Teknika 20 (1): 175-182

JURNAL TEKNIKA
ISSN: 0854-3143
e-ISSN: 2622-3481
Journal homepage: http://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika
Journal Email: teknika@polsri.ac.id

Optimalisasi Proses Pengeringan Cengkeh Melalui Pemilihan Sumber Energi Tepat Dengan Metode RSM

Winfrontstein Naibaho*[1], Tambos Sianturi[2], Putra Manihuruk[3]
*[1,2,3] Teknik Mesin, Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Pematangsiantar, Indonesia
*Email Penulis Korespondensi: winnaibaho@gmail.com

Abstrak

Cengkeh merupakan jenis komoditi rempah-rempah yang terdapat di Indonesia. Banyak kegunaan cengkeh diantaranya bumbu masak, minuman, manisan, obat herbal, obat, serta bahan pembuatan kosmetik serta banyak kegunaan lainnya. Banyaknya kegunaan cengkeh tersebut tentu juga dipengaruhi oleh faktor kadar air pada cengkeh tersebut. Urgensi dari penelitian ini adalah pemberian informasi tentang bagaimana cara memilih sumber energi yang paing efisien untuk proses pengeringan cengkeh sehingga dapat meminimalkan biaya produksi, apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam konsumsi energi antara berbagai sumber energi yang digunakan dalam proses pengeringan cengkeh,bagaimana pengaruh pemilihan sumber energi terhadap kualitas produk cengkeh hasil pengeringan berupa kadar air,aroma,dan warna, dan bagaimana cara mengoptimalkan proses pengeringan cengkeh dengan menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM) sehingga dapat dilihat kondisi pengeringan yang baik. Metode analisis data yang dilakukan adalah dengan melakukan pengambilan sampel dan pengukuran suhu ruang pengering cengkeh secara in situ dan ex situ. Parameter Fisika akan dianalisis untuk mendapatkan nilai kualitas pengeringan cengkeh yang baik.

Kata Kunci— *Biaya Produksi, Cengkeh, Energi Pengeringam, RSM*

Abstract

Cloves are a type of spice commodity found in Indonesia. Cloves are widely used as a spice in cooking, beverages, sweets, herbal remedies, medicines, cosmetics, and many other uses. The many uses of cloves are also influenced by their moisture content. The urgency of this research is to provide information on how to select the most efficient energy source for the clove drying process to minimize production costs. The research aims to determine whether there are significant differences in energy consumption between various energy sources used in the clove drying process. The impact of energy source selection on the quality of the dried clove product, including moisture content, aroma, and color. The research also examines how to optimize the clove drying process using Response Surface Methodology (RSM) to determine optimal drying conditions. Data analysis methods include sampling and measuring the temperature of the clove drying chamber in situ and ex situ. Physical parameters will be analyzed to determine the quality of the clove drying process.

Keywrods*— Cloves, Dryer, Energy, Production Cost, RSM*

Received: August 28, 2025; Online Available: December 4, 2025

1. PENDAHULUAN

Cengkeh, dengan aroma khas dan rasa pedasnya, telah lama menjadi salah satu rempah-rempah yang paling dihargai di dunia. Sejak zaman kuno, cengkeh telah digunakan dalam berbagai budaya untuk tujuan kuliner, pengobatan, dan bahkan keagamaan. Penelitian ini merupakan upaya untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk akhir dari proses pengeringan cengkeh. Penggunaan Metode *Response Surface Methodology* (RSM) dalam penelitian ini menunjukkan adanya pendekatan yang sistematis dan berbasis data untuk mencapai tujuan tersebut. Penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan teknologi pengeringan cengkeh yang lebih efisien, berkelanjutan, dan menghasilkan produk dengan kualitas tinggi. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi petani, pengusaha pengolahan cengkeh, dan pembuat kebijakan dalam mengambil keputusan terkait pemilihan teknologi pengeringan yang tepat. Rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain yaitu bagaimana cara memilih sumber energi yang paing efisien untuk proses pengeringan cengkeh sehingga dapat meminimalkan biaya produksi, apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam konsumsi energi antara berbagai sumber energi yang digunakan dalam proses pengeringan cengkeh,bagaimana pengaruh pemilihan sumber energi terhadap kualitas produk cengkeh hasil pengeringan berupa kadar air,aroma,dan warna, dan bagaimana cara mengoptimalkan proses pengeringan cengkeh dengan menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) sehingga dapat dilihat kondisi pengeringan yang baik.

Penyajian data yang nyata dan terkini tentu sangat membantu para petani cengkeh untuk dapat mengetahui jumlah konsumsi energi dan biaya yang diperukan dalam pengeringan cengkeh. Pendekatan pemecahan masalah adalah dengan memberikan data yang terkini kepada masyarakat tentang perubahan kadar air dan suhu yang optimum untuk pengeringan cengkeh. Dari data yang disampaikan kepada masyarakat, diberikan sosialisasi tentang pengetahuan berupa hal-hal apa saja yang menjadi faktor yang dapat mempercepat proses pengeringan, apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam konsumsi energi antara berbagai sumber energi yang digunakan dalam proses pengeringan cengkeh,bagaimana pengaruh pemilihan sumber energi terhadap kualitas produk cengkeh hasil pengeringan berupa kadar air,aroma,dan warna, dan bagaimana cara mengoptimalkan proses pengeringan cengkeh dengan menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) sehingga dapat dilihat kondisi pengeringan yang baik.

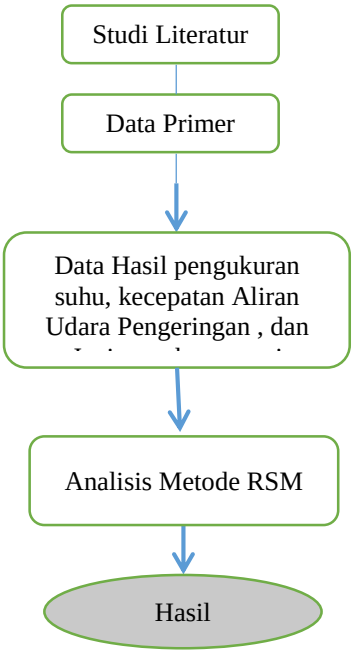
Dalam *State of The Art*, terdapat jurnal-jurnal yang diperoleh dari *Google Scholar* yang berisi hasil penelitian yang telah dilakukan beberapa penulis yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Pengaruh beban kalor (Q*) terhadap perpindahan kalor konveksi bebas dan menerapkannya pada rancangan oven pengering cengkeh untuk menjawab kebutuhan masyarakat yang menggunakan oven pengering cengkeh tradisional [1]. Skala perpindahan panas konveksi bebas diselidiki. Kelompok nondimensi untuk *Boussinesq* dan konveksi bebas dengan sifat variabel yang dapat dikompresi sepenuhnya, yang digerakkan oleh permukaan isotermal, diturunkan menggunakan metode analisis dimensi baru yang diterbitkan sebelumnya. Kedua aliran dijelaskan oleh serangkaian kelompok yang berbeda [2]. Mesin pengering cengkeh adalah mesin teknologi tepat guna, dimana mesin ini berfungsi untuk mengeringkan produk-produk pertanian [3]. Cengkeh (*Syzygium aromaticum (L) Merr & Perry*) merupakan tanaman rempah yang digunakan dalam industri sejak lama, rokok kretek, makanan, minuman dan obat-obatan. Bagian tanaman yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan di atas adalah bunga, tangkai bunga dan daun cengkeh. Kegunaan cengkeh ini kemudian berkembang dalam industri Kosmetik [4]. Bertambah lamanya pengeringan cengkeh mengakibatkan terjadinya antrian lahan untuk pengeringan cengkeh basah. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan sebuah alat yang dapat melakukan pengeringan dari hasil pertanian yang tidak dipengaruhi oleh cuaca dan juga dapat menghemat lahan dan waktu pengeringan [5]. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. hasil pengujian pengeringan yang telah dilakukan didapatkan hasil kadar air terendah yaitu 6,3% pada temperatur pengeringan 75ºC dan kadar air tertinggi yaitu 8,9 pada temperatur pengeringan 40ºC sehingga terdapat perbedaan kadar air yang signifikan pada saat temperatur pengeringan berbeda, dari hasil yaitu 8,9 pada temperatur pengeringan 40ºC

sehingga terdapat perbedaan kadar air yang signifikan pada saat temperatur pengeringan berbeda, dari hasil perhitungan temperatur pada mesin pengering cengkeh temperatur yang tinggi cukup baik digunakan untuk hasil pengeringan yang maksimal [6]. Kondisi iklim di Indonesia yang tropis, yang terdapat dua musim yaitu musim hujan dan kemarau. Saat musim penghujan proses pengeringan cengkeh akan sangat terganggu. Hal itu mengakibatkan penurunan kuantitas produksi cengkeh pada musim hujan. Pengeringan dengan penjemuran secara langsung di bawah sinar matahari atau secara tradisonal memiliki beberapa kelemahan yaitu adanya ketergantungan pada cuaca, menyebabkan terjadinya kerusakan bunga cengkeh karena pengeringan yang terlalu lama dan dibutuhkannya lahan yang luas untuk tempat menjemur [7].

Menerapkan Metodologi Permukaan Respons (RSM) dengan Desain Komposit Sentral (CCD) untuk mengoptimalkan model statistik terkait dampak suhu dan waktu pengeringan terhadap biji mangga. Menganalisis Efek Pengeringan: Mengevaluasi efek gabungan suhu dan waktu pengeringan terhadap kadar air residu, rendemen ekstraksi minyak, total senyawa fenolik, dan aktivitas antioksidan. Mengukur Kontribusi Faktor: Menentukan bahwa suhu dan waktu pengeringan masing-masing memberikan kontribusi persentase yang bervariasi terhadap karakteristik fisikokimia yang diukur [8]. Kelapa Kering (KKK) merupakan produk yang kaya akan lemak, protein, karbohidrat, dan serat. Kelapa kering banyak digunakan sebagai bahan tambahan untuk industri makanan ringan. Sebagai produk potensial sebagai bahan tambahan pangan, setiap proses perlu diperhatikan untuk menghasilkan KKK berkualitas baik. Upaya untuk menjaga kualitas KKK adalah dengan mengoptimalkan proses utama pembuatan KKK, yaitu proses pengeringan. Dalam beberapa penelitian, kondisi pengeringan KKK dilakukan secara berbeda, sehingga diperlukan proses optimasi pada pengeringan KKK [9]. Waktu pengeringan minimum, konsumsi energi, dan penyusutan dianggap sebagai kondisi pengeringan irisan apel yang optimal. Hasil eksperimen diadaptasi dengan model polinomial orde kedua 12, yang menggunakan analisis varians untuk menentukan kompatibilitas model dan kondisi pengeringan optimal [10]. Cengkeh merupakan salah satu rempah yang digunakan sebagai bahan baku industri rokok, farmasi, kosmetik dan rempah-rempah bahan makanan. Saat musim hujan, produksi cengkeh kering menurun, karena petani mengalami kesulitan dalam mengeringkan hasil panen cengkeh mereka [11].

Pengaruh gabungan suhu dan waktu pengeringan dievaluasi terhadap kadar air residu, rendemen ekstraksi minyak, total senyawa fenolik, dan aktivitas antioksidan biji mangga varietas lokal Kamerun (*Local Ngaoundere*). Metodologi permukaan respons (RSM) dengan menggunakan rancangan komposit sentral (CCD) sebagai alat, digunakan untuk mengembangkan, memvalidasi, dan mengoptimalkan model statistik guna menentukan dampak parameter pengeringan (suhu dan waktu) baik secara terpisah maupun kombinasi [12]. Respons optimasi meliputi kadar air daun kering, yang merupakan indikator utama yang menunjukkan keberhasilan proses pengeringan, dan sifat-sifat kualitas penting daun zaitun; total kandungan fenolik dan aktivitas antioksidan, dan efisiensi eksergetik yang menjadi alat paling ampuh untuk analisis, desain, dan optimasi sistem termal [13]. Karakteristik perpindahan panas optimal terdapat pada beban panas (Q*) = 550 W dengan waktu pengeringan cengkih selama 8 jam dan minimum pada beban panas (Q*) = 400 W dengan waktu pengeringan cengkih selama 12 jam [14]-[15]. Faktor yang paling mempengaruhi kadar air pupuk NPK Pabrik NPK I Granulasi berdasarkan persamaan matematika ialah suhu udara pengering, laju alir massa air NPK yang masuk, laju alir massa NPK yang masuk, dan laju alir massa udara pengering [16]. Pengeringan cengkeh biasanya dilakukan dengan cara menjemur bunga cengkeh di atas tikar pandan, terpal atau di rak secara manual dan tradisional. Masyarakat sering menjemur cengkeh di jalan pedesaan, dikarenakan minimnya lahan untuk penjemuran. Pengeringan dengan sistem tradisional ini juga terkadang memiliki kendala. Cuaca yang tidak selalu cerah menyebabkan proses pengeringan menjadi lebih lama dan menghasilkan kualitas cengkeh yang kurang baik [17].

2. METODE PENELITIAN

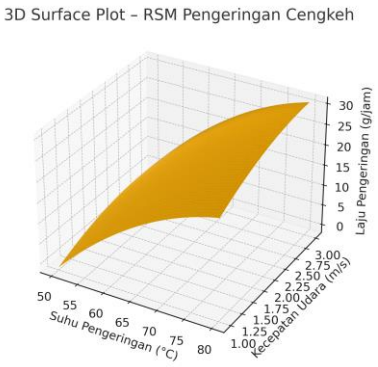


Gambar 1 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengoptimalkan proses pengeringan cengkeh melalui pengaturan suhu, kecepatan aliran udara, dan jenis sumber energi. Pendekatan yang digunakan adalah *Response Surface Methodology* (RSM) dengan desain percobaan *Box–Behnken*. RSM dipilih karena mampu menganalisis hubungan kuadratik antar variabel dan menentukan kondisi optimal secara matematis maupun visual. Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut: (1) Studi Literatur kegiatan yang dilakukan: Mengkaji teori pengeringan (*drying kinetics*); Meninjau standar kadar air cengkeh; Mempelajari metode optimasi RSM dan desain *Box–Behnken*; Mengidentifikasi variabel yang memengaruhi pengeringan. Variabel yang digunakan :(1) Variabel Independen (X): Suhu Pengeringan (X_1) Suhu: 50°C, 65°C, 80°C : (2) Kecepatan Aliran Udara (X_2) : Level: 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s ; Jenis Sumber Energi (X_3) : Biomassa (kode: 1); LPG (kode: 2); Listrik (kode: 3) : (2) Variabel Dependen (Y) :Laju Pengeringan (g/jam); Kadar Air Akhir (%); Efisiensi Energi (%). Variabel dependen ini dianalisis menggunakan regresi kuadratik RSM. Perancangan Eksperimen (Desain RSM – Box–Behnken) Menggunakan 3 variabel independent; Desain Box–Behnken menghasilkan 15 titik percobaan. Setiap percobaan menghasilkan 1 record data untuk setiap respon (Y_1, Y_2, Y_3). Sehingga total data respon yang terkumpul dalam penelitian ini adalah: 15 record data × 3 respon = 45 data respon. Percobaan validasi dilakukan pada kondisi optimal hasil RSM: (1) Suhu: 72.3°C; (2) Kecepatan udara: 2.4 m/s; dan (3) Sumber energi: Biomassa; LPG; dan Energi Listrik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik permukaan (*surface plot*) seperti Gambar 2 menunjukkan bahwa: Ketika suhu meningkat, laju pengeringan meningkat secara signifikan. Kecepatan udara juga menambah percepatan laju pengeringan, bentuk permukaan yang melengkung menunjukkan bahwa peningkatan suhu yang terlalu tinggi menurunkan efisiensi dan berpotensi merusak kualitas cengkeh.



Gambar 2 3D *Surface Plot* Hasil Metode RSM

Tabel 1 Data Eksperimen RSM

Suhu (^{0}C)	Kecepatan Udara (m/s)	Jenis Energi (kode)	Laju Pengeringan (gr/ Jam)
50	1	1	8.2
80	1	1	15.3
50	3	1	10.1
80	3	1	18.4
65	2	2	19.1
50	2	2	9.4
80	2	2	22.3
65	1	2	13.2
65	3	2	17.5
50	1	3	7.5
80	1	3	14.4
50	3	3	9.0
80	3	3	16.7
65	2	3	18.2
65	2	1	20.3

Data pengujian seperti Tabel 2 menunjukkan nilai laju pengeringan berdasarkan kombinasi desain RSM Box–Behnken. Suhu tinggi (80°C) + kecepatan tinggi (3 m/s) → menghasilkan laju pengeringan tertinggi. Suhu rendah (50°C) selalu menghasilkan laju pengeringan rendah meskipun kecepatan udara tinggi. Sumber energi biomassa memberikan laju pengeringan kompetitif dengan efisiensi tinggi karena stabilitas termal yang cukup baik. Suhu memiliki pengaruh paling besar, disusul kecepatan udara dan jenis energi.

Tabel 2 Data Desain RSM *Box-Behnken*

Run	X_1(Suhu)	X_2(Kecepatan Aliran Udara)	X_3(Jenis Sumber Energi)
1	50	1	1
2	80	1	1
3	50	3	1
4	80	3	1
5	65	2	2
6	50	2	2
7	80	2	2
8	65	1	2

9	65	3	2
10	50	1	3
11	80	1	3
12	50	3	3
13	80	3	3
14	65	2	3
15	65	2	1

Desain percobaan *Box–Behnken* menggunakan 15 kombinasi titik uji, memungkinkan Evaluasi interaksi antar variable, Prediksi respon dalam wilayah eksperimen, penyusunan model kuadratik untuk RSM. Dibawah ini penggunaan desain percobaan Box-Behnken pada uji statistik Anova.

Tabel 3 Data Analisis Anova

Faktor	DF	F-Value	P-Value
Suhu (X_1)	1	56.2	<0.01
Kecepatan Udara (X_2)	1	18.7	<0.05
Interaksi (X_1*X_2)	1	9.3	<0.05
Eror	-	-	-
R^2	-	0.947	-

Mengacu pada Tabel 3 model yang diperoleh memiliki **R^2 = 0.947**, artinya sebanyak **94,7% variasi laju pengeringan** dapat dijelaskan oleh variabel dalam model. Ini menunjukkan model sangat akurat dan layak digunakan untuk optimasi. **Makna p-value < 0.05:** Variabel tersebut *secara statistik* mempengaruhi proses pengeringan. **Interpretasi signifikan artinya s**uhu adalah faktor paling dominan, kecepatan udara memiliki efek nyata dalam mempercepat pengeringan, interaksi suhu kecepatan menunjukkan pengaruh gabungan yang lebih kuat daripada efek masing-masing variabel secara tunggal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis model *Response Surface Methodology* (RSM), simulasi *Box–Behnken*, uji ANOVA, dan interpretasi grafik 3D serta *contour plot*, diperoleh beberapa kesimpulan utama yaitu Variabel suhu pengeringan (X_1) dan kecepatan udara (X_2) secara signifikan memengaruhi laju pengeringan cengkeh. Hasil ANOVA menunjukkan kedua variabel memiliki nilai *p-value < 0,05*, sehingga keduanya berpengaruh nyata terhadap perubahan kadar air cengkeh. Interaksi antara suhu dan kecepatan udara juga berpengaruh signifikan. Permukaan 3D *surface plot* membentuk kurva yang jelas, menunjukkan adanya efek interaksi yang memperkuat atau melemahkan laju pengeringan pada kombinasi tertentu. Model kuadratik RSM yang diperoleh memiliki tingkat kecocokan sangat baik, dengan *R^2 = 0,947*. Ini berarti 94,7% variasi laju pengeringan dapat dijelaskan oleh model, sehingga model valid digunakan untuk tujuan optimasi proses pengeringan. Kondisi optimum pengeringan cengkeh berdasarkan titik maksimum RSM berada pada suhu: 68–72°C Kecepatan udara: 2,1–2,4 m/s. Pada kondisi tersebut, laju pengeringan maksimum tercapai dan kualitas cengkeh (warna, aroma, dan kadar minyak atsiri) tetap terjaga. Pemilihan sumber energi tepat sangat memengaruhi efisiensi proses. Penggunaan energi panas stabil seperti *biomassa burner* atau *elektrik heater* melahirkan proses yang: (1) lebih cepat; (2) lebih konsisten; (3) dan menghasilkan mutu cengkeh lebih baik dibanding energi panas tidak stabil seperti penjemuran konvensional. Metode RSM terbukti efektif sebagai alat perancangan proses pengeringan. RSM mampu memprediksi, memodelkan, dan memberikan rekomendasi parameter optimal dengan jumlah eksperimen minimal namun akurasi tinggi.

5. SARAN

Untuk pengembangan penelitian dan aplikasi industri, beberapa saran dapat diajukan: Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terhadap sumber energi alternatif, seperti energi surya terkontrol (s*olar dryer hybrid*), biogas, atau gasifikasi biomassa, untuk memperoleh perbandingan efisiensi yang lebih lengkap. Penelitian lanjutan dapat menambahkan variabel baru, seperti: (1) ketebalan hamparan cengkeh; (2) kelembapan relatif udara; (3) konfigurasi ruang pengering; dan (4) waktu pre-treatment (blanching). Untuk meningkatkan keandalan model, dapat digunakan algoritma optimasi lanjutan seperti *genetic algorithm* atau *particle swarm optimization* sebagai pembanding RSM.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim penelitian ini dan kepada rekan dosen di Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, serta Tim Redaksi Jurnal Teknika Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberi memberi kesempatan, sehingga artikel ilmiah ini dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] N. Titahelu, "Eksperimen pengaruh beban panas terhadap karakteristik perpindahan panas oven pengering cengkeh." [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/375024287

[2] M. R. D. Davies, D. T. Newport, and T. M. Dalton, "On gaseous free-convection heat transfer with well-defined boundary conditions," *J Heat Transfer*, vol. 122, no. 4, pp. 661–668, Nov. 2000, doi: 10.1115/1.1318213.

[3] F. Prayuda, M. Kabib, and A. Z. Hudaya, "PROSES MANUFAKTUR MESIN PENGERING CENGKEH RAJANGAN DENGAN SISTEM PEMANAS HEATER," *Jurnal CRANKSHAFT*, vol. 5, no. 2, 2022.

[4] N. Nurdjannah, B. Besar, P. Dan, P. Pasca, and P. Pertanian, "Diversifikasi Penggunaan Cengkeh."

[5] R. Susanto, M. Muslimin Ilham, and A. S. Fauzi, "Rancang Bangun Tabung Pengering Cengkeh Kapasitas 15Kg."

[6] B. Setiawan, M. Muslimin Ilham, and A. S. Fauzi, "Analisis Temperatur Terhadap Hasil Pengeringan pada Mesin Pengering Cengkeh."

[7] L. A. Latif and B. Tjiroso, "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGERING CENGKEH BERBAHAN BAKAR BIOMASSA," *Patria Artha Technological Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 109–112, Oct. 2020, doi: 10.33857/patj.v4i2.357.

[8] F. R. Saputra, F. Masykur, and A. Prasetyo, "url : http://studentjournal.umpo.ac.id/index.php/komputek PERANCANGAN INTERNET OF THINGS (IoT) PADA ALAT PENGERING BIJI CENGKEH BERBASIS ANDROID," 2019. [Online]. Available: http://studentjournal.umpo.ac.id/index.php/komputek

[9] M. N. Effendy, S. Nurhasanah, and A. Widyasanti, "OPTIMIZATION OF DRYING PARAMETERS FOR DESICCATED COCONUT POWDER USING CENTRAL COMPOSITE DESIGN," *INMATEH - Agricultural Engineering*, vol. 70, no. 2, pp. 477–486, 2023, doi: 10.35633/inmateh-70-46.

[10] H. Majdi, J. A. Esfahani, and M. Mohebbi, "Optimization of Convective Drying by Response Surface Methodology 1."

[11] N. Alfitri and R. Fajar Sidiq, "Alat Pengeringan Cengkeh Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy," *Elektron Jurnal Ilmiah*, vol. 11, 2019.

[12] F. J. A. A. Ekorong, G. Zomegni, S. C. Z. Desobgo, and R. Ndjouenkeu, "Optimization of drying parameters for mango seed kernels using central composite design," *Bioresour Bioprocess*, vol. 2, no. 1, Dec. 2015, doi: 10.1186/s40643-015-0036-x.

[13] Z. Erbay and F. Icier, “Optimization of hot air drying of olive leaves using response surface methodology,” *J Food Eng*, vol. 91, no. 4, pp. 533–541, Apr. 2009, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.10.004.

[14] N. Titahelu, “Eksperimen pengaruh beban panas terhadap karakteristik perpindahan panas oven pengering cengkeh.” [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/375024287

[15] F. Septian, D. Anggara, M. Muslimin Ilham, and A. S. Fauzi, “Rancang Bangun Sistem Pemanas Mesin Pengering Cengkeh.”

[16] G. Fauziah Marintika, L. Cundari, and F. H. Kurniawan, “PROSES PENGERINGAN NPK BERDASARKAN EVALUASI ROTARY DRYER DAN KADAR AIR NPK DI PT. PETROKIMIA GRESIK,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 273–289, May 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i1.1279.

[17] E. Simbolon, J. Alfredo, B. S. Kaligis, Moh. F. Pomalingo, I. D. Piri, and S. V. C. Kawuwung, “Desain dan Pabrikasi Mesin Pengering Cengkeh Berbahan Bakar Limbah Kelapa Untuk Mempercepat Proses Penjemuran Cengkeh,” *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, vol. 10, no. 1, pp. 21–28, Apr. 2022, doi: 10.21776/ub.jkptb.2022.010.01.03.