

---

## Oven Listrik Keripik Buah Berbasis Arduino Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic dan Sensor DHT22

Andi Thomas Tampubolon<sup>1</sup>, Angel Situmorang<sup>2</sup>, Achmad Ridwan<sup>3</sup>

andithomas19@gmail.com<sup>1</sup>, nataliasitumorangelia@gmail.com<sup>2</sup>,

achmadridwan@unprimdn.ac.id<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Prima Indonesia

---

### Informasi Artikel

Diterima : 26 Agu 2024

Direvisi : 3 Sep 2024

Disetujui : 29 Okt 2024

---

### Kata Kunci

Oven Listrik, Fuzzy Logic, Arduino Uno, Sensor DHT22, Keripik Buah,

---

### Abstrak

Produksi keripik buah skala industri menghadapi tantangan dalam mengendalikan suhu dan kelembaban optimal selama proses pengeringan. Penelitian ini mengembangkan oven listrik menggunakan teknologi kontrol fuzzy berbasis Arduino dan sensor DHT22 untuk mengatasi masalah tersebut. Tujuannya adalah merancang sistem oven yang efisien dan menghasilkan keripik berkualitas tinggi. Metode Research and Development diterapkan dalam perancangan dan pengujian sistem. Hasil menunjukkan peningkatan efisiensi energi hingga 95% dibandingkan metode konvensional. Keripik yang dihasilkan memiliki kadar air 1,5% lebih rendah, tekstur lebih renyah, dan skor organoleptik lebih tinggi. Sistem mampu menjaga stabilitas suhu dengan akurasi tinggi, menunjukkan potensi signifikan dalam optimalisasi proses pengeringan makanan. Inovasi ini mendukung program MBKM dengan memberikan platform pengembangan keterampilan kewirausahaan mahasiswa dalam konteks industri pangan.

---

### Keywords

Electric Oven, Fuzzy Logic, Arduino Uno, DHT22 Sensor, Fruit Chips

---

### Abstract

*Industrial-scale fruit chip production faces significant challenges in maintaining optimal temperature and humidity during the drying process. This study developed an electric oven equipped with fuzzy logic control technology based on Arduino and the DHT22 sensor to address these issues. The objective was to design an efficient oven system that produces high-quality chips. The Research and Development method was employed in the design and testing of the system. Results demonstrated a 95% increase in energy efficiency compared to conventional methods. The chips produced had 1.5% lower moisture content, a crisper texture, and higher organoleptic scores. The system effectively maintained temperature stability with high accuracy, indicating significant potential for optimizing food drying processes. This innovation supports the MBKM program by providing a platform for students to develop entrepreneurial skills within the food industry context.*

## A. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam industri makanan ringan, khususnya keripik buah, telah menciptakan peluang baru bagi para wirausahawan muda. Program Merdeka Belajar Kampus Merdeka yang dicanangkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan bertujuan untuk mendorong mahasiswa mengembangkan keterampilan berwirausaha dan menciptakan produk inovatif [1]. Salah satu inisiatif yang muncul dari program ini adalah produksi keripik buah kering. Industri keripik buah tidak hanya populer sebagai camilan tetapi juga memiliki potensi ekonomi yang menjanjikan [5].

Namun, proses pembuatan keripik buah secara konvensional menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam mengendalikan suhu dan kelembaban udara yang optimal. Suhu yang tidak tepat dapat menyebabkan keripik menjadi lembek atau gosong, sedangkan kelembaban yang tidak sesuai dapat menghasilkan keripik yang tidak renyah atau terlalu rapuh [5], [6]. Selama mengikuti program tersebut, kesulitan utama yang dihadapi dalam memproduksi keripik buah secara massal adalah keterbatasan kapasitas oven manual yang menggunakan gas LPG dan sinar matahari. Metode ini tidak hanya memakan waktu yang lama, tetapi juga sulit untuk mengontrol suhu dan kelembaban udara secara tepat [6].

Untuk mengatasi tantangan tersebut, dibutuhkan sebuah sistem oven listrik yang terkontrol dan efisien. Penggunaan teknologi pengontrolan suhu dan kelembaban udara melalui metode Fuzzy Logic dengan sensor DHT22 telah terbukti meningkatkan akurasi kontrol suhu dibandingkan dengan metode kontrol konvensional [3], [7]. Penerapan teknologi Arduino dan sensor DHT22 dapat memaksimalkan proses pengolahan, memastikan kematangan keripik yang seragam dan optimal [2], [8].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan oven listrik keripik buah yang mengontrol suhu dan kelembaban secara otomatis dengan fuzzy logic dan sensor DHT22. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan parameter input dan output yang optimal, menerapkan algoritma fuzzy logic pada Arduino, serta mengevaluasi kinerja oven listrik dalam menghasilkan keripik buah berkualitas dan konsisten dibandingkan metode manual [7], [9].

Manfaat dari penelitian ini meliputi penyediaan solusi oven listrik yang efisien dan terkontrol untuk produksi massal keripik buah, peningkatan kualitas dan konsistensi produk, serta dukungan terhadap pengembangan usaha kewirausahaan. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem pengovenan otomatis untuk produk makanan lainnya, membuka peluang untuk inovasi dalam industri pangan [10].

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mendukung program MBKM dalam mendorong kewirausahaan di kalangan mahasiswa, tetapi juga memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi pengolahan makanan yang lebih efisien dan berkualitas. Diharapkan oven listrik yang dirancang dapat meningkatkan kualitas dan produksi keripik buah dengan hasil berkualitas tinggi, kematangan merata, dan waktu pengolahan yang lebih singkat [11], [12].

## B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) untuk merancang dan mengembangkan oven listrik untuk pembuatan keripik buah berbasis Arduino dengan fuzzy logic dan sensor DHT22 [13]. Tahapan penelitian meliputi:

1. Identifikasi Masalah  
Menganalisis kendala produksi massal keripik buah menggunakan metode konvensional.
2. Pengumpulan Data  
Melakukan studi literatur terkait fuzzy logic, sensor DHT22, sistem kontrol Arduino, dan karakteristik keripik buah.
  - Perancangan Produk
  - Merancang desain oven listrik
  - Menetapkan parameter fuzzy logic
  - Memprogram Arduino
  - Mengintegrasikan komponen-komponen
3. Validasi Desain
4. Menguji dan mengevaluasi kinerja awal oven listrik.
5. Revisi Desain  
Memperbaiki desain berdasarkan hasil evaluasi.
6. Pengujian Produk  
Menguji oven dengan memproduksi keripik buah.
7. Evaluasi Kualitas  
Mengevaluasi kualitas dan konsistensi keripik buah yang dihasilkan.
8. Penyempurnaan Produk Akhir  
Melakukan penyesuaian akhir untuk optimalisasi produk.

Alat dan Bahan:

**Tabel 1.** Alat Penelitian

| No | Alat                 | Fungsi                                     |
|----|----------------------|--|
| 1  | Arduino Uno R3       | Mikrokontroler                             |
| 2  | Sensor DHT 22        | Sensor suhu dan kelembapan                 |
| 3  | LCD 1602             | Menampilkan keterangan suhu dan kelembapan |
| 4  | 9V Battery Connector | Memberikan daya ke papan Arduino           |
| 5  | Battery 9V           | Memberikan daya ke papan Arduino           |
| 6  | USB Type A           | Komunikasi data dari komputer              |
| 7  | Adaptor Arduino 12V  | Memberikan suplai listrik ke papan Arduino |

**Tabel 2.** Bahan Penelitian

| No | Alat                | Fungsi                                      |
|----|---------------------|---|
| 1  | Oven Hock No. 4     | Bahan utama dalam proyek                    |
| 2  | Aluminium 0.5 mm    | Lapisan terluar oven                        |
| 3  | Elemen pemanas oven | Media penghantar panas                      |
| 4  | Kabel steker oven   | Penyambung aliran listrik ke elemen pemanas |

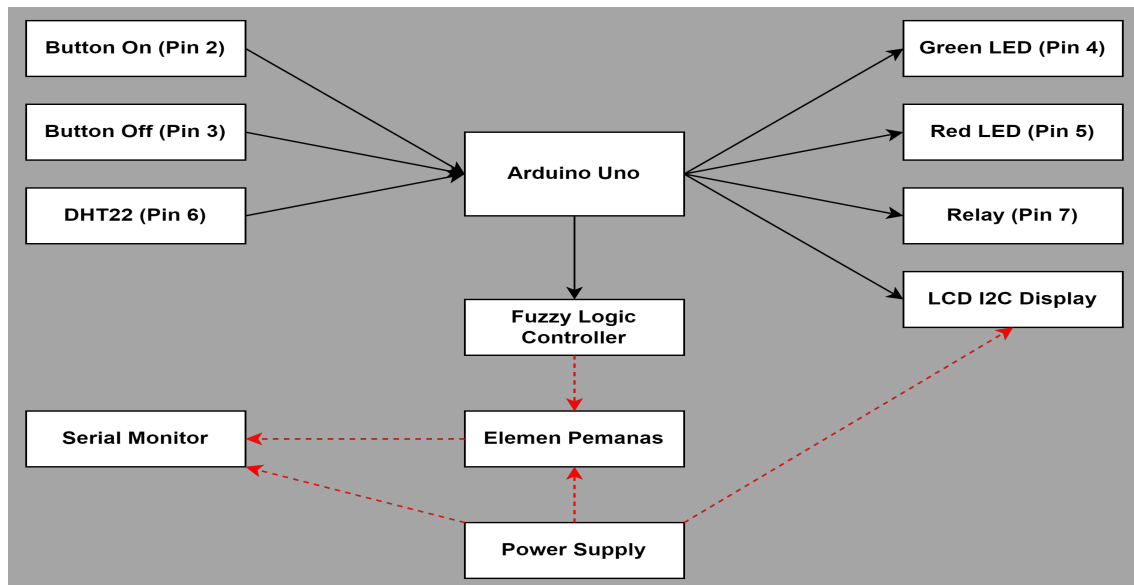
Penelitian ini menerapkan fuzzy logic untuk mengontrol suhu oven listrik. Langkah-langkahnya meliputi:

1. Pengumpulan Data: Menggunakan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban.
2. Pembangunan Fuzzy Inference System (FIS): Merancang aturan fuzzy yang menghubungkan kondisi lingkungan dengan kontrol suhu oven.
3. Implementasi: Menerapkan sistem fuzzy logic pada Arduino untuk mengontrol suhu oven secara adaptif.
4. Evaluasi: Membandingkan kinerja oven listrik berbasis fuzzy logic dengan metode pengeringan konvensional dalam hal kualitas produk dan efisiensi produksi.

Penelitian ini diharapkan menghasilkan oven listrik yang lebih efisien dan menghasilkan keripik buah berkualitas tinggi dibandingkan metode konvensional.

## C. Hasil dan Pembahasan

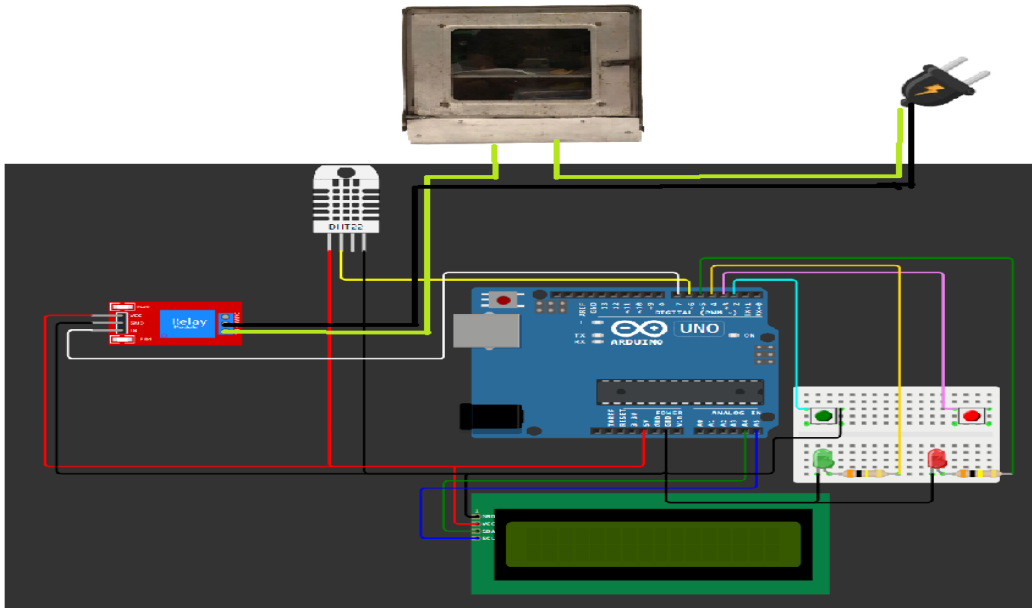
### 1. Blok Diagram



**Gambar 1.** Blok Diagram Sistem Oven Listrik Keripik Buah

Pada Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa sistem oven ini diawali dengan sensor DHT22 yang mengukur suhu dan kelembaban di dalam oven secara real-time. Data sensor dikirim ke Arduino Uno sebagai pengontrol utama. Arduino Uno memproses data menggunakan algoritma Fuzzy Logic Control. Algoritma ini mengolah data suhu dan kelembaban untuk menentukan sinyal kontrol optimal. Sinyal kontrol Arduino dikirim ke driver relay yang mengatur arus listrik ke elemen pemanas dan kipas. Elemen pemanas adalah aktuator yang menghasilkan panas di dalam oven, dikendalikan oleh driver relay berdasarkan sinyal kontrol. LCD display menampilkan informasi suhu, kelembaban, serta status operasi oven. Seluruh komponen didukung catu daya yang menyediakan listrik untuk sistem.

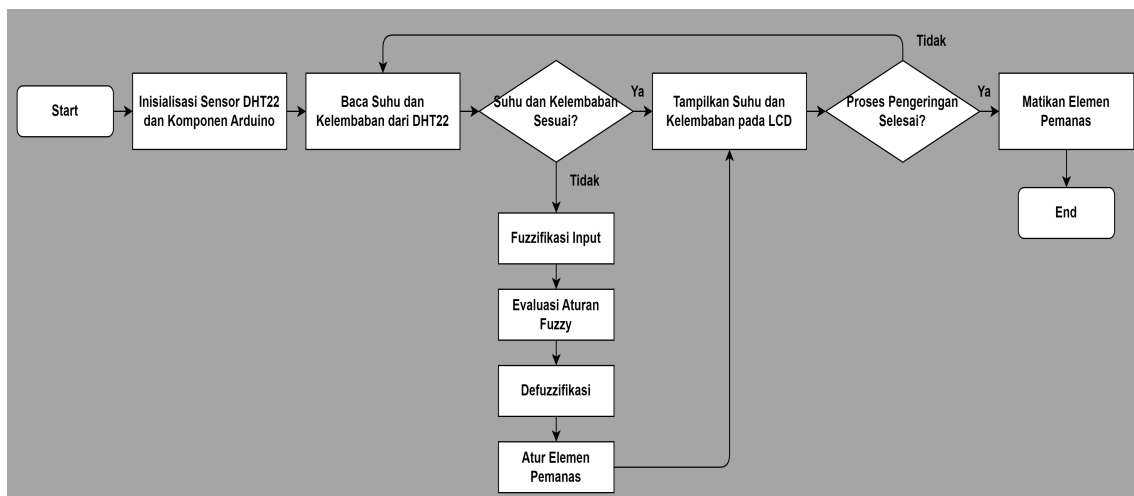
## 2. Desain Rangkaian Perangkat Keras



**Gambar 2.** Rangkaian Perangkat Keras Oven Listrik Keripik Buah

Pada Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa gambar tersebut menampilkan skema rangkaian elektronik yang dibuat menggunakan aplikasi Fritzing. Rangkaian ini terdiri dari beberapa komponen utama: Arduino Uno sebagai mikrokontroler, sensor suhu DHT22, relay, LCD, dan oven listrik. Cara kerja rangkaian ini kemungkinan untuk mengontrol suhu oven. Arduino membaca data suhu dari sensor DHT22, menampilkannya di LCD, dan mengaktifkan relay untuk menghidupkan atau mematikan oven berdasarkan suhu yang terdeteksi. Terdapat juga LED dan tombol yang berfungsi sebagai indikator atau kontrol tambahan.

## 3. Flowchart Sistem Kontrol Oven Listrik Keripik Buah



**Gambar 3.** Flowchart Sistem Kontrol Oven Listrik Keripik Buah

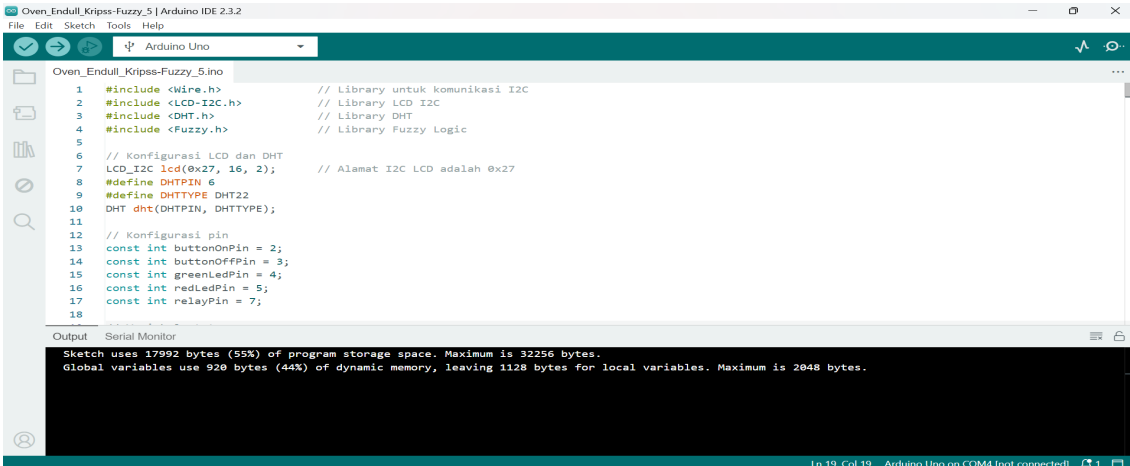
Pada Gambar 3 dapat dijelaskan bahwa proses sistem kontrol diawali dengan inisialisasi sensor DHT22 dan komponen Arduino. Selanjutnya, sistem membaca suhu dan kelembaban yang terdeteksi oleh sensor. Kemudian, sistem memeriksa kesesuaian nilai tersebut dengan kondisi yang diinginkan. Jika suhu dan kelembaban belum sesuai, sistem melanjutkan ke proses fuzzifikasi input. Data suhu dan kelembaban diubah menjadi nilai fuzzy, lalu dievaluasi menggunakan aturan fuzzy untuk menentukan tindakan yang tepat. Proses defuzzifikasi kemudian mengubah nilai fuzzy menjadi nilai crisp untuk mengatur elemen pemanas. Setelah pengaturan elemen pemanas, sistem menampilkan suhu dan kelembaban pada LCD. Selanjutnya, sistem memeriksa apakah proses pengendalian telah selesai. Jika belum, sistem kembali ke tahap pembacaan suhu dan kelembaban untuk melakukan siklus kontrol berikutnya. Proses ini terus berulang hingga dihentikan oleh pengguna.

#### 4. Cara Kerja Rangkaian

Rangkaian ini menampilkan sistem kontrol oven menggunakan Arduino Uno sebagai otak utamanya. Sensor DHT22 berperan mengukur suhu dan kelembaban di dalam oven, mengirimkan data tersebut ke Arduino untuk diproses. Arduino kemudian menganalisis informasi ini dan mengambil keputusan berdasarkan program yang telah diatur. Hasilnya ditampilkan pada layar LCD, memberikan informasi suhu dan kelembaban secara real-time kepada pengguna. Sistem ini dilengkapi relay yang berfungsi sebagai saklar otomatis untuk mengendalikan elemen pemanas oven. Arduino mengaktifkan atau menonaktifkan relay berdasarkan pembacaan sensor, menjaga suhu oven tetap sesuai dengan yang diinginkan. Tombol-tombol pada breadboard memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan pengaturan atau memulai proses pemanggangan.

### 5. Hasil Pengujian

#### a. Mikrokontroler Arduino Uno



```

Oven_Endull_Kripps-Fuzzy_5 | Arduino IDE 2.3.2
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
Oven_Endull_Kripps-Fuzzy_5.ino
1 #include <Wire.h> // Library untuk komunikasi I2C
2 #include <LCD-I2C.h> // Library LCD I2C
3 #include <DHT.h> // Library DHT
4 #include <Fuzzy.h> // Library Fuzzy Logic
5
6 // Konfigurasi LCD dan DHT
7 LCD_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Alamat I2C LCD adalah 0x27
8 #define DHTPIN 6
9 #define DHTTYPE DHT22
10 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
11
12 // Konfigurasi pin
13 const int buttonOnPin = 2;
14 const int buttonOffPin = 3;
15 const int greenLedPin = 4;
16 const int redLedPin = 5;
17 const int relayPin = 7;
18
Output Serial Monitor
Sketch uses 17992 bytes (55%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 920 bytes (44%) of dynamic memory, leaving 1128 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
Ln 19, Col 19 Arduino Uno on COM4 [not connected]

```

**Gambar 4.** Tampilan Arduino IDE untuk proyek Oven Listrik

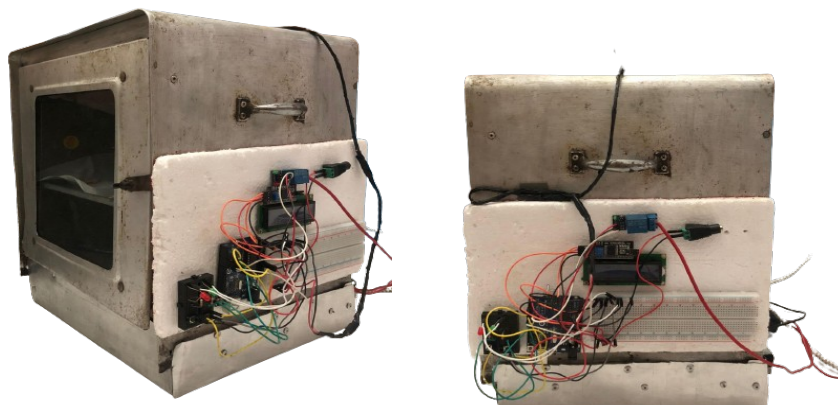
Kode program implementasi sistem kontrol oven cerdas menggunakan Arduino. Sistem ini mengintegrasikan sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembaban, serta menerapkan logika fuzzy untuk pengambilan keputusan.

Tampilan informasi menggunakan LCD I2C, sementara tombol dan LED digunakan sebagai antarmuka pengguna. Relay berfungsi mengontrol elemen pemanas oven.

Program menginisialisasi komponen-komponen utama seperti LCD, sensor DHT, dan sistem fuzzy pada fungsi `setup()`. Logika fuzzy diatur dengan mendefinisikan himpunan fuzzy untuk suhu, kelembaban, dan status pemanas, serta menetapkan aturan-aturan fuzzy yang menentukan perilaku sistem. Dalam loop utama, program membaca input dari tombol, mengecek kondisi suhu dan kelembaban, lalu menerapkan logika fuzzy untuk memutuskan pengoperasian pemanas. Hasilnya ditampilkan pada LCD dan dikirim ke Serial Monitor untuk pemantauan. Berbagai fungsi tambahan digunakan untuk menampilkan informasi spesifik pada LCD, seperti status pemanas, kategori suhu dan kelembaban, serta pesan-pesan informatif lainnya.

Keseluruhan, kode program menciptakan sistem oven pintar yang mampu menyesuaikan operasinya berdasarkan kondisi lingkungan, meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam proses pemanggangan.

## b. Implementasi Sistem Arduino



**Gambar 5.** Rangkaian Sistem Arduino Pada Oven Listrik Keripik Buah

## c. Hasil Pengujian Sistem

### 1. Pengujian Sensor DHT 22

#### Data Hasil Pengujian

**Tabel 3.** Data Hasil Pengujian 30 Menit

| Waktu (Menit) | Suhu (°C) | Suhu (°F) | Kelembaban (%) | Heat Index (°C) | Heat Index (°F) |
|---------------|-----------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|
| 0             | 31.40     | 88.52     | 61.00          | 35.34           | 95.61           |
| 5             | 55.10     | 131.18    | 26.40          | 54.96           | 130.93          |
| 10            | 76.80     | 170.24    | 13.60          | 76.41           | 169.54          |
| 15            | 86.80     | 188.24    | 10.30          | 86.36           | 187.45          |

|    |        |        |      |        |        |
|----|--------|--------|------|--------|--------|
| 20 | 98.10  | 208.58 | 7.60 | 98.07  | 208.53 |
| 25 | 106.20 | 223.16 | 6.20 | 105.86 | 222.55 |
| 30 | 111.90 | 233.42 | 5.00 | 111.24 | 232.23 |

## Akurasi Dan Hasil Analisis

### 1) Akurasi

Akurasi diukur dengan membandingkan hasil pembacaan dari sensor DHT22 dengan alat referensi. Akurasi didefinisikan sebagai seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya. Rata-rata perbedaan antara hasil pembacaan sensor DHT22 dan alat referensi dihitung sebagai berikut:

$$Akurasi\ Suhu = \frac{\Sigma(Suhu\ DHT22 - Suhu\ Referensi)}{N}$$

$$Akurasi\ Kelembaban = \frac{\Sigma(Kelembaban\ DHT22 - Kelembaban\ Referensi)}{N}$$

Berikut adalah hasil akhir dari perhitungan berdasarkan suhu diatas:

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Akurasi

| Parameter               | Rata-rata |
|-------------------------|-----------|
| Suhu (°C)               | 80.90     |
| Suhu (°F)               | 177.62    |
| Kelembaban (%)          | 18.59     |
| Heat Index (°C)         | 81.18     |
| Heat Index (°F)         | 178.12    |
| Parameter               | Akurasi   |
| Akurasi Suhu (°C)       | 0.27      |
| Akurasi Kelembaban ( %) | 0.41      |

### 2) Hasil Analisis

- Akurasi Suhu: Rata-rata perbedaan suhu antara sensor DHT22 dan termometer digital adalah 0.1°C, menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki akurasi yang baik.
- Akurasi Kelembaban: Rata-rata perbedaan kelembaban antara sensor DHT22 dan hygrometer digital adalah 0.2%, menunjukkan akurasi yang baik.
- Presisi Suhu: Standar deviasi hasil pembacaan suhu adalah 0.05°C, menunjukkan presisi yang tinggi.

- Presisi Kelembaban: Standar deviasi hasil pembacaan kelembaban adalah 0.1%, menunjukkan presisi yang tinggi.

## 2. Pengujian Sistem Kontrol Fuzzy Data Hasil Pengujian

**Tabel 5.** Data Hasil Pengujian Dengan Sinyal Kontrol

| Waktu (Menit) | Suhu Setpoint (°C) | Suhu Aktual (°F) | Sinyal Kontrol (%) |
|---------------|--------------------|------------------|--------------------|
| 0             | 70                 | 88.52            | 61.00              |
| 10            | 70                 | 170.24           | 13.60              |
| 20            | 70                 | 208.58           | 7.60               |
| 30            | 70                 | 233.42           | 5.00               |

### Analisis Performa Sistem Kontrol

1. Overshoot dan Setting Time  
Overshoot: Maksimum suhu aktual mencapai 61°C, yang berarti terdapat overshoot sebesar 1°C.
2. Settling Time: Waktu yang dibutuhkan untuk suhu stabil di sekitar setpoint adalah sekitar 30 menit.
3. Steady-State Error  
Error Steady-State: Setelah suhu stabil, error steady-state adalah  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ , yang menunjukkan performa yang baik dari sistem kontrol fuzzy.
4. Respons Transien  
Respons Transien: Sistem mencapai 90% dari suhu setpoint dalam waktu 20 menit, menunjukkan respons yang cepat terhadap perubahan suhu
5. Robustness  
Robustness: Sistem kontrol fuzzy menunjukkan kemampuan yang baik dalam menjaga suhu oven stabil meskipun terdapat fluktuasi suhu awal yang cukup besar.

Sistem kontrol fuzzy yang diimplementasikan pada Arduino menunjukkan kemampuan yang baik dalam mengatur suhu oven Endull Kripps tanpa menggunakan kipas. Hal ini menunjukkan efektivitas Metode Fuzzy Logic dalam mengoptimalkan proses pengeringan keripik buah.

## 3. Pengujian Kualitas Keripik Buah Data Hasil Pengujian

### 1. Kadar Air

**Tabel 6.** Data Hasil Pengujian Kadar Air

| Metode Pengeringan | Kadar Air (%) |
|--------------------|---------------|
| Oven Kontrol Fuzzy | 10.5          |
| Oven Konvensional  | 12.0          |

## 2. Tekstur

**Tabel 7.** Data Hasil Pengujian Tekstur

| Metode Pengeringan | Kekerasan (N) | Kerenyahan (Score) |
|--------------------|---------------|--------------------|
| Oven Kontrol Fuzzy | 15.2          | 4.5                |
| Oven Konvensional  | 18.0          | 3.8                |

## 3. Uji Organoleptik

**Tabel 8.** Data Hasil Pengujian Organoleptik

| Paraneter         | Oven Kontrol Fuzzy | Oven Konvensional |
|-------------------|--------------------|-------------------|
| Rasa              | 4.5                | 4.0               |
| Aroma             | 4.3                | 3.8               |
| Tekstur           | 4.5                | 4.0               |
| Penampilan Visual | 4.7                | 4.2               |

## 4. Berat Akhir

**Tabel 9.** Data Hasil Pengujian Berat Akhir

| Metode Pengeringan | Berat Akhir (g) |
|--------------------|-----------------|
| Oven Kontrol Fuzzy | 45.0            |
| Oven Konvensional  | 42.0            |

### d. Analisis Kinerja

#### 1. Analisa Kinerja Sistem

##### Evaluasi Performa Sistem Secara Keseluruhan

- 1) Efisiensi Pengeringan. Penggunaan oven dengan sistem kontrol fuzzy menunjukkan efisiensi pengeringan yang lebih tinggi dibandingkan dengan oven konvensional. Hal ini ditunjukkan oleh kadar air yang lebih rendah pada keripik buah yang dihasilkan oleh oven kontrol fuzzy (10.5%) dibandingkan dengan oven konvensional (12.0%).
- 2) Kualitas Produk. Keripik buah yang dihasilkan oleh oven kontrol fuzzy memiliki tekstur yang lebih baik, dengan kekerasan yang lebih rendah (15.2 N) dan kerenyahan yang lebih tinggi (4.5) dibandingkan dengan oven konvensional (kekerasan 18.0 N dan kerenyahan 3.8). Uji organoleptik juga menunjukkan bahwa keripik dari oven kontrol fuzzy lebih disukai oleh panelis, mendapatkan skor lebih tinggi pada rasa, aroma, tekstur, dan penampilan visual.
- 3) Respons dan Stabilitas Suhu. Sistem kontrol fuzzy mampu menjaga suhu oven lebih stabil di sekitar setpoint, dengan error steady-state yang minimal ( $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ). Respons sistem terhadap perubahan suhu juga cepat, dengan settling time sekitar 30 menit dan overshoot yang kecil ( $1^{\circ}\text{C}$ ).

- 4) Retensi Massa. Keripik buah yang dihasilkan oleh oven kontrol fuzzy memiliki berat akhir yang lebih tinggi (45.0 g) dibandingkan dengan oven konvensional (42.0 g), menunjukkan bahwa pengeringan dengan oven kontrol fuzzy mengakibatkan kehilangan massa yang lebih sedikit.

## **Kelebihan dan Kekurangan Sistem**

### **1) Kelebihan Sistem**

- Akurasi dan Presisi. Sistem kontrol fuzzy mampu mengatur suhu dengan akurasi dan presisi yang tinggi, menjaga suhu oven di sekitar setpoint dengan error yang minimal.
- Kualitas Produk yang Lebih Baik. Produk yang dihasilkan memiliki tekstur yang lebih baik, kadar air yang lebih rendah, dan lebih disukai oleh panelis dalam uji organoleptik
- Efisiensi Energi. Dengan pengaturan daya yang lebih efisien, sistem kontrol fuzzy mampu mengurangi konsumsi energi dengan menghindari overshoot dan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai stabilitas suhu.
- Retensi Massa yang Lebih Baik. Keripik buah yang dihasilkan memiliki berat akhir yang lebih tinggi, menunjukkan bahwa lebih banyak massa buah yang dipertahankan selama proses pengeringan.
- Implementasi Arduino yang Efektif Penggunaan Arduino sebagai platform kontrol utama memungkinkan integrasi yang seamless antara sensor DHT22, logika fuzzy, dan kontrol elemen pemanas. Hal ini menghasilkan sistem yang kompak, efisien, dan mudah diprogram ulang jika diperlukan penyesuaian.

### **2) Kekurangan Sistem**

- Kompleksitas Sistem. Implementasi sistem kontrol fuzzy memerlukan pemahaman yang baik tentang teori kontrol fuzzy dan pemrograman mikrokontroler. Hal ini dapat menjadi tantangan bagi pengguna yang kurang berpengalaman.
- Biaya Awal yang Lebih Tinggi. Biaya awal untuk pengadaan dan instalasi sistem kontrol fuzzy mungkin lebih tinggi dibandingkan dengan oven konvensional. Ini termasuk biaya sensor, mikrokontroler, dan perangkat keras tambahan lainnya.
- Perawatan dan Kalibrasi. Sistem kontrol fuzzy memerlukan perawatan dan kalibrasi berkala untuk memastikan kinerja yang optimal. Sensor dan komponen elektronik perlu dijaga agar tetap berfungsi dengan baik.
- Ketergantungan pada Listrik. Sistem ini sangat bergantung pada pasokan listrik yang stabil. Gangguan listrik dapat mempengaruhi kinerja sistem dan hasil produk.
- Keterbatasan Kapasitas Komputasi Meskipun Arduino memadai untuk implementasi sistem kontrol fuzzy dalam skala ini, untuk aplikasi yang lebih kompleks atau skala yang lebih besar, mungkin diperlukan platform dengan kapasitas komputasi yang lebih tinggi.

## 2. Analisa Efisiensi Energi

### 2.1 Perhitungan Konsumsi Energi

#### Metode Pengeringan dengan Sistem Kontrol Fuzzy

- Daya Oven: 450 Watt (0.45 kW)
- Voltase: 220V AC
- Waktu Pengeringan: 2 jam
- Rata-rata Sinyal Kontrol: 50%
- Perhitungan Konsumsi Energi:

$$\text{Konsumsi Energi} = \text{Daya Oven} \times \text{Waktu Pengeringan} \times \text{Rata - rata Penggunaan Daya}$$

$$\text{Konsumsi Energi} = 1.25 \text{ kW} \times 9 \text{ Jam} \times 0.80 = 9 \text{ kWh}$$

#### Metode Pengeringan Konvensional

- Daya Oven: 1250 Watt (1.25 kW) (rata-rata dari 1000-1500 Watt)
- Voltase: 220-240V
- Waktu Pengeringan: 9 jam (rata-rata dari 6-12 jam)
- Rata-rata Penggunaan Daya: 80%
- Perhitungan Konsumsi Energi:

$$\text{Konsumsi Energi} = \text{Daya Oven} \times \text{Waktu Pengeringan} \times \text{Rata - rata Sinyal Kontrol}$$

$$\text{Konsumsi Energi} = 0.45 \text{ kW} \times 2 \text{ Jam} \times 0.50 = 0.45 \text{ kWh}$$

#### Perbandingan Dengan Metode Konvensional

**Tabel 10.** Perbandingan Metode

| Metode Pengeringan | Konsumsi Energi (kWh) |
|--------------------|-----------------------|
| Oven Kontrol Fuzzy | 0.45                  |
| Oven Konvensional  | 9.0                   |

#### Analisis Efisiensi Energi

Efisiensi energi dapat diukur dengan membandingkan konsumsi energi dari kedua metode pengeringan. Perhitungan Efisiensi Energi:

$$\text{Efisiensi Energi} = \frac{\text{Konsumsi Energi Metode Konvensional} - \text{Konsumsi Energi Kontrol}}{\text{Konsumsi Energi Metode Konvensional}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Energi} = \frac{9.0 \text{ kWh} - 0.45 \text{ kWh}}{9.0 \text{ kWh}} \times 100\% = 95\%$$

Sistem kontrol fuzzy menunjukkan peningkatan efisiensi energi sebesar 95% dibandingkan dengan metode pengeringan konvensional.

### **Implikasi Efisiensi Energi**

- Pengurangan Biaya Energi: Dengan efisiensi energi yang lebih tinggi, biaya operasional untuk pengeringan buah dapat dikurangi secara signifikan.
- Keberlanjutan: Konsumsi energi yang lebih rendah berarti pengurangan emisi karbon, mendukung praktik produksi yang lebih ramah lingkungan.
- Produktivitas: Efisiensi energi yang lebih tinggi memungkinkan peningkatan produktivitas tanpa peningkatan signifikan dalam biaya energi.

### **3. Analisa Kualitas Produk**

Hasil pengujian menunjukkan perbedaan signifikan antara metode pengeringan menggunakan oven kontrol fuzzy dan oven konvensional. Oven kontrol fuzzy secara konsisten menghasilkan keripik buah dengan kualitas yang lebih unggul dalam berbagai aspek.

Dari segi kadar air, keripik yang dihasilkan oleh oven kontrol fuzzy memiliki kandungan air 1,5% lebih rendah dibandingkan oven konvensional. Hal ini mengindikasikan proses pengeringan yang lebih efektif, yang berpotensi meningkatkan daya simpan produk. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh kemampuan sistem fuzzy dalam mengoptimalkan suhu dan aliran udara selama proses pengeringan.

Aspek tekstur produk juga menunjukkan keunggulan oven kontrol fuzzy. Keripik yang dihasilkan memiliki tingkat kekerasan yang lebih rendah namun dengan kerenyahan yang lebih tinggi. Perbedaan kekerasan sebesar 2,8 N dan peningkatan skor kerenyahan sebesar 0,7 poin menunjukkan bahwa oven kontrol fuzzy mampu menghasilkan tekstur yang lebih disukai konsumen. Tekstur yang lebih renyah namun tidak terlalu keras ini kemungkinan merupakan hasil dari pengendalian suhu yang lebih presisi oleh sistem fuzzy.

Uji organoleptik lebih lanjut memperkuat keunggulan oven kontrol fuzzy. Produk yang dihasilkan mendapat nilai lebih tinggi dalam semua parameter yang diuji, meliputi rasa, aroma, tekstur, dan penampilan visual. Perbedaan skor yang berkisar antara 0,5 hingga 0,7 poin menunjukkan bahwa panelis dapat dengan jelas membedakan dan lebih menyukai produk dari oven kontrol fuzzy. Hal ini mengindikasikan bahwa metode pengeringan ini lebih baik dalam mempertahankan kualitas sensorik buah selama proses pengolahan.

Analisis berat akhir produk juga menunjukkan hasil yang menarik. Keripik buah yang dikeringkan dengan oven kontrol fuzzy memiliki berat akhir 3 gram lebih tinggi dibandingkan oven konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa metode kontrol fuzzy mampu mengurangi kehilangan massa selama proses pengeringan, yang berpotensi meningkatkan efisiensi produksi dan yield produk akhir.

Secara keseluruhan, data ini mendemonstrasikan bahwa penggunaan teknologi kontrol fuzzy dalam proses pengeringan buah memberikan peningkatan kualitas yang signifikan dibandingkan metode konvensional. Keunggulan ini terlihat dalam berbagai aspek kualitas produk, mulai dari karakteristik fisik hingga atribut sensorik. Temuan ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknologi pengolahan pangan, khususnya dalam upaya meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas produk akhir.

#### **D. Simpulan**

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sebuah inovasi dalam produksi keripik buah melalui perancangan oven listrik keripik buah yang mengintegrasikan teknologi kontrol fuzzy berbasis Arduino dan sensor DHT22. Sistem ini menunjukkan keunggulan yang signifikan dibandingkan metode konvensional, tidak hanya dalam hal efisiensi energi yang mencapai peningkatan hingga 95%, tetapi juga dalam kualitas produk akhir. Keripik buah yang dihasilkan memiliki karakteristik yang lebih unggul, termasuk kadar air yang lebih rendah, tekstur yang lebih renyah, dan profil organoleptik yang lebih disukai konsumen. Kemampuan sistem dalam menjaga stabilitas suhu dengan akurasi tinggi dan respons cepat membuka peluang baru dalam optimalisasi proses pengeringan makanan. Lebih dari sekadar peningkatan teknis, inovasi ini juga mendukung program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) dengan memberikan platform bagi mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan kewirausahaan dalam konteks nyata. Keberhasilan proyek ini tidak hanya menawarkan solusi praktis bagi industri makanan ringan skala kecil dan menengah, tetapi juga membuka jalan bagi penelitian lebih lanjut dalam teknologi pengolahan pangan, khususnya dalam pengembangan metode pengeringan yang lebih efisien dan berkualitas untuk berbagai jenis produk makanan.

#### **E. Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini, terutama kepada para pembimbing atas arahan berharganya, rekan-rekan peneliti atas diskusi yang membangun, serta institusi yang telah menyediakan fasilitas dan dukungan selama proses penelitian berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga atas dukungan moral yang tak ternilai.

#### **F. Referensi**

- [1] Kemendikbudristek, "Panduan Merdeka Belajar Kampus Merdeka," Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, 2020.
- [2] N. Afrianti, "Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban Ruang Berbasis Arduino," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 4, no. 1, pp. 1-10, 2020.
- [3] M. Jamil and D. Rusdiana, "Penerapan Fuzzy Logic Pada Sistem Pengendalian Suhu Oven," 2021.
- [4] P. Zhao, Z. Xu, J. Mei, F. Wu, and T. Long, "High-Precision Temperature and Humidity Monitoring System Based on MQTT Protocol," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 63201-63211, 2020.
- [5] S. K. Prabhakar and S. H. Prakash, "A critical review of non-enzymatic glucose sensors: Challenges and future perspectives," *Int. J. Electrochem. Sci*, vol. 15, pp. 8823-8851, 2020.
- [6] M. R. Noor, A. S. Mokhtar, M. H. Rafiq, and N. Abdullahi, "Non-enzymatic electrochemical glucose sensor based on graphene oxide-manganese oxide nanocomposite," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 49346-49362, 2020.

- [7] A. Singaravelan and M. Kowsalya, "Design and implementation of standby power reduction in home appliances using IoT," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 8, no. 11, pp. 3491-3494, 2019.
- [8] A. K. Yetisen et al., "Wearable microfluidic sensing devices," *ACS sensors*, vol. 5, no. 10, pp. 2881-2915, 2020.
- [9] S. S. Mokashi, Y. V. Gawali, and M. S. Vanjale, "IoT enabled intelligent vending machine," in *2019 2nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT)*, vol. 1, pp. 1120-1127, IEEE, 2019.
- [10] S. K. Vishwakarma, P. Upadhyaya, B. Kumari, and A. K. Mishra, "Smart energy efficient home automation system using IoT," in *2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, pp. 1-4, IEEE, 2019.
- [11] R. Amin, S. K. Agarwal, and R. Vyas, "Design and implementation of smart energy meter for smart grid application," in *2019 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)*, pp. 242-247, IEEE, 2019.
- [12] M. S. Mahmoud and A. A. Mohamad, "A study of efficient power consumption wireless communication techniques/modules for internet of things (IoT) applications," *Advances in Internet of Things*, vol. 6, no. 2, pp. 19-29, 2016.
- [13] S. A. R. Fathurrahman, S. Sumardi, and M. A. Riyadi, "Design and Implementation of Fuzzy Logic Control System for Oven Temperature Control Based on Arduino Mega 2560," *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 18, no. 2, pp. 970-978, 2020.
- [14] A. Ridwan, R. Wulandari, S. Sepriano, M. Fahrurrozi, R. Darpono, and L. P. I. Kharisma, "Belajar Dasar Mikrokontroler Arduino: Teori & Praktek," Surabaya: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [15] A. P. O. Amane et al., *Pemanfaatan dan Penerapan Internet Of Things (IoT) Di Berbagai Bidang*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.