

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia dengan peranan penting dalam perekonomian nasional maupun lokal[1]. Kualitas biji kopi sangat dipengaruhi oleh proses pascapanen, terutama pada tahap pengeringan. Pada tahap ini, biji kopi perlu dikeringkan hingga kadar airnya mencapai rentang ideal, yaitu antara 8–12,5%[2]. Kadar air yang tepat sangat penting untuk menjaga cita rasa, mencegah pertumbuhan jamur, memperpanjang masa simpan produk, serta mempertahankan nilai jual kopi di pasar domestik maupun internasional[3].

Secara umum, metode pengeringan biji kopi terbagi menjadi dua, yaitu pengeringan terbuka dan pengeringan semi-tertutup[4]. Pengeringan terbuka umumnya dilakukan secara tradisional dengan menjemur biji kopi di bawah sinar matahari langsung[5]. Meskipun metode ini tergolong sederhana dan tidak memerlukan biaya operasional yang besar, efektivitasnya sangat bergantung pada kondisi cuaca[6]. Selain itu, metode pengeringan terbuka dapat meningkatkan risiko kontaminasi biji kopi oleh debu, serangga, dan kotoran lainnya, sehingga berpotensi menurunkan mutu hasil akhir[7].

Sebagai solusi dari kelemahan pengeringan terbuka, metode pengeringan semi-tertutup menggunakan *greenhouse* mulai banyak diterapkan dalam pengolahan pascapanen biji kopi[8]. *Greenhouse* memungkinkan proses pengeringan tetap memanfaatkan sinar matahari secara optimal, namun dengan perlindungan dari hujan, angin, serta perubahan suhu lingkungan[9]. Hal ini membuat proses pengeringan berlangsung lebih efisien, konsisten, dan higienis. Dengan demikian, kualitas biji kopi dapat lebih terjaga dan risiko kerusakan akibat faktor eksternal dapat diminimalkan[10].

Seiring perkembangan teknologi, sistem pengeringan berbasis *greenhouse* kini mulai dikembangkan dengan integrasi sensor dan perangkat kendali otomatis[11]. Berbagai sensor seperti sensor suhu, kelembaban relatif, dan *load cell* digunakan untuk memantau kondisi lingkungan serta perubahan berat biji kopi selama proses pengeringan[12]. Data yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut kemudian diolah oleh mikrokontroler atau sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memberikan informasi secara *real-time* dan mengendalikan perangkat seperti ventilasi atau aktuator agar kondisi di dalam *greenhouse* tetap optimal[9][13].

Dalam penelitian ini, sistem pengeringan semi-tertutup dirancang menggunakan pengontrolan lingkungan berbasis sensor suhu dan *load cell* untuk memantau perubahan suhu, kelembaban, serta berat biji kopi. Tujuannya adalah untuk menjaga kestabilan lingkungan pengering sehingga proses pengeringan berlangsung secara efisien dan konsisten. Kondisi lingkungan optimal untuk

pertumbuhan biji kopi Arabika berada pada suhu 15–25°C dengan kelembaban relatif 70–89%[14], sedangkan proses pengeringan biji kopi idealnya dilakukan pada suhu antara 40–50°C dengan kelembaban relatif sekitar 70%[15].

Meskipun penggunaan *greenhouse* telah memberikan perlindungan dari pengaruh cuaca luar, proses pengeringan di lapangan umumnya masih dilakukan secara manual[5]. Petani biasanya mengatur ventilasi berdasarkan pengamatan langsung terhadap suhu dan kelembaban di dalam ruang pengering. Sementara itu, pemantauan berat biji kopi masih dilakukan secara berkala menggunakan timbangan konvensional. Sehingga, proses pengeringan menjadi tidak terkontrol secara konsisten dan tidak sesuai dengan standar yang diharapkan[16].

Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan dan pengendalian otomatis berbasis sensor guna memastikan kestabilan proses pengeringan sekaligus memperkirakan waktu pengeringan dengan lebih akurat[17]. Salah satu pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan memanfaatkan data penurunan berat biji kopi selama pengeringan sebagai indikator tidak langsung dari kadar air[18]. Selain itu, untuk mendukung proses pengendalian tersebut, diperlukan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu menampilkan data suhu, kelembaban, dan berat biji kopi secara *real-time* baik secara lokal maupun jarak jauh.

Selain itu, petani belum memiliki sistem yang mampu memprediksi estimasi lama waktu pengeringan secara akurat. Padahal, waktu pengeringan sangat penting untuk menjaga kadar air akhir sesuai standar (8–12,5%) dan mempertahankan mutu cita rasa kopi[2]. Pengeringan yang terlalu cepat dapat menyebabkan kadar air tinggi dan memicu pertumbuhan jamur, sedangkan pengeringan yang terlalu lama dapat mengakibatkan kehilangan senyawa volatil penyusun aroma kopi[19].

Oleh karena itu, metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) dapat digunakan untuk memprediksi waktu pengeringan biji kopi berdasarkan perubahan kadar air dan berat biji kopi selama proses berlangsung. Metode ini mampu mengolah data sensor yang bervariasi, seperti suhu, kelembaban, dan berat, untuk menghasilkan estimasi numerik yang mendekati kondisi aktual. Output dari metode ANFIS bersifat presisi dan dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai parameter dalam sistem pengendalian otomatis pada proses pengeringan[20].

Upaya untuk mengatasi masalah sistem kontrol otomatis dan pemantauan *real-time* dalam proses pengeringan biji kopi sudah dilakukan dalam beberapa penelitian sebelumnya. Beberapa di antaranya adalah:

1. Sutarmin dkk[10] dengan judul “Penerapan Teknologi Green House Kopi Arabika dalam Upaya Kemandirian Ekonomi Desa Sridadi Kecamatan Sirampog”. Penelitian ini membahas pemanfaatan teknologi *greenhouse* sebagai solusi untuk meningkatkan efektivitas proses pengeringan biji kopi Arabika di Desa Sridadi, Brebes. Teknologi ini menggantikan metode

tradisional dengan sistem rumah kaca yang dirancang khusus agar suhu dan kondisi pengeringan lebih terkontrol. Inovasi ini tidak hanya mempercepat proses pengeringan, tetapi juga meningkatkan kebersihan dan efisiensi ruang, sehingga mutu kopi yang dihasilkan menjadi lebih baik dan stabil.

2. Dodit Suprianto dkk[20] dengan judul “*Smart Greenhouse Coffee Dryer with Fuzzy Algorithm on Internet of Things Platform*” yang mengembangkan alat pengering biji kopi berbasis rumah kaca cerdas (IoT) dengan kontrol suhu dan kelembaban otomatis menggunakan logika *fuzzy* Sugeno. Sistem ini mampu menjaga suhu dan kelembaban ideal untuk mencapai kadar air 12,55% (SNI) dalam waktu <14 hari. Algoritma Sugeno-*Fuzzy* terintegrasi secara efektif mengontrol aktuator (kipas dan pemanas) sehingga proses pengeringan optimal, uji coba menunjukkan rumah kaca cerdas ini mampu menurunkan kadar air biji kopi lebih cepat daripada pengeringan konvensional.
3. Nurdin dkk[21] dengan judul “Rancang Bangun Solar Dryer Konveksi Alamiah untuk Biji Kopi dengan Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things” yang merancang sistem *solar dryer* berbasis konveksi alamiah yang dilengkapi dengan pemantauan suhu dan kelembaban secara *real-time* menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Sistem ini terdiri dari ruang pengering, kolektor surya, dan sensor suhu, kelembaban, serta intensitas cahaya yang datanya dikirim ke *cloud* dan dapat dipantau melalui perangkat digital. Implementasi sistem ini memungkinkan pengguna untuk mengawasi proses pengeringan dari jarak jauh, sekaligus meningkatkan efektivitas dan kebersihan pengeringan biji kopi.

Dari ketiga penelitian tersebut, jelas bahwa teknologi cerdas seperti logika *fuzzy* dan IoT dapat memberikan solusi yang efektif untuk masalah utama dalam pengeringan kopi, baik dalam pengaturan suhu dan kelembaban maupun dalam pemantauan yang lebih fleksibel dan efisien.

Oleh karena itu, penulis mengangkat tugas akhir yang berjudul “Sistem Prediksi Waktu Pengeringan Biji Kopi pada *Greenhouse* berbasis IoT menggunakan Metode ANFIS”. Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor *load cell* untuk mengukur berat biji kopi, serta sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembaban. Pembuangan uap selama proses pengeringan akan dilakukan secara otomatis melalui *exhaust fan* berdasarkan suhu dan kelembaban, sedangkan prediksi waktu pengeringan dihitung menggunakan metode ANFIS dengan parameter input berupa suhu, kelembaban, dan penurunan berat biji kopi. Seluruh data seperti suhu, kelembaban, berat biji kopi, dan status sistem dipantau secara *real-time* melalui platform Thingspeak.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, rumusan masalah yang didapatkan adalah:

1. Bagaimana merancang sistem kontrol otomatis untuk mengaktifkan *exhaust fan* pada *greenhouse* berdasarkan suhu dan kelembaban agar proses pengeringan biji kopi tetap stabil?
2. Bagaimana merancang sistem monitoring suhu, kelembaban dan berat biji kopi selama proses pengeringan secara *real-time* menggunakan sensor DHT22, *load cell* dan mengirimkan data secara online ke platform Thingspeak?
3. Bagaimana menerapkan metode ANFIS untuk memprediksi waktu pengeringan biji kopi berdasarkan data suhu, kelembaban, dan berat biji kopi?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, tujuan dari dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol otomatis *exhaust fan* berbasis mikrokontroler ESP32 dengan sensor suhu, kelembaban, dan *load cell* untuk menjaga kestabilan proses pengeringan.
2. Merancang sistem monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk menampilkan data suhu, kelembaban, dan berat biji kopi secara *real-time* melalui *dashboard online* (Thingspeak).
3. Menerapkan metode ANFIS untuk memprediksi waktu pengeringan biji kopi berdasarkan data suhu, kelembaban, dan berat biji kopi.
4. Membandingkan dengan penelitian sebelumnya.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di *greenhouse* kopi Lasi, Kab. Agam.
2. Jenis kopi yang digunakan adalah kopi arabika.
3. Sistem pengeringan menggunakan *greenhouse* pasif yang memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber panas alami, tanpa pemanas listrik tambahan.
4. Parameter yang dikendalikan terbatas pada suhu dan kelembaban, sedangkan berat biji kopi hanya digunakan sebagai indikator penurunan kadar air, tanpa kontrol aktif.
5. Sistem kontrol otomatis difokuskan pada *exhaust fan* sebagai aktuator utama untuk mengatur sirkulasi udara di dalam *greenhouse* berdasarkan input suhu dan kelembaban.
6. Prediksi waktu pengeringan dilakukan dengan metode ANFIS berdasarkan data suhu, kelembaban relatif, dan berat biji kopi yang dikumpulkan secara

periodik setiap interval waktu pukul 09.00 hingga 17.00 WIB selama proses pengeringan.

7. Data yang dimonitor meliputi berat, suhu, dan kelembaban, ditampilkan melalui platform IoT (Thingspeak), tanpa fitur kontrol jarak jauh dari pengguna.
8. Penelitian ini tidak membahas penyebaran panas di dalam *greenhouse*.
9. Penelitian ini tidak membahas secara terperinci mengenai *Internet of Things*.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian dan penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat berupa:

1. Menghasilkan sistem pengeringan biji kopi berbasis *greenhouse* yang efisien dan ramah lingkungan dengan dukungan sensor suhu, kelembaban, dan *load cell* untuk menjaga kestabilan kondisi pengeringan.
2. Menyediakan sistem monitoring *real-time* berbasis IoT yang memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi suhu, kelembaban, berat biji kopi.
3. Menerapkan metode ANFIS untuk memprediksi waktu pengeringan biji kopi berdasarkan data suhu, kelembaban, dan berat biji kopi selama proses pengeringan.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir dilakukan secara sistematis yang setiap babnya memiliki tujuan dalam menyampaikan hal tertentu. Hal ini dilakukan agar pembaca dapat memahaminya dengan mudah. Sistematika penulisan tugas akhir dijelaskan sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bagian ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bagian ini berisi teori dasar dan ilmu penunjang yang diperlukan dalam menyelesaikan tugas akhir.

#### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bagian ini berisi penjelasan tentang rancangan dan prosedur yang akan digunakan untuk memecahkan permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir. Umumnya berisi rentang waktu penelitian dan digram alir rencana penelitian.

#### **BAB IV HASIL DAN ANALISIS**

Bagian ini berisikan hasil dan analisis dari penelitian tugas akhir ini.

**BAB V      SIMPULAN DAN SARAN**

Bagian ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan data dari penelitian yang telah dilakukan.

