

## PEMANFAATAN INTERNET OF THINGS (IOT) DALAM PROSES PENGERINGAN RIMPANG DENGAN MENGGUNAKAN PLATFORM NODE-RED

Gaguk Suprianto\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Hayam Wuruk Perbanas, Surabaya

Email: <sup>1</sup>gaguk.suprianto@perbanas.ac.id

\*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 31 Januari 2024, diterima untuk diterbitkan: 22 November 2024)

### Abstrak

Di Indonesia, tumbuhan rimpang dikenal sebagai sumber bahan pengobatan tradisional. Bahan-bahan tersebut dapat dijadikan minuman herbal dalam bentuk serbuk. Salah satu pengolahan produk tersebut berupa pengeringan yang merupakan proses penting dalam industri herbal dan memiliki implikasi langsung terhadap kualitas akhir produk. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengeringan rimpang, menjaga konsistensi kualitas produk dan optimasi proses produksi. Sehingga industri akan memperoleh manfaat mulai dari peningkatan kualitas rimpang, waktu pengeringan yang lebih singkat, peningkatan kapasitas produksi dan pengurangan biaya produksi. Teknologi *Internet of Things* dapat dimanfaatkan untuk proses pengeringan rimpang sebagai sistem otomatisasi, kendali dan pemantauan yang dapat dilakukan secara jarak jauh melalui aplikasi *mobile*. Lebih dari itu, dengan IoT data sensor yang diperoleh terkelola di database untuk keperluan analisa. Hasil uji lapangan untuk pengujian *error* diperoleh rata-rata persentase *error* 1,5% dan pengujian akurasi diperoleh rata-rata persentase akurasi sebesar 98,49%. Merujuk pada hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor *thermocouple* dapat diandalkan. Untuk pengukuran kadar air kunyit dengan berat awal 30 Kg memerlukan waktu selama 7 jam untuk mencapai kadar air 9-10%. Hal ini karena batas atas suhu yang diatur sebesar 50°C untuk menjaga kandungan nutrisi pada rimpang. Pemanfaatan *Internet of Things* terbukti dapat digunakan untuk membantu proses pengeringan rimpang baik dari pemantauan dan pengendalian perangkat melalui aplikasi *mobile*. Diharapkan penelitian ini menjadi suatu rujukan untuk industri herbal yang ingin meningkatkan kualitas produk dengan biaya yang produksi yang minimum.

**Kata kunci:** *Rimpang, Internet of Things, Aplikasi Mobile*

### UTILIZATION OF THE INTERNET OF THINGS (IOT) IN THE RHIZOME DRYING PROCESS USING THE NODE-RED PLATFORM

#### Abstract

In Indonesia, rhizome plants are known as a source of traditional medicinal ingredients. These ingredients can be made into herbal drinks in powder form. One of the product processes is drying, which is an important process in the herbal industry and has direct implications for the final quality of the product. This research aims to increase the efficiency of rhizome drying, maintain consistent product quality and optimize the production process. So the industry will gain benefits starting from improving rhizome quality, shorter drying time, increasing production capacity and reducing production costs. Internet of Things technology can be used for the rhizome drying process as an automation, control and monitoring system that can be done remotely via a mobile application. Moreover, with IoT the sensor data obtained is managed in a database for analysis purposes. Field test results for error testing obtained an average error percentage of 1.5% and accuracy testing obtained an average accuracy percentage of 98.49%. Referring to these results shows that the thermocouple sensor is reliable. To measure the water content of turmeric with an initial weight of 30 kg, it takes 7 hours to reach a water content of 9-10%. This is because the upper temperature limit is set at 50°C to maintain the nutritional content of the rhizomes. It has been proven that the use of the Internet of Things can be used to assist the rhizome drying process by monitoring and controlling devices via mobile applications. It is hoped that this research will become a reference for the herbal industry that wants to improve product quality with minimum production costs.

**Keywords:** *Rhizome, Internet of Things, Mobile Application*

#### 1. PENDAHULUAN

Rimpang adalah salah satu jenis tanaman rempah berbentuk batang tumbuhan yang tumbuh di bawah

permukaan tanah dan memiliki kemampuan untuk menghasilkan tunas serta akar baru dari ruas-ruasnya (Ilhami and Wibisono, 2023). Rimpang mengandung

sejumlah besar minyak atsiri dan alkaloid, yang memiliki potensi sebagai bahan pengobatan. Di Indonesia, tumbuhan rimpang dikenal sebagai sumber bahan pengobatan tradisional untuk mengatasi berbagai masalah pencernaan seperti sakit perut, kembung, mulas, diare, kehilangan nafsu makan, dan gangguan pencernaan lainnya. Tumbuhan seperti Temu Giring, Kunyit, Temu Ireng, Temulawak, Jahe Gajah, Jahe Merah, Jahe Emprit, Lempuyang, Bangle, Lengkuas, dan Kencur mengandung senyawa-senyawa seperti flavonoid, fenolik, terpenoid, dan minyak atsiri (Feberian and Fitriati, 2022). Bahan-bahan tersebut dapat dijadikan minuman herbal dalam bentuk serbuk. Ada beberapa metode mengolah herbal yaitu dengan merebus, menyeduh, mengubah menjadi serbuk atau ekstrak tanaman yang dikapsulkan (Puji Dyah Nurhayati et al., 2022). Pengolahan sebelum menjadi produk serbuk berupa pengeringan yang merupakan proses penting dalam industri herbal dan memiliki implikasi langsung terhadap kualitas akhir produk. Pengeringan rimpang merupakan langkah paling penting dalam pengolahan tanaman obat yang menjadi kunci dalam mempertahankan kualitas rimpang untuk penggunaan jangka panjang. Pengeringan rimpang dinyatakan mempunyai kandungan nutrisi yang masih baik jika kadar airnya mencapai 9-10% dengan suhu pengeringan maksimum 50°C. Sehingga proses pengeringan tersebut memerlukan konsistensi suhu dalam ruangan, yang jika kondisi suhu dalam ruang pengering terlalu tinggi maka kadar nutrisi pada rimpang akan menurun. Dengan mempertahankan konsistensi suhu akan menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Meskipun memiliki keterbatasan dalam menjaga konsistensi suhu, proses pengeringan dapat dioptimalkan secara lebih efisien dengan mengontrol dan memantau suhu serta kelembapan menggunakan teknologi *Internet of Things* (Muhit and Widiyasono, 2023).

Permasalahan lain bahwa pengeringan rimpang yang suhunya tidak terkontrol dengan baik dapat menyebabkan proses pengeringan memakan waktu lebih lama. Waktu pengeringan yang diperlukan berkisar antara 3-5 hari, namun hal ini juga bergantung pada cuaca. Jika cuaca disekitar dalam kondisi dingin, maka proses pengeringan akan semakin lama, yang pada akhirnya dapat menyebabkan biaya produksi meningkat. Proses pengeringan rimpang yang menggunakan sumber energi gas dan listrik dengan waktu pengeringan yang lama akan membuat biaya untuk proses pengeringan menjadi lebih tinggi yang menjadikan penggunaan energi tersebut kurang efisien dan efektif.

Oleh karena itu, penelitian tentang sistem pengering telah menjadi topik penting dalam ilmu pangan dan teknik. Penelitian (Hariadi et al., 2022) menjelaskan peranan *Internet of Things* (IoT) dalam proses pengeringan menggunakan oven dengan suhu 60°C. Sistem pemanasnya dilengkapi dengan motor sebagai aktuator yang menggerakkan blower untuk

mengalirkan udara panas. Beberapa pengujian dalam penelitian ini mencakup pengujian sensor pada respon blower, pemantauan sistem melalui komputer dan pengujian sistem kontrol melalui *smartphone*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang telah dikembangkan bekerja dengan baik termasuk sistem monitoring dan kontrol. Namun pada penelitian tersebut tidak menguji karakteristik dari sensor *thermocouple* dan durasi waktu pengeringan pada objek.

Sementara itu, penelitian yang dilakukan (Nurdiana and Azis, 2022) mendesain prototipe mini smart dryer berdimensi 40x40x40 cm. Alat ini menggunakan sensor DHT 22 untuk mendeteksi suhu, serta dilengkapi dengan pemanas (*heater*) dan kipas untuk mendistribusikan udara panas. Prototipe tersebut diuji pada dua aspek yaitu pengujian setpoint temperatur dan kelembapan terhadap sensor dan relay serta pengujian proses pengeringan padi yang dimonitor dan dikendalikan melalui *smartphone* dengan hasil bahwa kinerja sistem berjalan dengan baik. Akan tetapi sistem yang dikembangkan tidak melakukan pengujian karakteristik sensor suhu yang merupakan parameter penting dalam pengeringan.

Penelitian oleh (Hardiyansyah et al., 2021) menitikberatkan pada perancangan prototipe yang bertujuan mengurangi kandungan air biji kopi. Pengendalian sistem ini menggunakan mekanisme offline dengan mikrokontroler arduino. Pemanas yang digunakan berasal dari api yang dihasilkan gas LPG dengan temperatur batas bawah 46°C dan batas atas 52°C. Pengujian dilakukan mencakup pengujian akurasi dan error sensor. Hasil rata-rata akurasi temperatur batas bawah sebesar 99,73% dan rata-rata akurasi temperatur batas atas sebesar 99,64%. Sedangkan hasil pengujian error diperoleh nilai rata-rata 0,31°C. Namun pada alat ini belum memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) sehingga data atau informasi dari alat masih diterima offline.

Dengan merujuk pada penelitian terkait dan tantangan yang dihadapi, penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat memperbaiki konsistensi dalam proses pengeringan rimpang. Diperlukan sistem otomatisasi, pengendalian dan pemantauan yang bisa dijalankan dari lokasi yang jauh agar proses pengeringan menjadi lebih efektif dan efisien. Sehingga penelitian mengenai sistem pengering rimpang dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi sangat penting. Penelitian ini berfokus mengembangkan sistem pengeringan rimpang menggunakan platform Node-RED. Sistem yang dibangun mencakup dua aspek yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Data sensor dan perangkat *input/output* dapat dipantau dan dikendalikan secara jarak jauh melalui aplikasi *mobile*. Lebih dari itu, pada penelitian ini dikembangkan sistem database sensor suhu yang digunakan untuk keperluan analisa data suhu dan waktu pengeringan yang efektif. Sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk

meningkatkan efisiensi pengeringan rimpang, menjaga konsistensi kualitas produk dan optimasi proses produksi. Hal ini dapat mendukung industri herbal dalam memproduksi produk berkualitas tinggi dengan umur simpan yang lebih lama dan biaya produksi yang minimum dengan cara yang efektif, efisien dan fleksibel.

Dengan menggunakan metode *Waterfall* yang dilalui mulai tahap awal hingga akhir, hasil penelitian ini mempunyai manfaat yang besar bagi industri herbal karena dengan adanya sistem pengering rimpang yang memanfaatkan teknologi IoT akan memberikan kemudahan pengguna dalam otomatisasi, pengendalian dan pemantauan yang lebih presisi terhadap suhu pengeringan dan perangkat *input/output*. Ini akan membantu permasalahan pengeringan rimpang mulai dari peningkatan kualitas rimpang, mempersingkat waktu pengeringan, peningkatan kapasitas produksi dan mengurangi biaya produksi. Manfaat lain dari sistem yang dikembangkan yakni data sensor yang tersimpan di database dapat digunakan untuk keperluan analisa data suhu dan waktu pengeringan yang efektif. Hal ini berguna untuk pelaku industri herbal dalam menentukan kapan waktu yang tepat untuk melakukan pengeringan rimpang. Sedangkan untuk konsumen, manfaat yang didapat yaitu konsumen akan mendapatkan produk dengan kualitas yang lebih baik dari sisi kandungan nutrisi pada rimpang karena dihasilkan melalui proses produksi yang lebih higienis dan terkendali.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Topologi Jaringan

Topologi jaringan adalah konsep yang merujuk pada susunan atau struktur hubungan fisik dan logis antar perangkat dalam suatu jaringan. Topologi dapat diartikan metode atau cara yang digunakan untuk menghubungkan dan memungkinkan komunikasi antara komputer-komputer melalui media transmisi data seperti server, router, switch/hub, dan lainnya. Dengan demikian, suatu jaringan dapat terbentuk. (Santoso et al., 2023). Pengaturan ini menentukan cara perangkat berkomunikasi, bertukar data, dan terkoneksi satu sama lain. Topologi jaringan melibatkan berbagai aspek, mulai dari koneksi fisik menggunakan kabel atau nirkabel hingga pola dan arah aliran data dalam jaringan. Penelitian (Mamat et al., 2020) menguji tiga topologi jaringan yang berbeda yaitu *star*, *line* dan *tree* untuk menemukan topologi terbaik untuk IoT. Dari pengujian yang telah dilakukan tersebut ditemukan bahwa topologi *star* dan *tree* merupakan konfigurasi jaringan terbaik untuk digunakan sebagai konektivitas internet dan IoT.

### 2.2 Internet of Things

Teknologi *Internet of Things* (IoT) merujuk pada gagasan mengenai penggabungan perangkat fisik atau objek ke dalam jaringan komunikasi melalui

internet. Dengan kata lain, IoT memungkinkan berbagai perangkat sehari-hari, benda-benda, dan mesin untuk saling berkomunikasi dan bertukar data secara otomatis. Konsep ini melibatkan penggunaan sensor, perangkat lunak, dan konektivitas internet untuk menciptakan ekosistem yang cerdas dan terhubung. Hubungan objek dengan koneksi internet menjadi dasar bagi pengembangan semua layanan. Benda fisik terus-menerus terhubung ke dalam jaringan informasi, di mana peran aktifnya dalam proses bisnis terwujud. Layanan pintar dapat diakses, saling berhubungan, dan mampu menyesuaikan status mereka berdasarkan informasi terkait, semuanya dilakukan dengan memperhatikan keamanan dan privasi (Susanto et al., 2022). IoT tidak hanya berfokus pada pengendalian perangkat dari jarak jauh, melainkan juga melibatkan berbagi data dan menghadirkan aspek fisik ke dalam ruang internet (Hergika et al., 2021).

Beberapa konsep penting dalam teknologi Internet of Things sebagai berikut:

- **Sensor dan Pemantauan:**  
Perangkat IoT yang dilengkapi dengan perangkat masukan berupa sensor dapat mengukur dan mendeteksi berbagai parameter seperti posisi geografis, suhu, gerakan, kelembaban, dan banyak lagi. Sensor ini memungkinkan perangkat untuk mengumpulkan data dari lingkungan sekitarnya.
- **Komunikasi Data:**  
Data yang dihasilkan oleh sensor atau perangkat IoT dikirimkan melalui jaringan internet. Ini memungkinkan pertukaran informasi antar perangkat dan mengirimkan data ke server atau cloud untuk analisis lebih lanjut.
- **Analisis dan Informasi:**  
Data yang dikumpulkan oleh perangkat IoT dapat digunakan untuk analisa sebagai wawasan yang berharga. Informasi tersebut sebagai pengambil keputusan, mengoptimalkan proses, atau memberikan layanan yang lebih baik.
- **Kemampuan Kontrol Jarak Jauh:**  
Pengguna dapat memonitor dan mengendalikan perangkat IoT dari jarak jauh melalui aplikasi atau platform yang terhubung ke internet. Ini memberikan fleksibilitas dan kemudahan penggunaan.
- **Automasi:**  
Salah satu fitur utama IoT adalah kemampuan untuk mengotomatiskan tugas atau proses. Perangkat dapat merespons secara otomatis berdasarkan data yang diterima atau perintah yang diberikan.

Pada penelitian (Despa et al., 2022) penggunaan teknologi IoT digunakan untuk mengoptimalkan sistem kelistrikan tiga fase dengan memanfaatkan data *real time*. Sistem tersebut dibuat untuk mengukur perubahan besaran listrik. Dalam penelitian ini, implementasi teknologi IoT dapat ditempatkan pada pengeringan cerdas. Konektivitas

IoT membuat perangkat *mobile* dalam kehidupan sehari-hari dapat melakukan pemantauan dan pengendalian secara jarak jauh.

### 2.3 Node-RED

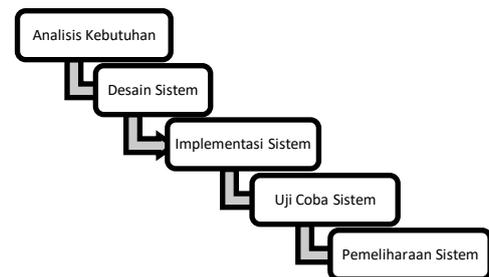
Node-RED adalah alat pemrograman visual yang digunakan untuk menghubungkan perangkat keras, perangkat lunak, dan layanan web. Alat ini dibangun sebagai aplikasi yang beroperasi di atas *runtime* server, yang berfungsi melayani perangkat yang terhubung ke server tersebut (Sirait et al., n.d.). Node.js untuk membuat alur kerja (*flow*) secara visual dengan menyusun blok-blok pemrograman (*node*) dan menghubungkannya. Node-RED digunakan untuk mempercepat pengembangan integrasi sistem dan solusi IoT dengan menyederhanakan proses pemrograman melalui antarmuka visual yang mudah digunakan. Pada penelitian (Cholissodin et al., 2022) mengembangkan model generatif algoritma untuk data sensor IoT yang berasal dari berbagai sensor pada platform Node-RED. Sedangkan penelitian (Torres et al., 2020) Node-RED digunakan untuk pengembangan visual sistem IoT. Penelitian tersebut menitikberatkan pada pengembangan dengan fitur-fitur baru pada visual sistem IoT untuk memudahkan pengguna.

### 2.4 Monitoring Aplikasi Mobile

Monitoring aplikasi *mobile* untuk IoT (*Internet of Things*) melibatkan pemantauan dan pengelolaan perangkat IoT menggunakan aplikasi *mobile*. Tujuan dari monitoring ini adalah memantau, mengendalikan, dan mengumpulkan data dari perangkat IoT secara efisien. Desain antarmuka pengguna didesain berdasarkan kebutuhan untuk memudahkan pengguna dalam memonitor dan mengelola perangkat IoT. Penelitian (Azarudeen et al., 2021) mengimplementasikan aplikasi *mobile* untuk tempat sampah otomatis berbasis IoT. Informasi yang dikirim ke pengguna berupa volume sampah yang diukur melalui sensor dimana informasi tersebut dikirim melalui aplikasi *mobile*. Sedangkan pada penelitian (Kaur et al., 2022) menyajikan rancangan aplikasi *mobile* berbasis IoT untuk implementasi *smart agriculture*. Aplikasi yang dibuat digunakan untuk mengendalikan dan memantau pertumbuhan tanaman menggunakan pertanian vertikal hidroponik. Adapun penelitian (Hakeem dkk, 2022) aplikasi *mobile* digunakan sebagai pemantauan aktivitas bus. Informasi yang disediakan meliputi ketersediaan kursi, bus, jadwal bus dan aktivitas bus. Aplikasi *mobile* juga dapat diterapkan untuk pemantauan konsumsi daya listrik sebagaimana pada penelitian (Sowmya et al., 2021). Dari penelitian di atas menunjukkan bahwa peranan aplikasi *mobile* untuk IoT sangat penting untuk menunjang kebutuhan manusia.

## 3. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini dilakukan dengan menerapkan metode *waterfall* yang dijalankan secara bertahap hingga tahapan akhir. Model *waterfall* adalah salah satu pendekatan dalam siklus SDLC (*System Development Life Cycle*) yang biasa digunakan untuk pembuatan sistem informasi atau perangkat lunak. Metode *waterfall* dapat diimplementasikan baik untuk perangkat keras maupun perangkat lunak (Suprianto et al., 2023). Dengan menggunakan metode ini, penelitian dapat dilakukan dengan urutan yang jelas dan terperinci, yang memungkinkan setiap tahapan diselesaikan dengan baik dan mengurangi resiko kesalahan.



Gambar 1. Metode *Waterfall*

Gambar 1 menjelaskan mengenai tahapan metode *Waterfall* yang melibatkan lima tahap utama yakni analisis atau evaluasi kebutuhan, desain perancangan sistem, implementasi atau penerapan sistem, pengujian sistem dan pemeliharaan sistem.

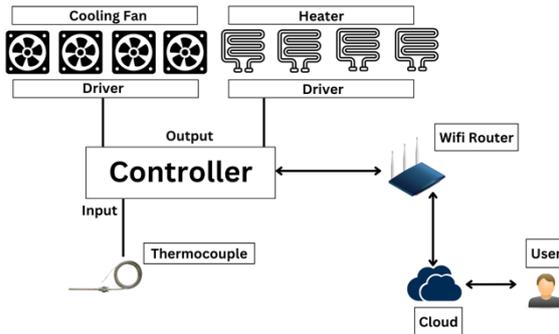
### 3.1. Analisis Kebutuhan

Tahapan analisis merupakan tahapan awal untuk menganalisa kebutuhan berdasarkan permasalahan yang ada. Kebutuhan yang digunakan dapat diperoleh melalui observasi dan pencarian studi literatur. Tahapan ini diperlukan untuk mengetahui batas pengembangan sistem yang dikembangkan dengan menyesuaikan kebutuhan pengguna. Adapun kebutuhan mencakup perangkat keras, perangkat lunak dan data-data pendukung penelitian. Dalam implementasi untuk pengeringan rimpang, dapat diidentifikasi beberapa kebutuhan untuk pengembangan sistem. Kebutuhan tersebut melibatkan aspek perangkat keras dan perangkat lunak. Dari aspek perangkat keras diperlukan beberapa komponen meliputi *thermocouple*, *kontroller*, *cooling fan*, *heater*, *switch* dan *wifi router*. Sedangkan dari sisi perangkat lunak sistem ini dibangun dengan pemrograman *Node-RED*.

### 3.2. Desain Sistem

Tahapan berikutnya adalah desain sistem untuk menciptakan sistem yang berfungsi secara optimal. Pada tahap ini, dibuat desain sistem pengering. Perancangan sistem dibuat secara menyeluruh termasuk koneksi ke jaringan internet. Sedangkan desain aplikasi dibuat secara interaktif yang berarti

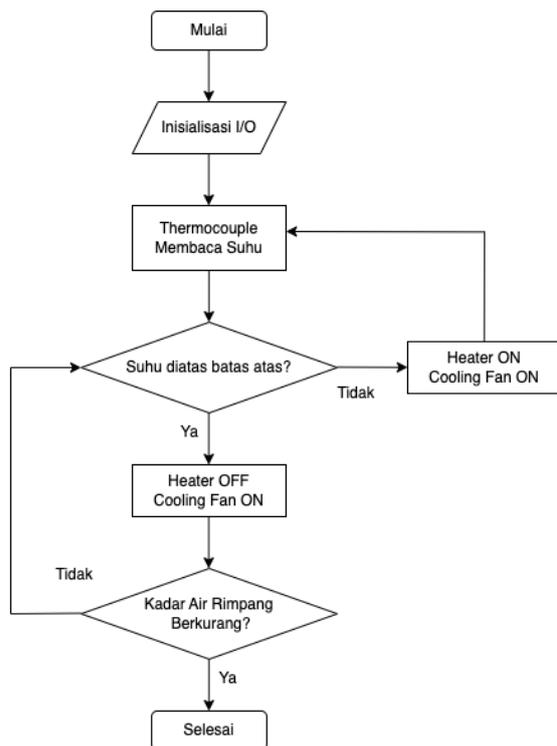
sistem dapat merespon aksi user dan sistem mampu memvisualisasikan objek-objek animasi.



Gambar 2. Perancangan Sistem

Pada Gambar 2 diilustrasikan desain sistem pengeringan rimpang dengan IoT. Sistem tersebut dibangun dari tiga blok yang meliputi blok masukan, proses dan keluaran. Koneksi dan integrasi masing-masing blok diprogram melalui platform Node-RED. Desain sistem ini diawali dengan *thermocouple* sebagai perangkat masukan. Peran *thermocouple* untuk mendeteksi suhu pada ruang pengering. Data suhu tersebut diproses oleh kontroller yang apabila suhu mencapai batas atas yang dikehendaki maka *heater* sebagai perangkat keluaran akan *off*. Untuk status *cooling fan* akan terus *on* untuk mendistribusikan udara ke ruang pengering. Seluruh perangkat tersebut dapat dipantau dan dikendalikan melalui aplikasi *mobile* selama sistem terkoneksi ke jaringan internet.

Alur kerja sistem pengering rimpang diilustrasikan sebagaimana terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Sistem

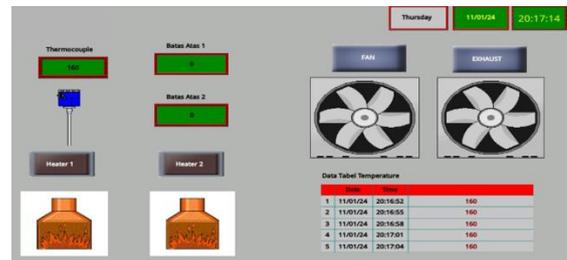
### 3.3. Implementasi Sistem

Tahapan ini merupakan proses mewujudkan desain sistem yang telah dirancang. Seluruh *resources* dirancang berdasarkan kebutuhan dan diintegrasikan melalui serangkaian perintah pemrograman pada komputer dan konfigurasi agar dapat di uji coba pada objek rimpang.



Gambar 4. Box Panel

Gambar 4 merupakan *box* panel hasil dari implementasi sistem berdasarkan desain sistem yang telah dirancang sebelumnya. Perangkat keras yang meliputi *controller* dan *driver* diinstalasi dalam *box* panel untuk memberikan kemudahan penggunaan.



Gambar 5. User Interface Aplikasi

Gambar 5 merupakan *user interface* aplikasi untuk pengeringan rimpang. Dalam *user interface* tersebut memuat beberapa fitur seperti pemantauan suhu, pengaturan batas bawah dan batas atas suhu pengendalian *cooling fan*, pengendalian *heater* dan database pemantauan suhu. Aplikasi ini dirancang berdasarkan kebutuhan dan dapat dijalankan pada perangkat *mobile* dengan sistem operasi Android dan iOS sehingga penggunaan lebih fleksibel.

### 3.4. Uji Coba Sistem

Langkah selanjutnya berupa pengujian sistem pada objek rimpang. Pengujian yang dilakukan mencakup kinerja perangkat keras dan perangkat lunak. Dalam hal ini pengaturan *heater*, *cooling fan* batas bawah sensor, batas atas sensor dan pembacaan sensor dilakukan melalui aplikasi *mobile*. Untuk memperoleh hasil yang maksimal, skenario pengujian pada penelitian ini meliputi pengujian pembacaan suhu menggunakan sensor *thermocouple* dan pengujian waktu pengeringan.

Untuk skenario pengujian pembacaan suhu dengan sensor *thermocouple* yaitu dengan menentukan persentase *error* sensor menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Selisih Pengukuran}}{\text{Pembacaan Alat Ukur}} \times 100\% \quad (1)$$

Hasil persentase *error* diambil nilai rata-ratanya dengan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rata - Rata } \% \text{ Error} = \frac{\text{Jumlah Persentase Error}}{\text{Jumlah Banyaknya Data}} \quad (2)$$

Pengujian lain untuk pembacaan suhu dengan menentukan hasil akurasi pembacaan sensor menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = 100\% - \left( \frac{|\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Alat Ukur}|}{\text{Nilai Alat Ukur}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Hasil akurasi diambil nilai rata-ratanya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rata - Rata Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Akurasi}}{\text{Jumlah Banyaknya Data}} \quad (4)$$

Skenario pengujian kedua berupa pengujian pengeringan rimpang dengan rentang suhu 30°C-50°C. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui durasi waktu pengeringan hingga mencapai kadar air  $\leq 10\%$ . Hasil pengujian ini dapat menentukan estimasi konsumsi listrik yang digunakan.

### 3.5. Pemeliharaan Sistem

Sistem yang telah selesai dikembangkan kemudian digunakan oleh pengguna. Pemeliharaan dilakukan secara rutin dan berulang, jika terdapat kendala (*error*) maka sistem tersebut dilakukan perbaikan.

## 4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

### 4.1 Pengujian *Error* dan Akurasi Sensor

Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui nilai kesalahan dan akurasi sensor *thermocouple* dengan membandingkan datanya dengan *temperature meter* digital. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui karakteristik sensor karena penggunaannya untuk pengeringan dilingkungan industri dapat memakan waktu yang lama, sehingga konsistensi data sensor harus dapat diandalkan. Kondisi pengujian dilakukan dengan skenario nilai sensor *thermocouple* diatur

batas bawah dan batas atasnya melalui aplikasi *mobile*. Untuk kondisi batas bawah sebesar 30°C dan kondisi batas atas 50°C. Cara kerjanya apabila nilai sensor *thermocouple* melebihi batas atas maka *heater* akan *off* namun *cooling fan* akan tetap *on* untuk meratakan udara panas diruang pengering, sebaliknya jika nilai sensor *thermocouple* lebih rendah dari batas atas maka *heater* dan *cooling fan* akan *on* secara bersamaan. Durasi pengujian dilakukan setiap 10 menit dengan 6 kali percobaan, sehingga total waktu mencapai 60 menit. Hal ini karena udara panas yang dihasilkan oleh *heater* bertambah di 60 menit awal, sehingga penting dilakukan pengamatan diwaktu tersebut untuk mengetahui karakteristik sensor.

Tabel 1. Pengujian Persentase Error Sensor

Percobaan	Waktu	Thermocouple (C)	Temp Digital (C)	Error (%)
1	10 Menit Pertama	28°	28°	0
2	10 Menit Kedua	30°	31°	3,22
3	10 Menit Ketiga	33°	32°	3,12
4	10 Menit Keempat	35°	35°	0
5	10 Menit Kelima	38°	37°	2,7
6	10 Menit Keenam	40°	40°	0

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh hasil bahwa untuk pengujian persentase *error* sensor *thermocouple* pada percobaan ke 2, 3 dan 5 mengalami perbedaan pembacaan antara sensor *thermocouple* dan *temperature meter*. Nilai perbedaan antara dua pengukuran sebesar 1°C. Rata-rata persentase *error* dari 6 percobaan dengan durasi masing-masing 10 menit sebesar 1,5%.

Selain pengujian persentase *error* sensor. Hasil lain yang diperoleh berupa akurasi sensor *thermocouple*.

Tabel 2. Pengujian Akurasi Sensor

Percobaan	Waktu	Thermocouple (C)	Temp Digital (C)	Akurasi (%)
1	10 Menit Pertama	28°	28°	100
2	10 Menit Kedua	30°	31°	96,78
3	10 Menit Ketiga	33°	32°	96,88
4	10 Menit Keempat	35°	35°	100
5	10 Menit Kelima	38°	37°	97,3
6	10 Menit Keenam	40°	40°	100

Sebagaimana pada Tabel 2 diperoleh hasil bahwa untuk pengujian persentase akurasi sensor *thermocouple* pada percobaan ke 2, 3 dan 5 yang

mengalami perbedaan pembacaan antara sensor *thermocouple* dan *temperature meter* sebesar sebesar 1°C. Rata-rata persentase akurasi sensor dari 6 percobaan dengan durasi masing-masing 10 menit sebesar 98,49%.

Nilai persentase *error* sebesar 1,5% dan akurasi sebesar 98,49% masih dalam toleransi, ini berarti *sensor thermocouple* yang digunakan layak untuk diimplementasikan.

## 4.2 Pengujian Pengeringan Rimpang

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui durasi waktu pengeringan rimpang ketika mencapai kadar air 9-10%. Skenario pengujian menggunakan kunyit dengan berat basah 30 Kg. Objek kunyit dipilih karena mempunyai kadar air yang cukup tinggi. *Heater* dalam kondisi *on* dengan daya 1500 Watt dan perangkat lain 300 Watt. Batas atas sensor diatur pada suhu 50°, sehingga ketika suhu diruang pengering mencapai nilai tersebut maka *heater* akan *off* dan *cooling fan* tetap *on*. Pengamatan dilakukan setiap 60 menit.

Tabel 3. Pengujian Pengukuran Kadar Air

Nomor	Waktu	Thermo couple	Kadar Air
1	60 Menit Pertama	25°	18%
2	60 Menit Kedua	41°	17%
3	60 Menit Ketiga	50°	16%
4	60 Menit Keempat	48°	14%
5	60 Menit Kelima	50°	13%
6	60 Menit Keenam	49°	11%
7	60 Menit Ketujuh	50°	9%

Sebagaimana Tabel 3, pembacaan suhu diruang pengering mengalami kenaikan yang bervariasi hingga pengamatan ke 3 atau durasi 180 menit. Hal ini dikarenakan kadar air kunyit banyak yang terbuang akibat dari udara panas yang dihasilkan oleh *heater* dan didistribusikan oleh *cooling fan*. Di pengamatan berikutnya, pembacaan sensor cenderung berubah dengan nilai yang tidak terlampaui jauh karena panas yang dihasilkan mendekati atau mencapai *setpoint*. Informasi data sensor dan waktu pengeringan selama pengamatan juga terkelola di dalam database.



Gambar 6. Uji Coba Pengeringan Rimpang

Pada Gambar 6 merupakan uji coba pada rimpang berupa kunyit yang setelah melalui proses pengeringan hingga mencapai kadar air 9-10%. Kadar air kunyit mencapai persentase 9% dengan durasi 420 menit atau 7 jam. Hal ini berbanding terbalik ketika pengeringan rimpang dengan metode konvensional atau semi otomatis yang telah dilakukan di industri memakan waktu minimum 2 hari. Ini menunjukkan bahwa sistem yang dibangun baik dari sisi perangkat keras dan perangkat lunak dapat bekerja dengan baik.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian lapangan pengeringan rimpang berupa kunyit dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT). Uji tersebut mencakup pengujian *error* dan akurasi sensor *thermocouple* serta pengujian pengukuran kadar air. Pengendalian dan pemantauan perangkat dilakukan melalui aplikasi *mobile*.

Untuk hasil pengujian *error* diperoleh rata-rata persentase *error* sebesar 1,5 %. Sedangkan untuk pengujian akurasi diperoleh rata-rata persentase akurasi sebesar 98,49%. Nilai yang diperoleh tersebut masih dalam batas toleransi. Untuk pengukuran kadar air kunyit diperlukan durasi waktu selama 7 jam untuk mencapai kadar air 9-10%. Hal ini karena batas atas suhu yang diatur sebesar 50° untuk menjaga kandungan nutrisi pada rimpang. Pemanfaatan *Internet of Things* terbukti dapat digunakan untuk membantu proses pengeringan rimpang dalam segi karakteristik sensor dan pengendalian perangkat melalui aplikasi *mobile*. Lebih dari itu informasi data sensor dan waktu pengeringan yang terkelola didatabase dapat digunakan untuk keperluan analisa data. Diharapkan penelitian ini menjadi suatu rujukan untuk industri herbal yang ingin meningkatkan kualitas produk dengan biaya yang produksi yang minimum. Pada penelitian selanjutnya akan dicoba menguji nilai akurasi kadar air melalui aplikasi *mobile*. Hal ini bertujuan untuk memberikan fleksibilitas melalui fitur tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

AZARUDEEN, S.M., MOHAN, B., PUJTA, S., SWAPNA, P., 2021. Automatic Smart

- Receptacle Using IoT and Mobile Application, in: 2021 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS). Presented at the 2021 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), IEEE, Madurai, India, pp. 389–392.  
<https://doi.org/10.1109/ICICCS51141.2021.9432137>
- CHOLISSODIN, I., SYAUQY, D., FIRMANDA, D.A., AJI, I., RAHMAN, E., HARAHAP, S., SEPTINO, F., 2022. Pengembangan Auto-AI Model Generatif Analisis Kompleksitas Waktu Algoritma Untuk Data Multi-Sensor IoT Pada Node-RED Menggunakan Extreme Learning Machine. *JTIK* 9, 1349.  
<https://doi.org/10.25126/jtiik.2022976738>
- DESPA, D., NAMA, G.F., MUHAMMAD, M.A., SEPTIANA, T., 2022. Teknologi Internet of Things (IoT) Sistem Kelistrikan 3 Fasa dengan Data Real Time Pengukuran Besaran Listrik (Studi Kasus: Pengaruh Covid-19 pada Konsumsi Listrik di Fakultas Teknik Universitas Lampung). *JTIK* 9, 735–742.  
<https://doi.org/10.25126/jtiik.2022934269>
- FEBERIAN, Y., FITRIATI, D., 2022. Klasifikasi Rimpang Menggunakan Convolution Neural Network 3.
- HAKEEM, M.F.M.A., SULAIMAN, N.A., KASSIM, M., ISA, N.M., 2022. IoT Bus Monitoring System via Mobile Application. *IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*. Malaysia:IEEE.
- HARDIYANSYAH, M.V., KABIB, M., HUDAYA, A.Z., 2021. RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL SUHU PADA MESIN OVEN KOPI TRAY ROTARY BERBASIS ARDUINO 4.
- HARIADI, E., ANISTYASARI, Y., ZUHRIE, M.S., Putra, R.E., 2022. Mesin Oven Pengereng Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT). *INAJET* 2, 18–23.  
<https://doi.org/10.26740/inajet.v2n1.p18-23>
- HERGIKA, G., SISWANTO, S, S., 2021. PERANCANGAN INTERNET OF THINGS (IOT) SEBAGAI KONTROL INFRASTRUKTUR DAN PERALATAN TOLL PADA PT. ASTRA INFRATOLL ROAD. *Prosisko* 8, 86–98.  
<https://doi.org/10.30656/prosisko.v8i2.3862>
- ILHAMI, M.F.A., WIBISONO, S., 2023. Klasifikasi Rimpang Menggunakan Metode Jaringan Saraf Konvolusi Dengan Arsitektur Alexnet. *INTECOMS* 6, 666–670.  
<https://doi.org/10.31539/intecom.v6i2.6634>
- KAUR, G., UPADHYAYA, P., CHAWLA, P., 2022. IoT Based Mobile Application for Monitoring of Hydroponic Vertical Farming, in: 2022 10th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO). Presented at the 2022 10th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO), IEEE, Noida, India, pp. 1–4.  
<https://doi.org/10.1109/ICRITO56286.2022.9964872>
- MAMAT, H., IBRAHIM, B.H., SULONG, M.P., 2020. Network Topology Comparison for Internet Communication and IoT Connectivity. *IEEE Conference on Open Systems (ICOS)*. Malaysia:IEEE.
- MUHIT, M.A.B., WIDIYASONO, N., 2023. Pengembangan Smart Oven Daun Kelor Berbasis Internet Of Things 2.
- NURDIANA, N., AZIS, A., 2022. Perancangan Pengendali Temperatur pada Alat Pengereng Makanan 16.
- NURHAYATI, A.P.A., GHAISSANI, S.S., SETIAWAN, E., SA'ADAH, N.N., ASHURI, N.M., ABDULGANI, N., HIDAYATI, D., NAVASTARA, D.A., PRASETYO, D., ROSDIANA, L., 2022. Produk Herbal Ramah Lingkungan di Desa Oro-oro Ombo- Batu Malang, Provinsi Jawa Timur Dalam Upaya Peningkatan Produktivitas Masyarakat. *SWG T* 6, 1–14.  
<https://doi.org/10.12962/j26139960.v6i4.98>
- SANTOSO, A.J., WARAS, F.A., REJA, I.D., 2023. Analisa Jaringan Komputer Pada Studio Foto Varia Indah Menggunakan Metode Quality of Services (QOS). *Jurnal In Create (Inovasi dan Kreasi dalam Teknologi Informasi)*, Vol.9 No.1, pp 53-65.
- SIRAIT, M.Z.S., SONALITHA, E., DIRGANTARA, W., n.d. Kontrol Prototipe Ruang Monitoring Kesehatan Berbasis Node-RED.
- SOWMYA, K.V., PAVAN, T.N.V.S., TEJU, V., PRASAD, G.S.D., KRISHNA, P.V., 2021. IoT Based Energy Monitoring in Smart Home Using Mobile Application. *3<sup>rd</sup> International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N)*. India:IEEE.
- SUPRIANTO, G., NATASYA, A.R., RISKIAWAN, A.I., 2023. Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis IoT Sebagai Alat Bantu Pada UMKM. *ZTR* 5, 62–67.  
<https://doi.org/10.36526/ztr.v5i1.2631>
- SUSANTO, F., PRASIANI, N.K., DARMAWAN, P., 2022. IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS DALAM KEHIDUPAN

- SEHARI-HARI. *imagine* 2, 35–40. <https://doi.org/10.35886/imagine.v2i1.329>
- TORRES, D., DIAS, J.P., RESTIVO, A., FERREIRA, H.S., 2020. Real-time Feedback in Node-RED for IoT Development: An Empirical Study, in: 2020 IEEE/ACM 24th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT). Presented at the 2020 IEEE/ACM 24th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT), IEEE, Prague, Czech Republic, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/DS-RT50469.2020.9213544>

*Halaman ini sengaja dikosongkan*