

## SISTEM MONITORING BERBASIS INTERNET OF THINGS PADA PROSES FERMENTASI BAWANG HITAM TERKAIT DENGAN PENGUKURAN SUHU KELEMBAPAN DAN BERAT

Ayub Osa Maulana Sukarno\*<sup>1</sup>, Solekhan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro Universitas Muria Kudus, [202152025@std.umk.ac.id](mailto:202152025@std.umk.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro Universitas Muria Kudus, [solekhan@umk.ac.id](mailto:solekhan@umk.ac.id)

### ABSTRAK

Bawang hitam merupakan produk olahan dari bawang putih yang memiliki banyak manfaat kesehatan dan nilai jual yang tinggi. Proses pembuatan bawang hitam memerlukan kondisi suhu, kelembapan, dan berat yang tepat untuk mencapai kualitas yang optimal. Namun, banyak petani yang masih menggunakan metode konvensional dalam proses fermentasi, yang sering kali mengakibatkan hasil yang tidak konsisten dan kurang efisien. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang dapat memantau parameter-parameter tersebut secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat monitoring suhu, kelembapan, dan berat pada proses pembuatan bawang hitam berbasis *Internet of Things* (IoT). Dengan menggunakan *mikrokontroler* Arduino dan ESP32, sistem ini dapat mengumpulkan data dari sensor NTC Thermistor, DHT22, dan *Load Cell*, serta mengirimkan informasi tersebut ke database Firebase untuk pemantauan secara *real-time*. Aplikasi yang dikembangkan menggunakan *MIT App Inventor* memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi fermentasi dari jarak jauh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring yang dirancang dapat berfungsi dengan baik, dengan tingkat akurasi sensor mencapai 98,8% untuk suhu, 97,2% untuk kelembapan, dan 96,06% untuk berat. Dengan adanya sistem ini, diharapkan proses pembuatan bawang hitam dapat dilakukan dengan lebih efisien dan menghasilkan produk yang berkualitas tinggi.

**Kata kunci** : Bawang Hitam, *Internet of Things*, Monitoring.

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang kaya dengan flora dan fauna yang beragam. Diantara tumbuhan yang dimiliki, salah satunya merupakan tumbuhan yang termasuk dalam golongan tumbuhan obat – obatan. Pada saat ini masyarakat mulai sadar dengan faktor kesehatan, sebagai obat maupun sebagai antimikroba mulai banyak digunakan. Salah satu tumbuhan yang mempunyai khasiat obat dan juga sebagai antimikroba adalah bawang putih [1].

Monitoring merupakan proses rutin untuk pengumpulan data dan pengukuran kemajuan atas suatu objek. Pemantauan perubahan yang terfokus pada proses dan keluaran [2].

Dengan mempertimbangkan berbagai masalah yang telah diuraikan, alat pembuatan bawang hitam menjadi solusi yang tepat untuk mengurangi risiko kegagalan dalam proses pembuatan bawang hitam. Namun, jika

hanya dilakukan deteksi tanpa adanya pemantauan yang komprehensif, kita tidak dapat melihat hasil dari pengukuran suhu, kelembapan, serta berat selama proses pembuatan bawang hitam.

Oleh karena itu, penulis berencana untuk mengembangkan sistem monitoring pembuatan bawang hitam berbasis *Internet of Things* (IoT), dengan menggunakan Arduino sebagai otak utama yang terhubung secara serial dengan ESP32 untuk pemrosesan data. Sistem ini akan memanfaatkan berbagai sensor untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan. Parameter yang digunakan meliputi sensor thermistor untuk mendeteksi suhu, sehingga suhu dapat dipantau secara real time melalui IoT. Sensor DHT22 akan berfungsi sebagai pendeteksi kelembapan, sementara load cell digunakan untuk mengukur berat bawang hitam yang sedang diproses.

Dalam sistem monitoring ini, data pembacaan sensor akan menggunakan teknologi *Internet of Things*, dengan memanfaatkan Firebase sebagai database dan *MIT App Inventor* sebagai *platform* yang menampilkan data secara real time melalui smartphone. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi bawang hitam secara efektif dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk memastikan kualitas produk yang dihasilkan.

## 1.2 Penelitian Sebelumnya

Penelitian pertama diambil dari jurnal yang berjudul “*Black Garlic: Processing, Composition Change, and Bioactivity*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi teknik pengolahan bawang putih menjadi bawang hitam, menganalisis perubahan komposisi yang terjadi selama proses pemanasan, serta menyelidiki sifat bioaktif dari bawang hitam. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan berat antara bawang putih dan bawang hitam; dengan membandingkan berat awal dan akhir, ditemukan bahwa terjadi penurunan berat sebesar 64% dan penurunan kadar air yang mencapai satu hingga dua kali lipat. Pengujian dilakukan pada suhu 60°C dengan kelembapan relatif 90% selama 45 hari [3].

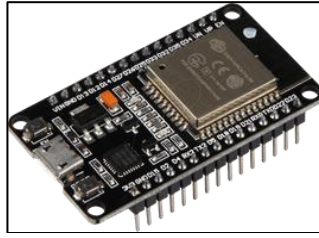
Penelitian kedua berasal dari sebuah jurnal yang berjudul “Perancangan Sistem Monitoring Suhu Ruangan Fermentasi Bawang Hitam Berbasis Mikrokontroler”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan alat otomatis yang dapat memantau suhu dan kelembapan selama proses fermentasi bawang putih, yang sangat penting untuk menghasilkan bawang putih hitam berkualitas tinggi. Sistem pemantauan ini dirancang agar dapat terintegrasi dengan aplikasi *seluler*, sehingga pengguna dapat mengakses data secara real-time dari jarak jauh. Alat ini menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R2 yang terhubung dengan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan di dalam ruang fermentasi bawang putih. Data yang diperoleh dari sensor kemudian dikirim melalui *Wi-Fi* ke aplikasi seluler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor DHT11 memiliki tingkat akurasi yang tinggi, mencapai sekitar 99,3% untuk pembacaan suhu dan kelembapan. Selama proses fermentasi, suhu yang terukur berada di kisaran 60°C, sementara tingkat kelembapan berkisar antara 29% hingga 50% [4].

Penelitian ketiga berasal dari sebuah jurnal yang berjudul “Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis *Internet of Things* (IoT)”. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan suhu dan kelembapan dengan memanfaatkan perangkat NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan aplikasi Blynk sebagai *platform* monitoring. Sistem ini menggunakan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan, yang datanya dikirimkan melalui konektivitas *Wi-Fi* ke aplikasi seluler. Selain itu, sistem dilengkapi dengan *buzzer* sebagai alarm ketika suhu melampaui batas tertentu, yaitu 40°C. Hasil implementasi menunjukkan bahwa perangkat ini bekerja secara *real-time* dan akurat, mendukung pemantauan kondisi lingkungan secara efisien [5].

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 ESP32

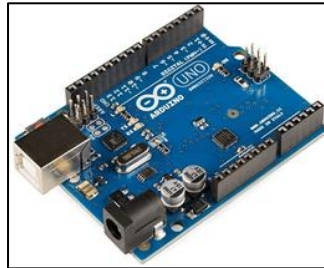
Modul *mikrokontroler* ini merupakan perangkat terintegrasi yang menawarkan berbagai fitur lengkap dan kinerja tinggi. Sebagai pengembangan dari modul WiFi yang terkenal, ESP8266, ESP32 diperkenalkan oleh *Espressif Systems* sebagai generasi penerusnya. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan modul WiFi yang terintegrasi dalam chip, sehingga sangat ideal untuk pengembangan aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) [6].



Gambar 1. NodeMCU ESP32 [6].

## 2.2 Arduino

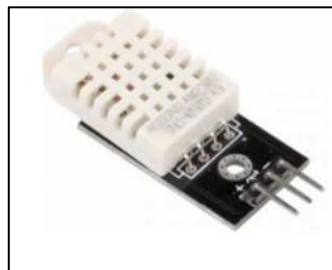
Arduino memanfaatkan *Software Processing* untuk menulis program yang akan diunggah ke dalam perangkat. Processing adalah hasil penggabungan antara bahasa pemrograman C++ dan Java. *Software* Arduino dapat diinstal pada berbagai *operating system* (OS) seperti LINUX, MacOS, dan Windows. Arduino lebih dari sekadar alat pengembangan, ia merupakan kombinasi dari perangkat keras, bahasa pemrograman, dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE ini berfungsi sebagai perangkat lunak yang sangat penting untuk menulis program, mengompilasinya menjadi kode biner, dan mengunggahnya ke memori mikrokontroler [7].



Gambar 2. Arduino [7].

## 2.3 Sensor Kelembapan DHT22

Sensor DHT22 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban, dengan output yang berupa sinyal digital [8]. Prinsip operasional sensor DHT22 didasarkan pada penggunaan termistor Negative Coefisien Temperature (NTC), di mana nilai resistansi sensor memiliki hubungan terbalik dengan peningkatan suhu. Ketika suhu di sekitar sensor meningkat, nilai resistansi NTC akan berkurang. Sebaliknya, ketika suhu menurun, nilai resistansi akan meningkat. Sensor ini menghasilkan output dalam bentuk sinyal digital, yang kemudian dibaca oleh mikrokontroler. Mikrokontroler akan mengolah data tersebut untuk memberikan pengukuran suhu dalam derajat celsius dan kelembaban relatif dalam persentase. Dengan cara ini, DHT22 dapat memberikan informasi akurat mengenai kondisi lingkungan sekitarnya.

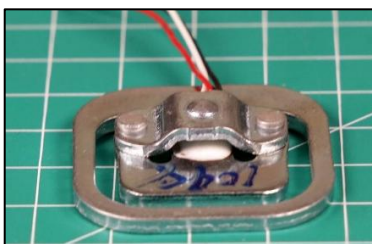


Gambar 3. Sensor DHT22 [8]

## 2.4 Sensor Berat Load Cell

Load cell adalah alat yang berfungsi mengubah gaya atau beban menjadi sinyal yang dapat diukur. Di antara berbagai jenis *load cell*, *strain gauge load cell* adalah yang paling umum digunakan. Alat ini berfungsi untuk mengubah gaya atau beban menjadi sinyal listrik yang sebanding. *Strain gauge load cell* dirancang untuk mengukur dengan akurat berat statis. Ketika gaya diterapkan pada load cell, perubahan resistansi pada strain

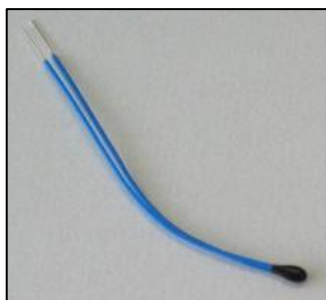
gauge akan menghasilkan tegangan yang sesuai. Banyak *load cell* yang memanfaatkan *strain gauge* dengan konfigurasi jembatan *wheatstone* empat lengan untuk meningkatkan akurasi pengukuran[9].



Gambar 4. Sensor Berat Load Cell [10].

## 2.5 Sensor Suhu Termistor NTC (*Negative Coefisien Temperature*)

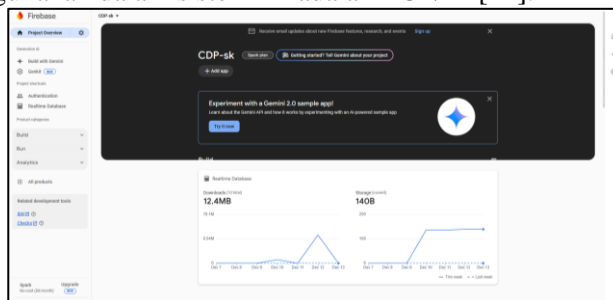
Termistor NTC (*Negative Coefisien Temperature*) adalah jenis sensor suhu yang memiliki sifat di mana nilai resistansinya berkurang ketika suhu meningkat. Sensor ini terbuat dari bahan semikonduktor, seperti oksida logam (contohnya kobalt, nikel, dan mangan), yang diproses menjadi bentuk kecil seperti wafer atau pelet, kemudian dipanaskan pada suhu tinggi [11].



Gambar 5. Sensor Suhu Termistor NTC (*Negative Coefisien Temperature*) [11].

## 2.6 *Firestore*

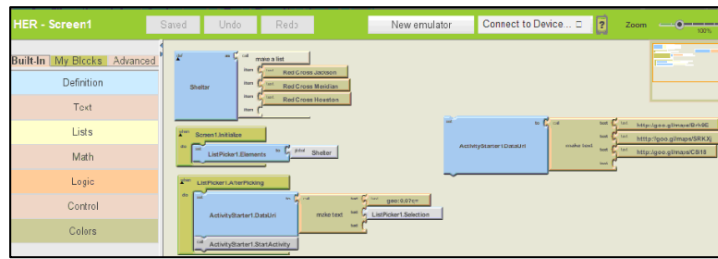
*Firestore* adalah layanan database real-time yang disediakan oleh Google dan sering dimanfaatkan oleh para peneliti untuk mendukung pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) (Alhomsi et al., 2017). Pengendalian perangkat elektronik dilakukan melalui ponsel pintar (*mobile phone*) dengan memanfaatkan komunikasi nirkabel (*wireless*). Dalam sistem ini, modul ESP32 terhubung ke access point sebagai perantara komunikasi. Agar ponsel dapat mengontrol perangkat elektronik, ponsel tersebut harus terhubung ke internet. Protokol komunikasi yang digunakan dalam sistem ini adalah TCP/IP [12].



Gambar 6. Tampilan *Firestore* (Dokumentasi Peneliti)

## 2.7 *MIT App Inventor*

*MIT App Inventor* adalah bahasa pemrograman berbasis blok *visual*. Ini awalnya produk Google, namun kemudian dirilis sebagai perangkat lunak sumber terbuka yang dikelola oleh *Massachusetts Institute of Technology*. *MIT App Inventor* memungkinkan *nonprogrammers* untuk membuat aplikasi *mobile* untuk perangkat yang menjalankan sistem operasi Android dan mampu mengembangkan semua jenis aplikasi, tidak hanya animasi [13].

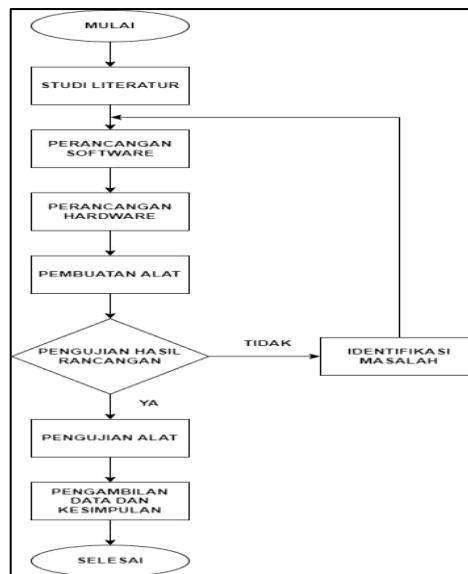


Gambar 6. Tampilan MIT App Inventor [13]

### 3 METODOLOGI

#### 3.2 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengadopsi pendekatan *Research and Development (R&D)*. Penelitian R&D melibatkan kegiatan riset dasar untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan, diikuti dengan tahap pengembangan untuk menciptakan produk dan menguji efektivitasnya. Peneliti menyajikan langkah-langkah tersebut dalam bentuk diagram alur yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Flowchart Metodologi Penelitian (Dokumentasi Peneliti)

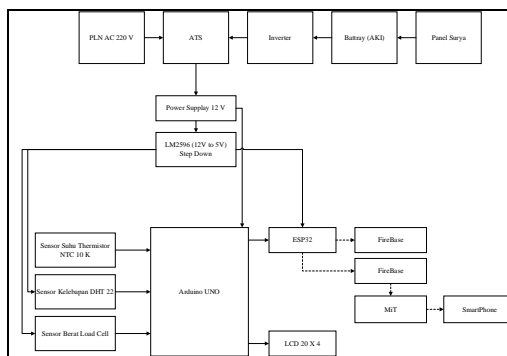
Pada Gambar 7, ditampilkan flowchart yang menggambarkan metodologi penelitian. Proses dimulai dengan studi literatur, terutama melalui observasi terhadap berbagai penelitian yang relevan dengan topik ini. Penelitian - penelitian tersebut memberikan wawasan mengenai pembuatan desain *hardware*. Selanjutnya, proses berlanjut dengan pengembangan desain *software*. Setelah desain *software* selesai, tahap berikutnya adalah melakukan pengujian terhadap hasil rancangan. Jika ditemukan masalah selama pengujian, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah tersebut. Setelah semua masalah teratasi, proses dilanjutkan dengan merakit seluruh perangkat. Setelah alat terpasang, dilakukan pengujian ulang hingga semua masalah yang ada pada alat dapat diselesaikan.

#### 3.3 Metodologi Penelitian

Blok diagram merupakan representasi *visual* yang menggambarkan struktur dasar dari rangkaian sistem yang akan dirancang. Setiap bagian dalam blok diagram memiliki fungsi spesifik yang berkontribusi terhadap keseluruhan sistem. Dengan menggunakan blok diagram, peneliti dapat dengan mudah memahami interaksi antar komponen dan alur kerja sistem secara keseluruhan.

Adapun blok diagram dari sistem yang dirancang dapat dilihat pada gambar 7 Gambar tersebut menunjukkan berbagai komponen dan hubungan antar bagian dalam sistem, sehingga memudahkan dalam proses perancangan

dan pengembangan lebih lanjut. Pastikan untuk menyertakan gambar 7 yang relevan untuk memberikan ilustrasi yang jelas mengenai sistem yang dimaksud.



Gambar 7. Blok Diagram (Dokumentasi Peneliti)

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pembuatan Alat

Hasil perancangan alat monitoring pembuatan bawang hitam melibatkan beberapa sensor, yaitu NTC Thermistor untuk parameter suhu, DHT22 untuk parameter kelembapan, dan LoadCell untuk parameter berat. Sistem ini dikontrol menggunakan Arduino Uno sebagai kontrol utama, sedangkan ESP32 berperan sebagai pemancar data berbasis IoT. Kedua mikrokontroler tersebut berkomunikasi secara serial melalui pin RX dan TX. Panel kendali alat ini dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah.

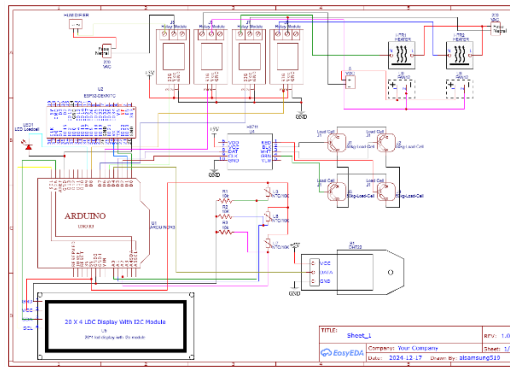


Gambar 8. Panel Kendali (Dokumentasi Peneliti)

Gambar 7 menunjukkan hasil perancangan panel kendali. Pada perangkat ini terdapat catu daya yang berfungsi sebagai pengendali utama untuk beberapa komponen, yaitu ESP32, Arduino, DHT22, NTC Thermistor, dan *load cell*. Selain itu, terdapat rangkaian inverter yang digunakan untuk mengubah tegangan DC dari panel surya menjadi tegangan AC. Perangkat ini juga dilengkapi dengan baterai yang berfungsi sebagai penyimpanan daya sementara.

### 4.2 Rangkain Skematik

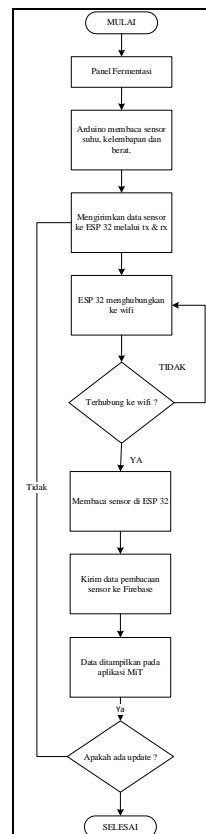
Untuk gambar rangkaian skematik monitoring dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Skematik (Dokumentasi Peneliti)

Pada gambar 3. 4 menunjukkan flowchart aliran sistem secara keseluruhan dalam penelitian ini. Proses dimulai dengan menyalakan panel fermentasi bawang hitam. Setelah itu, sensor suhu, kelembaban, dan berat di dalam ruang fermentasi akan mengirimkan data ke arduino. Data tersebut kemudian diteruskan ke ESP32 melalui komunikasi serial RX-TX. Selanjutnya, ESP32 mengirimkan data ke database melalui koneksi Wi-Fi. MIT App Inventor yang telah dirancang kemudian mengambil atau mengunduh data dari database. Data yang diperoleh akan ditampilkan dalam aplikasi sebagai dasar untuk memantau suhu, kelembaban, dan berat dalam ruang fermentasi.

Jika ada perubahan maka proses Kembali ke sensor suhu, kelembaban dan berat akan mengidentifikasi perubahan tersebut dan mengalir hingga update akan terlihat pada aplikasi MIT App Inventor yang telah dibuat.



Gambar 10. Flowchart Perancangan Sistem (Dokumentasi Peneliti)

### 4.3 Pengujian Sensor

Melalui perbandingan hasil pengukuran ini, diperoleh selisih nilai antara sensor dan alat ukur, yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai error. Data error ini dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui tingkat akurasi sensor. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung persentase kesalahan (error) dan akurasi alat.

$$\text{Error (\%)} = \left( \frac{\text{selisih antara sesnor dan alat ukur}}{\text{alat ukur}} \right) \times 100\% \quad [14]$$

$$\text{Akurasi(\%)} = 100 - \text{Error} \quad [14]$$

#### 4.4 Perancangan Tampilan MIT App Inventor

Pada tahap ini, penulis sedang merancang platform MIT App Inventor yang akan digunakan. Perancangan MIT App Inventor dilakukan berdasarkan hasil pembacaan nilai dari sensor. Tampilan yang dibuat diharapkan memungkinkan seseorang yang berada jauh dari perangkat untuk memantau pembacaan nilai sensor yang terdapat di dalam alat tersebut. Gambar 3.5 memperlihatkan desain dashboard untuk platform MIT App Inventor.



Gambar 11. Tampilan Platform MIT App Inventor (Dokumentasi Peneliti)

Pada halaman ini berisi beberapa parameter untuk menampilkan perubahan data secara real-time seperti suhu dalam satuan celcius, kelembapan dalam satuan persen dan berat dalam satuan kilogram.

#### 4.5 Pengujian Sensor

Hasil pengujian perbandingan sensor NTC *Thermistor* dan alat ukur dalam mengukur suhu ditunjukkan oleh Tabel 1, perbandingan sensor DHT22 dan alat ukur dalam mengukur suhu ditunjukkan oleh Tabel 2 dan perbandingan sensor *load cell* dan alat ukur dalam mengukur suhu ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 1 Hasil Perbandingan pada Sensor NTC Thermistor

Uji Coba	Nilai Suhu HTC-2 Hygrometer (°C)	Nilai Suhu NTC Thermistor (°C)	Error (%)	Akurasi (%)
1	30,5	30,56	0,2	99,8
2	31	31,62	2,0	98,0
3	32	32,57	1,8	98,2
4	33,1	33,65	1,7	98,3
5	33,9	34,40	1,5	98,5
6	34,3	34,85	1,6	98,4
7	35	35,18	0,5	99,5
8	35	35,18	0,5	99,5
9	35	35,62	1,8	98,2
10	36,1	36,40	0,8	99,2
Rata - Rata			1,2	98,8

Berdasarkan Tabel 1 dengan melakukan pengujian setiap kondisi sebanyak 3 kali maka diketahui nilai pengukuran suhu oleh HTC-2 Hygrometer dan alat ukur memiliki nilai hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa selisih antara hasil pengukuran sensor dengan alat ukur memiliki selisih sedikit. Rata – rata error antara nilai pembacaan sensor dengan alat ukur yaitu sebesar 1,2 dan nilai akurasi sebesar 98,8 % .

Tabel 2 Hasil Perbandingan Senor DHT22

Uji Coba	Nilai Suhu HTC-2 Hygrometer (%)	Nilai Kelembapan DHT22 (%)	Error (%)	Akurasi (%)
1	74	78	5,4	94,6
2	74	78,50	6,1	93,9
3	75	77,10	2,8	97,2
4	73	77,90	6,7	93,3
5	72	71,20	1,1	98,9
6	71	71	0,0	100,0
7	71	70,50	0,7	99,3
8	70	70,30	0,4	99,6
9	68	69,40	2,1	97,9
10	67	68,80	2,7	97,3
Rata – Rata			2,8	97,2

Kelembapan berdasarkan Tabel 2 diuji dengan melakukan pengukuran sensor sebanyak 3 kali pada setiap kondisi. Dari pengujian tersebut, diketahui bahwa nilai pembacaan sensor dan alat ukur memiliki sedikit perbedaan. Rata-rata error antara nilai pembacaan sensor dengan alat ukur adalah sebesar 2,8 %, dan tingkat akurasi mencapai 97,2 %. Berdasarkan data dalam Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa sensor DHT22 berfungsi dengan baik.

Tabel 3 Hasil Perbandingan Sensor Load Cell

Uji Coba	Nilai Berat Load Cell (Gram)	Nilai Berat Timbangan Digital (Gram)	Error (%)	Akurasi (%)
1	439	441	0,45	99,55
2	41	41	0,00	100,00
3	43	44	2,27	97,73
4	85	87	2,30	97,70
5	98	100	2,00	98,00
6	8	10	20	80,00
7	236	237	0,42	99,58
8	42	44	4,55	95,45
9	110	112	1,79	98,21
10	67	71	5,63	94,37
Rata – Rata			3,94	96,06

Berat berdasarkan Tabel 3 diuji dengan melakukan pengukuran sensor sebanyak 3 kali pada setiap kondisi. Dari pengujian tersebut, diketahui bahwa nilai pembacaan sensor dan alat ukur memiliki sedikit perbedaan. Rata-rata error antara nilai pembacaan sensor dengan alat ukur adalah sebesar 3,94 %, dan tingkat akurasi mencapai 96,06 %. Berdasarkan data dalam Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa sensor load cell berfungsi dengan baik.

#### 4.6 Pengujian Monitoring dengan Parameter Suhu

Berdasarkan Tabel 4, sistem monitoring suhu telah berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Ketika suhu yang terdeteksi berada di bawah nilai setelan (setting point), pemanas (heater) dan kipas akan aktif (ON) untuk menaikkan suhu. Sebaliknya, saat suhu mendekati atau mencapai nilai setelan, kedua perangkat tersebut secara otomatis mati (OFF). Dari hasil pengamatan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring suhu bekerja dengan baik dan sesuai dengan desain yang telah dirancang.

Tabel 4 Pengujian Monitoring dengan Parameter Suhu

Waktu	Setting Point	Suhu(°C)
12.00	60°C	28°C
12.30	60°C	40°C
13.00	60°C	47°C
13.30	60°C	56°C
14.00	60°C	60°C
14.30	60°C	61°C
15.00	60°C	59°C
15.30	60°C	60°C
16.00	60°C	62°C
16.30	60°C	58°C
17.00	60°C	61°C
17.30	60°C	59°C
18.00	60°C	61°C

#### 4.7 Pengujian Monitoring dengan Parameter Kelembapan

Berdasarkan Tabel 5, sistem pengaturan kelembapan untuk fermentasi bawang hitam telah berfungsi dengan baik. Sistem ini bekerja sesuai dengan nilai kelembapan yang telah ditetapkan, yaitu 80%. Saat sensor DHT22 mendeteksi kelembapan di bawah 80%, humidifier akan aktif untuk meningkatkan kelembapan di dalam box fermentasi. Sebaliknya, ketika kelembapan mencapai atau melebihi 80%, humidifier otomatis mati. Hal ini membuktikan bahwa sistem monitoring dan pengendalian kelembapan bekerja sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan.

Tabel 4. 5 Pengujian Monitoring dengan Parameter Kelembapan

Waktu	Setting Point	Kelembapan (%)
12.00	80	81
12.30	80	79
13.00	80	82
13.30	80	78
14.00	80	80
14.30	80	81
15.00	80	76
15.30	80	79
16.00	80	84
16.30	80	77
17.00	80	80
17.30	80	79
18.00	80	84

#### 4.8 Pengujian Monitoring dengan Parameter Kelembapan

Berdasarkan Tabel 6, sistem monitoring berat untuk fermentasi bawang hitam telah berfungsi dengan baik. Sistem ini bekerja sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan, yaitu penurunan berat sebesar 50%. Saat sensor load cell mendeteksi penurunan berat mencapai atau melebihi 50%, LED akan menyala sebagai indikator bahwa batas penurunan berat telah tercapai. Sebaliknya, jika penurunan berat masih di bawah 50%, LED akan tetap mati (OFF) secara otomatis. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem monitoring dan pengendalian berat berjalan sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan.

Tabel 4. 6 Pengujian Monitoring dengan Parameter Berat

Hari	Setting Point	Berat (Kg)
1	5	10

2	5	10
3	5	10
4	5	9
5	5	9
6	5	9
7	5	8
8	5	8
9	5	8
10	5	7
11	5	7
12	5	6
13	5	6
14	5	5

## 5 KESIMPULAN.

Berdasarkan perancangan dan pembuatan alat monitoring pembuatan bawang hitam berbasis *Internet of Things* dengan kendali utama Arduino dan ESP32, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor suhu *thermistor*, sensor kelembapan DHT22, dan sensor berat load cell dapat mendeteksi perubahan kondisi dengan andal, yakni suhu 60°C, kelembapan 80%, dan penurunan berat hingga 50% dari berat awal. Pembacaan sensor yang stabil membuktikan keandalan sistem dalam memantau proses pembuatan bawang hitam. Selain itu, aplikasi monitoring yang dikembangkan dengan *MIT App Inventor* mampu mengakses dan menampilkan data sensor secara *real-time* melalui *Realtime Database Firebase*, memungkinkan pemantauan jarak jauh menggunakan *smartphone*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Moulia NM, Syarief R, Iriani ES, Kusumaningrum HD, Suyatma NE. Antimikroba Ekstrak Bawang Putih. *Jurnal Pangan* 2018;27:55–66. <https://doi.org/10.33964/jp.v27i1.399>.
- [2] Few S. *Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication Of Data*. Aufl. O'Reilly & Associates; 2006.
- [3] Jing H. Black Garlic: Processing, Composition Change, and Bioactivity. *EFood* 2020;1:242–6. <https://doi.org/10.2991/efood.k.200617.001>.
- [4] Murtadlo MA, Wibowo DW, Rokhman S, Amirulloh RP, Floresko SC, Alhamda S. Perancangan Sistem Monitoring Suhu Ruangan Fermentasi Bawang Hitam Berbasis Mikrokontroler. *Edu Komputika Journal* 2019;6:68–74. <https://doi.org/10.15294/edukomputika.v6i2.36151>.
- [5] Hidayat D, Sari I, others. Monitoring Suhu Dan Kelembaban Berbasis Internet Of Things (Iot). *Jurnal Teknologi Dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP)* 2021;4:525–30. <https://doi.org/10.34012/jutikomp.v4i1.1676>.
- [6] Ali MI, Wibowo SA, Sasmito AP. Keamanan Brankas Menggunakan E-Ktp Dan Notifikasi Via Telegram Berbasis Iot (Internet of Things). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* 2021;5:589–96. <https://doi.org/10.36040/jati.v5i2.3793>.
- [7] Azizah SN. Implementasi Sistem Absensi Pegawai Menggunakan Mac Address Smartphone Dengan Sensor Bluetooth Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Explore IT: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik Informatika* 2019;11:20–8. <https://doi.org/10.35891/explorit.v11i1.1473>.
- [8] Sangian JR, Poekoel VC, Litouw J, Robot RF. Pengendalian Kelembaban Ruang Pengereng Hibrida Pada Proses Pengerengan Bawang Merah. *Teknik Elektro Dan Komputer* 2019;8:51–8. <https://doi.org/10.35313/fluida.v12i2.1596>.

- [9] Majid A, Androva A, Mukhtar A. Rancang Bangun Instrumentasi Load Cell Strain Gauge Half Bridge Pada Dynamometer Prony Brake Dengan Sistem Monitoring Lcd 16x4 Display Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Cross-Border* 2023;6:834–42.
- [10] Ajibola OOE, Sunday OO, Eyehorua DO. Development Of Automated Intravenous Blood Infusion Monitoring System Using Load Cell Sensor. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 2018;22:1557–61. <https://doi.org/10.4314/jasem.v22i10.04>.
- [11] Aminu KT, Jumba AG, Jimoh AA, Shehu A, Halilu BD, Baraza SA, et al. NTC Thermistor Performance and Linearization of its Temperature-Resistance Characteristics Using Electronic Circuit. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering* 2020;06:35–49. <https://doi.org/10.31695/ijasre.2020.33854>.
- [12] Nyoman I, Hartawan B, Sudiarsa W. Analisis Kinerja Internet Of Things Berbasis Firebase Real-Time Database. | *Jurnal RESISTOR* *JURNAL RESISTOR* 2019;1:6–17. <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v2i1.371>.
- [13] Hasan MA, Nasution N, Setiawan D. Game Bola Tangkis Berbasis Android Menggunakan App Inventor. *Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi Digital Zone* 2017;8:160–9. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v8i2.641>.
- [14] Cahyono BE, Utami ID, Lestari NP, Oktaviany NS, Fisika J, Tegalboto UJK, et al. Karakterisasi Sensor LDR dan Aplikasinya pada Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika* 2019;7:179–86. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v7i2.2247>.