

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bawang putih (*Allium sativum*) merupakan komoditas bumbu strategis yang memiliki peran penting dalam sistem pangan nasional, mulai dari kebutuhan rumah tangga hingga industri pengolahan pangan seperti bumbu instan, *seasoning*, *soup base*, dan produk *ready-to-cook*. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023), produksi bawang putih nasional mencapai sekitar 368.616.73 ton per tahun, namun angka ini masih jauh dari kebutuhan konsumsi dalam negeri sehingga Indonesia masih bergantung pada impor untuk memenuhi kebutuhan tersebut (Statistik, 2025). Di sisi lain, bawang putih secara intrinsik bersifat mudah rusak (*highly perishable*) akibat kadar air awal yang relatif tinggi berkisar antara 60-70% (basis basah), aktivitas enzimatik dan respirasi *pascapanen* yang intensif, serta kerentanan terhadap kerusakan mikrobiologis dan fisiologis selama penyimpanan dan distribusi (Sharma & Prasad, 2004). Dalam kerangka rekayasa *pascapanen*, pengurangan kadar air melalui pengeringan merupakan strategi utama untuk menekan aktivitas air, memperlambat laju reaksi degradasi, dan memperpanjang umur simpan, sekaligus membuka peluang peningkatan nilai tambah komoditas di tingkat petani dan UMKM pengolah pangan (Fellows, 2017).

Salah satu bentuk nilai tambah yang paling umum adalah produk kering (irisan kering/*flakes*) dan bubuk bawang (*powder*) yang memiliki keunggulan logistik massa dan volume lebih rendah, stabilitas penyimpanan lebih baik, dan kemudahan formulasi sebagai bahan baku industri. Akan tetapi, pengeringan bawang tidak dapat diperlakukan sebagai sekadar menghilangkan air, pengeringan merupakan proses yang kompleks karena perpindahan panas (pemanasan bahan dan penyediaan kalor laten penguapan) dan perpindahan massa (difusi/transport kelembapan dari interior bahan menuju permukaan dan kemudian ke udara pengering). Banyak bahan pangan berpori/bersel yang memiliki periode laju konstan sering pendek atau bahkan tidak dominan, sedangkan perilaku laju menurun (*falling-rate period*) lebih umum karena transport internal menjadi pembatas utama (Fellows, 2017). Dengan demikian, untuk bawang yang memiliki

struktur jaringan, komponen volatil pembentuk aroma, dan pigmen/komponen sensitif panas pengendalian kondisi operasi pengeringan tidak hanya menentukan waktu proses dan konsumsi energi, tetapi juga menentukan kualitas produk akhir (Onwude *et al.*, 2016).

Di sisi teknologi, *food dehydrator* menjadi pilihan yang sangat relevan untuk skala pendidikan, laboratorium, UMKM, dan *pilot-scale* karena rancangan relatif sederhana, mudah dioperasikan, memungkinkan pengendalian suhu kecepatan udara secara terukur, dan lebih higienis dibanding penjemuran terbuka. Namun, walaupun *food dehydrator* tampak sederhana, ia tetap merupakan sistem pengering konvektif yang karakteristiknya ditentukan oleh suhu udara pengering, laju alir/kecepatan udara, kelembapan relatif udara masuk, ketebalan irisan, serta tata letak dan beban *tray*. Variasi kecil pada parameter tersebut dapat mengubah gaya pendorong penguapan, ketebalan lapisan batas, dan resistansi difusi internal, sehingga menghasilkan perbedaan besar pada laju pengeringan, keseragaman produk, dan risiko cacat kualitas (Mitra *et al.*, 2012).

Di sinilah kebutuhan akan model kinetika pengeringan menjadi krusial. Model kinetika berfungsi untuk menjelaskan fenomena laju penurunan kadar air terhadap waktu, mengestimasi parameter proses (misalnya konstanta laju dan/atau parameter difusivitas efektif), serta sebagai *predictor* perilaku sistem pada kondisi operasi berbeda tanpa harus melakukan uji coba berulang yang mahal dan memakan waktu. Dalam praktik riset pengeringan pangan, pendekatan yang lazim diantaranya adalah model *Lewis/Newton*, *Page*, *Henderson-Pabis*, *Logarithmic*, *Two-Term*, dan *Midilli-kucuk* yang memodelkan kurva *Moisture Ratio (MR)* terhadap waktu. Banyak studi menunjukkan bahwa untuk bahan irisan, pendekatan *thin-layer* dapat memberi kecocokan sangat baik pada rentang kondisi tertentu, sehingga bermanfaat untuk desain awal dan optimasi operasi. Sebagai contoh, kajian *thin-layer* pada pengeringan irisan bawang dengan kombinasi infra merah udara panas menilai kesesuaian beberapa model lapisan tipis dan menegaskan bahwa pemilihan model yang tepat mempengaruhi ketepatan prediksi kurva pengeringan (Mitra *et al.*, 2012). Di sisi bawang putih, studi pengeringan gabungan gelombang mikro konveksi menekankan peran difusivitas kelembapan efektif dan karakteristik

kinetika sebagai dasar untuk desain dan evaluasi proses (Sharma & Prasad, 2004). Dua contoh ini memperlihatkan pesan metodologis yang sama: parameter kinetika bukan hanya angka statistik, melainkan representasi terkompresi dari mekanisme transport dan respons material terhadap kondisi pengeringan.

Pada bawang putih, kualitas *pasca* pengeringan lazim dievaluasi melalui warna (*browning*), *rehydration capacity*, aroma khas, serta stabilitas penyimpanan. Pada bawang putih, komponen fungsional dan aroma (misalnya senyawa sulfur volatil) dapat sensitif terhadap panas dan oksidasi, karena itu, strategi operasi sering mencari kompromi antara percepatan laju pengeringan (untuk efisiensi energi dan *throughput*) dan pembatasan suhu/waktu tinggal (untuk meminimalkan degradasi mutu). Secara rekayasa, kompromi ini adalah masalah optimasi multi-kriteria yang menuntut adanya model: tanpa model, pengambilan keputusan cenderung berbasis coba-coba, dengan model, penentuan kondisi operasi dapat dilakukan berbasis prediksi dan metrik kinerja (Onwude *et al.*, 2016).

Di ranah pendidikan (khususnya praktikum/kelas Mesin dan Peralatan Pengolahan Pangan), penelitian pengeringan dengan *food dehydrator* juga menyediakan “laboratorium fenomena” yang sangat kaya: mahasiswa dapat mengamati secara langsung hubungan antara variabel operasi (suhu, kecepatan udara, ketebalan irisan) dengan dinamika kadar air, lalu menghubungkannya dengan konsep perpindahan panas massa, bilangan tak berdimensi, serta identifikasi parameter model (Mitra *et al.*, 2012).

Walaupun penelitian pengeringan bawang sudah banyak dilakukan, masih terdapat ruang yang kuat untuk penelitian terapan yang “siap pakai” pada konteks *food dehydrator* sebagai teknologi yang realistis untuk UMKM. Pertama, hasil literatur sering tersebar pada berbagai jenis pengering, sehingga parameter yang dilaporkan tidak selalu *transferable* antar-peralatan tanpa kerangka yang konsisten. Kedua, sebagian studi menekankan kecocokan kurva (akurasi statistik), tetapi belum selalu menutup loop ke kebutuhan desain-operasi (misalnya prediksi waktu proses pada beban tertentu, atau rekomendasi operasi untuk target kadar air dan target mutu). Ketiga, studi komparatif antara dan bawang putih dalam satu platform peralatan yang sama (*dehydrator*) dapat memberikan kontribusi praktis: perbedaan

struktur bahan dan komposisi dapat menghasilkan perbedaan parameter kinetika, sehingga diperlukan SOP dan pengaturan operasi yang berbeda meskipun alatnya sama.

Dengan demikian, penelitian berjudul “Model Kinetika Proses Pengeringan Bawang Putih Menggunakan *Food Dehydrator*” memiliki relevansi ilmiah dan terapan yang tinggi. Secara ilmiah, penelitian ini berpotensi menghasilkan parameter kinetika dan/atau parameter difusivitas efektif yang terkalibrasi pada rentang operasi *dehydrator*, disertai evaluasi mutu dan keterukuran ketidakpastian. Secara terapan, penelitian ini dapat menghasilkan pedoman operasi berbasis data untuk menghasilkan produk kering yang stabil, seragam, dan memiliki kualitas sensori yang dapat diterima, dengan waktu proses dan konsumsi energi yang rasional. Secara metodologis, penelitian ini dapat ditulis dengan standar jurnal bereputasi apabila memadukan (i) desain eksperimen yang transparan, (ii) model kinetika yang jelas, (iii) prosedur estimasi parameter yang *reproduksibel*, dan (iv) interpretasi mekanistik yang mengaitkan parameter model dengan fenomena transport.

Secara singkat dapat dikatakan bahwa, pengeringan bawang pada *dehydrator* adalah persoalan rekayasa proses yang *end-to-end*: dari pengukuran kadar air terhadap waktu, pemodelan kurva pengeringan, estimasi parameter kinetika/difusi, sampai penilaian kualitas produk dan rekomendasi operasi yang dapat diadopsi. Prinsip-prinsip umum pengolahan pangan berbasis udara panas dan dinamika pengeringan pada bahan pangan (terutama dominasi *falling-rate period*) menjadi landasan teoretik yang kuat (Fellows, 2017), sementara studi-studi kinetika Allium memberi kerangka pemodelan dan parameter rujukan yang dapat dijadikan pembandingan (Mitra *et al.*, 2012; Sharma & Prasad, 2004).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian yang telah diuraikan, maka permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- 1 Bagaimana karakteristik kinetika pengeringan bawang putih menggunakan *food dehydrator* berdasarkan perubahan moisture ratio terhadap waktu, serta

model lapisan tipis mana yang paling sesuai untuk merepresentasikan proses pengeringan pada rentang suhu operasi yang diuji?

- 2 Model kinetika pengeringan matematis mana yang paling sesuai untuk mempresentasikan proses pengeringan bawang putih?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik kinetika pengeringan bawang putih pada *food dehydrator* melalui kurva moisture ratio terhadap waktu, serta menentukan model lapisan tipis yang paling sesuai berdasarkan indikator statistik (R^2 , RMSE, MAE, dan χ^2).
2. Menganalisis kesesuaian berbagai model kinetika pengeringan matematis untuk memperoleh model terbaik yang dapat merepresentasikan karakteristik proses pengeringan bawang putih.

1.4 Manfaat Penelitian

1. **Manfaat ilmiah:** menyediakan parameter kinetika/transport pengeringan *Allium* yang terkalibrasi pada platform *food dehydrator* sehingga dapat digunakan sebagai basis perancangan, simulasi, dan perbandingan antar studi.
2. **Manfaat teknis operasional:** menghasilkan pedoman operasi dan SOP berbasis data (setting suhu aliran udara ketebalan irisan waktu proses) untuk mencapai target kadar air secara efisien dan konsisten, sehingga mengurangi *trial and error*.
3. **Manfaat ekonomi hilirisasi:** meningkatkan nilai tambah dan bawang putih menjadi produk kering/*powder* yang lebih stabil dan mudah didistribusikan, sehingga membantu pengurangan susut *pasca* panen dan memperluas peluang UMKM/industri bumbu.

1.5 Keaslian Penelitian

Penelitian mengenai pengeringan bawang menggunakan berbagai metode telah banyak dilakukan sebelumnya. Namun, keaslian penelitian ini terletak pada pengkajian pengaruh variasi suhu pengeringan menggunakan *dehydrator* udara panas terhadap laju penurunan kadar air dan karakteristik mutu iris secara spesifik.

Penelitian ini dilakukan dengan kondisi dan parameter pengeringan yang disesuaikan dengan aplikasi praktis pada skala industri kecil dan menengah, sehingga hasil yang diperoleh diharapkan bersifat aplikatif dan berbeda dari penelitian terdahulu yang menggunakan metode, objek, atau kondisi pengeringan yang berbeda.