

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bumbu penyedap merupakan produk pangan esensial dalam industri kuliner dan konsumsi rumah tangga di Indonesia. *Monosodium glutamate* (MSG) merupakan salah satu penyedap yang paling umum digunakan dan dinilai aman apabila dikonsumsi dalam batas wajar. Meskipun demikian, data survei konsumsi makanan nasional menunjukkan bahwa penggunaan bumbu penyedap, termasuk MSG, cukup tinggi di masyarakat. Berdasarkan data Statistik Konsumsi Pangan 2025, rata-rata konsumsi penyedap masakan (MSG) per kapita per minggu di Indonesia pada tahun 2025 mencapai 7,55 gram, sehingga meningkat 3,56 % dibandingkan tahun 2024 yang hanya sebesar 7,29 gram (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2025). Mayoritas bumbu penyedap komersial saat ini masih didominasi produk berbasis MSG sintetis dengan kandungan natrium tinggi. Kondisi ini menciptakan urgensi untuk mengembangkan alternatif bumbu penyedap alami yang memberikan rasa umami tanpa risiko kesehatan dari MSG sintetis dan natrium berlebih.

Tempe merupakan produk fermentasi kedelai yang kaya asam amino bebas, terutama glutamat yang menjadi kandidat potensial untuk dijadikan bahan dasar penyedap alami (Sari & Mardhiyyah, 2021). Tepung tempe mempunyai ciri khas beraromakan khas tempe, berwarna cokelat muda, dengan butiran yang sangat halus. Kandungan gizi pada tepung tempe berat per 100g antara lain protein 46%, lemak 24,7%, total 2 karbohidrat 19,3%, serat 2,5%, kadar abu 2,3%, kadar air 7,7% (Bastian et al., 2013; Madani et al., 2023). Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) juga dikenal sebagai sumber alami senyawa pemberi rasa umami. Kandungan asam glutamat sebesar 41 mg/g, sehingga menjadikannya bahan yang potensial untuk diformulasikan menjadi penyedap alami (Maulidia & Pujilestari, 2025). Kombinasi kedua bahan ini berpotensi menghasilkan bumbu penyedap dengan profil rasa yang kompleks dan kandungan natrium yang lebih rendah dibandingkan dengan MSG sintetis.

Proses pencampuran merupakan salah satu operasi unit yang sangat penting dalam pengolahan pangan terutama pada produksi bumbu penyedap yang berbentuk bubuk karena dalam proses ini menentukan homogenitas distribusi komponen serta konsistensi mutu produk akhir. Pencampuran yang tidak homogen dapat menyebabkan variasi rasa pada berbagai bagian produk dan berpotensi menurunkan tingkat penerimaan konsumen. Dalam penelitian ini, proses pencampuran menggunakan mesin *planetary mixer* dengan tiga perlakuan yang memiliki kecepatan berbeda, antara lain 150 rpm, 280 rpm, dan 635 rpm. Dalam praktik industri, *planetary mixer* banyak digunakan terutama untuk pencampuran material viskos dan sistem tertentu, serta memiliki pola gerak khas yang dapat memengaruhi distribusi energi dan kinerja pencampuran (Zhou et al., 2000; Long et al., 2022). Namun demikian, efisiensi pencampuran sangat dipengaruhi oleh parameter operasional seperti kecepatan putaran, waktu pencampuran, serta karakteristik fisik bahan yang dicampurkan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai kinetika pencampuran diperlukan untuk mengoptimalkan proses dan menghasilkan produk dengan kualitas yang konsisten.

Kinetika pencampuran menjelaskan laju perubahan tingkat homogenitas campuran terhadap waktu dan dapat dimodelkan menggunakan pendekatan matematis untuk memprediksi perilaku sistem pencampuran (Poux et al., 1991). Parameter kinetika seperti koefisien variasi (CV), laju pencampuran, dan *mixing index* menjadi informasi penting dalam perancangan dan *scaling up* proses produksi. *Lacey mixing index* merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk evaluasi tingkat homogenitas campuran dengan membandingkan varian aktual campuran terhadap varian pada kondisi segregasi sempurna dan pencampuran acak (Lacey, 1954; Ansuree et al., 2021). Dari indeks pencampuran ini kemudian dimodelkan untuk mengetahui kinetika proses pencampuran.

Selain aspek kinetika, evaluasi efisiensi energi proses pencampuran juga menjadi pertimbangan penting dalam perspektif keberlanjutan dan ekonomi produksi. Pencampuran merupakan salah satu operasi unit paling fundamental dalam industri pengolahan serbuk pangan, mulai dari produksi bumbu penyedap, tepung *premix*, hingga suplemen nutrisi. Pemilihan parameter operasi yang tidak

tepat, seperti kecepatan putaran pengaduk (*impeller*) yang terlalu rendah atau terlalu tinggi, dapat mengakibatkan pemborosan energi yang signifikan, waktu proses yang tidak efisien, serta kualitas homogenitas produk yang tidak memenuhi standar industri. Dalam penelitian Xu et al. (2025) menunjukkan bahwa parameter desain *stirring paddle*, meliputi sudut *blade*, jumlah *blade*, dan diameter *port*, di mana secara langsung dan terukur mempengaruhi turbulensi kinetik, distribusi kecepatan aliran, serta konsumsi daya *mixer*, sehingga optimasi parameter tersebut menghasilkan peningkatan efisiensi pencampuran sebesar 23% sekaligus penurunan konsumsi energi sebesar 18% dibandingkan konfigurasi awal. Pada penelitian Jin et al. (2022) membuktikan melalui simulasi *Discrete Element Method* bahwa desain *impeller* dan kondisi operasi *ribbon mixer* memberikan pengaruh yang signifikan dan terukur terhadap perilaku partikel, pola dispersi, serta gaya kontak antarpartikel selama pencampuran, secara langsung menentukan intensitas energi yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat homogenitas yang ditargetkan.

Penentuan model kinetika yang sesuai dan evaluasi efisiensi energi pada berbagai kecepatan putaran *mixer* menjadi informasi fundamental untuk pengembangan proses produksi bumbu penyedap yang efisien dan berkelanjutan. Validasi model dapat dilakukan menggunakan parameter statistik seperti koefisien determinasi (R^2) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk menilai tingkat kesesuaian model terhadap data eksperimental (Demiray & Tulek, 2012). Model yang tervalidasi dengan baik dapat dimanfaatkan untuk simulasi dan optimasi proses, serta dapat dievaluasi lagi untuk digunakan pada skala industri, sehingga mengurangi kebutuhan eksperimen yang memerlukan biaya dan waktu yang besar.

Berbagai penelitian telah mengkaji performa proses pencampuran dengan mempertimbangkan parameter operasi seperti kecepatan *impeller* dan tingkat pengisian material. Namun demikian, sebagian besar studi masih berfokus pada analisis homogenitas campuran tanpa mempertimbangkan aspek efisiensi energi secara kuantitatif. Keterbatasan ini menyebabkan evaluasi performa *mixer* sering kali belum mencerminkan efisiensi proses secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemodelan kinetika pencampuran dan menganalisis efisiensi energi pada proses pencampuran bumbu penyedap dari

tempe dan jamur tiram menggunakan *planetary mixer* dengan variasi kecepatan putaran. Penelitian ini mengintegrasikan tiga aspek penting secara bersamaan yang meliputi penggunaan bahan baku tempe dan jamur tiram sebagai bumbu penyedap yang belum pernah dikaji sebelumnya, analisis kinetika pencampuran untuk memahami dinamika proses dan kualitas produk, serta analisis energi untuk mengevaluasi efisiensi energi dan keberlanjutan proses. Selain itu, penelitian ini juga menguji dua model kinetika berbeda untuk mendapatkan model dengan akurasi terbaik dalam memprediksi proses pencampuran. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pemahaman karakteristik pencampuran bahan pangan berbentuk bubuk berdasarkan pemodelan matematis, serta menjadi dasar pengembangan proses produksi bumbu penyedap alami yang efisien, ekonomis, dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putaran *planetary mixer* terhadap kinetika pencampuran (*Coefficient of Variation (CV)*, *Mixing index*, dan laju pencampuran) bumbu penyedap?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putaran *planetary mixer* terhadap efisiensi energi proses pencampuran bumbu?
3. Bagaimana model kinetika pencampuran yang paling sesuai untuk merepresentasikan proses pencampuran bumbu penyedap?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan putaran *planetary mixer* terhadap kinetika pencampuran (*Coefficient of Variation (CV)*, *Mixing index*, dan laju pencampuran) bumbu penyedap.
2. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan putaran *planetary mixer* terhadap efisiensi energi proses pencampuran bumbu penyedap.

3. Menentukan model kinetika pencampuran yang paling sesuai untuk merepresentasikan proses pencampuran bumbu penyedap secara akurat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi kecepatan putaran *planetary mixer* terhadap parameter kinetika pencampuran dan efisiensi energi proses pencampuran bumbu penyedap.
2. Memberikan informasi model kinetika pencampuran yang tervalidasi secara statistik yang dapat digunakan untuk prediksi dan simulasi proses pencampuran bumbu penyedap.
3. Menjadi dasar ilmiah untuk desain, optimasi, dan *scaling-up* proses produksi bumbu penyedap dari tempe dan jamur tiram dalam skala yang lebih besar atau industri.
4. Menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya terkait kinetika pencampuran dan analisis energi pada proses produksi pangan berbentuk bubuk.