

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bawang merah merupakan komoditas penting yang tumbuh baik pada iklim tropis dan intensitas sinar matahari yang cukup. Nilai ekonomi yang tinggi serta kandungan gizi dan senyawa bioaktif yang menjadikannya tidak hanya penting dalam kuliner, namun juga cukup potensial bagi industri kesehatan. Permintaan bawang merah cenderung stabil bahkan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri pengolahan dan pola konsumsi masyarakat sebab tidak memiliki pengganti langsung. Sehingga perannya penting dalam memengaruhi kestabilan harga pangan. Namun petani masih menghadapi kendala berupa keterbatasan teknik budidaya yang belum optimal, pemanfaatan sumber daya yang kurang efisien, serta kelemahan dalam penanganan pascapanen khususnya dalam hal penyimpanan. Proses pengeringan kulit luar menjadi tahap penting untuk menjaga kualitas umbi selama penyimpanan, karena dapat menutup leher umbi, mengurangi penguapan air, serta menekan kerusakan, sehingga bawang merah tetap terjaga mutunya hingga sampai ke konsumen (Tri & Hasan, 2022)

Indonesia memiliki karakteristik radiasi matahari yang relatif stabil sepanjang tahun serta didukung oleh kondisi iklim tropis dengan suhu rata-rata sekitar 28°C di wilayah dataran pantai dan sekitar 23°C di daerah pegunungan. Selain itu, durasi penyinaran matahari pada siang hari cenderung lebih konstan sepanjang tahun akibat kestabilan intensitas radiasi matahari. Kondisi ini memberikan potensi termal yang sangat baik untuk dimanfaatkan dalam proses pengeringan hasil pertanian karena ketersediaan panas alami dapat mendukung peningkatan suhu ruang pengering secara berkelanjutan (Afif & Martin, 2022). Oleh karena itu, energi matahari menjadi sumber energi yang baik untuk menunjang proses pengeringan, sekaligus berpotensi untuk menghasilkan sumber daya listrik menggunakan teknologi yang bisa mengubah panas dari matahari menjadi listrik.

Pengeringan merupakan metode konservasi pangan penting karena mampu menurunkan kadar air hingga batas aman sehingga produk dapat disimpan lebih lama tanpa kehilangan mutu. Proses ini melibatkan perpindahan panas dan massa baik secara alami maupun dengan bantuan energi ini menjadi solusi utama untuk mengurangi *Food Loss and Waste* (FLW) yang menurut FAO mencapai hampir sepertiga produksi pangan global akibat distribusi dan penyimpanan yang belum efisien. Teknologi pengeringan modern dibutuhkan agar umur simpan lebih panjang, mutu terjaga dan biaya operasional lebih rendah, terutama melalui pemanfaatan energi terbarukan seperti energi surya yang ramah lingkungan serta mampu

menekan emisi gas rumah kaca hingga 80%. Secara tradisional. Pengeringan terbuka dengan sinar matahari langsung masih banyak digunakan di daerah tropis, namun metode ini terbatas oleh faktor cuaca, waktu pengeringan yang lama dan risiko kontaminasi. Untuk mengatasi hal tersebut, dikembangkan sistem pengering surya tertutup yang lebih higienis, cepat dan efisien karena mampu mengontrol aliran udara panas sehingga suhu stabil. Penerapan sistem ini terbukti meningkatkan kualitas dan umur simpan produk hortikultura, sekaligus mengubah sebagian produk segar menjadi produk kering bernilai ekonomi tinggi, sehingga tidak hanya mendukung ketahanan pangan tetapi juga memberikan nilai tambah bagi petani dan industri pengolahan (Román et al., 2025)

Menurut Malik et al. (2023), teknologi pengeringan berbasis tenaga surya telah mengalami perkembangan signifikan, khususnya dalam upaya menghasilkan produk pangan yang tidak hanya tahan lama tetapi juga tetap memiliki kualitas yang tinggi. Penerapan sistem ini terbukti mampu memperlambat laju kerusakan bahan pangan, terutama pada proses pascapanen yang sangat menentukan umur simpan dan nilai jual produk. Berbagai kajian telah dilakukan untuk meningkatkan efektivitas pengeringan surya yang mendorong lahirnya inovasi berupa pengering tenaga surya tipe hybrid. Inovasi ini dirancang untuk tidak hanya mengurangi kadar air pada produk secara efisien, tetapi juga menjaga karakteristik penting seperti warna, aroma, tekstur dan kandungan nutrisi dari bahan yang dikeringkan. Sistem pengering surya hibrida menawarkan hasil akhir yang lebih konsisten dan berkualitas tinggi dibandingkan metode konvensional, karena dapat menjaga parameter suhu serta kelembapan secara lebih stabil selama proses berlangsung.

Dalam sistem pengeringan surya hybrid, energi matahari tetap menjadi sumber utama, namun dilengkapi dengan dukungan energi tambahan seperti listrik, gas dan lain lain. Tujuannya adalah untuk memastikan proses pengeringan tetap berjalan optimal meskipun intensitas cahaya matahari berkurang, seperti saat cuaca mendung atau di malam hari. Dengan adanya kombinasi sumber energi ini, proses pengeringan dapat berlangsung secara berkelanjutan dan terkendali. Hal ini memberikan keuntungan tersendiri dibandingkan pengering konvensional, karena memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan suhu dan durasi pengeringan sesuai dengan karakteristik bahan yang dikeringkan. Selain itu, sistem ini memberikan fleksibilitas operasional yang lebih besar dan menjadikannya pilihan yang lebih disukai dalam industri pangan maupun usaha kecil menengah yang bergerak di bidang pengolahan hasil pertanian.

Berbagai penelitian telah mengembangkan desain pengering surya untuk meningkatkan efektivitas dan kualitas hasil pengeringan dengan variasi utama seperti tipe tidak langsung,

rumah kaca, kabinet hingga terowongan. Inovasi terbaru mencakup sistem hybrid dan tipe campuran yang bertujuan menstabilkan suhu, mempercepat proses serta mengurangi ketergantungan pada cuaca sehingga cocok untuk kondisi tropis yang lembap. Teknologi ini terbukti efektif mengeringkan berbagai produk hortikultura termasuk bawang merah, penelitian lain membandingkan pengering surya tak langsung dengan pengeringan terbuka yang meski lebih cepat dalam kondisi tertentu, namun kurang optimal dari sisi kualitas. Inovasi lain seperti pendinginan aktif pada panel surya dengan pelumas termal dan sistem *multiphase* berhasil meningkatkan efisiensi listrik serta mempercepat pengeringan bawang, sedangkan pendekatan hybrid berbantuan udara kering terbukti memperbaiki difusi uap air serta mutu produk. Secara keseluruhan, pengembangan ini memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi energi, kualitas, dan daya simpan bawang merah yang dikeringkan (Walke et al., 2025).

Perkembangan IoT dan teknologi sensor juga memiliki potensi yang sangat besar dalam mendukung peningkatan ketahanan pangan serta penerapan metode pertanian yang berkelanjutan. Teknologi ini memungkinkan sistem pertanian cerdas yang terintegrasi melalui arsitektur IoT berlapis yang mencakup sensor dan aktuator sebagai pengumpul data lapangan, lapisan jaringan sebagai media komunikasi data sedangkan lapisan cloud sebagai pusat penyimpanan dan pengolahan data. lapisan aplikasi berfungsi untuk pemantauan dan pengambilan keputusan. Selain itu, kajian yang dilakukan juga menunjukkan bahwa penerapan *smart agriculture* didukung oleh pertumbuhan pasar global yang signifikan dalam periode 2021 hingga 2030, menunjukkan dan meningkatnya kebutuhan dan peluang pemanfaatan IoT dalam sektor pertanian modern (Morchid, El Alami, Raezah, & Sabbar, 2024).

Melihat tantangan dan potensi besar dalam proses pengeringan khususnya untuk meningkatkan kualitas penyimpanan dan nilai jual bawang merah, diperlukan suatu inovasi teknologi yang adaptif dan efisien. Salah satu pendekatan yang dinilai relevan adalah perancangan mesin pengering berbasis energi surya yang dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis IoT. Pemanfaatan energi surya menjadi sangat potensial untuk diaplikasikan pada sistem pengeringan di Indonesia, mengingat ketersediaan radiasi matahari yang relatif stabil sepanjang tahun, ini dapat dimanfaatkan tidak hanya sebagai sumber panas pengeringan tetapi juga sebagai sumber energi listrik bagi sistem pendukung. Dalam hal ini, panel surya berperan sebagai penyedia energi listrik untuk mengoperasikan komponen sistem sehingga ketergantungan terhadap sumber energi konvensional dapat dikurangi. Pemanfaatan IoT pada mesin pengering tenaga surya memiliki peran penting, mulai dari pemantauan suhu dan

kelembapan ruang pengering secara *real time* untuk memastikan kondisi pengeringan tetap optimal hingga peningkatan efisiensi proses melalui pengendalian suhu dan aliran udara secara otomatis. Dengan sistem yang terkontrol, kualitas hasil pengeringan dapat ditingkatkan, risiko kehilangan pascapanen dapat ditekan, serta potensi kontaminasi dan pembusukan dapat diminimalkan. Selain itu, IoT memungkinkan pengendalian, pemantauan jarak jauh, pemberian notifikasi ketika terjadi perubahan kondisi pengeringan serta penyediaan data sebagai dasar pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan proses pengeringan.

Dalam penelitian ini dirancang sebuah mesin pengering bawang merah berbentuk piramida tipe hybrid yang memanfaatkan dua sumber panas utama, yaitu radiasi matahari sebagai sumber panas utama dan kompor gas (LPG) sebagai pemanas tambahan. Panas matahari dimanfaatkan secara langsung melalui radiasi yang mengenai permukaan mesin pengering untuk meningkatkan suhu ruang pengering secara alami, sedangkan kompor gas digunakan untuk menjaga kestabilan suhu ketika intensitas radiasi matahari menurun atau kondisi cuaca tidak mendukung. Penggunaan kompor gas dipilih karena mampu menghasilkan panas yang relatif stabil, mudah dikendalikan dan responsif terhadap perubahan kebutuhan suhu selama proses pengeringan, di mana besar kecilnya nyala api diatur secara otomatis menggunakan motor servo MG996R yang mengendalikan tuas pada kompor gas. Sistem pengering ini dilengkapi sensor suhu dan kelembapan yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 untuk melakukan pemantauan dan pengendalian secara *real time* terhadap kerja kompor gas dan blower, sehingga proses pengeringan dapat berlangsung lebih terkontrol dan konsisten. Kebutuhan energi listrik untuk sistem kendali dan aktuator dipasok dari baterai yang diisi oleh panel surya, sehingga mendukung efisiensi energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber listrik konvensional. Diharapkan, rancangan mesin pengering hybrid berbasis IoT ini mampu mempercepat proses pengeringan, meningkatkan keseragaman hasil, menekan kerugian pascapanen, serta menjadi solusi teknologi tepat guna yang aplikatif dan berkelanjutan bagi sektor pertanian.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini akan dijelaskan pada uraian dibawah ini:

1. Bagaimana merancang mesin pengering bawang merah berbasis IoT yang mampu beroperasi sesuai dengan kebutuhan proses pengeringan?
2. Bagaimana tingkat efisiensi kinerja mesin pengering bawang merah berbasis IoT yang telah dirancang dalam mendukung proses pengeringan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang diperoleh dari uraian rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Merancang mesin pengering bawang merah berbasis IoT yang di gunakan untuk mendukung proses pengeringan secara efektif.
2. Mengevaluasi efisiensi operasional mesin pengering bawang merah berbasis IoT guna mengetahui kinerja dan efektivitasnya dalam proses pengeringan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat di gunakan sebagai referensi untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang teknologi pengeringan berbasis IoT.
2. Sebagai solusi alternatif pengeringan yang efisien dan mudah diterapkan untuk mendukung peningkatan mutu hasil produksi.

1.5 Hipotesis dan Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penelitian ini merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan supaya penelitian tidak melebar jauh dari maksud yang ditentukan.

1. Sistem IoT yang digunakan terbatas pada fitur dasar seperti pengendalian suhu, kelembapan, kecepatan blower serta pemantauan status mesin secara *real time* melalui Blynk.
2. Proses pengeringan dalam penelitian ini difokuskan pada bawang merah sebagai objek utama, tanpa membahas pengeringan komoditas lainnya.
3. Penelitian ini tidak membahas secara detail analisis kebutuhan energi panas teoritis dan perhitungan termodinamika secara mendalam.
4. Penelitian ini hanya membahas kadar air awal bawang merah dan kadar akhir bawang merah setelah di keringkan, tidak membahas pengaruh variasi ukuran, varietas dan hal detail lain nya.
5. Analisis performa panel surya dan baterai dibatasi pada kemampuan menyuplai daya sistem, tanpa membahas degradasi, efisiensi jangka panjang, maupun optimasi sudut dan orientasi panel.
6. Target efisiensi mesin pengering 20%.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan skripsi ini terdiri dari lima bab yang dimulai dari Bab I Pendahuluan sampai dengan Bab V Penutup.

Bab I berisi tentang pendahuluan yang mencakup latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, serta

jadwal pelaksanaan penelitian. Semua uraian tersebut dijelaskan secara rinci pada sub bab masing-masing. Pada bab ini juga dijelaskan dasar pemikiran dilakukannya penelitian mengenai perancangan mesin pengering berbasis IoT yang difokuskan untuk proses pengeringan bawang merah. Penggunaan teknologi IoT bertujuan untuk menghasilkan alat pengering yang efisien, otomatis, dan dapat dipantau secara digital, sebagai solusi dari pengeringan manual yang masih umum digunakan di kalangan petani.

Bab II ini memuat landasan teori yang relevan dengan topik penelitian. Di dalamnya dibahas konsep dasar tentang teknologi pengeringan, karakteristik komoditas bawang merah, serta prinsip kerja mesin pengering secara umum. Selain itu, dijelaskan pula teori-teori yang mendasari penerapan IoT dalam otomasi sistem termasuk sensor, mikrokontroler, dan sistem monitoring. Bab ini juga mencantumkan hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dan digunakan sebagai referensi pembandingan serta dasar pijakan dalam merancang mesin pengering berbasis IoT.

Bab III menjelaskan secara rinci metode dan tahapan dalam pelaksanaan penelitian. Penjelasan dimulai dari jenis dan pendekatan penelitian, metode perancangan sistem, serta alur perancangan mesin pengering. Selanjutnya dijelaskan komponen utama mesin, alat dan bahan yang digunakan, mulai dari rangka, sistem pemanas, hingga sistem kendali berbasis IoT. Bab ini juga mencakup diagram alir perancangan, rancangan sistem kerja, serta langkah-langkah perancangan alat untuk memperoleh data efisiensi dan fungsionalitas sistem secara menyeluruh.

Bab IV menyajikan hasil dari proses perancangan dan pengujian mesin pengering berbasis IoT. Hasil yang ditampilkan meliputi visualisasi desain alat, proses perakitan, serta data hasil pengujian sistem saat dioperasikan. Selain itu, dilakukan analisis terhadap efisiensi pengeringan, kestabilan suhu, serta responsivitas sistem IoT. Hasil-hasil tersebut kemudian dibahas dan dibandingkan dengan teori atau penelitian terdahulu untuk melihat sejauh mana sistem yang dirancang telah memenuhi tujuan yang ditetapkan. Bab ini juga memuat analisis kelebihan dan keterbatasan dari alat yang dirancang.

Bab V berisi kesimpulan dari seluruh proses penelitian yang telah dilakukan, baik dari aspek perancangan maupun pengujian alat. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil yang telah diperoleh dan dikaitkan dengan rumusan masalah serta tujuan penelitian. Selain itu, disampaikan pula saran-saran yang dapat digunakan sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya, terutama dalam pengembangan fitur IoT yang lebih kompleks, peningkatan efisiensi energi, serta pengujian terhadap produk hasil pengeringan secara lebih luas.