

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang banyak dibudidayakan di Indonesia dan sebagian besar pengusahaannya berasal dari perkebunan rakyat. Berdasarkan Statistik Kopi Indonesia pada tahun 2023, luas areal perkebunan kopi Indonesia mencapai 1.266,85 ribu hektare dengan produksi sebesar 758,73 ribu ton [1]. Besarnya produksi tersebut menjadikan penanganan pascapanen sebagai salah satu bagian yang perlu diperhatikan untuk mempertahankan mutu kopi sebelum disimpan dan diolah lebih lanjut.

Salah satu tahapan pascapanen yang berpengaruh terhadap mutu biji kopi adalah pengeringan. Proses ini dilakukan untuk menurunkan kadar air biji hingga mencapai kondisi yang sesuai untuk penyimpanan. Ghosh dan Venkatachalapathy menjelaskan bahwa kopi setelah proses pengolahan masih memiliki kadar air yang tinggi sehingga perlu dikeringkan hingga mencapai sekitar 12% basis basah [2]. Di Indonesia, persyaratan mutu biji kopi berdasarkan SNI 01-2907-2008 menetapkan kadar air maksimum sebesar 12,5% [3].

Pengeringan kopi secara konvensional umumnya dilakukan dengan memanfaatkan panas matahari. Metode tersebut relatif sederhana, tetapi kondisi prosesnya sangat dipengaruhi oleh intensitas matahari, kelembapan udara, dan perubahan cuaca. Keadaan tersebut dapat menyebabkan waktu pengeringan menjadi tidak menentu dan kondisi pengeringan sulit dipertahankan secara konsisten. Ghosh dan Venkatachalapathy menyebutkan bahwa pengeringan secara alami dapat membutuhkan waktu yang cukup panjang, terutama ketika kondisi cuaca kurang mendukung [2]. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengeringan yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap kondisi lingkungan.

Penggunaan ruang pengering dengan sumber panas buatan dapat menjadi salah satu alternatif untuk menghasilkan kondisi pengeringan yang lebih terkendali. Pada penerapannya, temperatur ruang pengering perlu diperhatikan karena perubahan kondisi pemanasan dapat memengaruhi proses pengeringan.

Pengendalian temperatur secara otomatis dapat digunakan agar kerja elemen pemanas disesuaikan dengan kondisi suhu yang terbaca di dalam ruang pengering. Dengan demikian, proses pemanasan tidak hanya bergantung pada pengoperasian secara manual, tetapi dapat dilakukan berdasarkan kondisi aktual selama proses berlangsung.

Perkembangan mikrokontroler dan teknologi *Internet of Things* juga memberikan peluang untuk melakukan pemantauan kondisi pengeringan selama alat beroperasi. Penelitian mengenai sistem *monitoring* alat pengering biji kopi berbasis IoT telah menunjukkan bahwa kondisi pengeringan dapat dipantau menggunakan mikrokontroler dan sensor yang terhubung dengan jaringan [4]. Beberapa penelitian lain juga telah mengembangkan pengering kopi menggunakan metode pengeringan dan sistem kendali yang berbeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa teknologi pengeringan telah berkembang, tetapi masih terdapat peluang untuk mengembangkan sistem yang menggabungkan pengendalian suhu otomatis dan pemantauan kondisi pengeringan dalam satu perangkat berbasis mikrokontroler.

Berdasarkan kondisi tersebut, pada tugas akhir ini dikembangkan **“Prototipe Robusta Coffee Bean Dryer Berbasis ESP32 dengan Kontrol Suhu Otomatis dan Monitoring melalui Blynk”**. Sistem menggunakan sensor SHT30 untuk mengukur suhu dan kelembapan relatif, metode PID digunakan untuk mengendalikan elemen pemanas melalui *solid state relay* (SSR), serta OLED dan joystick sebagai antarmuka lokal. Pemantauan kondisi pengeringan dilakukan melalui Blynk sehingga perubahan kondisi di dalam ruang pengering dapat diamati selama proses berlangsung.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah yang menjadi dasar dalam penelitian ini disajikan sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem pengering biji kopi berbasis mikrokontroler ESP32 dengan memanfaatkan oven listrik sebagai media pengering?

2. Bagaimana penerapan metode kendali *Proportional-Integral-Derivative* (PID) dapat mempertahankan kestabilan suhu selama proses pengeringan biji kopi?
3. Bagaimana sistem pemantauan suhu dan kelembapan relatif (RH) dapat diimplementasikan secara *real-time* menggunakan aplikasi Blynk?
4. Bagaimana kinerja sistem pengering yang dibangun ditinjau dari kestabilan suhu, perubahan RH, perubahan massa, dan capaian kadar air akhir biji kopi?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membangun sistem pengering biji kopi berbasis mikrokontroler ESP32 dengan memanfaatkan oven listrik sebagai media pengering.
2. Mengimplementasikan metode kontrol *Proportional-Integral-Derivative* (PID) untuk menjaga kestabilan suhu selama proses pengeringan biji kopi.
3. Mengimplementasikan sistem *monitoring* suhu dan kelembapan relatif (RH) secara *real-time* menggunakan aplikasi Blynk.
4. Mengevaluasi kinerja sistem pengering berdasarkan kestabilan suhu, perubahan kelembapan relatif (RH), perubahan massa, dan capaian kadar air akhir biji kopi terhadap standar SNI 01-2907-2008.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

1.4.1 Manfaat Teoritis

1. Menambah referensi ilmiah mengenai penerapan sistem kendali *proportional-integral-derivative* (PID) pada proses pengeringan biji kopi berbasis mikrokontroler ESP32.
2. Memberikan informasi mengenai implementasi teknologi *Internet of Things* (IoT) menggunakan aplikasi Blynk sebagai media *monitoring* suhu dan kelembapan secara *real-time* pada sistem pengering.
3. Menjadi bahan referensi dalam pengembangan sistem pengering hasil pertanian berbasis mikrokontroler dengan kendali suhu dan *monitoring* berbasis IoT.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Menghasilkan prototipe pengering biji kopi berbasis oven listrik yang dirancang untuk membantu mempertahankan suhu pengeringan pada nilai yang ditentukan.
2. Memudahkan proses pemantauan suhu dan kelembapan ruang pengering secara *real-time* melalui aplikasi Blynk, sehingga kondisi pengeringan dapat diketahui tanpa harus membuka ruang pengering.
3. Menjadi alternatif sistem pengering biji kopi pada skala prototipe sehingga mudah dioperasikan dan tidak bergantung pada kondisi cuaca.
4. Memberikan informasi mengenai karakteristik proses pengeringan biji kopi berdasarkan perubahan suhu, kelembapan relatif (RH), dan perubahan massa selama proses pengeringan.

1.5 Pembatasan Masalah

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan oven listrik komersial merek Samono tipe SW-EOG12 berdaya 750 watt yang dimodifikasi sebagai media pengering biji kopi Robusta berbasis ESP32 DevKit V1.
2. Pengujian pengeringan oven menggunakan wet parchment hasil *full washed*, sedangkan pengujian konvensional menggunakan gelondong *cherry* utuh. Kedua pengujian dilakukan pada kondisi bahan yang berbeda.
3. Sistem pengering menggunakan sensor SHT30 untuk mengukur suhu dan kelembapan relatif (RH), serta metode kendali PID dengan parameter $K_p = 1,5$, $K_i = 0$, dan $K_d = 0,7$ pada setpoint 65°C untuk menjaga kestabilan suhu selama proses pengeringan. Pengujian dilakukan pada satu set parameter tersebut tanpa variasi nilai K_p , K_i , dan K_d . Proses pemanasan dihentikan secara otomatis apabila kelembapan relatif di dalam ruang pengering telah mencapai target sebesar 20%.
4. Sistem pengering tidak dilengkapi kipas, sehingga proses pengeringan hanya memanfaatkan elemen pemanas bawaan oven tanpa bantuan kipas untuk mengalirkan udara di dalam ruang pengering.

5. Pemantauan kondisi suhu dan kelembapan dilakukan secara real-time menggunakan aplikasi Blynk versi gratis melalui jaringan Wi-Fi, sedangkan pencatatan data dilakukan pada Google Sheets dengan interval 60 detik. Penelitian ini dilakukan dalam batasan kuota dan fitur yang tersedia pada Blynk versi gratis.
6. Verifikasi konsistensi data suhu dan kelembapan dilakukan dengan membandingkan data yang ditampilkan pada OLED dan Blynk. Penelitian ini tidak melakukan kalibrasi sensor SHT30 terhadap alat ukur referensi.
7. Evaluasi hasil pengeringan dilakukan berdasarkan perubahan massa biji kopi serta perhitungan kadar air menggunakan metode gravimetri dengan pemanasan pada suhu 130°C. Penelitian ini tidak menggunakan *coffee moisture meter* sehingga kadar air biji kopi tidak diukur secara langsung menggunakan alat ukur kadar air.
8. Penelitian difokuskan pada perancangan, implementasi, dan pengujian kinerja sistem pengering, serta tidak membahas kualitas cita rasa (*cupping test*), kandungan kimia, maupun aspek ekonomi dari proses pengeringan. Pengujian laboratorium terhadap biji kopi tidak dilakukan pada penelitian ini.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Laporan tugas akhir ini disusun dalam enam bab yang saling berkaitan satu sama lain. Berikut merupakan uraian singkat mengenai isi dari masing-masing bab.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan latar belakang yang mendasari dilakukannya penelitian, perumusan masalah yang menjadi fokus pembahasan, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian, pembatasan masalah yang ditetapkan agar penelitian lebih terfokus, serta sistematika penulisan laporan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini dipaparkan tinjauan pustaka yang memuat kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian, serta dasar teori yang menjadi landasan dalam perancangan dan pembuatan sistem. Dasar teori yang dibahas meliputi biji kopi robusta, pengeringan biji kopi, mikrokontroler ESP32,

modul catu daya, sensor suhu dan kelembapan SHT30, elemen pemanas, *solid state relay* (SSR), algoritma kendali PID, display OLED, modul joystick, platform Blynk, dan Arduino IDE.

BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR

Pada bab ini dijelaskan tahapan perancangan sistem pengering biji kopi yang meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras mencakup diagram blok sistem, rangkaian *supply*, rangkaian sensor SHT30, rangkaian display OLED, rangkaian joystick, serta rangkaian SSR dan elemen pemanas. Perancangan perangkat lunak mencakup flowchart sistem dan konfigurasi platform *monitoring*.

BAB IV PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini diuraikan proses pembuatan dan perakitan sistem pengering biji kopi secara keseluruhan. Pembahasan mencakup pembuatan perangkat keras yang meliputi alat dan bahan yang digunakan, pembuatan perangkat elektrik, serta pembuatan perangkat mekanik berupa modifikasi oven listrik dan pemasangan *enclosure* panel kontrol. Selain itu, dibahas pula pembuatan perangkat lunak yang meliputi pemrograman mikrokontroler ESP32, implementasi algoritma kendali PID, konfigurasi koneksi WiFi dan platform Blynk, serta pemrograman pengiriman data ke Google Sheets.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

Pada bab ini disajikan hasil pengujian terhadap sistem pengering biji kopi yang telah dibangun, beserta analisa terhadap data yang diperoleh. Pengujian meliputi prosedur pengujian, respons kendali PID terhadap parameter suhu, pemantauan suhu dan kelembapan relatif selama proses pengeringan, pengukuran perubahan massa biji kopi, perhitungan kadar air menggunakan metode gravimetri, fungsionalitas sistem *monitoring* melalui Blynk dan Google Sheets, serta analisa keseluruhan hasil pengeringan yang dibandingkan terhadap standar SNI 01-2907-2008.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini disampaikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada bab sebelumnya, yang disusun untuk menjawab setiap poin

rumusan masalah yang telah ditetapkan. Selain itu, disampaikan pula saran untuk perbaikan dan pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya.