

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu produsen kopi terbesar di dunia dengan produksi nasional mencapai sekitar 758,7 ribu ton pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik [BPS], 2023). Sebagian besar produksi tersebut dihasilkan oleh petani kecil yang masih menggunakan metode pascapanen tradisional (Ashardiono dan Trihartono, 2024). Salah satu tahapan penting dalam pascapanen kopi adalah proses pengeringan yang bertujuan menurunkan kadar air buah kopi hingga mencapai kondisi aman untuk penyimpanan dan pengolahan lebih lanjut, sehingga mutu hasil panen dapat dipertahankan dan pertumbuhan mikroorganisme dapat dicegah (Silva *et al.*, 2022). Oleh karena itu, proses pengeringan menjadi salah satu tahapan yang sangat menentukan kualitas akhir produk kopi.

Berbagai teknologi pengering telah dikembangkan sebagai alternatif pengeringan konvensional, di antaranya *solar drying*, *infrared drying*, *microwave drying*, dan *radio frequency drying* (Skåra *et al.*, 2023). Setiap teknologi memiliki karakteristik perpindahan panas yang berbeda. Menurut Skåra *et al.* (2023), pengering inframerah memanfaatkan energi radiasi yang diserap secara langsung oleh permukaan bahan sehingga proses perpindahan panas berlangsung lebih cepat dan berpotensi mempertahankan mutu produk apabila kondisi pengeringan dikendalikan dengan tepat. Selain itu, Wang *et al.* (2024), menjelaskan bahwa pemanasan inframerah terjadi melalui perpindahan energi radiasi yang diserap oleh permukaan material dan kemudian dikonversi menjadi energi panas. Berdasarkan karakteristik tersebut, penelitian ini menggunakan pengering inframerah sebagai sumber panas utama.

Meskipun teknologi inframerah dapat mempercepat laju pengeringan, pengendalian suhu dan kelembapan tetap diperlukan agar kualitas produk tidak mengalami penurunan (Wang *et al.*, 2024). Pengendalian berbasis nilai ambang (*threshold control*) memberikan aksi ON atau OFF berdasarkan batas nilai yang telah ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan metode pengendalian yang mampu menentukan aksi kendali berdasarkan kondisi suhu dan kelembapan yang terukur.

Menurut Pei *et al.* (2022), *Fuzzy Logic* menghasilkan keputusan pengendalian berdasarkan kombinasi beberapa variabel masukan yang diproses melalui aturan (*rule base*), sehingga aksi pengendalian dapat disesuaikan dengan kondisi proses pengeringan. Penerapan metode tersebut telah dilakukan oleh Pei *et al.* (2022), pada sistem *far-infrared drying*. Selain itu, Nafisah *et al.* (2024) menerapkan metode *Fuzzy Logic Mamdani* pada *rotary dryer* kopi robusta untuk menjaga suhu pada 50 °C dan menghasilkan kadar air akhir 12%.

Selain sistem kontrol, perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan proses pengeringan dipantau secara *real-time* melalui pengiriman data hasil pengukuran sensor ke media pemantauan, sehingga mempermudah pengawasan kondisi ruang pengering selama proses berlangsung (Syamsiana *et al.*, 2024). Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan merancang sistem kontrol pengeringan buah kopi dengan inframerah berbasis *Fuzzy Logic* yang terintegrasi dengan sistem pemantauan berbasis IoT. Sistem menggunakan lampu pemanas inframerah sebagai sumber panas utama. Suhu pengeringan ditetapkan pada *setpoint* 50°C mengacu pada penelitian Nafisah *et al.* (2024). sedangkan pengendalian suhu dilakukan pada rentang 40–60°C. Selain suhu, kelembapan relatif (RH) udara di dalam *chamber* juga dikendalikan untuk menjaga kapasitas penyerapan uap air oleh udara agar pengeringan berlangsung optimal (Skåra *et al.*, 2023). Pada penelitian ini, target kelembapan relatif di dalam ruang pengering ditetapkan di bawah 40%. Pengukuran suhu dan kelembapan dilakukan menggunakan dua sensor DHT22, sedangkan pengendalian dilakukan terhadap lampu pemanas inframerah dan blower berdasarkan hasil inferensi *Fuzzy Logic*. Data suhu, kelembapan, serta status operasional kedua aktuator ditampilkan secara *real-time* melalui platform ThingSpeak (Syamsiana *et al.*, 2024).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang sistem kontrol pengering inframerah berbasis *fuzzy Logic*?

2. Apa saja variabel yang digunakan untuk sistem kontrol pengering inframerah buah kopi berbasis *fuzzy Logic*?
3. Bagaimana perubahan berat dan nilai kadar air akhir buah kopi setelah dikeringkan menggunakan sistem kontrol yang dirancang?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Merancang sistem kontrol pengering inframerah berbasis *Fuzzy Logic*.
2. Menganalisis suhu, kelembapan, status relay pemanas, dan status relay blower pada ruang pengering selama proses pengeringan buah kopi berlangsung.
3. Menganalisis penurunan berat dan kadar air akhir buah kopi setelah proses pengeringan menggunakan sistem yang dirancang.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada perancangan dan pengujian sistem pengering inframerah berbasis *Artificial Intelligence* menggunakan metode *Fuzzy Logic* untuk pengeringan buah kopi. Pengujian dilakukan pada sampel buah kopi sebanyak 100 gram dan 1000 gram dengan rentang suhu pengeringan 40–60 °C (suhu acuan 50 °C) dan target kelembapan relatif (*relative humidity*) ruang pengering di bawah 40%. Pengujian dilakukan selama ± 6 jam sebagai durasi operasional untuk mengamati penurunan kadar air buah kopi serta menguji kestabilan sistem kendali. Variabel yang diamati meliputi suhu, kelembapan relatif udara, waktu pengeringan, status operasional *heater* dan *blower*, serta susut bobot dan kadar air buah kopi. Sistem pemantauan dilakukan secara *real-time* menggunakan platform ThingSpeak berbasis *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini tidak membahas analisis konsumsi energi listrik, kualitas fisik maupun kimia hasil pengeringan, serta perbandingan langsung dengan metode pengeringan lainnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian tersebut, maka penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Bagi IPTEK, menambah pengembangan teknologi sistem kontrol otomatis berbasis AI pada mesin pengering inframerah.
2. Bagi pemerintah, memberikan acuan dalam penerapan teknologi digital dan otomatisasi untuk mendukung modernisasi sektor pertanian.
3. Bagi masyarakat, memberikan alternatif teknologi pengeringan biji kopi yang lebih mudah dipantau melalui sistem berbasis web.

