

Otomatisasi Kontrol Suhu dan Kelembaban Dengan Mikrokontroler

Muhammad Akbar Syawaludin, Harry Ramza, & Kun Fayakun

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA

Jalan Tanah Merdeka No.6, Kp. Rambutan, Jakarta, Indonesia

Telp : +62-21-8400341, Faks : +62-21-8411531

Email : aksyaw23@gmail.com , hramza@uhamka.ac.id, kun_fayakun@uhamka.ac.id

Abstrak

Umumnya para petani melakukan budidaya jamur dalam rumah tanam yang dirancang sederhana agar menciptakan temperatur untuk penyesuaian dengan pertumbuhan jamur serta faktor cuaca menjadi pertimbangan utama dalam menentukan kualitas jamur. Untuk menghindari ketergantungan ini, maka perlu dibuat ruang pengendali temperatur dan kelembaban selama masa budidaya. Pada penelitian ini penulis membuat sistem pengontrolan otomatis temperatur dan kelembaban dengan menggunakan sensor DHT-22. Ketika temperatur melebihi 30°C maka akan dikontrol menggunakan kipas DC, ketika kelembaban kurang dari 80%RH (relative humidity), maka mist maker sebagai penghasil embun akan mengontrolnya. Dengan memanfaatkan platform IoT Blynk pemantauan dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja, dengan syarat terkoneksi ke internet. Alat ini tentunya mempermudah dalam pengontrolan maupun pemantauan. Dalam melakukan pengontrolan temperatur dengan jarak 14,1°C dari nilai acuan membutuhkan waktu 4 menit 5 detik, sedangkan dalam melakukan pengontrolan kelembaban dengan jarak 30,1%RH dari nilai acuan membutuhkan waktu 2 menit 25 detik.

Keyword: Jamur, DHT-22, Blynk, IoT, Kontrol

Abstract

Farmers cultivate mushrooms in designed planting houses to create a temperature for change to fungal growth, and weather factors are the primary considerations in determining mushroom quality. To avoid this dependence, creating a temperature and humidity control room is necessary during the cultivation period. The author makes an automatic temperature and humidity control system using a DHT-22 sensor in this study. When the temperature exceeds 30°C, we will control it using a DC fan. When the humidity is less than 80%RH (relative humidity), the mist maker will control it as a few producers. Controlling the temperature with a distance of 14.1°C from the reference value takes 4 minutes 5 seconds while controlling the humidity with a distance of 30.1%RH from the reference value takes 2 minutes 25 seconds. Using the Blynk IoT platform, we can monitor anywhere and anytime, provided that someone connected it to the internet. This tool certainly makes it easier to control and monitor.

Keyword: Jamur, DHT-22, Blynk, IoT, Kontrol

1 PENDAHULUAN

Pada proses pertumbuhan jamur dalam rumah budidaya sangat dipengaruhi oleh faktor fisik lingkungan terutama terhadap perubahan temperatur dan kelembaban. Temperatur dibawah 30°C dan rentang kelembaban antara 80-90% RH (*relative humidity*) dapat menghasilkan pertumbuhan jamur yang maksimal [1]. Berdasarkan permasalahan dari pentingnya menjaga kondisi temperatur dan kelembaban ruang dalam membudidayakan jamur tiram, maka sudah saatnya diperlukan suatu perangkat otomasi kontrol temperatur dan kelembaban. sehingga pertumbuhan dan perkembangan jamur dapat tumbuh

dan berkembang sesuai yang diharapkan. Dalam penelitian ini, pembuatan sistem otomatis dalam pengontrolan temperatur dan kelembaban pada tanaman menggunakan *platform IoT (Internet Of Things)* untuk membantu dalam memonitoring hasil pendeteksian nilai temperatur dan kelembaban dalam berupa tampilan.

2 LANDASAN TEORI

Berikut ini akan dijelaskan tentang beberapa dasar teori yang melandaskan penelitian ini :

2.1 Internet Of Things

Konsep mendeskripsikan visi di mana objek sehari-hari akan terhubung ke Internet, akan diidentifikasi, dan akan, mungkin, berkomunikasi dengan perangkat lain. Benda-benda ini biasanya disebut sebagai "objek pintar", yang dapat didefinisikan sebagai artefak nyata ditambah dengan komputasi, komunikasi, penginderaan / penggerak dan fungsi penyimpanan [2].

2.2 Suhu

Suhu merupakan suatu ukuran untuk energi kinetik rata-rata pada partikel dalam suatu benda. Ketika suhu meningkat, gerakan partikel-partikel ini juga meningkat. Dengan kata lain temperatur atau suhu bisa dibilang sebagai ukuran dari panas atau dinginya suatu benda. Adapun untuk penetapan titik tetap yang digunakan pada penelitian ini adalah titik celcius ($^{\circ}\text{C}$) dengan titik bawah tetap sebesar 0°C dan titik tetap atasnya 100°C [3].

2.3 Kelembaban

Kelembaban adalah kandungan atau konsentrasi air di udara. Kelembaban dapat diukur dengan yang disebut hygrometer. Kelembaban relatif (*relative humidity*) adalah rasio tekanan uap aktual udara pada suhu berapa pun, dengan tekanan uap jenuh maksimum pada suhu yang sama. Kelembaban relatif dinyatakan dalam persen (%), kelembaban relatif sangat bergantung pada besar temperatur dan tekanan udara [3].

2.4 Deviasi

Deviasi merupakan jumlah pada suatu titik data berbeda dari nilai tetap, umumnya nilai tetapnya terdapat pada nilai rata-rata keseluruhan data [4]. Karena jumlah pada suatu titik data yang berbeda dari nilai tetap, membuat besarnya deviasi pada data berpengaruh pada ketelitian pengukuran sebuah data.

2.5 Ketelitian (presisi)

Ketelitian yang juga disebut presisi ataupun reproduksibilitas merupakan suatu kecocokan antara hasil pembacaan dari pengukuran-pengukuran itu sendiri. Jika nilai yang sama dari variabel yang diukur diukur beberapa kali dan memberikan hasil yang kurang lebih sama, maka ia memiliki tingkat presisi atau reproduksibilitas yang tinggi. Tingkat kepresisian identik dengan nilai deviasi rata-rata pengukuran [5]. Dari besarnya nilai deviasi dapat ditentukan besarnya ketelitian dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\%Ketelitian = 100\% - \text{Deviasi rata} \\ - \text{rata}\% \quad (1)$$

2.6 Tingkat Kesalahan (error)

Kesalahan atau *error* merupakan perbandingan antara nilai sebenarnya dengan nilai yang diukur. Tingkat kesalahan dapat diketahui dengan membandingkan hasil pengukuran dengan pembanding menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\%Kesalahan \\ = \frac{|\text{nilai pengukuran} - \text{nilai pembanding}|}{\text{nilai pembanding}} \times 100\% \quad (2)$$

2.6 Ketepatan (akurasi)

Ketepatan atau akurasi adalah seberapa dekat hasil nilai pengukuran dengan nilai sebenarnya. Tingkat kesalahan sangat berpengaruh pada ke akurasian sensor, karena tingkat kesalahan adalah perbedaan nilai sebenarnya dengan nilai yang diukur [6]. Berikut ini merupakan persamaan untuk mendapatkan nilai ketepatan :

$$\text{Ketepatan} = 100\% - \text{nilai kesalahan} \quad (3)$$

3 METODOLOGI PENELITIAN

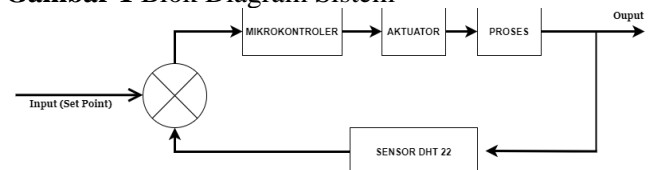
3.1 Perancangan Set Point

Berdasarkan teori Temperatur dibawah 30°C dan rentang kelembaban antara 80-90% RH (*relative humidity*) dapat menghasilkan pertumbuhan jamur yang maksimal[1]. Didapatkan bahwa pengontrol temperatur akan menyala ketika nilai temperatur berada di atas 30°C ($T > 30^{\circ}\text{C}$) dan pengontrol akan mati ketika berada di bawah 28°C ($T < 28^{\circ}\text{C}$). Sementara itu untuk nilai set point yang dibuat adalah ketika kelembaban berada di bawah 80%RH ($H < 80\%RH$) maka pengontrol kelembaban akan menyala dan pengontrol akan mati ketika kelembaban sudah mencapai di atas 90%RH ($H > 90\%RH$).

3.2 Perancangan Blok Diagram Sistem

Pada perancangan alat diperlukan blok diagram sistem yang akan menjelaskan sistem secara garis besar. Blok diagram sistem akan ditunjukkan pada

Gambar 1 Blok Diagram Sistem



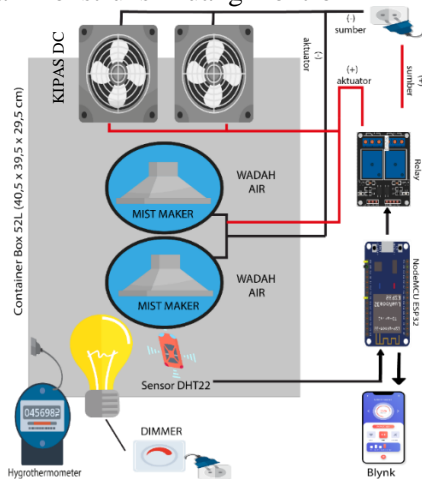
Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Set point pada penelitian ini adalah temperatur $< 28^{\circ}\text{C}$ OFF dan temperatur $> 30^{\circ}\text{C}$ OFF. Sementara untuk kelembaban $< 80\%RH$ ON dan kelembaban $> 90\%RH$ OFF. Sensor akan melaporkan hasil pendeteksian temperatur dan kelembaban aktual ke

mikrokontroler, selanjutnya mikrokontroler akan membandingkan hasil pendeteksian dengan nilai set point. Dari hasil perbandingan mikrokontroler dapat membuat keputusan pada mati dan nyalanya aktuator. Selama proses pengontrolan akan selalu mendeteksi nilai temperature dan kelembaban output (kondisi aktual yang dikontrol).

3.2 Perancangan Konstruksi Perangkat Kontrol

Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana desain mengenai ruangan pengontrol temperatur dan kelembaban. Berikut ini merupakan **Gambar 2** Rancangan Konstruksi Ruang Kontrol



Gambar 2 Rancangan Konstruksi Ruang Kontrol

Keterangan komponen sistem sebagai berikut :

1. *Container Box*, sebagai tempat atau ruang yang digunakan untuk pengontrolan dengan dimensi panjang 40,5 cm, lebar 39,5 cm, dan tinggi 29,5cm
2. *Hygothermometer*, sebagai pembanding nilai temperatur dan kelembaban dari sensor DHT22. *Probe hygthermometer* berada di dekat lampu pemanas pada sisi pojok *container box*.
3. *Dimmer*, sebagai alat bantu lampu pemanas degan mengatur nilai tegangan pada lampu, diletakan di luar *container box*.
4. Lampu pemanas, sebagai media pemanas ruang yang berguna dalam eksperimen untuk memvariasikan nilai temperature dan kelembaban pada ruang kontrol. Diletakan pada pada sisi pojok *container box*.
5. Sensor DHT22 sebagai alat pendeteksi nilai temperatur dan kelembaban pada perangkat ruang kontrol ini. Sensor DHT22 diletakan disisi pojok *container box* dekat dengan lampu pemanas.
6. NodeMCU ESP32, digunakan sebagai pengendali secara penuh pada perangkat kontrol ini. Dengan memproses hasil pendeteksian dari Sensor DHT22 dapat memberikan keluaran beberapa instruksi

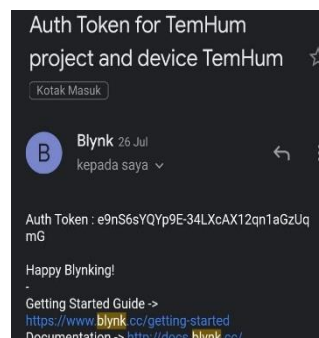
sesuai dengan instruksi yang telah diprogram. NodeMCU ESP32 diletakan di luar *container box*.

7. Relay pada perangkat kontrol ini berguna sebagai saklar untuk menyalakan dan mematikan Kipas DC maupun *Mist maker*. Relay bekerja sesuai dengan instruksi dari NodeMCU ESP32. Relay diletakan di luar *container box*.
8. Kipas DC, digunakan ketika temperatur tidak sesuai dengan nilai set point (temperatur > 30°C) sehingga kipas akan terus menyala hinga temperatur berada dibawah 30°C. Kipas DC bekerja berdasarkan masukan dari relay. Kipas DC berada di dalam *container box* disisi sebrang dari letak lampu pemanas.
9. *Mist Maker*, digunakan ketika kelembaban berada dibawah 80%RH dan akan terus aktif hingga kelembaban berada diatas 90%RH. *Mist maker* bekerja berdasarkan masukan dari relay. Letak *mist maker* berada di tengah bagian bawah dalam *container box*.
10. Blynk, merupakan sebuah *platform IoT* yang digunakan pada perangkat kontrol ini, blynk berguna untuk menampilkan nilai temperatur dan kelembaban hasil pendeteksian Sensor DHT22. *Blynk* berkerja dengan koneksi *wi-fi*, sehingga pengguna dapat melihat hasil pendeteksian dari mana saja, dan dapat melihat data hasil pendeteksian yang telah dilakukan. Tampilan *blynk* dapat dilihat dalam *smartphone* pengguna.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Koneksi Blynk

Pengujian ini dilakukan untuk menampilkan hasil pendeteksian di perangkat *Blynk* melalui jaringan *wi-fi*. Adapun hasil pengujian akan ditampilkan pada **Gambar 3** E-mail Dari *Blynk* dan **Gambar 4** Input Token Pada Arduino.

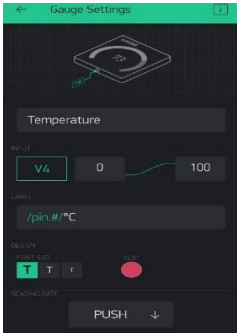


Gambar 3 E-mail Dari Blynk



Gambar 4 Input Token Pada Arduino

Hal pertama yang dilakukan dalam pengujian koneksi *blynk* adalah dengan membuat akun di aplikasi *blynk* pada smartphone, setelah membuat akun akan mendapat email dari *blynk* berupa *Auth Token* seperti pada **Gambar 3** E-mail Dari *Blynk* yang berguna untuk kode penghubung antara NodeMCU dengan aplikasi *blynk*. Token yang didapat akan diinputkan pada program di Aduino IDE bersama ssid dan *password* wifi seperti pada **Gambar 4** Input Token Pada Arduino.



Gambar 5 Widget Temperatur atau Suhu



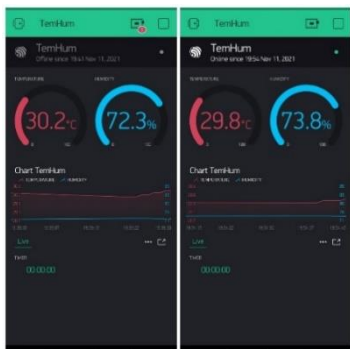
Gambar 6 Widget Kelembaban

```
Serial.println("Temperature : " + String(t));
Serial.println("Humidity : " + String(h));

Blynk.virtualWrite(V4, t);
Blynk.virtualWrite(V5, h);
delay(1000);
```

Gambar 7 Input Pin Virtual

Selanjutnya pastikan setiap pin virtual yang digunakan untuk *widget* seperti pada **Gambar 5** Widget Temperatur atau Suhu, pada *widget* temperatur pin virtual yang digunakan adalah pin virtual 4 dan pada *widget* kelembaban pin virtual yang digunakan adalah pin virtual 5. Setelah itu pada **Gambar 7** Input Pin Virtual tertulis *Blynk.VirtualWrite(V4, t)*, maka pin virtual 4 pada *blynk* akan membaca nilai data string *t*, *t* merupakan variabel temperatur. Untuk *Blynk.VirtualWrite(V5, h)* pin virtual 5 pada *blynk* akan membaca nilai data string *h*, *h* merupakan variabel *humidity* atau kelembaban.



Gambar 8 Tampilan Hasil Pendeteksian Pada Blynk

Dari **Gambar 8** Tampilan Hasil Pendeteksian Pada *Blynk* dapat dilihat perbedaan ketika *Blynk* berhasil terkoneksi dan gagal terkoneksi, ketika berhasil terkoneksi maka *Blynk* akan menampilkan status online.

4.2 Pengujian Sensor DHT22

Pengujian ini dilakukan dengan menentukan nilai deviasi, ketelitian, kesalahan, dan ketepatan.

4.2.1 Deviasi

Berikut ini merupakan **Tabel 1** Deviasi yang akan menunjukkan data.

Tabel 1 Deviasi

Pengukuran	DHT22		Deviasi ke N Temperatur ($ \bar{x} - x_i $)	Deviasi ke n Kelembaban ($ \bar{x} - x_i $)
	Temperatur (°C)	Kelembaban (%RH)		
1	42	50	5,89	13,50
2	41	53	4,89	10,50
3	40	56	3,89	7,50
4	38	59	1,89	4,50
5	36	62	0,11	1,50
6	35	65	1,11	1,50
7	34	68	2,11	4,50
8	33	71	3,11	7,50
9	32	74	4,11	10,50
10	30,1	77	6,01	13,50
Rata-rata (\bar{x})	36,11	63,50	3,31	7,50

Tahapan yang pertama kali dilakukan adalah dengan mencari rata-rata nilai temperatur dan kelembaban untuk dijadikan sebagai nilai tetap. Selanjutnya melakukan pengurangan antara nilai rata-rata data dengan setiap data pengukuran, hasil pengurangan disajikan dalam nilai mutlak. Dari hasil pengurangan didapatkan deviasi rata-rata pada temperature sebesar 3,31% dan untuk kelembaban 7,50%.

4.2.2 Ketelitian (presisi)

Dengan menggunakan persamaan (1) dan nilai deviasi yang didapat, nilai ketelitian yang didapat adalah :

$$\begin{aligned} \%Ketelitian\ Temperatur &= 100\% - 3,31\% \\ &= 96,69\% \\ \%Ketelitian\ Kelembaban &= 100\% - 7,50\% = \\ &= 92,50\% \end{aligned}$$

Untuk nilai ketelitian temperatur adalah sebesar 96,69% dan untuk kelembaban sebesar 92,50%.

4.2.3 Tingkat Kesalahan (error)

Adapun nilai hasil pengukuran dan perbandingan akan ditampilkan dalam **Tabel 2** Tingkat Kesalahan (*error*).

Tabel 2 Tingkat Kesalahan (*error*)

Pengukuran	DHT22		Pembanding		Kesalahan Temperatur	Kesalahan Kelembaban
	Temperatur (°C)	Kelembaban (%RH)	Temperatur (°C)	Kelembaban (%RH)		
1	42	50	44,4	47	5,41%	6,38%
2	41	53	43,5	45	5,75%	17,78%
3	40	56	42	44	4,76%	27,27%
4	38	59	49	62	22,45%	4,84%
5	36	62	37,7	64	4,51%	3,13%
6	35	65	36,4	55	3,85%	18,18%
7	34	68	35,3	62	3,68%	9,68%
8	33	71	33,6	73	1,79%	2,74%
9	32	74	32,7	74	2,14%	0,00%
10	30,1	77	30,6	78	1,63%	1,28%
\bar{x}	36,11	63,5	38,52	60,4	5,60%	9,13%

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (2) didapatkan rata-rata nilai kesalahan untuk pengukuran temperatur sebesar 5,60% dan rata-rata nilai kesalahan untuk pengukuran kelembaban sebesar 9,13%.

4.2.4 Ketepatan (akurasi)

Dari persamaan (3) nilai akurasi adalah sebagai berikut :

$$\%Ketepatan\ Temperatur = 100\% - 5,60\% = 94,4\%$$

$$\%Ketepatan\ Kelembaban = 100\% - 9,13\% = 90,87\%$$

Untuk nilai ketepatan pada temperatur adalah sebesar 94,4% dan nilai ketepatan pada kelembaban adalah sebesar 90,87%.

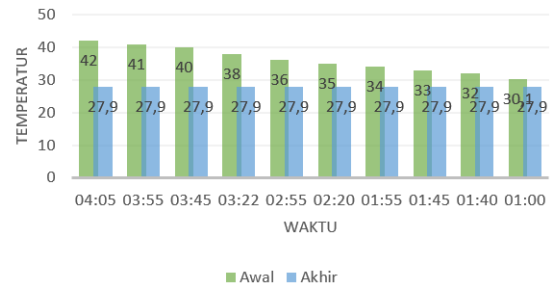
4.3 Pengujian Waktu Kontrol Temperatur

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu kontrol yang digunakan dalam pengontrolan temperatur. Pengujian dilakukan dengan mencatat waktu yang digunakan selama perangkat kontrol menurunkan nilai temperatur hingga nilai set point tercapai (temperatur < 28°C). Data hasil pengujian akan ditampilkan pada **Tabel 3** Waktu Kontrol Temperatur atau Suhu dan **Grafik 1** Waktu Kontrol Temperatur atau Suhu.

Tabel 3 Waktu Kontrol Temperatur atau Suhu

Waktu Kontrol Temperatur					
DHT 22		WAKTU	Rata-rata Waktu Kontrol per	Hygrothermometer	
Awal (°C)	Akhir (°C)		(1°C/Detik)	Awal (°C)	Akhir (°C)
42	27,9	04:05	17,4	44,4	29,8
41	27,9	03:55	17,9	43,5	29,4
40	27,9	03:45	18,6	42	29,5
38	27,9	03:22	20,0	49	29
36	27,9	02:55	21,6	37,7	29
35	27,9	02:20	19,7	36,4	28,9
34	27,9	01:55	18,9	35,3	29
33	27,9	01:45	20,6	33,6	28,8
32	27,9	01:40	24,4	32,7	28,9
30,1	27,9	01:00	27,3	30,6	28,5

Waktu Kontrol Temperatur



Grafik 1 Waktu Kontrol Temperatur atau Suhu

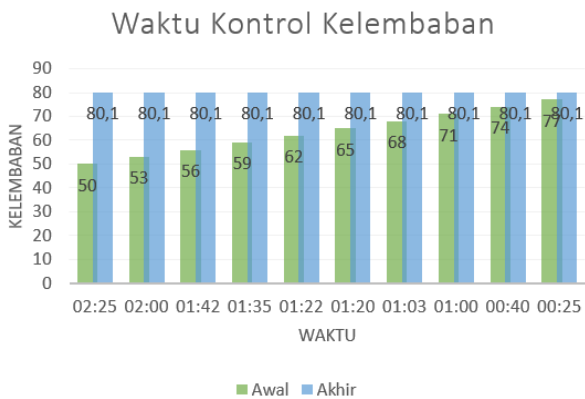
Dari hasil pengujian yang disajikan, didapatkan bahwa waktu kontrol terlama yaitu ketika temperatur awal 42°C dengan temperatur akhir 27,9°C yang memiliki selisih temperatur sebesar 14,1°C, adapun waktu kontrol yang diperlukan adalah selama empat menit lima detik, sementara untuk waktu kontrol tercepat saat temperatur awal 30,1°C dengan temperatur akhir 27,9°C yang memiliki selisih temperatur sebesar 2,2°C, adapun waktu yang diperlukan adalah selama satu menit. Untuk penurunan temperatur akan semakin memakan waktu ketika temperatur sudah mulai mendekati nilai set point.

4.4 Pengujian Waktu Kontrol Kelembaban

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu kontrol yang digunakan dalam pengontrolan kelembaban. Pengujian dilakukan dengan mencatat waktu yang digunakan selama perangkat kontrol menaikkan nilai kelembaban hingga nilai set point tercapai (kelembaban > 80%RH). Data hasil pengujian akan ditampilkan pada **Tabel 4** Waktu Kontrol Kelembaban dan **Grafik 2** Waktu Kontrol Kelembaban.

Tabel 4 Waktu Kontrol Kelembaban

Waktu Kontrol Kelembaban					
DHT 22		WAKTU	Rata-rata Waktu Kontrol per (1%RH / detik)	Hygrothermometer	
Awal (%RH)	Akhir (%RH)			Awal (%RH)	Akhir (%RH)
50	80,1	02:25	4,8	47	70
53	80,1	02:00	4,4	45	69
56	80,1	01:42	4,2	44	71
59	80,1	01:35	4,5	62	72
62	80,1	01:22	4,5	64	75
65	80,1	01:20	5,3	55	70
68	80,1	01:03	5,2	62	72
71	80,1	01:00	6,6	73	76
74	80,1	00:40	6,6	74	78
77	80,1	00:25	8,1	78	79



Grafik 2 Waktu Kontrol Kelembaban

Sementara untuk waktu kontrol tercepat saat kelembaban awal 77 %RH dengan kelembaban akhir 80,1%RH yang memiliki selisih kelembaban sebesar 3,1%RH, adapun waktu yang diperlukan adalah selama dua puluh lima detik. Untuk kenaikan kelembaban akan semakin memakan waktu ketika kelembaban sudah mulai mendekati nilai set point.

5 SIMPULAN

Dari hasil penelitian didapatkan nilai ketelitian, ketepatan, dan kesalahan pada alat ukur yang digunakan pada sistem, nilai tersebut akan ditampilkan dalam **Tabel 5** Kesimpulan Alat Ukur.

Tabel 5 Kesimpulan Alat Ukur

	Temperatur	Kelembaban
Ketelitian	96,69%	92,50%
Ketepatan	94,4%	90,87%
Kesalahan	5,60%	9,13%

Dengan nilai kesalahan tiap pengukuran temperatur $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ untuk temperatur dan kelembaban $\pm 5\%\text{RH}$ yang terdapat pada data sheet, artinya maksimum kesalahan rata-rata pada pengukuran temperatur ini adalah sebesar 1,33% dan 8,62% untuk kelembaban, sehingga kesalahan pada alat pengukuran ini telah melebihi batas maksimum. Dengan kata lain alat ukur ini kurang baik digunakan untuk sistem yang memerlukan tingkat ketepatan (akurasi) yang tinggi.

Untuk penurunan nilai temperatur akan lebih memerlukan waktu yang lebih banyak ketika nilai temperatur mulai mendekati nilai set point (di bawah 28°C) dibandingkan ketika penurunan terjadi jauh dari nilai set point. Untuk kenaikan nilai kelembaban akan lebih memerlukan waktu yang lebih banyak ketika nilai kelembaban mulai mendekati nilai set point (di atas 80%RH) dibandingkan ketika kenaikan jauh dari nilai set point.

KEPUSTAKAAN

- [1] Tandiono, Rusli, and Muslim, "Pengendalian Suhu dan Kelembaban pada Budidaya Jamur Tiram dengan Menggunakan Metode Kontrol Logika Fuzzy," *J. EECCIS (Electrics, Electron. Commun. Control. Informatics, Syst.*, vol. 10, no. 1, pp. 16–19, 2016, [Online]. Available: <http://jurnaleeccis.ub.ac.id/index.php/eccis/article/view/478/303>.
- [2] G. Fortino and P. Trunfio, *Internet of things based on smart objects: Technology, middleware and applications*. 2014.
- [3] J. Fraden, *Handbook of Modern Sensors*. 2016.
- [4] U. Oxford, *THE OXFORD DICTIONARY OF STATISTICAL TERMS*. 2003.
- [5] A. Jading, Reniana, and B. Ollin Paga, *Pengukuran dan Instrumentasi*. CV BUDI UTAMA, 2020.
- [6] R. S. Figliola and D. E. Beasley, "Theory and Design for Mechanical Measurements, Second Edition," *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 20, no. 3, pp. 386–387, 1995, doi: 10.1080/03043799508928292.