pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v22i2.xxxxx

SISTEM KONTROL DAN MONITORING SUHU SERTA KELEMBAPAN PADA INKUBATOR JAMUR TIRAM MENGGUNAKAN ESP32 DENGAN METODE PID BERBASIS BLYNK

Agung Dwi Nugroho[1)], Priyo Sasmoko[2)]
[1)]Program Studi Str. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
E-mail : dwiagung773@gmail.com

ABSTRACT

Oyster mushroom cultivation is highly influenced by environmental conditions, particularly temperature and humidity. The challenge is even greater in dry climate regions such as the Middle East, where high temperatures and low humidity prevail, thus requiring an automated system to maintain stable incubator conditions. This study designs and implements a temperature and humidity control system based on an ESP32 microcontroller with a DHT22 sensor as the main detector. Temperature control is carried out using a PID algorithm with exhaust fan and PTC heater actuators, while humidity control applies a two-position (hysteresis) logic with a pump and mist nozzle actuator. Temperature and humidity data are displayed in real time through the Blynk application, which also allows setpoint adjustments via smartphone. The test results show that the system can maintain incubator conditions according to the defined setpoints, with stable temperature response and effective humidity control without excessive pump switching. Therefore, this system improves the efficiency and reliability of oyster mushroom cultivation in dry climates with less favorable environmental conditions.

***Keywords**: Oyster mushroom, ESP32, DHT22, PID, two-position control, Blynk.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Budidaya jamur merupakan salah satu sektor pertanian yang memiliki potensi besar, terutama karena nilai ekonominya yang tinggi dan permintaan pasar yang terus meningkat. Namun, keberhasilan dalam budidaya jamur sangat bergantung pada kondisi lingkungan, khususnya suhu dan kelembapan. Kedua parameter ini harus dijaga dengan stabil, karena perubahan yang terlalu ekstrem pada salah satunya akan berdampak langsung pada pertumbuhan dan kualitas jamur. Permasalahan ini semakin menantang apabila budidaya dilakukan pada wilayah dengan kondisi iklim kering seperti di negara-negara Timur Tengah atau kawasan Arab, di mana suhu cenderung tinggi dan kelembapan relatif rendah. Lingkungan semacam ini tidak mendukung pertumbuhan jamur secara alami, sehingga pengendalian suhu dan kelembapan menjadi faktor krusial untuk menjamin keberhasilan panen. Jika sistem kontrol masih dilakukan secara manual, maka seringkali respon yang dihasilkan tidak cukup cepat dan akurat dalam mengatasi fluktuasi lingkungan. Akibatnya, produktivitas jamur dapat menurun, bahkan berpotensi menyebabkan kegagalan panen. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem kontrol otomatis yang mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembapan secara real-time agar kondisi lingkungan inkubator jamur tetap berada pada kisaran optimal.

Seiring dengan kemajuan teknologi, penerapan sistem kontrol dan monitoring otomatis berbasis mikrokontroler menjadi solusi yang efektif untuk menjaga kestabilan lingkungan budidaya jamur. Mikrokontroler ESP32 merupakan salah satu perangkat yang memiliki fitur konektivitas nirkabel (WiFi dan Bluetooth), kemampuan pengolahan data yang cukup kuat, dan konsumsi daya yang relatif rendah, sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Dengan memanfaatkan sensor suhu dan kelembapan udara yang terhubung ke ESP32, petani jamur dapat memantau kondisi lingkungan secara real-time bahkan dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis ponsel.

Untuk menunjang kemampuan monitoring ini, digunakan platform Blynk, yaitu sebuah aplikasi IoT berbasis cloud yang memungkinkan pengguna untuk membuat antarmuka pengguna (UI) secara mudah melalui smartphone, tanpa perlu keahlian dalam pengembangan aplikasi mobile.

Metode Proportional-Integral-Derivative (PID) juga diterapkan dalam sistem ini untuk mengatur suhu dan kelembapan secara presisi. Tidak seperti kontrol ON/OFF, metode PID memungkinkan kontrol bertahap yang lebih responsif dan stabil terhadap perubahan nilai setpoint. Kombinasi dari ESP32, metode PID, serta pemantauan data secara real-time melalui aplikasi Blynk akan menciptakan sistem yang efektif dan efisien dalam mengelola kondisi lingkungan inkubator jamur.

Oleh karena itu, penulis merancang dan mengimplementasikan alat dengan judul **SISTEM KONTROL DAN MONITORING SUHU SERTA KELEMBAPAN PADA INKUBATOR JAMUR TIRAM MENGGUNAKAN ESP32 DENGAN METODE PID BERBASIS BLYNK** dengan adanya sistem pengendalian otomatis ini, budidaya jamur tetap dapat dilakukan secara efisien meskipun berada di wilayah dengan kondisi iklim yang kurang mendukung.

1.2 Batasan Masalah

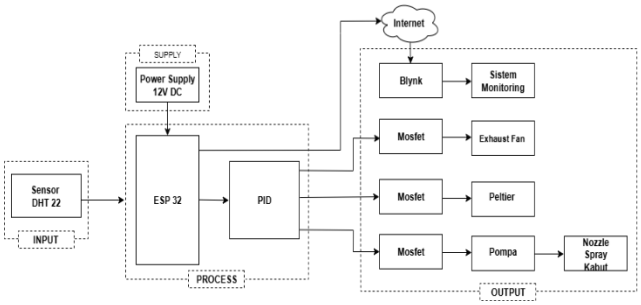
Agar tugas akhir ini lebih terarah dan fokus, perlu ditentukan batasan-batasan yang akan dijadikan pedoman dalam pengembangan dan implementasi sistem. Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tugas akhir ini akan membahas tentang sistem kontrol dan monitoring suhu serta kelembapan pada jamur tiram menggunakan kontrol utama mikrokontroler ESP32.
2. Sensor yang digunakan adalah DHT22 untuk suhu dan kelembapan udara.
3. Metode pengendalian suhu menggunakan algoritma PID.
4. Metode pengendalian kelembapan udara menggunakan logika kontrol 2 posisi.
5. Aktuator yang digunakan adalah exhaust fan dan modul peltier untuk mengatur suhu, pompa air untuk sistem kabut (sprinkler) dan monitoring real-time melalui aplikasi blynk.
6. Parameter iklim yang digunakan dalam perancangan sistem ini disesuaikan dengan kondisi iklim kering pada wilayah Timur Tengah atau kawasan Arab, di mana suhu cenderung tinggi dan kelembapan relatif rendah.. Oleh karena itu, pengujian, kalibrasi sensor, serta penentuan setpoint suhu dan kelembapan dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan budidaya jamur tiram pada lingkungan yang kurang mendukung secara alami. Dengan demikian, sistem ini dirancang agar dapat menjaga kondisi inkubator tetap optimal meskipun diterapkan pada daerah dengan karakteristik iklim kering.

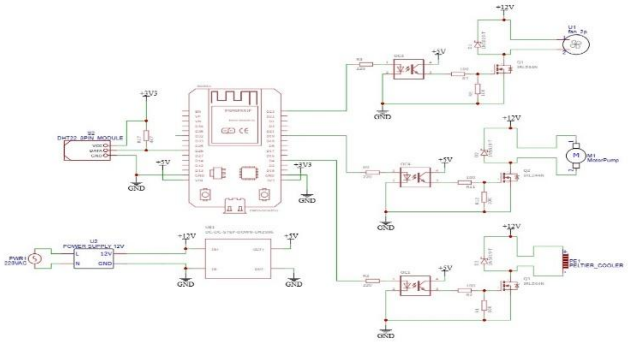
2. PERANCANGAN ALAT

2.1 Perancangan Hardware

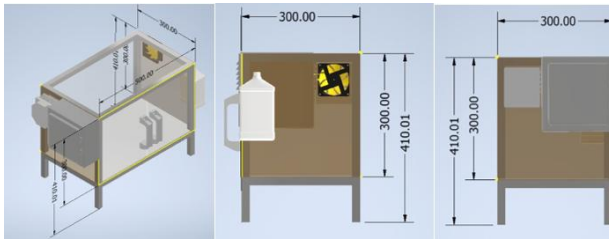
Perancangan *hardware* terdiri dari beberapa tahap, diantaranya adalah perancangan diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, perancangan skematik yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, dan perancangan desain 3D alat yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Diagram Blok



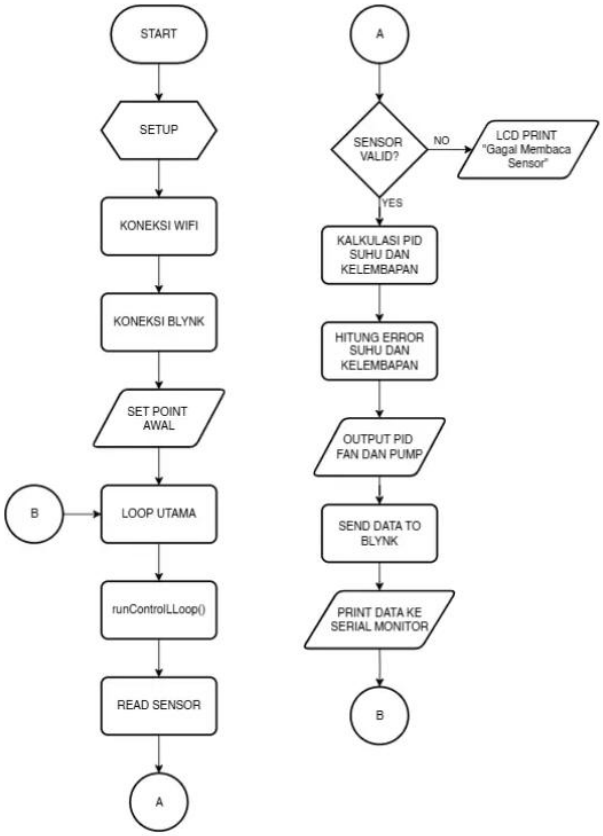
Gambar 2.2 Skematik Diagram



Gambar 2.3 Desain 3D

Sistem kontrol dan monitoring suhu serta kelembapan pada inkubator jamur tiram ini bekerja dengan memanfaatkan sensor DHT22 sebagai komponen utama untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di dalam inkubator. Sensor ini terhubung ke mikrokontroler ESP32 yang berperan sebagai pusat kendali. Data hasil pengukuran dari sensor kemudian diproses dan dibandingkan dengan nilai setpoint yang telah ditentukan sebelumnya. Proses pengendalian dilakukan menggunakan metode PID (Proportional, Integral, Derivative) untuk menghasilkan respon kontrol yang lebih akurat dan stabil. Apabila suhu di dalam inkubator melebihi batas setpoint, ESP32 akan mengaktifkan exhaust fan untuk membuang udara panas sekaligus mendinginkan ruang inkubasi. Jika suhu terlalu rendah, peltier akan diaktifkan untuk meningkatkan suhu hingga mencapai kondisi yang sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan jamur tiram. Sementara itu, ketika kelembapan udara turun di bawah setpoint, pompa 12V DC akan menyemprotkan air melalui nozzle kabut sehingga kelembapan di dalam inkubator kembali meningkat. Semua data pengukuran serta status kerja perangkat akan dikirimkan secara real-time ke aplikasi Blynk melalui koneksi internet, sehingga pengguna dapat memantau serta mengontrol inkubator jamur tiram dari jarak jauh menggunakan smartphone. Sumber daya untuk seluruh sistem berasal dari power supply DC yang mendistribusikan tegangan ke ESP32, sensor, dan aktuator.

2.2 Perancangan Software



Gambar 2.4 Flowchart Sistem

Pada Gambar 2.4 merupakan flowchart sistem ini menjelaskan alur kerja alat kontrol dan monitoring suhu serta kelembapan berbasis ESP32 dengan metode PID yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk. Proses dimulai dari Start, kemudian perangkat masuk ke tahap setup untuk melakukan inisialisasi awal. Setelah itu, sistem melakukan koneksi WiFi dan dilanjutkan dengan koneksi ke server Blynk, sehingga data dapat dikirim dan dipantau secara real-time. Setelah koneksi berhasil, sistem menentukan set point awal suhu dan kelembapan sesuai kebutuhan proses inkubasi jamur.

Berikutnya sistem masuk ke loop utama yang akan terus berjalan. Pada loop ini, fungsi utama yang dijalankan adalah runControlLoop(). Tahap pertama dalam loop adalah melakukan pembacaan sensor suhu dan kelembapan. Data sensor yang terbaca kemudian dicek validitasnya. Jika sensor tidak valid, maka sistem akan menampilkan pesan error pada LCD berupa “Gagal Membaca Sensor”. Namun, jika sensor valid, maka data diteruskan ke tahap berikutnya yaitu kalkulasi PID suhu dan kelembapan.

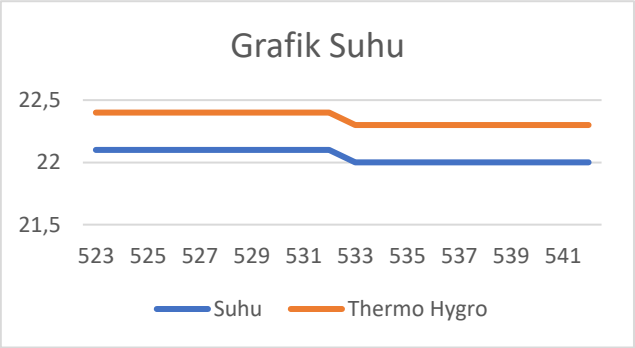
Dalam kalkulasi PID, sistem menghitung error antara nilai set point dengan nilai aktual hasil pembacaan sensor. Berdasarkan hasil perhitungan error ini, sistem menghasilkan output kontrol PID yang digunakan untuk mengatur aktuator berupa kipas (fan) dan pompa air (pump). Dengan demikian, kondisi suhu dan kelembapan inkubator dapat dipertahankan sesuai dengan set point. Setelah aktuator dikendalikan, sistem mengirimkan data hasil pengukuran ke aplikasi Blynk untuk pemantauan jarak jauh. Selain itu, data juga ditampilkan ke Serial Monitor untuk kebutuhan debugging dan analisis langsung. Setelah semua proses selesai, sistem kembali ke loop utama dan menjalankan siklus kerja ini secara berulang tanpa henti.

3. PENGUJIAN DAN ANALISA

Untuk memastikan sistem kontrol dan monitoring suhu serta kelembapan pada inkubator jamur tiram berbasis PID dengan mikrokontroler ESP32 berfungsi sesuai tujuan yang telah dirancang, dilakukan rangkaian pengukuran dan pengujian. Pengujian ini mencakup beberapa aspek penting seperti fungsionalitas, perbandingan sensor, dan konsistensi data. Setiap pengujian dirancang untuk menilai parameter-parameter penting yang menggambarkan keberhasilan pelaksanaan sitem, sekaligus mengindentifikasi potensi kekurangan alat yang perlu diperbaiki.

Time	DHT22	Thermo Hygro	Ea= Selisih	Er
523	22.1	22.4	0.3	1.34
524	22.1	22.4	0.3	1.34
525	22.1	22.4	0.3	1.34
526	22.1	22.4	0.3	1.34
527	22.1	22.4	0.3	1.34
528	22.1	22.4	0.3	1.34
529	22.1	22.4	0.3	1.34
530	22.1	22.4	0.3	1.34
531	22.1	22.4	0.3	1.34
532	22.1	22.4	0.3	1.34
533	22	22.3	0.3	1.35
534	22	22.3	0.3	1.35
535	22	22.3	0.3	1.35
536	22	22.3	0.3	1.35
537	22	22.3	0.3	1.35
538	22	22.3	0.3	1.35
539	22	22.3	0.3	1.35
540	22	22.3	0.3	1.35
541	22	22.3	0.3	1.35
542	22	22.3	0.3	1.35
Rata Rata				1.34

Gambar 3. 1 Hasil Pengujian Perbandingan Data Suhu



Gambar 3. 2 Grafik Perbandingan Suhu

Berdasarkan hasil pengujian sensor DHT22 setelah dilakukan perbandingan dengan alat Thermo-Hygrometer. Mengenai hal perhitungan presentase error dari Tabel 5-1 mendapatkan perhitungan sebagaimana berikut:

Persamaan rumus galat absolute (selisih)

$$Ea = |Xi - Xp|$$

Persamaan rumus rata-rata galat relatif

$$Er = \frac{Ea}{Xp} x\ 100 = \frac{|Xi - Xp|}{Xp}\ 100$$

Dimana:

Ea = galat absolute Xi = nilai dari sensor DHT22

Er = galat relatif% Xp = nilai dari Thermo-Hygrometer

Deketahui bahwa:

$Xi = 22{,}1$

$Xp = 22{,}4$

$$Ea = |22{,}1 - 22{,}4| = 0{,}3$$

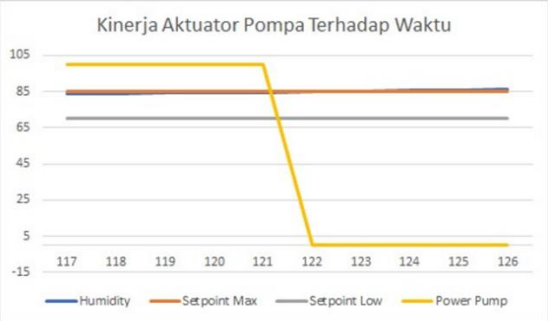
$$Er = \frac{0{,}3}{22{,}4} x\ 100 = 1{,}34$$

Berdasrkan data pengujian, nilai rata-rata error relatif (Er) dari sensor DHT22 terhadap Thermo-Hygrometer adalah sebesar 1,34, yang masih dalam kategori tingkat kesalahan rendah dan dapat diterima untuk kebutuhan sistem monitoring suhu dan kelembapan pada inkubator jamur.

Tabel 3. 1 Hasil Pengujian Kelembapan Udara

Time	Humidity	Setpoint Max	Setpoint Low	Power Pump
117	83,9	85	70	100
118	83,9	85	70	100

Time	Humidity	Setpoint Max	Setpoint Low	Power Pump
119	84,5	85	70	100
120	84,5	85	70	100
121	84,3	85	70	100
122	85,2	85	70	0
123	85,2	85	70	0
124	85,5	85	70	0
125	85,8	85	70	0
126	86,3	85	70	0

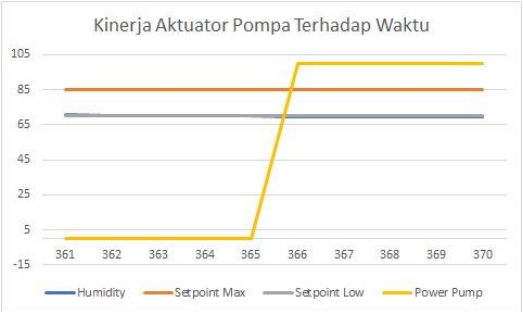


Gambar 3. 3 Grafik Kinerja Pompa Terhadap Waktu

Berdasarkan hasil pengujian, sistem kontrol 2 posisi dengan setpoint batas bawah 70% dan batas atas 85% menunjukkan kinerja yang sesuai dengan logika yang dirancang. Pada awal pengujian, kelembapan udara berada di bawah batas atas sehingga pompa pengabutan menyala dengan daya 100%. Kondisi ini membuat kelembapan perlahan meningkat dari 83,9% hingga 84,3%. Ketika nilai kelembapan mencapai 85,2%, yaitu berada pada atau melebihi setpoint atas, pompa secara otomatis berhenti bekerja. Setelah pompa berhenti, kelembapan tetap mengalami kenaikan alami hingga mencapai 86,3%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perubahan kondisi dengan baik, menyalakan pompa ketika kelembapan berada di bawah setpoint atas, dan mematikannya ketika kelembapan telah mencapai nilai yang ditentukan. Pola ini menegaskan bahwa logika kontrol 2 posisi berjalan dengan stabil tanpa adanya switching yang berlebihan, sehingga kelembapan dapat dipertahankan dalam rentang yang sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan jamur

Tabel 3. 2 Hasil Pengujian Data Kelembapan Udara

Time	Humidity	Setpoint Max	Setpoint Low	Power Pump
362	70,4	85	70	0
363	70,4	85	70	0
364	70	85	70	0
365	70	85	70	0
366	69,9	85	70	100
367	69,8	85	70	100
368	69,8	85	70	100
369	69,7	85	70	100
370	69,7	85	70	100

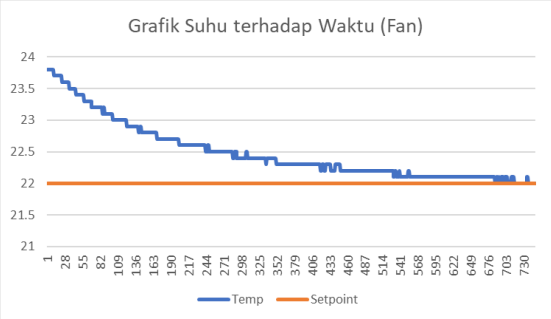


Gambar 3. 4 Grafik Kinerja Aktuator

Berdasarkan hasil pengujian kedua yang ditampilkan pada tabel dan grafik, dapat diamati bahwa nilai kelembapan udara awal berada pada kisaran 70,8% dan terus mengalami penurunan hingga mencapai 69,7%. Selama kelembapan berada di atas atau sama dengan nilai setpoint minimum yaitu 70%, pompa tetap dalam kondisi tidak aktif (0%). Namun, ketika kelembapan turun melewati batas setpoint minimum pada menit ke-366, sistem kontrol dua posisi secara otomatis mengaktifkan pompa dengan daya penuh (100%) untuk menyalakan nozzle spray kabut. Aktivasi pompa ini bertujuan menambah kelembapan di dalam inkubator agar tetap berada dalam rentang yang sesuai untuk kebutuhan pertumbuhan jamur. Dari data dan grafik terlihat bahwa logika kontrol dua posisi bekerja dengan baik, yaitu pompa hanya aktif ketika kelembapan jatuh di bawah batas yang ditentukan, sehingga dapat menjaga kestabilan kelembapan inkubator tanpa bekerja secara berlebihan. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu memberikan respons cepat terhadap kondisi penurunan kelembapan yang terjadi.

Tabel 3. 3 Hasil Pengujian Fan Terhadap Waktu

Time	Suhu	Setpoint	Output
684	22.1	22	255.00
685	22.1	22	255.00
686	22	22	0.00
687	22	22	0.00
688	22.1	22	255.00
689	22.1	22	255.00
690	22	22	0.00
691	22	22	0.00
692	22.1	22	255.00
693	22	22	0.00
Tanpa Peltier			



Gambar 3. 5 Grafik Fan Terhadap Waktu

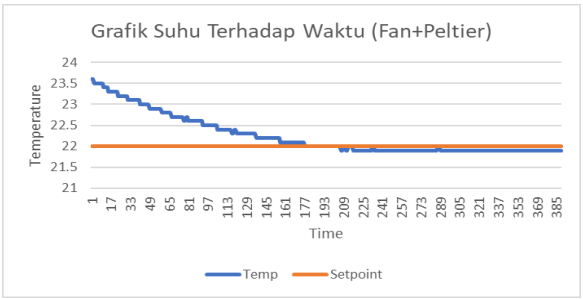
Pengujian kinerja aktuator dilakukan untuk memastikan bahwa perangkat eksekusi dalam sistem, yaitu Fan, Peltier, dan Pompa, dapat bekerja sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh mikrokontroler ESP32 berdasarkan hasil pembacaan sensor. Aktuator ini memiliki peran utama dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembapan pada ruang inkubasi jamur agar sesuai dengan nilai setpoint.

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa Fan dapat bekerja sesuai fungsi utamanya yaitu sebagai penurun suhu ketika kondisi inkubator melebihi nilai setpoint. Fan dikendalikan langsung oleh mikrokontroler ESP32 berdasarkan data sensor suhu DHT22.

Hasil pengujian kecepatan respon sistem dalam mengaktifkan Fan ketika suhu melebihi setpoint sangat responsif. Melalui pengujian ini dapat dipastikan bahwa Fan bekerja dengan baik, serta sistem mampu menjaga suhu inkubator agar tetap stabil sesuai kebutuhan pertumbuhan jamur.

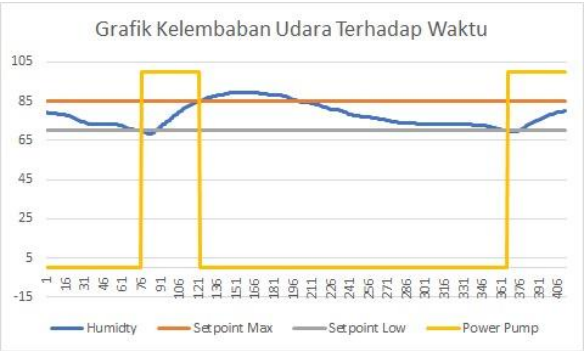
Tabel 3. 4 Hasil Pengujian Peltier dan Kipas Terhadap Waktu

Time	Suhu	Setpoint	Output
172	22.1	22	255
173	22.1	22	255
174	22.1	22	255
175	22.1	22	255
176	22.1	22	255
177	22	22	0
178	22	22	0
179	22	22	0
180	22	22	0
181	22	22	0
Dengan Peltier			



Gambar 3. 6 Grafik Suhu Terhadap Waktu Dengan Fan & Peltier

Hasil pengujian kecepatan respon sistem dalam mengaktifkan Peltier ketika suhu melebihi setpoint sangat responsif. Melalui pengujian ini dapat dipastikan bahwa Peltier bekerja dengan baik, serta sistem mampu menjaga suhu inkubator agar tetap stabil sesuai kebutuhan pertumbuhan jamur.



Gambar 3. 7 Grafik Kelembapan Udara Terhadap Waktu

Berdasarkan grafik hasil pengujian, terlihat bahwa ketika nilai kelembapan turun hingga berada di bawah batas minimum setpoint, pompa secara otomatis aktif dengan daya penuh (100%). Aktivasi ini membuat kelembapan meningkat secara bertahap hingga mencapai

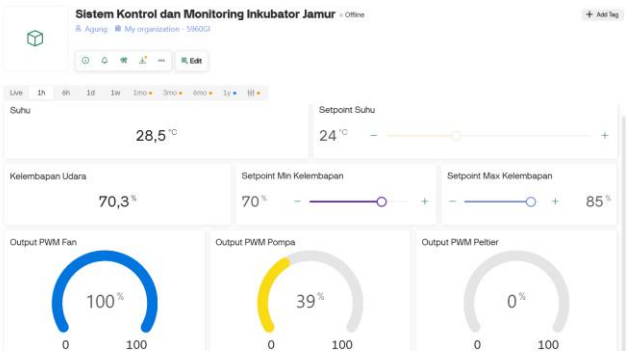
atau melebihi setpoint maksimum, kemudian pompa otomatis mati. Setelah pompa berhenti, kelembapan cenderung mengalami penurunan secara perlahan seiring waktu. Pola ini kembali berulang saat kelembapan turun ke bawah setpoint minimum, yang ditandai dengan pompa kembali aktif.

Dari pola tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol dua posisi pada pompa telah bekerja dengan baik. Pompa hanya aktif ketika diperlukan, sehingga kelembapan tetap berada pada rentang yang diinginkan tanpa menimbulkan switching berlebihan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga stabilitas lingkungan inkubator secara otomatis, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan jamur tiram.

Tabel 3. 5 Tabel Perbandingan Menggunakan dan Tanpa Peltier

Parameter Respon PID	Dengan Peltier	Tanpa Peltier	Kesimpulan
Waktu Respon (Fall Time)	~38 detik	~502 detik	Jauh Lebih Cepat
Kemampuan Mencapai Target	Berhasil	Gagal	Jauh Lebih Efektif
Waktu Stabil (Settling Time)	~53 detik	Tidak Tercapai	Jauh Lebih Stabil
Error Akhir	-0.1°C	+0.1°C	Mampu Mengatasi Beban

Penggunaan Peltier yang dikontrol dengan PID memberikan peningkatan signifikan terhadap performa sistem. Sistem mampu merespon dengan cepat, mencapai target suhu dengan akurat, serta menjaga kestabilan suhu dengan error yang sangat kecil. Sementara itu, tanpa Peltier sistem gagal mencapai setpoint, tidak stabil, dan memiliki respon yang sangat lambat.



Gambar 3. 8 Dashboard Blynk

Pengujian monitoring data pada aplikasi Blynk dilakukan untuk memastikan bahwa setiap data hasil pembacaan sensor dan status aktuator dapat ditampilkan secara real-time pada dashboard.

pada sistem ini berfungsi sebagai antarmuka pemantauan dan pengendalian inkubator jamur tiram secara real-time. Pada bagian utama dashboard ditampilkan parameter penting yaitu suhu udara (°C) dan kelembapan udara (%), sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi lingkungan inkubator secara langsung.Selain itu, tersedia panel pengaturan setpoint yang terdiri dari setpoint suhu serta rentang kelembapan minimum dan maksimum. Dengan adanya pengaturan ini, pengguna dapat menyesuaikan kondisi inkubator sesuai kebutuhan pertumbuhan jamur tiram, baik pada fase inkubasi maupun fruktifikasi.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol suhu dan kelembapan pada inkubator jamur tiram mampu bekerja dengan baik. Sensor DHT22 menunjukkan tingkat error relatif rata-rata sebesar 1,34% terhadap alat ukur pembanding, dengan selisih suhu rata-rata sekitar 0,3 °C. Nilai tersebut masih berada dalam rentang toleransi sesuai spesifikasi datasheet, sehingga sensor ini cukup akurat, stabil, dan layak digunakan dalam aplikasi monitoring lingkungan inkubator. Dari sisi aktuator, fan berhasil menjaga suhu ruang pada titik setpoint 22 °C melalui siklus kerja ON/OFF yang efektif, meskipun terdapat fluktuasi kecil yang masih wajar. Peltier TEC1-12706 juga menunjukkan kinerja optimal dalam menurunkan suhu hingga mencapai setpoint dengan respon cepat dan tanpa overshoot yang signifikan. Pompa air pun terbukti responsif dalam mengatur kelembapan udara sesuai logika kontrol, sehingga dapat mencegah terjadinya overwatering dan menjaga kestabilan inkubator. Secara keseluruhan, integrasi sensor dan aktuator dalam sistem ini mampu menciptakan lingkungan yang stabil dan sesuai kebutuhan, sehingga mendukung keberhasilan budidaya jamur tiram.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan kembali dalam proses perancangan alat . Sistem

ini masih memiliki potensi untuk terus dikembangkan guna memperbaiki kekurangan yang ada dan meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan . Sebagai bahan evaluasi dan masukan untuk penyempurnaan sistem di masa mendatang, berikut disampaikan beberapa saran:

1. Karena pada masa fase inkubasi ke tahap fruktifikasi masih menggunakan sistem kendali manual dalam blynk maka perlu adanya sistem kendali secara otomatis sehingga memudahkan proses pengguna dalam jangka waktu tertentu.
2. Pengisian air untuk suplai pompa masih secara manual maka perlu adanya sistem otomatis yang memudahkan proses pengguna.
3. Uji kinerja jangka panjang sebaiknya dilakukan untuk memastikan keandalan komponen utama, khususnya Peltier dan pompa, mengingat keduanya sangat berpengaruh terhadap kestabilan lingkungan inkubator. Dengan penerapan saran-saran tersebut, sistem diharapkan mampu memberikan performa yang lebih baik, efisien, dan andal dalam menunjang produktivitas budidaya jamur tiram.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Ridho'i, K. Setyadjit, and B. Era Yordhan, "Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Budidaya Jamur Tiram Menggunakan ESP32," *Jurnal FORTECH*, vol. 4, no. 1, pp. 20–26, Jan. 2023, doi: 10.56795/fortech.v4i1.4103.

[2] T. Hariono, M. Kom, M. Si, M. Rizqi Putra Pradana, and U. K. A Wahab Hasbullah, "PERANCANGAN MONITORING PH, KELEMBABAN DAN SUHU PADA TANAH BERBASIS IOT ESP32," 2024.

[3] Rafly Hadi Pangestu and Paniran Paniran, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis IoT Pada Filter G4 Ventilasi PV Box," *Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, vol. 2, no. 2, pp. 111–120, Jun. 2024, doi: 10.61132/uranus.v2i2.174.

[4] J. L. Chong, K. W. Chew, A. P. Peter, H. Y. Ting, and P. L. Show, "Internet of Things (IoT)-Based Environmental Monitoring and Control System for Home-Based Mushroom Cultivation," *Biosensors (Basel)*, vol. 13, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.3390/bios13010098.

[5] K. Agustianto, R. Wardana, P. Destarianto, E. Mulyadi, and I. G. Wiryawan, "Development of automatic temperature and humidity control system in kumbung (oyster mushroom) using fuzzy logic controller," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Apr. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/672/1/012090.

[6] J. Pelatihan *et al.*, "Pijar Mandiri Indonesia: Jurnal Pelatihan," *Pengembangan dan Pengabdian Masyarakat, Desember*, vol. 4, no. 4, pp. 170–184, 2024, doi: 10.36312/sasambo.vxix.xxx.

[7] D. A. Setiawati, S. G. Utomo, Murad, and G. M. D. Putra, "Design of temperature and humidity control system on oyster mushroom plant house based on Internet of Things (IoT)," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Apr. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/712/1/012002.

[8] A. Saleh, "PROGRAM STUDI PROGRAM STUDI TEKNIK TELKOMUNIKASI MIKROKONTROLER."

[9] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, “MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB,” 2022.

[10] “ESP32 esp-dev-kits Documentation.”

[11] B. R. Sinaga, “Rancang Bangun Gerbang dengan Menggunakan Kontrol Android Via Bluetooth Berbasis Arduino Uno R3,” *Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 2809–476, 2022, doi: 10.47709/jpsk.v2i2.1737.

[12] U. Mahanin Tyas, A. Apri Buckhari, P. Studi Pendidikan Teknologi Informasi, and P. Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, “IMPLEMENTASI APLIKASI ARDUINO IDE PADA MATA KULIAH SISTEM DIGITAL,” 2023.

[13] P. Bosowa, U. Muhammad, A. Mansur, M. Aditya Bachri Maulana, P. Studi Teknik Listrik, and P. Bosowa Jl Kapasa Raya, “Rancang Bangun Power Supply Adjustable Current pada Sistem Pendingin Berbasis Termoelektrik,” *Journal Of Electrical Engginering (Joule)*, vol. 2, no. 2, 2021.

[14] “Standard Switching Power Supply Manufacturer.”

[15] R. Solekha and U. Latifa, “Electron : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Sistem Kendali Proportional Integral Derivative (PID) Menggunakan Mikrokontroler Arduino Pada Thinkercad”.

[16] “Jurnal+Dimas+Kohesi”.

[17] K. P. K. Rianti and Y. Prastyo, “ANALISIS PENGGUNAAN SENSOR SUHU DAN KELEMBABAN UNTUK MONITORING LINGKUNGAN GREENHOUSE BERBASIS ARDUINO,” *Antivirus : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, vol. 16, no. 2, pp. 200–210, Nov. 2022, doi: 10.35457/antivirus.v16i2.2512.

[18] “DHT22 DATASHEET”.

[19] F. Nabilla Ramadhani and M. Luqman, “Modul Inverter Satu Fasa menggunakan Mosfet dengan Driver EGS002 Pure Sin Wave,” *Jurnal Elkolind*, vol. 8, no. 2, 2021, doi: 10.33795/elkolind.v8i2.274.

[20] “BAB II DASAR TEORI 2.1 Tinjauan Pustaka.”

[21] P. By ALLDATASHEETCOM, “isc N-Channel MOSFET Transistor IRLZ44N, IIRLZ44N.” [Online]. Available: www.iscsemi.cn

[22] “IMPLEMENTASI OPTOCOUPLER PC817 DAN RELAY SEBAGAI I/O.”

[23] P. By ALLDATASHEETCOM, “PC817 Series PC817 Series High Density Mounting Type Photocoupler s Features.”

[24] L. Kamelia, Y. Sukmawiguna, and N. U. Adiningsih, “RANCANG BANGUN SISTEM EXHAUST FAN OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR LIGHT DEPENDENT RESISTOR (LDR),” no. 1.

[25] “1173-Article Text-3206-1-10-20211211”.

[26] “DATASHEET EXHAUST FAN”.

[27] S. Waluyo, R. E. Wahyono, B. Lanya, and M. Telaumbanua, “Pengendalian Temperatur dan Kelembaban dalam Kumbung Jamur Tiram (Pleurotus sp) Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler,” *agriTECH*, vol. 38, no. 3, p. 282, Mar. 2019, doi: 10.22146/agritech.30068.

[28] “Specification.” [Online]. Available: http://store.makeblock.com/water-pump-motor-dc-12v-370-04pm11-17-17

[29] H. Munnik, D. Yohannes, and Y. Bekti, “PEMANFAATAN PELTIER UNTUK COOLER BOX MINI.”

[30] HB, “Performance Specifications.” [Online]. Available: www.hebeiltd.com.cn

[31] A. Ridho’i, K. Setyadjit, and B. Era Yordhan, “Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Budidaya Jamur Tiram Menggunakan ESP32,” *Jurnal FORTECH*, vol. 4, no. 1, pp. 20–26, Jan. 2023, doi: 10.56795/fortech.v4i1.4103.

[32] A. D. Attaqiroh, A. R. Chaidir, and S. Sumardi, “Sistem Pengendalian Suhu pada Inkubator Fermentasi Tempe dengan Metode Proportional Integral Derivative (PID) Secara Digital,” *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 14–22, Mar. 2023, doi: 10.23917/emitor.v1i1.21593.