

Smart Dehydrator Karak Berbasis Esp32 Sebagai Inovasi Pengeringan Produk Kearifan Lokal Jawa

Muhamad Zagar Ainudin^{1*}, Bilal Fisabilillah², Gayatri Haja Munte³, Eva Martika Susila⁴, Rudi Susanto⁵

¹Program Studi Teknik
Informatika/Fakultas Ilmu Komputer
Afiliasi (Universitas Duta Bangsa)
^{1*}zagarmhsw@gmail.com

²Program Studi Teknik
Informatika/Fakultas Ilmu Komputer
Afiliasi (Universitas Duta Bangsa)
²bilalfisabilillah243@gmail.com

³ Program Studi Teknik
Informatika/Fakultas Ilmu Komputer
Afiliasi (Universitas Duta Bangsa)
³gayatri.tkn@gmail.com

⁴ Program Studi Teknik
Informatika/Fakultas Ilmu Komputer
Afiliasi (Universitas Duta Bangsa)
⁴evamartika591@gmail.com

⁵ Program Studi Teknik
Informatika/Fakultas Ilmu Komputer
Afiliasi (Universitas Duta Bangsa)
⁴rudi_susanto@udb.ac.id

Abstrak— Karak merupakan makanan tradisional khas Jawa yang proses pengeringannya masih banyak dilakukan secara konvensional dengan memanfaatkan sinar matahari. Metode tersebut memiliki beberapa kelemahan, seperti ketergantungan terhadap kondisi cuaca, waktu pengeringan yang lama, serta risiko kontaminasi debu dan kotoran. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan Smart Dehydrator Karak berbasis ESP32 untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pengeringan. Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Tahap perancangan mencakup penyusunan diagram blok, desain pengkabelan, flowchart, serta rancangan antarmuka sistem. Tahap implementasi dilakukan dengan mengintegrasikan sensor DHT11, mikrokontroler ESP32, modul relay, dan lampu pemanas menjadi sebuah sistem Internet of Things (IoT). Selanjutnya, tahap pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam membaca suhu dan kelembapan serta mengendalikan lampu pemanas secara otomatis berdasarkan nilai ambang yang telah ditentukan. Sistem menggunakan sensor suhu dan kelembapan yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 untuk memantau kondisi ruang pengering secara real-time. Data yang diperoleh digunakan untuk mengendalikan lampu pemanas secara otomatis sehingga suhu dan kelembapan tetap berada pada kondisi yang diinginkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu mempercepat proses pengeringan dibandingkan metode konvensional serta menghasilkan kualitas produk yang lebih baik dan higienis. Implementasi teknologi Internet of Things (IoT) juga memungkinkan pengguna memantau proses pengeringan dari jarak jauh. Inovasi ini diharapkan dapat membantu pelaku UMKM dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas produk karak.

Kata Kunci— Internet of Things (IoT), ESP32, Sensor DHT11, Pengering Cerdas, Sistem Pengeringan Kerupuk Karak.

Abstract— Karak is a traditional Javanese food whose drying process is still commonly carried out using conventional sun-drying methods. This method has several drawbacks, including dependence on weather conditions, long drying times, and the risk of contamination from dust and other impurities. This study aims to design and develop an ESP32-based Smart Karak Dehydrator to improve the effectiveness and efficiency of the drying process. The research method consists of four stages: requirements analysis, system design, implementation, and testing. The requirements analysis stage was conducted to identify the hardware and software requirements of the system. The system design stage included the development of block diagrams, wiring diagrams, flowcharts, and user interface designs. The implementation stage involved integrating the DHT11 temperature and humidity sensor, ESP32 microcontroller, relay module, and heating lamp into an Internet of Things (IoT)-based drying system. Finally, the testing stage was carried out to evaluate the system's ability to monitor temperature and humidity and automatically control the heating lamp based on predefined threshold values. The system utilizes a temperature and humidity sensor connected to the ESP32 microcontroller to monitor the drying chamber conditions in real time. The collected data are used to automatically control the heating lamp, ensuring that temperature and humidity remain within the desired range. The test results indicate that the proposed system is capable of accelerating the drying process compared to conventional methods while producing a more hygienic and higher-quality product. Furthermore, the implementation of Internet of Things (IoT) technology enables users to remotely monitor the drying process. This innovation is expected to assist small and medium-sized enterprises (SMEs) in improving productivity and the quality of karak products.

Keywords— Internet of Things (IoT), ESP32, DHT11 Sensor, Smart Dehydrator, Karak Drying System.

I. PENDAHULUAN

Karak atau kerupuk karak merupakan produk pangan tradisional yang telah menjadi identitas budaya masyarakat Jawa, khususnya di wilayah Jawa Tengah. Karak dibuat dari bahan dasar nasi atau beras yang diolah melalui serangkaian tahapan, yaitu pencetakan, perebusan, penjemuran, dan penggorengan. Proses penjemuran atau pengeringan menjadi tahapan paling kritis dalam rantai produksi karak karena menentukan kadar air akhir, kerenyahan, serta ketahanan produk terhadap pertumbuhan jamur dan bakteri [1].

Secara tradisional, proses pengeringan produk pangan masih banyak mengandalkan sinar matahari sebagai sumber panas alami. Metode ini tidak memerlukan biaya energi, namun sangat bergantung pada kondisi cuaca. Pada musim penghujan atau saat cuaca mendung, proses pengeringan menjadi lebih lama sehingga dapat meningkatkan kadar air produk dan menurunkan kualitas hasil pengeringan. Kondisi tersebut menjadi salah satu alasan dikembangkan sistem pengering berbasis teknologi untuk mengurangi ketergantungan terhadap cuaca [2].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang besar untuk meningkatkan efisiensi proses produksi pangan tradisional. Melalui integrasi sensor, aktuator, dan unit pemrosesan, sistem IoT dapat memantau kondisi lingkungan dan mengendalikan aktuator secara otomatis tanpa intervensi manusia yang berkelanjutan [3]. Mikrokontroler ESP32 merupakan salah satu platform IoT yang paling banyak digunakan berkat kemampuan komputasinya yang tinggi, dilengkapi modul Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, serta tersedia dengan harga yang terjangkau [4].

Sensor DHT11 merupakan sensor suhu dan kelembapan digital yang banyak digunakan dalam berbagai proyek IoT dan mikrokontroler. Sensor ini mampu mengukur suhu dalam rentang 0–50°C dengan akurasi $\pm 2^\circ\text{C}$, serta kelembapan relatif dalam rentang 20–90% dengan akurasi $\pm 5\%$ [5]. Kemampuan pengukuran ganda suhu dan kelembapan dalam satu perangkat menjadikan DHT11 sebagai komponen yang

sangat sesuai untuk pemantauan kondisi ruang pengering.

Penelitian terdahulu telah menerapkan teknologi sensor berbasis ESP32 untuk sistem pengering ikan dengan hasil yang positif [2]. Namun, penerapan teknologi serupa secara spesifik untuk produk karak tradisional Jawa belum banyak dilaporkan dalam literatur. Kesenjangan ini menjadi motivasi utama penelitian ini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototipe *Smart Dehydrator Karak* berbasis ESP32 yang menggunakan sensor DHT11 serta kontrol relay berbasis histeresis [6], sehingga proses pengeringan dapat berlangsung optimal tanpa bergantung pada kondisi cuaca.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Analisis kebutuhan

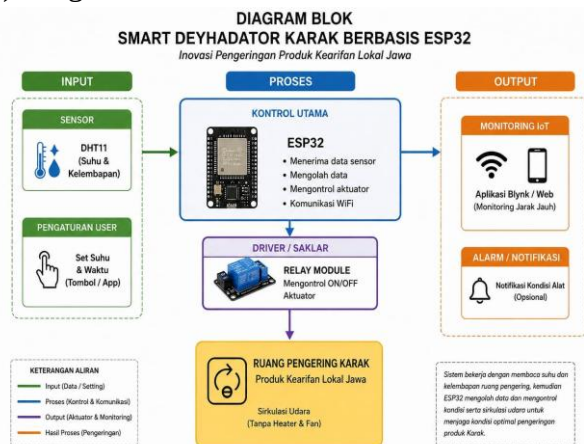
Komponen yang digunakan dalam pembangunan prototipe disajikan pada Tabel 2. Seluruh komponen dipilih berdasarkan ketersediaan di pasar lokal dan harga yang terjangkau, sehingga sistem ini dapat direplikasi dengan biaya minimal oleh para pelaku UMKM.

Tabel 2. Daftar Komponen Smart Dehydrator Karak

No	Nama Komponen	Harga(Rp)
1	ESP32	70.000
2	Sensor DHT11	10.000
3	Relay 1 Channel	9.000
4	Lampu + Fitting	15.000
5	Kabel Jumper	10.000
6	Adaptor Bekas	0
7	Kardus Bekas	0
8	Mika Sederhana	15.000
9	Rak Jaring	20.000
10	Lem/Sekrup/Isolasi	20.000
11	Breadboard/PCB	15.000
12	Steker	0
	Total Biaya	184.000

B. Perancangan Sistem

1) Diagram Blok

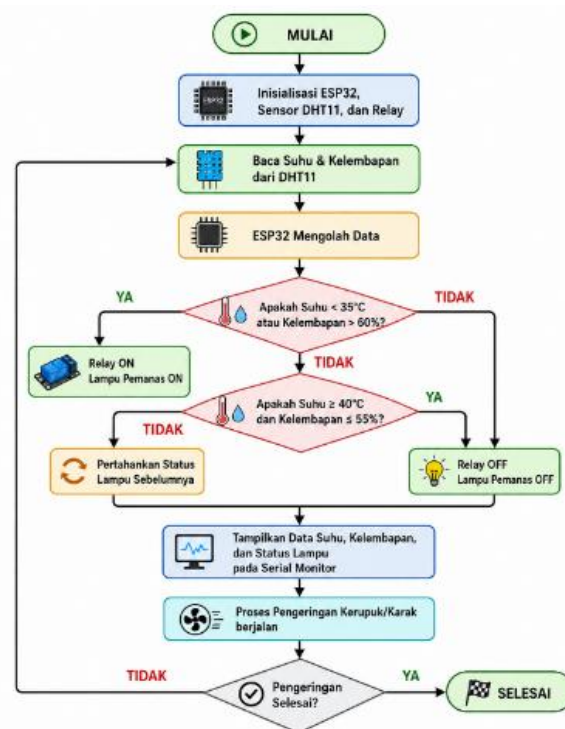


Gambar 1. Diagram Blok

Diagram blok Smart Dehydrator Karak menggambarkan alur kerja sistem yang berpusat pada mikrokontroler ESP32 sebagai unit pengolah data dan pengendali utama [4]. Sensor DHT11 digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan ruang pengering secara *real-time*, sedangkan pengguna dapat menentukan parameter pengaturan waktu dan suhu sebagai masukan sistem [5]. Seluruh data tersebut diproses oleh ESP32 menggunakan logika kendali otomatis berbasis histeresis sehingga sistem mampu mengendalikan proses pengeringan secara efisien [6]. Kemampuan ESP32 dalam melakukan monitoring suhu dan kelembapan secara *real-time* juga telah banyak diterapkan pada berbagai sistem berbasis IoT [7].

Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan data hasil pengukuran dikirimkan ke aplikasi Blynk atau web sehingga pengguna dapat memantau kondisi alat dari jarak jauh secara *real-time* [8]. Berdasarkan hasil pemrosesan data, ESP32 kemudian mengirimkan sinyal ke modul relay untuk mengendalikan kondisi hidup dan mati komponen pemanas maupun kipas sesuai kebutuhan sistem [9]. Rancangan sistem ini diharapkan mampu menghasilkan proses pengeringan yang lebih konsisten, mengurangi ketergantungan terhadap kondisi cuaca, serta mendukung peningkatan daya saing produk pangan lokal seperti kerupuk karak [10].

2) Flowchart



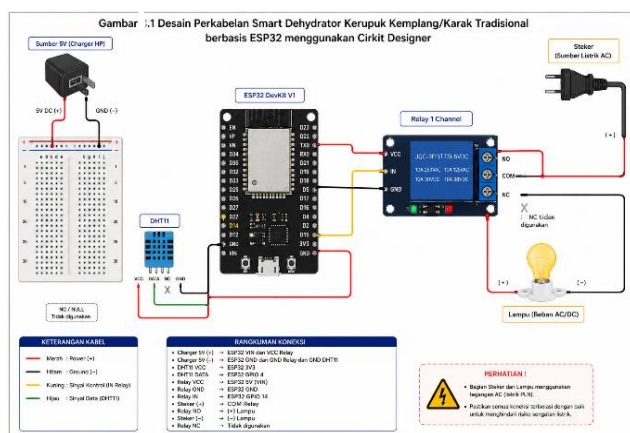
Gambar 2. Flowchart

Diagram alir sistem diawali dengan proses inisialisasi mikrokontroler ESP32 sebagai unit pengendali utama, sensor DHT11 sebagai perangkat pembaca suhu dan kelembapan, serta modul relay sebagai aktuator pengendali pemanas [4][5]. Setelah proses inisialisasi selesai, sensor DHT11 secara berkala membaca nilai suhu dan kelembapan di dalam ruang pengering. Data hasil pembacaan kemudian diproses oleh ESP32 menggunakan logika kendali histeresis untuk menentukan kondisi kerja pemanas [5][6]. Berdasarkan hasil pemrosesan tersebut, sistem akan mengaktifkan pemanas apabila suhu berada di bawah 35°C atau kelembapan melebihi 60%, kemudian mematikan pemanas ketika suhu mencapai 40°C dan kelembapan turun hingga 55%. Penentuan rentang suhu tersebut mengacu pada karakteristik proses pengeringan kerupuk tradisional [11].

Apabila kondisi suhu dan kelembapan berada di antara batas atas dan batas bawah, sistem mempertahankan status relay sebelumnya untuk mencegah proses hidup dan mati pemanas secara

berulang dalam waktu singkat sesuai prinsip kontrol histeresis [6]. Selama proses pengeringan berlangsung, nilai suhu, kelembapan, serta status pemanas ditampilkan secara berkala melalui Serial Monitor sebagai media pemantauan sistem. Siklus pengendalian ini berlangsung secara berulang hingga proses pengeringan selesai sehingga diharapkan mampu menghasilkan kualitas kerupuk karak yang lebih konsisten serta mendukung penerapan teknologi pada industri pangan skala kecil [10].

3) Desain perkabelan



Gambar 3. Desain Pengkabelan

Tabel 1. Tabel Koneksi Komponen

No	Komponen	Pin Komponen	Tersambung ke
1	DHT11	VCC	3V3 ESP32
2	DHT11	DATA	GPIO 4 ESP32
3	DHT11	NC/NULL	Tidak disambungkan
4	DHT11	GND	GND ESP32
5	Relay 1 Ch.	VCC	VIN/5V ESP32
6	Relay 1 Ch.	IN	GPIO 14 ESP32
7	Relay 1 Ch.	GND	GND ESP32
8	Lampu	Hot/Positif	NO Relay
9	Lampu	Netral/Negatif	Negatif Steker
10	Steker	Positif	COM Relay
11	Steker	Negatif	GND Lampu
12	Sumber 5V	Type-c	ESP32 Input

Desain perkabelan *Smart Dehydrator Karak* mengilustrasikan integrasi perangkat keras yang berpusat pada mikrokontroler ESP32 DevKit V1

sebagai unit pengendali utama sistem [4]. Sumber daya sistem diperoleh dari adaptor 5 V melalui port USB-C pada ESP32, yang kemudian mendistribusikan tegangan operasi ke seluruh komponen. Sensor DHT11 dihubungkan ke pin catu daya 3,3 V dan salah satu pin GPIO pada ESP32 untuk memperoleh data suhu dan kelembapan ruang pengering secara *real-time* [5]. Selanjutnya, modul relay satu kanal memperoleh suplai daya dari pin VIN ESP32 dan dihubungkan ke pin GPIO sebagai penerima sinyal kendali untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan beban pemanas [9].

Secara arsitektur, rangkaian dirancang dengan memisahkan jalur tegangan rendah (DC) pada sistem kendali dan jalur tegangan tinggi (AC) pada rangkaian pemanas guna meningkatkan keamanan operasional. Modul relay berfungsi sebagai saklar yang menghubungkan dan memutuskan aliran listrik menuju lampu pijar sesuai perintah dari mikrokontroler [9]. Kabel netral dihubungkan secara langsung ke lampu, sedangkan kabel fasa dialirkan melalui terminal COM dan NO pada relay sehingga proses pengendalian pemanas dapat dilakukan secara aman. Konfigurasi perkabelan ini mendukung implementasi sistem pengering otomatis yang diharapkan mampu meningkatkan kualitas proses pengeringan produk pangan lokal, khususnya kerupuk karak [10]. Pengaturan kerja pemanas juga disesuaikan dengan kebutuhan suhu pengeringan yang optimal agar mutu produk tetap terjaga [11].

C. Logika Kontrol Histeresis

Sistem menggunakan logika kontrol histeresis untuk mengurangi frekuensi *switching* yang berlebihan sehingga dapat memperpanjang umur kerja modul relay [6]. Aturan pengendalian sistem diterapkan sebagai berikut.

(a) Jika suhu $< 35^{\circ}\text{C}$ atau kelembapan $> 60\%$, maka lampu pemanas menyala.

(b) Jika suhu $\geq 40^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan $\leq 55\%$, maka lampu pemanas mati.

(c) Jika kondisi berada di antara kedua batas tersebut, status lampu pemanas dipertahankan (*hysteresis*).

Rentang histeresis sebesar 5°C pada suhu ($35\text{--}40^{\circ}\text{C}$) dan 5% pada kelembapan ($55\text{--}60\%$) dipilih untuk menjaga kestabilan sistem serta mencegah *switching* relay yang terlalu sering [6]. Penentuan nilai ambang suhu tersebut disesuaikan dengan karakteristik pengeringan kerupuk tradisional yang memerlukan pengendalian suhu agar kualitas produk tetap terjaga [11].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

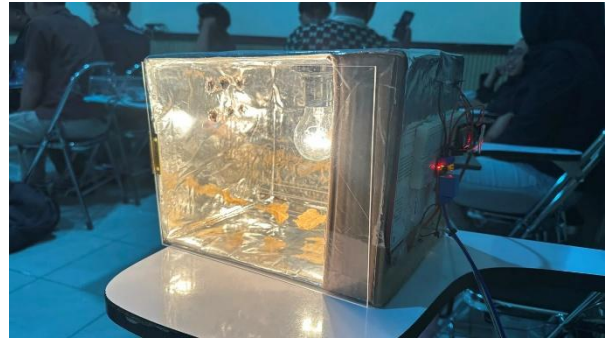
A. Implementasi Program

Implementasi sistem Smart Dehydrator Karak dilakukan dalam dua tahap, yaitu implementasi perangkat keras dan implementasi perangkat lunak. Kedua tahap ini saling melengkapi untuk mewujudkan sistem yang fungsional dan andal.

1) Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan merakit seluruh komponen berdasarkan skema pengkabelan pada Gambar 3. Sensor DHT11 dipasang di bagian dalam ruang pengering pada posisi tengah-atas, jauh dari lampu pemanas, untuk memastikan pembacaan suhu dan kelembapan yang representatif dari keseluruhan ruang. Modul relay 1-channel ditempatkan di luar kotak pengering agar terlindung dari panas dan kelembapan tinggi.

Lampu pijar dihubungkan ke kontak NO (Normally Open) relay sehingga lampu hanya aktif saat relay mendapat sinyal dari ESP32. Sumber daya 5V dari adaptor digunakan untuk menyuplai ESP32, relay, dan lampu pijar. Kotak pengering dibuat dari kardus tebal berukuran $30 \times 20 \times 20$ cm yang dilapisi mika di bagian dalam untuk mempertahankan panas. Rak jaring ditempatkan di tengah kotak untuk meletakkan karak agar udara panas dapat bersirkulasi merata ke seluruh permukaan produk.



Gambar 4. Desain Fisik Prototype

2) Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan library DHT dari Adafruit untuk pembacaan sensor DHT11, serta library bawaan ESP32 untuk pengendalian pin GPIO. Struktur program terdiri dari dua fungsi utama: *setup()* yang dieksekusi sekali saat sistem pertama kali dinyalakan untuk melakukan inisialisasi pin GPIO, Serial Monitor, dan sensor DHT11; serta *loop()* yang dieksekusi berulang setiap dua detik untuk membaca sensor, memproses logika histeresis, dan mengendalikan relay.

Pseudocode algoritma utama sistem adalah sebagai berikut: mulai $\rightarrow$ inisialisasi sistem $\rightarrow$ baca suhu (T) dan kelembapan (H) dari DHT11 $\rightarrow$ jika $T < 35$ ATAU $H > 60$ maka nyalakan relay (lampu ON) $\rightarrow$ jika $T \geq 40$ DAN $H \leq 55$ maka matikan relay (lampu OFF) $\rightarrow$ selain itu pertahankan status relay sebelumnya $\rightarrow$ tampilkan T, H, dan status ke Serial Monitor $\rightarrow$ tunggu 2 detik $\rightarrow$ ulangi. Struktur kondisi tiga-cabang ini memastikan tidak ada *switching* berlebihan meskipun terjadi fluktuasi kecil pada pembacaan sensor [6].

B. Hasil Pengujian Komponen dan Fungsional

Pengujian dilakukan secara bertahap, dimulai dari verifikasi masing-masing komponen secara individual, kemudian dilanjutkan dengan pengujian terintegrasi sistem secara keseluruhan, hingga pengujian nyata menggunakan karak mentah/basah sebagai bahan uji. Hasil seluruh skenario pengujian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sistem Smart Dehydrator Karak

No	Skenario Uji	Kondisi Input	Hasil Aktual
1	Pengujian daya	Hubungkan sumber 5V	ESP32 dan relay aktif, indikator menyala normal
2	Pembacaan sensor DHT11	Jalankan program utama	Nilai suhu dan kelembapan tampil di Serial Monitor setiap 2 detik
3	Kontrol relay	Sinyal logika dari ESP32	Relay ON/OFF merespons sesuai perintah GPIO 14
4	Kontrol lampu pemanas	Relay aktif / tidak aktif	Lampu menyala dan mati sesuai kondisi relay
5	Logika suhu rendah (suhu < 35°C)	Kondisi awal ruang pengering	Lampu ON; suhu naik ke 40°C dalam 1 menit 8 detik
6	Logika kelembapan tinggi (kelembapan > 60%)	Karak basah dimasukkan	Lampu ON; kelembapan turun bertahap selama proses pengeringan
7	Logika batas atas (suhu $\geq 40^\circ\text{C}$ & kelembapan $\leq 55\%$)	Suhu mencapai 40°C	Lampu OFF; suhu turun ke 35°C dalam 6 menit 41 detik
8	Pengujian pengeringan karak nyata	Karak mentah/basah	Karak kering sempurna setelah ± 26 jam (1 hari 2 jam)

Pengujian daya (Skenario 1) menunjukkan bahwa ESP32 dan relay berhasil menyala normal saat dihubungkan ke sumber 5V. Pengujian sensor DHT11 (Skenario 2) membuktikan pembacaan nilai suhu dan kelembapan tampil secara konsisten di Serial Monitor setiap dua detik tanpa error. Pengujian kontrol relay (Skenario 3) dan kontrol lampu (Skenario 4) memperlihatkan bahwa respon relay terhadap sinyal ESP32 berlangsung kurang dari 100 milidetik.

C. Analisis Siklus Kontrol Histeresis Terukur

Pengujian skenario 5 dan 7 menghasilkan data terukur yang menjadi inti analisis performa sistem kontrol. Berdasarkan pengujian aktual, waktu yang dibutuhkan ruang pengering untuk naik dari kondisi awal hingga mencapai suhu batas atas 40°C (fase pemanasan, lampu ON) adalah 1 menit 8 detik (68 detik). Setelah lampu mati, waktu yang dibutuhkan ruang pengering

untuk mendingin kembali ke suhu batas bawah 35°C (fase pendinginan) adalah 6 menit 41 detik (401 detik). Data lengkap disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Siklus Kontrol Histeresis Terukur

Parameter Siklus	Nilai Terukur
Durasi fase pemanasan (Lampu ON $\rightarrow$ suhu 40°C)	1 menit 8 detik (68 detik)
Durasi fase pendinginan (Lampu OFF $\rightarrow$ suhu 35°C)	6 menit 41 detik (401 detik)
Durasi total satu siklus ON–OFF	7 menit 49 detik (469 detik)
Duty cycle lampu ON per siklus	$\pm 14,5\%$ ($68/469 \times 100\%$)
Estimasi jumlah siklus dalam 26 jam	± 200 siklus
Total estimasi waktu lampu ON (26 jam)	± 3 jam 46 menit
Total estimasi waktu lampu OFF (26 jam)	± 22 jam 14 menit
Total waktu pengeringan karak basah hingga kering	± 26 jam (1 hari 2 jam)

Dari kedua nilai tersebut, satu siklus penuh kontrol ON–OFF memiliki durasi total 7 menit 49 detik (469 detik) dengan duty cycle lampu ON sebesar $68/469 \times 100\% \approx 14,5\%$. Nilai duty cycle yang rendah ini mengindikasikan bahwa lampu pijar mampu memanaskan ruang pengering dengan cepat, sementara insulasi kardus-mika mampu mempertahankan panas cukup lama setelah lampu mati. Rasio waktu pemanasan terhadap pendinginan adalah $68:401 \approx 1:5,9$, artinya untuk setiap 1 menit lampu menyala, sistem dapat menjaga kondisi panas selama hampir 6 menit tanpa perlu menyalakan lampu kembali.

D. Analisis Pengujian Pengeringan Karak Nyata

Skenario 8 merupakan pengujian paling signifikan, yaitu pengeringan menggunakan karak mentah/basah sesungguhnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa karak berhasil dikeringkan hingga kondisi siap goreng dalam total waktu kurang lebih 26 jam (1 hari 2 jam). Selama 26 jam tersebut, sistem kontrol histeresis

berjalan secara otomatis tanpa intervensi pengguna sama sekali.

Dengan durasi satu siklus 469 detik, estimasi jumlah siklus ON–OFF selama 26 jam adalah $(26 \times 3.600)/469 \approx 200$ siklus. Dari 200 siklus tersebut, total estimasi waktu lampu ON adalah $200 \times 68 = 13.600$ detik ≈ 3 jam 46 menit. Angka ini menunjukkan efisiensi energi yang baik: lampu pemanas hanya aktif sekitar 14,5% dari total waktu operasi, sehingga konsumsi daya dapat ditekan seminimal mungkin.

E. Perbandingan dengan Metode Pengeringan Tradisional

Perbandingan komprehensif antara metode pengeringan tradisional dan Smart Dehydrator Karak disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Metode Pengeringan Karak

Aspek	Tradisional (Sinar Matahari)	Smart Dehydrator (IoT)
Ketergantungan cuaca	Sangat tinggi	Tidak ada
Kontrol suhu/kelembapan	Tidak ada	Otomatis (histeresis)
Waktu pemantauan	Terus-menerus	Minimal
Konsistensi hasil	Rendah (tergantung cuaca)	Tinggi
Durasi pengeringan	1–2 hari (cuaca cerah)	± 26 jam (terukur)
Biaya implementasi	Sangat rendah	Rp184.000
Risiko berjamur	Tinggi saat musim hujan	Sangat rendah

Tabel 5 menunjukkan bahwa Smart Dehydrator Karak memiliki keunggulan signifikan pada aspek ketergantungan cuaca, kontrol kondisi, konsistensi hasil, dan risiko kegagalan. Durasi pengeringan terukur ± 26 jam kompetitif terhadap pengeringan matahari pada cuaca cerah (24–48 jam), tetapi jauh lebih andal karena tidak dipengaruhi variabilitas cuaca. Pada musim penghujan, metode tradisional dapat gagal total akibat pertumbuhan jamur [2][11], sedangkan Smart Dehydrator tetap menyelesaikan pengeringan dalam durasi yang konsisten. Biaya implementasi Rp184.000

dianggap sangat layak mengingat potensi kerugian yang dapat dihindari dan peningkatan produktivitas yang ditawarkan [10].

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang, membangun, dan menguji prototipe Smart Dehydrator Karak berbasis ESP32 sebagai inovasi pengeringan produk kearifan lokal Jawa. Sistem mengintegrasikan sensor DHT11 untuk pemantauan suhu dan kelembapan secara real-time, relay sebagai aktuator kontrol lampu pemanas, dan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan dengan logika kontrol histeresis.

Hasil pengujian aktual menggunakan karak mentah/basah sesungguhnya menunjukkan performa terukur sebagai berikut: (1) fase pemanasan dari kondisi awal ke 40°C membutuhkan 1 menit 8 detik; (2) fase pendinginan dari 40°C kembali ke 35°C membutuhkan 6 menit 41 detik; (3) satu siklus kontrol ON–OFF berlangsung 7 menit 49 detik dengan duty cycle lampu ON sekitar 14,5%; dan (4) karak mentah berhasil dikeringkan sempurna dalam total waktu ± 26 jam (1 hari 2 jam).

Smart Dehydrator ini menawarkan solusi pengeringan yang terkontrol, konsisten, dan tidak bergantung pada kondisi cuaca, dengan biaya implementasi Rp184.000. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berpotensi mendukung produktivitas dan konsistensi kualitas produk para pengrajin karak tradisional Jawa, khususnya pelaku UMKM.

Pengembangan ke depan mencakup: (1) penambahan konektivitas IoT berbasis Wi-Fi ESP32 untuk monitoring jarak jauh melalui aplikasi mobile, (2) penggunaan sensor yang lebih presisi seperti DHT22 atau SHT31, (3) penggantian lampu pijar dengan elemen pemanas yang lebih efisien, serta (4) perancangan ruang pengering dari material yang lebih tahan lama seperti akrilik atau stainless steel.

REFERENSI

- [1] A. Kusumaningrum, D. J. Prasetyo, E. R. N. Herawati, dan A. Nurhikmat, "Modelling the drying characteristics of the traditional Indonesian crackers 'kerupuk'," *Research in Agricultural Engineering*, vol. 65, hal. 137–144, 2019.
- [2] D. Z. Asmi, S. W. Mediaswari, dan I. A. Suwandi, "Rancang Bangun Sistem Pengeriing Ikan Berbasis ESP32 dan Sensor Suhu-Kelembaban untuk Teknologi Tepat Guna Masyarakat Pesisir," *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 1, no. 2, hal. 117–123, 2025.
- [3] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, dan M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 4, hal. 2347–2376, 2015.
- [4] Espressif Systems, "ESP32 Series Datasheet," ver. 3.4, Espressif Systems, Shanghai, Tiongkok, 2023.
- [5] Aosong Electronics Co., Ltd., "DHT11 Humidity & Temperature Sensor," Datasheet, Aosong Electronics, Guangzhou, Tiongkok, 2010.
- [6] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, 5th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall, 2010.
- [7] R. Wibawa, A. Suhendra, dan B. Kusumo, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis IoT dengan Sensor DHT22 dan Mikrokontroler ESP32," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, vol. 9, no. 1, hal. 23–29, 2022.
- [8] M. Nugroho dan F. Andriyani, "Penerapan Teknologi IoT pada Sistem Pengeriing Hasil Pertanian Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Rekayasa Elektriika*, vol. 18, no. 2, hal. 95–103, 2022.
- [9] D. Ramdani, A. Solihin, dan E. Firmansyah, "Perancangan Sistem Kontrol Relay Otomatis Berbasis ESP32 untuk Aplikasi Rumah Pintar," *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, vol. 7, no. 2, hal. 145–154, 2021.
- [10] H. Handoko, "Pengembangan Produk Pangan Lokal Berbasis Teknologi untuk Meningkatkan Daya Saing UMKM," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknologi dan Bisnis*, vol. 3, no. 1, hal. 12–19, 2023.
- [11] P. Margitama, B. Setiawan, dan D. Suliantoro, "Analisis Karakteristik Pengeriingan Kerupuk Tradisional Jawa dengan Variasi Suhu dan Kelembaban," *Jurnal Teknologi Pangan*, vol. 14, no. 1, hal. 55–63, 2020.