

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Labu kuning (*Cucurbita moschata*) merupakan salah satu tanaman hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang tersebar luas di berbagai daerah di Indonesia. Tanaman ini dikenal dengan berbagai sebutan lokal, seperti “waluh” di wilayah Jawa dan “labu parang” di Sumatera dan Kalimantan (Nurrahman & Astuti, 2022). Labu kuning termasuk dalam famili *Cucurbitaceae*, memiliki morfologi menjalar dengan bentuk buah beragam seperti lonjong, bulat, hingga pipih, serta berat rata-rata 3-5 kg per buah (Pabidang et al., 2020).

Dari segi gizi, labu kuning dikenal kaya akan senyawa bioaktif seperti β -karoten (provitamin A), vitamin C, vitamin E (tokoferol), serta vitamin B kompleks (tiamin dan riboflavin). Selain itu, labu kuning juga mengandung berbagai mineral penting seperti kalium (K), fosfor (P), magnesium (Mg), zat besi (Fe), dan selenium (Se) yang berkontribusi terhadap fungsi fisiologis tubuh (Millati, Udiantoro, & Wahdah, 2020; Aulia et al., 2024). Kandungan karoten yang tinggi yang memberikan warna orange pada daging buah, berperan sebagai antioksidan kuat yang mampu menangkal radikal bebas dan menurunkan risiko penyakit degeneratif (Arfini et al., 2017).

Meskipun kandungan nutrisinya tinggi, labu kuning memiliki kelemahan utama, yakni kadar air yang sangat tinggi mencapai $\pm 89,2\%$, yang menjadikannya sangat mudah mengalami kerusakan mikrobiologis dan kimiawi dalam waktu singkat selama penyimpanan (Sari et al., 2018). Oleh karena itu, diperlukan teknologi pascapanen yang efektif untuk memperpanjang masa simpan, mempermudah distribusi, serta menjaga mutu gizi dan sensorik. Salah satu solusi yang paling umum digunakan adalah teknologi pengeringan.

Pengeringan merupakan proses pemisahan sebagian besar air dari bahan pangan melalui aplikasi panas, baik secara konveksi, konduksi, radiasi, maupun kombinasi dari ketiganya. Tujuan utama pengeringan adalah untuk menurunkan kadar air hingga mencapai batas aman sehingga dapat menghambat aktivitas mikroorganisme dan proses enzimatik yang merusak (Handoyo & Pranoto, 2020).

Namun metode konvensional seperti penjemuran matahari memiliki berbagai kelemahan, antara lain waktu pengeringan yang lama, ketergantungan pada cuaca, dan tidak terkontrolnya suhu selama proses berlangsung (Hasanah et al., 2022).

Seiring berkembangnya teknologi pangan, metode pengeringan alternatif berbasis *pretreatment* seperti pengeringan osmotik mulai banyak diterapkan. Pengeringan osmotik merupakan proses pengurangan kadar air melalui perendaman bahan dalam larutan hipertonik (misalnya garam atau gula) yang menyebabkan terjadinya difusi air dari jaringan bahan ke larutan luar (Teuku et al., 2022). Metode ini memiliki keunggulan dalam mempertahankan warna, rasa, dan kandungan gizi karena menggunakan suhu rendah (Hawa et al., 2019).

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa penggunaan *pretreatment* osmotik mampu menurunkan kadar air awal dan mempercepat proses pengeringan lanjutan (Wulandari et al., 2023). Selain itu, perendaman dalam larutan garam meningkatkan tekanan osmotik sehingga laju keluarnya air dari jaringan menjadi lebih tinggi (Kartika & Nisa, 2015). Meskipun efektif dalam mengurangi kadar air awal, pengeringan osmotik tidak dapat menurunkan kadar air hingga titik aman untuk penyimpanan jangka panjang, sehingga diperlukan pengeringan lanjutan.

Salah satu metode pengeringan lanjutan yang efisien adalah pengeringan menggunakan gelombang mikro (microwave). Teknologi microwave bekerja dengan menghasilkan panas secara volumetrik dari dalam bahan, sehingga mampu mempercepat laju evaporasi air dan mengurangi konsumsi energi secara signifikan (Henrietta, 2023). Selain efisiensi energi dan waktu, microwave juga terbukti mampu mempertahankan warna dan aroma bahan yang dikeringkan (Khodifad & Dhamsaniya, 2020; Setyowati et al., 2024). Namun pengeringan microwave juga memiliki keterbatasan seperti potensi terjadinya pemanasan tidak merata (*hot spot*) yang dapat mempengaruhi kualitas produk apabila tidak dikendalikan dengan baik.

Kombinasi antara pengeringan osmotik dan microwave diyakini mampu menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan efisiensi energi dan waktu yang optimal. *Pretreatment* osmotik berperan dalam menurunkan kadar air awal, sedangkan microwave mempercepat proses pengeringan melalui pemanasan internal. Efektivitas kombinasi tersebut didukung oleh penelitian Layeghinia et al.,

(2025) yang menyebutkan bahwa pretreatment osmotik mampu mempercepat waktu pengeringan microwave hingga 32%. Namun, kombinasi kedua metode ini menghasilkan dinamika perpindahan massa yang lebih kompleks akibat perubahan struktur jaringan, distribusi air, serta peningkatan kandungan padatan terlarut dalam bahan. Meskipun demikian kajian yang secara spesifik mengintegrasikan metode osmotik-microwave pada labu kuning masih relatif terbatas terutama dalam analisis kinetika pengeringan pada kondisi lapisan tipis, yang penting untuk memperoleh data yang representatif dalam pemodelan proses pengeringan. Kinetika pengeringan merupakan kajian yang menjelaskan laju perpindahan massa air dari bahan ke lingkungan seiring waktu, dan penting dalam perancangan serta pengendalian proses pengeringan (Raaf et al., 2024).

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi pengeringan pada metode microwave yaitu variasi level daya yang digunakan. Pengaruh variasi level daya microwave terhadap karakteristik kinetika pengeringan setelah pretreatment osmotik juga masih belum banyak dikaji secara sistematis. Pemilihan level daya pada microwave paling penting karena intensitas daya microwave berpengaruh terhadap laju pemanasan, distribusi suhu, serta kecepatan difusi kelembapan di dalam bahan. Daya yang terlalu rendah dapat menyebabkan proses pengeringan berlangsung lambat, sedangkan daya yang terlalu tinggi berpotensi menimbulkan ketidakseragaman pemanasan dan kerusakan mutu bahan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan variasi daya dalam rentang rendah hingga menengah untuk memperoleh keseimbangan antara efisiensi proses dan kualitas produk.

Penggunaan model matematis kinetika pengeringan untuk memprediksi waktu dan parameter pengeringan yang optimal menjadi sangat penting. Model tersebut juga memberikan pemahaman terhadap difusivitas efektif dan laju pengeringan yang spesifik untuk tiap bahan dan metode (Hartati et al., 2016). Oleh karena itu, diperlukan penelitian khusus mengenai model kinetika pengeringan labu kuning menggunakan kombinasi osmotik dan microwave, mengingat keterbatasan studi ilmiah yang ada pada kombinasi metode tersebut. Dengan memahami parameter kinetika seperti *moisture ratio*, laju pengeringan, dan *effective moisture diffusivity*, kemudian menentukan model matematis yang paling sesuai, disertai

analisis energi dan eksergi untuk mengevaluasi efisiensi proses. penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam peningkatan efisiensi proses dan mutu produk kering berbasis labu kuning.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa permasalahan utama yang menjadi fokus dalam penelitian ini :

1. Bagaimana karakteristik kinetika pengeringan kombinasi osmotik-microwave pada lapisan tipis labu kuning (*Cucurbita moschata*) berdasarkan perubahan kadar air?
2. Model kinetika pengeringan manakah yang paling akurat dalam merepresentasikan laju penurunan kadar air selama pengeringan osmotik-microwave pada labu kuning?
3. Bagaimana karakteristik parameter kinetika pengeringan yang meliputi *moisture ratio*, laju pengeringan, dan *effective moisture diffusivity* yang dihasilkan dari proses kombinasi pengeringan tersebut?
4. Bagaimana efisiensi eksergi pada proses pengeringan kombinasi osmotik-microwave pada lapisan tipis labu kuning (*Cucurbita moschata*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis karakteristik kinetika proses pengeringan kombinasi osmotik-microwave pada lapisan tipis labu kuning berdasarkan perubahan kadar air.
2. Menentukan model kinetika pengeringan terbaik yang sesuai berdasarkan analisis statistik seperti koefisien determinan (R^2), root mean square error (RMSE), sum of squared error (SSE), Akaike Information Criterion (AIC), dan Bayesian Information Criterion (BIC).
3. Mengkaji parameter kinetika pengeringan, termasuk nilai *moisture ratio*, laju pengeringan, dan *effective diffusivity* pada kombinasi metode osmotik dan microwave.
4. Menganalisis efisiensi eksergi pada proses pengeringan kombinasi osmotik-microwave pada lapisan tipis labu kuning (*Cucurbita moschata*).

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini difokuskan pada kinetika pengeringan labu kuning dengan perbedaan level daya
2. Analisis energi dan eksergi pada penelitian ini hanya difokuskan pada sampel bahan.
3. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dalam skala laboratorium.
4. Level daya pada microwave digunakan sebagai pengaturan perlakuan.
5. Pada penelitian ini tidak dilakukan analisis distribusi medan elektromagnetik dalam penggunaan microwave.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut;

1. Secara akademik, penelitian ini memperkuat kajian ilmiah di bidang teknologi pengeringan pangan, khususnya pada komoditas lokal bernilai ekonomis tinggi seperti labu kuning
2. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi dasar penerapan metode pengeringan kombinasi yang lebih efisien, hemat energi, dan mempertahankan mutu gizi bahan pangan.
3. Secara industri, model kinetika yang diperoleh dapat digunakan dalam desain proses pengeringan skala industri, sebagai upaya hilirisasi hortikultura lokal yang memiliki daya simpan dan nilai tambah lebih tinggi.