki beberapa submenu, di antaranya sebagai berikut:

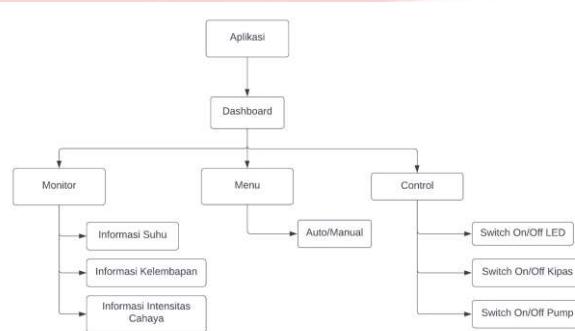
1. Menu *Monitoring*: Pada menu ini, pengguna dapat memantau kondisi suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya di dalam ruang budidaya jamur enoki.
2. Menu *Auto/Manual*: Pengguna dapat memilih mode otomatis atau manual. Jika mode otomatis

diaktifkan, sistem akan secara otomatis menjaga kestabilan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. Sebaliknya, jika mode manual dipilih, kontrol otomatis akan dinonaktifkan dan pengguna dapat menyalakan atau mematikan kipas, pompa, dan secara manual sesuai kebutuhan.

3. Menu *Kontrol*: Menu ini memungkinkan pengguna untuk mengendalikan aktuator melalui tiga saklar digital yang masing-masing terhubung ke kipas, pompa, dan lampu.

3.8 Site Map Application

Berikut merupakan *Site Map Application* dari aplikasi yang ditampilkan pada gambar 3.18 sebagai berikut.



GAMBAR 21
SITE MAP APPLICATION

Berdasarkan *Site Map Application* yang ditampilkan pada Gambar 21, terlihat bahwa setiap menu saling terhubung. Di halaman *dashboard* terdapat tiga menu utama, yaitu monitor, menu, dan kontrol. Submenu monitor menampilkan informasi terkini mengenai suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. Sementara itu, menu berisi pilihan antara mode otomatis dan manual, dan pada bagian kontrol terdapat saklar digital untuk kipas, pompa, dan lampu, serta informasi mengenai status perangkat yang sedang aktif.

3.9 Perancangan Database

Sistem ini menggunakan *Google Firebase* sebagai basis data untuk menyimpan data yang diterima. *Database* tersebut berperan dalam menampung informasi yang berasal dari sensor DHT11 dan sensor BH1750, dengan struktur sebagai berikut:

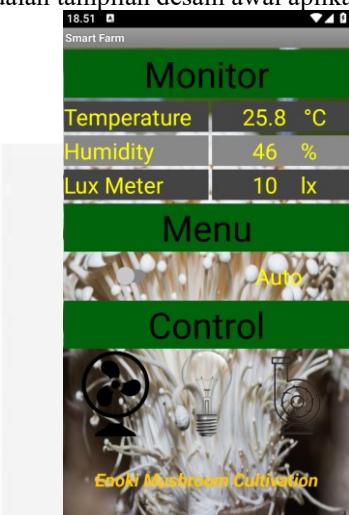
Kelembapan	:	Identitas Kelembapan yang terbaca oleh sensor
Suhu	:	Identitas suhu yang terbaca oleh sensor
Fan	:	Identitas <i>actuator</i> kipas DC
Kendali	:	Identitas untuk <i>switch</i> saklar menu Auto/Manual
Lamp	:	Identitas <i>actuator</i> lampu
Lux	:	Identitas intensitas Cahaya yang terbaca oleh sensor
Pump	:	Identitas <i>actuator</i> pump



GAMBAR 22
HALAMAN GOOGLE FIREBASE

3.10 Desain Antarmuka *Applikasi Smartphone*

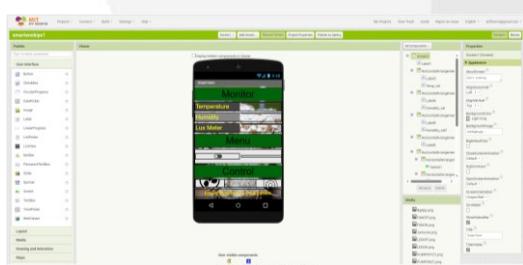
Dalam aplikasi Android ini, pengguna dapat melihat semua hasil pemantauan sensor yang dikirimkan dari database *Firebase* ke aplikasi *MIT App Inventor*. Aplikasi ini dilengkapi dengan 3 tombol saklar digital untuk mengaktifkan kipas, pompa untuk penyiraman, dan lampu. Berikut adalah tampilan desain awal aplikasi yang dibuat:



GAMBAR 23
DESAIN ANTARMUKA APLIKASI SMARTPHONE

3.11 Tampilan *Designer MIT App Inventor*

Menu *designer* pada *MIT App Inventor* digunakan untuk merancang tampilan aplikasi atau antarmuka pengguna dengan memanfaatkan berbagai komponen dan tata letak yang tersedia, sesuai kebutuhan dan preferensi pengguna.



GAMBAR 24
TAMPILAN DESIGNER MIT APP INVENTOR

3.12 Tampilan *Blocks MIT App Inventor*

Menu *blocks* pada *MIT App Inventor* digunakan untuk menyusun logika pemrograman aplikasi agar dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yang diinginkan.



GAMBAR 25
TAMPILAN BLOCKS PADA MIT APP INVENTOR

IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Skenerio Pengujian

Pengujian dilakukan dalam ruangan ber-AC dengan kondisi suhu ruangan maksimal 16°C, terdapat beberapa tahapan pengujian sebagai berikut :

1. Mulai dari pengujian komponen *hardware* yang bertujuan untuk mengevaluasi fungsi masing-masing komponen dengan menghubungkan seluruh alat yang digunakan.
2. Pengujian masing-masing sensor yang di gunakan yaitu sensor dht11 dan bh1750 yang bertujuan mengetahui tingkat akurasi sensor dengan melakukan perbandingan dengan alat pengukur suhu dan kelembaban.
3. Pengujian fungsional alat *monitoring* dan kontrol otomatis yang bertujuan untuk memastikan bahwa kipas, pompa, dan lampu sebagai perangkat otomatis mampu beroperasi secara optimal dalam menstabilkan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya yang di butuhkan berdasarkan parameter ideal tumbuh jamur enoki.
4. Pengujian kinerja alat dalam menstabilkan suhu terhadap kondisi di dalam kumbung jamur bertujuan untuk memastikan apakah alat tersebut mampu berfungsi secara optimal dalam menjaga kestabilan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya meskipun terjadi perubahan kondisi lingkungan luar.
5. Pengujian *delay* pengiriman data yang bertujuan mengetahui jarak rentang waktu pengiriman data dari sensor secara real-time ke database.
6. Pengujian pertumbuhan jamur enoki di dalam kumbung Menyajikan data gambar pertumbuhan jamur enoki pada fase perkembangan tumbuh batang buah jamur setelah melalui masa inkubasi selama kurang lebih 14-18 hari [1], kemudian disimpan di dalam kumbung prototipe mulai hari pertama hingga hari ke-8.

4.2 Pengujian Komponen Hardware

Pengujian terhadap komponen perangkat keras bertujuan untuk mengevaluasi fungsi masing-masing komponen dengan menghubungkan NodeMCU, sensor DHT11, sensor BH1750, modul RTC DS3231, dan *relay 4 channel* sesuai rancangan. Hasil pengujian dari setiap komponen yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

TABEL 10
PENGUJIAN KOMPONEN HARDWARE

No	Pengujian	Keterangan
1.	Integrasi antara NodeMCU, Sensor DHT11, Sensor BH1750 dan modul RTC DS3231 dalam membaca data	Berhasil

	suhu, kelembapan, intensitas Cahaya dan mengeluarkan tanggal beserta waktu	
2.	Integrasi NodeMCU dalam mengirimkan data ke database <i>firebase</i>	Berhasil
3.	Integrasi NodeMCU dan <i>relay 4 channel</i> sebagai saklar yang mengatur <i>actuator</i> dari hasil pembacaan data	Berhasil

4.3 Pengujian Kinerja Alat *Monitoring* dan Kontrol Otomatis

Pengujian kinerja alat dalam menstabilkan suhu terhadap kondisi lingkungan di sekitar kumbung jamur bertujuan untuk memastikan apakah alat tersebut mampu berfungsi secara optimal dalam menjaga kestabilan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya meskipun terjadi perubahan kondisi lingkungan luar. Parameter di dalam kumbung jamur harus tetap stabil dan mampu mempertahankan nilai ideal yang ditentukan. Nilai ideal ini mengacu pada kondisi di mana suhu dan kelembapan di dalam kumbung tidak mudah terpengaruh oleh fluktuasi suhu di luar yang bisa berubah secara cepat, baik naik maupun turun. Sebelum menguji kinerja alat, terlebih dahulu dilakukan pengukuran parameter lingkungan di dalam dan di luar kumbung menggunakan termometer. Termometer diletakkan di dalam kumbung serta di bagian luar, tepat di samping kumbung, dengan pengambilan data yang dilakukan secara bersamaan pada pagi, siang, sore, dan malam hari. Tabel berikut menunjukkan hasil perbandingannya.

TABEL 11
PENGUKURAN DI LUAR DAN DI DALAM KUMBUNG DENGAN THERMOMETER

No	Jam	<i>Thermometer</i>		Selisih
		Luar Kumbung	Dalam Kumbung	
1	07.00	13,3	13	0,3
2	12.00	15,8	15,3	0,5
3	16.00	14,5	14	0,5
4	23.00	12,6	12,4	0,2
Rata-rata selisih		0,37		

Berdasarkan Tabel 9, hasil pengukuran suhu menggunakan termometer menunjukkan bahwa selisih rata-rata suhu antara bagian dalam dan luar kumbung adalah sebesar $0,37^{\circ}\text{C}$, dengan perbedaan suhu paling tinggi terjadi pada pukul 12.00 dan 16.00, masing-masing sebesar $0,5^{\circ}\text{C}$. Perbedaan ini disebabkan oleh posisi kumbung yang berada di dalam ruangan tertutup, sehingga tidak terkena paparan sinar matahari langsung, serta memiliki ventilasi yang terbatas. Kondisi ini menyebabkan suhu di dalam dan di luar kumbung tidak sama.

Pengujian serta pencatatan data pada prototipe alat ini dilakukan selama 3 hari, sehingga diperoleh informasi tentang perubahan suhu dari hari pertama hingga hari terakhir pengamatan. Tabel dan grafik di bawah ini menyajikan hasil pengujian alat prototipe terhadap fluktuasi suhu lingkungan.

1) Rata-rata Hasil Pengukuran

TABEL 12
RATA-RATA HASIL PENGUKURAN HARI PERTAMA SAMPAI HARI KE-3

No	Jam	Suhu (°C)	Kelembapan (%)
1	00.00	13,3	88,4
2	05.00	12,6	90,1
3	07.00	13,9	92,4
4	12.00	15,2	88,2
5	16.00	14	91,5
6	20.00	14,2	93,2
Rata-rata		13,9	90,1

Berdasarkan hasil pengukuran dan observasi yang dilakukan setiap 4-5 jam sekali selama 3 hari, diperoleh rata-rata suhu harian sebesar $13,9^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan 90,1%. Jika dibandingkan antara suhu aktual yang diukur oleh termometer di luar kumbung dan suhu di dalam kumbung yang telah dilengkapi sistem kontrol otomatis, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol otomatis mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembapan sesuai dengan rentang ideal, yaitu $10\text{-}16^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan 90-95% untuk kelembapan. Dengan demikian, alat ini dinyatakan layak digunakan dalam budidaya jamur enoki, karena rata-rata suhu dan kelembapan yang dihasilkan telah memenuhi standar yang diperlukan.

4.4 Pengujian *Delay* Pengiriman Data

Menampilkan data ke dalam aplikasi merupakan tahap akhir dari kinerja sistem *monitoring* dan kontrol otomatis ini. Aplikasi yang dikembangkan untuk memantau suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya dalam budidaya jamur enoki telah dilengkapi dengan fitur *monitoring* sekaligus kontrol. Fitur ini menampilkan data secara *real-time* dari *database*, serta memungkinkan pengguna untuk mengoperasikan aktuator baik secara otomatis maupun manual. Dengan demikian, pengguna cukup membuka aplikasi *Smart Enoki* di perangkat Android untuk memantau kondisi dalam kumbung dan mengendalikan aktuator sesuai kebutuhan. Pengujian dilakukan menggunakan *stopwatch* untuk mengukur waktu tunda rata-rata dari alat hingga data muncul di *database* dan aplikasi, yang tercatat sebesar 1,8 detik.

TABEL 13
PENGUJIAN DELAY PENGIRIMAN DATA KE DATABASE

No	Data	Delay
1	Data 1	2,8 detik
2	Data 2	1,8 detik
3	Data 3	2,3 detik
4	Data 4	1,5 detik
5	Data 5	1,9 detik
6	Data 6	1,7 detik
7	Data 7	0,9 detik
8	Data 8	2,3 detik
9	Data 9	1,0 detik
10	Data 10	2,2 detik
Rata-rata		1,8 detik

4.5 Pengujian Pertumbuhan Jamur Enoki di Dalam Kumbung

Hasil pengujian pertumbuhan jamur yang ditampilkan menunjukkan perkembangan jamur di dalam kumbung, yang diamati melalui *volume* media tanam dan batang jamur. Menyajikan data gambar pertumbuhan jamur enoki

pada fase perkembangan tumbuh batang buah jamur setelah melalui masa inkubasi selama kurang lebih 14-18 hari [1], kemudian disimpan di dalam kumbung prototipe mulai hari pertama hingga hari ke-8. Penampakan jamur enoki pada usia 8 hari dapat dilihat pada gambar berikut.



JAMUR ENOKI UMUR 8 HARI

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil proses perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang menggunakan sensor DHT11, NodeMCU, dan relay berhasil terintegrasi dengan baik, sehingga data yang diperoleh dari sensor dapat diproses dan dikirim ke dalam database dengan lancar.
2. Aplikasi yang dibangun menggunakan *MIT App Inventor* mampu terhubung dengan *Firebase*, sehingga data hasil pemantauan dapat ditampilkan dan dimanfaatkan untuk mengendalikan tiga aktuator, yaitu lampu, kipas, dan pompa air.
3. Berdasarkan pengujian, rata-rata waktu tunda (*delay*) dalam pengiriman data dari alat ke database adalah 1,8 detik, yang menunjukkan bahwa sistem mampu mengakses dan menampilkan data secara *real-time*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil akhir dari Proyek Akhir ini, beberapa saran untuk pengembangan ke depan dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penambahan kamera beserta sensor gerak guna mendeteksi keberadaan hama seperti tikus di sekitar kumbung.
2. Disarankan agar pada penelitian mendatang ditambahkan alat otomatis yang mampu mengatur suhu apabila terjadi penurunan suhu yang terlalu rendah di dalam kumbung jamur.
3. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan jamur enoki, guna mengetahui tingkat pencahayaan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Stamets, *Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms*. Clarkson Potter/Ten Speed, 2011, 233-237 [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=M9Mz99pA dxMC>.
- [2] Y. Bakhri, F. Hanifah, A. T. Harjanti, I. Dwi Syahrani, T. Antika, and N. Herliyana, "Utilization of Forestry Waste for Commercial Enoki Mushroom Cultivation," *Jurnal Silvikultur Tropika*, vol. 13, no. 03, 2022.
- [3] B. M. Marzuki, T. S. Erawan, And J. Kusmoro, "Pengaruh Penambahan Berbagai Takaran Ampas Tahu Pada Media Bibit Induk Jagung Terhadap Pertumbuhan Miselium Dan Bobot Bibit Induk Jamur Enoki (*Flammulina Velutipes* (Curt.: Fries Singer)," 2016.
- [4] Arafat, D. I. Puspitasari And Wagino, "Sistem Pengendalian Suhu Dan Kelembaban Kumbung Jamur Tiram Secara Realtime Menggunakan Esp8266," *Jurnal Fisika Flux*, Vol. 1, No. 1, Pp. 6-12, 2019.
- [5] R. N. A. Akbar, D. E. Yuliana And F. A. Fiolana, "Pengatur Suhu, Kelembaban, Dan Intensitas Cahaya Pada Kumbung Jamur Tiram Menggunakan IoT," *Journal Of Academic & Multidicipline Research*, Vol. 1, No. 1, Pp. 15-23, 2021.
- [6] F. E. Prasetyadana, Implementasi *Internet Of Things* (IoT) Pada Budidaya Jamur Tiram (Studi Kasus Rumah Jamur Barokah Jember), Jember: Universitas Jember, 2020.
- [7] R. A. Rahman And M. Muskhir, "Monitoring Pengontrolan Suhu Dan Kelembaban Kumbung Jamur Tiram" Jtein: *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, Vol. 2, No. 2, Pp. 266-272, 2021.
- [8] Y. M. Pattinasarany, A. Hanuranto And S. N. Hertiana, "Perancangan Dan Implementasi Monitoring Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet Of Things (IoT)," *E-Proceeding Of Engineering*, Vol. 8, No. 5, Pp. 5307-5314, 2021.
- [9] K. Anshori, A. Soetedjo And M. I. Ashar, "Otomatisasi Dan Monitoring Parameter Lingkungan Pada Media Tumbuh Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet Of Things," *Jurnal Bumigora Information Technology*, Vol. 2, No. 2, Pp. 87-98, 2020.
- [10] M. Riski, A. Alawiyah, M. Bakri, N. U. Putri, Jupriyadi And L. Meilisa, "Alat Penjaga Kestabilan Suhu Pada Tumbuhan Jamur Tiram Putih Menggunakan Arduino Uno R3," *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer (Jtikom)*, Vol. 2, No. 1, Pp. 67-79, 2021.
- [11] H. Fitriawan, K. A. D. Cahyo, S. Purwiyanti And S. Alam, "Pengendalian Suhu Dan Kelembaban Pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, Vol. 9, No. 1, Pp. 28-37, 2020.
- [12] J. Triono And D. W. S. Prabowo, "Pengembangan Raspberry Pi Untuk Monitoring Suhu Dan Kelembaban Guna Meningkatkan Hasil Panen Pada Budidaya Jamur Tiram," *Fountain Of Informatics Journal*, Vol. 5, No. 2, Pp. 67-72, 2020.
- [13] Wajiran And S. Ria, "Desain IoT Untuk Smart Kumbung Dengan Thinkspeak Dan Nodemcu.," *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, Vol. 6, No. 6, Pp. 1-7, 2020.

- [14] M. P. Lukman And M. I. Bachtiar, "Rancang Bangun Sistem Budidaya Jamur Tiram Menggunakan *Internet Of Things Dan Cloud Storage*," In Prosiding 5th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2021, Makassar, 2021.
- [15] A. I. Mundiyah, N. Made, W. Sari, S. Nabilah, D. Pande, And K. Suparyana, "Pelatihan Budidaya Jamur Tiram Dengan Konsep Urban Farming Untuk Masyarakat Perkotaan" Dec. 2020.