OPTIMASI SUHU DAN LAMA PENGERINGAN *FOAM-MAT DRYING* TERHADAP KARAKTERISTIK KINETIKA DAN MUTU BUBUR INSTAN UMBI GEMBILI (DIOSCOREA ESCULENTA)–BIJI SELASIH (OCIMUM BASILICUM)

OPTIMIZATION OF DRYING TEMPERATURE AND TIME IN FOAM-MAT DRYING ON THE KINETIC CHARACTERISTICS AND QUALITY OF INSTANT LESSER YAM (DIOSCOREA ESCULENTA)–BASIL SEED (OCIMUM BASILICUM) PORRIDGE

Setiawan Bagus Pribadi*, Faidliyah Nilna Minah
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Istitut Teknologi Nasional Malang, Jl. Raya Karanglo KM.2, Tasikmadu, Kota Malang, 65153, Indonesia
*Email: setiawanbaguspribadi@gmail.com

Abstrak
Ketergantungan impor gandum mendorong diversifikasi pangan menggunakan umbi gembili (*Dioscorea esculenta*) dan biji selasih menjadi bubur instan fungsional. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh suhu (50°C–70°C) dan lama pengeringan (2–6 jam) metode *Foam-Mat Drying* terhadap kinetika pengeringan serta karakteristik fisik-kimia produk, sekaligus menentukan kondisi optimal menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Hasil menunjukkan seluruh perlakuan mengikuti pola *Falling Rate Period*, dengan Model Page sebagai model terbaik. Peningkatan suhu dan waktu pengeringan secara signifikan menurunkan kadar air (R^2 = 0,9904). Hasil menunjukkan bahwa perlakuan pengeringan selama 6 jam pada suhu 60–70°C menghasilkan kadar air di bawah 4%, sedangkan kadar abu seluruh perlakuan berada pada rentang 1,650–2,475%. Waktu rehidrasi berkisar 41,27–78,65 detik. Kondisi optimum RSM dicapai pada suhu 69,6°C selama 6 jam (desirability 0,932), menghasilkan prediksi MR 0,251, nilai k 0,0322 menit^{-1}, dan kadar air produk 2,041%.
Kata kunci: Biji Selasih, Bubur Instan, *Foam-Mat Drying*, Kinetika Pengeringan, RSM, Umbi Gembili.

Abstract
Wheat import reliance drives food diversification using lesser yam (Dioscorea esculenta) and basil seeds into functional instant porridge. This study aimed to analyze the effects of temperature (50°C–70°C) and drying time (2–6 hours) via Foam-Mat Drying on drying kinetics and physicochemical characteristics, while determining optimum conditions using Response Surface Methodology (RSM). Results showed all treatments followed a falling rate period, with the Page model performing best. Increasing temperature and time significantly reduced moisture content (R^2 = 0.9904$). Only 6-hour treatments at 60°C–70°C met the national standard (< 4%). Ash content of all samples complied with standards (1.650%–2.475%). Rehydration time ranged between 41.27–78.65 seconds, accelerated by a porous matrix and hydrophilic basil seed mucilage. The optimum RSM condition was achieved at 69.6°C for 6 hours (desirability 0.932), predicting an MR of 0.251, k value of 0.0322 min^{-1}, and final moisture content of 2.041%, successfully meeting quality standards.
***Keywords**: Basil Seeds, Drying Kinetics, Foam-Mat Drying, Instant Porridge, Lesser Yam, RSM.*

Pendahuluan

Pangan fungsional merupakan makanan yang mengandung senyawa bioaktif dan berperan dalam pencegahan serta pengelolaan berbagai penyakit. Oleh karena itu, pengembangan pangan fungsional berbasis sumber daya lokal menjadi salah satu prioritas riset global untuk menjawab tantangan gizi, ketahanan pangan, serta meningkatnya prevalensi penyakit kronis tidak menular, seperti penyakit kardiovaskular, diabetes tipe 2, dan kanker [1].

Di Indonesia, pengembangan pangan instan fungsional berbasis bahan baku lokal menjadi semakin penting seiring meningkatnya prevalensi diabetes melitus yang telah mencapai 10,9% pada populasi dewasa. Pada tahun 2022, Indonesia tercatat sebagai konsumen mi instan terbesar kedua di dunia dengan konsumsi mencapai 14,26 miliar porsi. Kondisi ini menjadi perhatian karena kebutuhan tepung terigu nasional masih sepenuhnya bergantung pada impor gandum yang mencapai sekitar 10–12 juta ton per tahun. Sementara itu, komoditas umbi-umbian lokal seperti gembili (*Dioscorea esculenta*) belum dimanfaatkan

secara optimal. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa konsumsi umbi-umbian rumah tangga cenderung menurun seiring pergeseran pola konsumsi masyarakat ke arah pangan berbasis terigu.

Umbi gembili (*Dioscorea esculenta*) dan biji selasih (*Ocimum basilicum*) merupakan dua komoditas lokal yang memiliki profil fungsional yang saling melengkapi dan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku bubur instan. Umbi gembili mengandung karbohidrat total sebesar 86,69%, serta serat 9,04% [2], inulin hingga 14,77% (basis kering) [3], yang dapat digunakan sebagai pengendalian indeks glikemik, berpotensi membantu mengontrol kadar glukosa darah, dan mendukung kesehatan saluran pencernaan [4]. Sementara itu, biji selasih kaya akan serat (±36,30%), asam lemak omega-3, senyawa fenolik antioksidan, serta mucilage (±18–20%) yang bersifat hidrofilik dan mampu meningkatkan karakteristik rehidrasi produk [5]. Selain itu, biji selasih memiliki aktivitas antioksidan, antidiabetes, dan kardioprotektif [6]. Kombinasi keduanya berpotensi menghasilkan produk bubur instan fungsional yang tidak hanya memenuhi standar mutu, tetapi juga mendukung kesehatan metabolik konsumen.

Metode *Foam-Mat Drying* dipandang sebagai teknologi pengeringan yang sesuai untuk sistem bahan ini karena struktur busa mampu meningkatkan luas permukaan evaporasi, mempercepat proses pengeringan pada suhu yang lebih rendah, serta menghasilkan bubuk berpori dengan daya rehidrasi yang baik [7]. Studi terdahulu telah membuktikan efektivitas metode ini pada berbagai komoditas, seperti ampas teh [8], pulpa mangga, dan ampas tomat [9]. Namun demikian, hingga saat ini belum tersedia kajian kinetika pengeringan Foam-Mat Drying yang spesifik untuk sistem pangan komposit umbi gembili–biji selasih.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi suhu (50, 55, 60, 65, 70°C) dan lama pengeringan (2, 4, dan 6 jam) terhadap karakteristik kinetika pengeringan bubur instan umbi gembili–biji selasih dengan metode *Foam-Mat Drying* menggunakan model lapisan tipis Newton dan Page, serta mengevaluasi karakteristik mutu kimia produk. Kebaruan penelitian ini terletak pada pemodelan kinetika pengeringan sistem komposit gembili–biji selasih yang belum pernah dilaporkan sebelumnya, sekaligus menghasilkan parameter kondisi proses yang optimal sebagai acuan ilmiah dalam pengembangan bubur instan berbasis umbi lokal. Sejauh penelusuran yang dilakukan, belum tersedia kajian yang memodelkan kinetika pengeringan *Foam-Mat Drying* secara spesifik untuk sistem komposit umbi gembili–biji selasih, menjelaskan hubungan antara suhu dan waktu pengeringan terhadap karakteristik rehidrasi serta kadar air produk, menentukan kondisi proses optimum melalui pendekatan RSM untuk kombinasi kedua bahan tersebut.

Teori

Umbi gembili

Umbi gembili (*Dioscorea esculenta*) merupakan salah satu sumber karbohidrat kompleks dengan kandungan karbohidrat total mencapai 86,69% dan amilosa sebesar 29,92% [2]. Selain pati yang menjadi komponen utamanya, umbi ini juga mengandung inulin sekitar 14,77% (basis kering) yang termasuk ke dalam kelompok fruktan, yaitu serat larut yang berperan dalam pengendalian indeks glikemik serta mendukung kesehatan saluran pencernaan [3]. Kandungan inulin ini bersifat sensitif terhadap suhu tinggi sehingga pengendalian suhu pengeringan menjadi parameter kritis dalam mempertahankan mutu fungsional produk. Dengan demikian, pengendalian suhu dan lama pengeringan pada penelitian ini menjadi krusial untuk mempertahankan kandungan inulin, sehingga variabel suhu (50, 55, 60, 65, 70°C) dan waktu (2–6 jam) yang dikaji secara langsung untuk menjaga nilai fungsional umbi gembili.

Biji selasih

Biji selasih (Ocimum basilicum) memiliki kandungan serat sekitar 36,30%, lipid sekitar 33,01% yang didominasi oleh asam lemak omega-3, protein sekitar 9,40%, serta mucilage sekitar 18–20% yang bersifat hidrofilik [5]. Mucilage berperan penting dalam pembentukan tekstur gel sekaligus membantu mempercepat proses rehidrasi pada produk instan. Senyawa bioaktif seperti omega-3 dan fenolik yang terdapat pada biji selasih diketahui rentan terhadap degradasi termal, sehingga suhu dan lama pengeringan perlu dikendalikan secara ketat [6]. Oleh karena itu, variasi suhu dan waktu pengeringan yang diuji dalam penelitian ini juga diarahkan untuk menemukan kondisi yang tetap mempertahankan mucilage dan senyawa bioaktif biji selasih.

Foam-Mat Drying

Foam - Mat Drying merupakan salah satu metode pengeringan pada bahan cair atau semin cair yang sebelum dilakukan pengeringan dibentuk menjadi busa stabil melalui penambahan ager pembuih. Busa yang terbentuk meningkatkan luas permukaan bahan secara signifikan sehingga mempercepat penguapan air pada suhu rendah dibandingkan dengan pengeringan konvensional [7]. Metode ini dapat menghasilkan produk bubur dengan kualitas tinggi dan daya rehidrasi yang baik, selain itu juga lebih efisien untuk mempertahankan kandungan bioaktif dibandingkan dengan pengeringan lainnya [9]. Dalam penelitian ini,

putih telur digunakan sebagai agent pembuih, karena protein, terutama ovalbumin, terdenaturasi saat pengocokan sehingga membentuk film yang menstabilkan busa [10]. Maltodekstrin sebagai bulking agent untuk menghasilkan busa yang stabil sebelum proses pengeringan.

Kinetika pengeringan

Kinetika pengeringan menggambarkan perubahan kadar air bahan terhadap waktu selama proses pengeringan berlangsung. Kadar air dinyatakan dalam basis kering (*Dry Basis*) yang dapat memberikan nilai yang lebih konsisten selama proses pengeringan berlangsung [11]. Parameter yang tidak memiliki dimensi seperti *Moisture Ratio* (MR) digunakan untuk menstandarisasi perbandingan antara kondisi pengeringan yang memiliki variabel berbeda, perhitungan dilakukan mengunakan persamaan 1 berikut ini

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad \text{.....(1)}$$

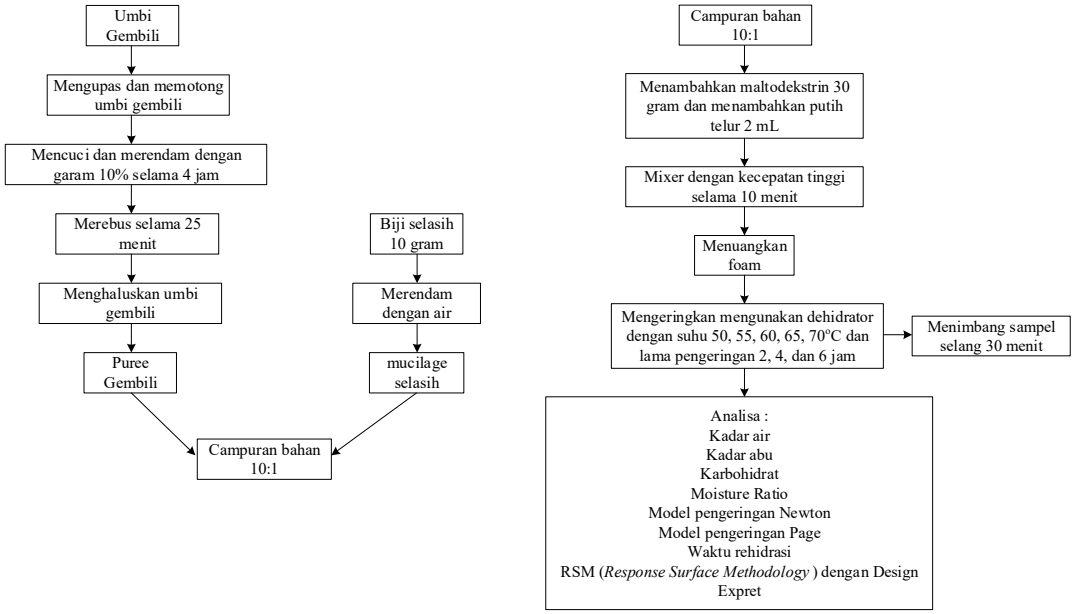
Kadar air pada penelitian ini dinyatakan dalam basis kering (*Dry Basis*), sehingga nilai Mt, Mo, dan Me yang digunakan dalam persamaan 1 seluruhnya mengacu pada basis yang sama untuk menjaga konsistensi perhitungan *Moisture Ratio* sepanjang proses pengeringan Dimana M_t merupakan kadar air pada waktu t (menit), kadar air pada waktu awal sebelum pengeringan dinotasikan sebagai M_o, dan M_e menujukkan kadar air kesetimbangan [12]. Pemodelan lapis tipis pengeringan pada penelitian ini menggunakan dua model yakni model Newton (Lewis) dan Page. Model Newton Merupakan model yang paling sederhana yang menggambarkan penurunan MR secara eksponensial terhadap waktu (t), dimana k merupakan konstanta laju pengeringan (menit^{-1}) [13].

$$MR = \exp(-k.t) \quad \text{.....(2)}$$

Model page merupakan modifikasi dari model newton dengan menambahkan parameter n sebagai konstanta empiris yang dapat meningkatkan nilai akurasi pemodelan pada akhir fase pengeringan [13]. Dimana k merupakan konstanta pengeringan, nilai n adalah eksponensial model page, dan waktu (t).

$$MR = \exp(-kt^n) \quad \text{.....(3)}$$

Metodologi Penelitian



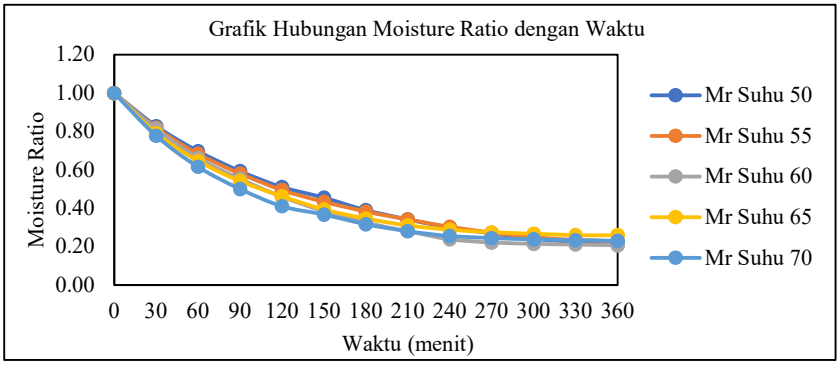
Gambar 1. Prosedur pembuatan bubur instan umbi gembili-biji selasih

Proses pembuatan bubur instan diawali dengan mengupas dan memotong umbi gembili, kemudian dicuci dan direndam dengan air garam selama 4 jam. kemudian umbi gembili direbus selama 25 menit hingga teksturnya lunak agar mudah untuk dihaluskan menjadi puree gembili. Secara terpisah, biji selasih direndam dalam air dengan rasio selasih:air sebesar 1:5, perendaman bertujuan agar biji selasih membentuk gel/mucilage. Puree gembili dan gel mucilage selasih kemudian dicampur dengan rasio 10:1. Menambahakan maltodekstrin sebagai bulking agen untuk menstabilkan foam serta menambahakan putih telur sebagai agen pembuih. Campuran tersebut dikocok mengunakan mixer dengan kecepatan tinggi

selama 10 menit. Foam yang terbentuk dituangkan keatas loyang kemudian dikeringkan dengan dehidrator pada variasi suhu 50, 55, 60, 65, dan 70ºC serta variasi lama pengeringan 2, 4, dan 6 jam. Untuk mengamati kombinai kedua variabel tersebut terhadap kinetika pengeringan dan mutu produk, dilakukan penimbangan sampel setiap 30 menit untuk memperoleh data perubahan kadar air terhadap waktu.

HASIL

Kurva Pengeringan



Gambar 2. Grafik Hubungan *Moisture Ratio* dengan waktu pengeringan 6 jam

Nilai MR pada seluruh perlakuan mengalami penurunan konsisten dari 1 menuju nilai akhir yang semakin kecil seiring meningkatnya suhu dan waktu pengeringan (Gambar 2.). Nilai MR menurun secara drastis pada 30 menit pertama, kemudian dengan bertambahnya durasi semakin melambat. Pola penurunan MR yang melambat seiring bertambahnya waktu pengeringan pada seluruh perlakuan mengindikasikan karakteristik yang konsisten dengan falling rate period di mana perpindahan air dari bagian dalam menuju permukaan menjadi faktor pembatas utama [14]. Pada (Gambar 2.) pengeringan 6 jam, nilai MR akhir paling rendah justru pada suhu 60ºC (MR = 0,2076) bukan pada suhu tertinggi, fenomena ini diduga berkaitan dengan *Case Hardening* pada suhu tinggi yang dapat menghambat difusi uap air dari bagian dalam bahan [15]. Pada suhu 65°C dan 70°C, nilai MR cenderung konstan menjelang akhir pengeringan mengindikasikan pendekatan kondisi kadar air kesetimbangan.

Pemodelan Kinetika Pengeringan

Tabel 1. Perbandingan Stastistik Model Newton dan Model Page

Suhu (ºC)	Waktu (Jam)	Newton R^2	Page R^2	Page RMSE	Newton RMSE	Page χ^2	Newton χ^2
	2	0,999	0,9991	0,003518	0,00535	0,000025	0,00004
50	4	0,9986	0,9999	0,002278	0,01197	0,000007	0,00016
	6	0,984	0,9969	0,010054	0,03024	0,000121	0,00100
	2	0,9989	0,9985	0,005678	0,00914	0,000064	0,00011
55	4	0,9832	0,9928	0,01469	0,03037	0,000288	0,00105
	6	0,973	0,9936	0,013314	0,04023	0,000213	0,00177
	2	0,9997	1,000	0,001697	0,0052	0,000006	0,00004
60	4	0,9905	0,9983	0,006969	0,01414	0,000065	0,00023
	6	0,9444	0,9825	0,024333	0,0414	0,000710	0,00187
	2	0,999	0,9978	0,007085	0,0075	0,000100	0,00007
65	4	0,9955	0,9972	0,007912	0,03335	0,00083	0,0127
	6	0,9097	0,9729	0,026992	0,06533	0,000874	0,00466
	2	0,996	0,9937	0,012672	0,01267	0,000321	0,00021
70	4	0,9673	0,9902	0,016726	0,0407	0,000373	0,00189
	6	0,9031	0,9669	0,028675	0,06774	0,000987	0,00501

Pada pengeringan 2 jam Model Newton menghasilkan R^2 >0,996 pada seluruh perlakuan, namun seiring dengan meningkatnya waktu dan suhu pengeringan mengalami penurunan secara drastis yang menunjukkan keterbatasan pendekatan eksponensial tunggal dalam mereperentasikan fase difusi internal [16]. Model Page secara konsisten menghasilkan nilai R^2 lebih tinggi pada seluruh 15 kombinasi perlakuan.

Model Page menunjukkan kecocokan yang lebih baik dibandingkan Model Newton pada mayoritas kombinasi perlakuan, ditandai dengan nilai R^2 yang lebih tinggi disertai nilai RMSE dan χ^2 yang jauh lebih rendah (Tabel 2.). Dengan demikian, pemilihan Model Page sebagai model pengeringan terbaik pada penelitian ini didasarkan pada kombinasi ketiga kriteria tersebut, bukan semata-mata nilai R^2 yang tertinggi dengan RMSE berkisar 0,001697–0,028675 dan seluruh nilai χ^2 mendekati nol [17].

Optimasi RSM

Model Quadratic untuk respons MR signifikan (F=83,70; p<0,0001; R^2=0,9789) dan model 2FI untuk respons k juga sangat signifikan (F=326,86; p<0,0001; R^2=0,9899) dengan *Adequate Precision* masing-masing 26,09 dan 52,93 yang melampaui nilai minimum 4,0 [18]. Hasil ANOVA disajikan pada Tabel 3.

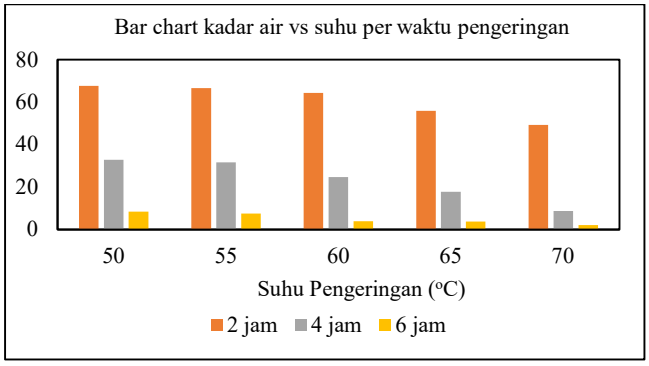
Tabel 2. ANOVA model Page

Respons	Model	F-value	p-value	R^2	Adj.R^2	Pred.R^2	Adeq.Precision	Keterangan
MR akhir (R1)	Quadratic	83,70	<0,0001	0,9789	0,9673	0,9266	26,09	
k Model Page (R2)	2FI	326,86	<0,0001	0,9899	0,9869	0,9764	52,93	
Kadar Air	Quadratic	185,59	<0,0001	0,9904	0,9851	0,9618	37,50	Signifikan
Kadar Abu	Quadratic	2,03	0,1673	0,5305	0,2697	-0,2457	3,69	Tidak Signifikan

Kondisi optimum ditentukan melalui optimasi numerik pada Design-Expert dengan suhu (50–70°C) dan waktu (2–6 jam) sebagai in range, MR diminimalkan, dan konstanta laju pengeringan (k) dimaksimalkan. Kadar air dan abu hanya digunakan sebagai informasi pembanding. Kondisi optimum pada 69,6°C dan 6 jam menghasilkan individual desirability sebesar 0,868 untuk MR (prediksi 0,251) dan 1,000 untuk k (prediksi 0,0322 menit^{-1}), dengan Overall Desirability 0,932. Meskipun MR terendah secara aktual diperoleh pada 60°C, nilai k pada suhu tersebut belum maksimum sehingga Overall Desirability lebih rendah dibandingkan kondisi optimum terpilih.

Nilai F-value yang tinggi pada model MR, k, dan kadar air (masing-masing 83,70; 326,86; dan 185,59) menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu pengeringan memberikan pengaruh yang sangat kuat dan konsisten terhadap ketiga respons tersebut, sejalan dengan prinsip bahwa peningkatan suhu dan waktu mempercepat laju penguapan air dari bahan sehingga MR dan kadar air menurun lebih cepat, sedangkan konstanta laju pengeringan (k) meningkat.

Kadar Air

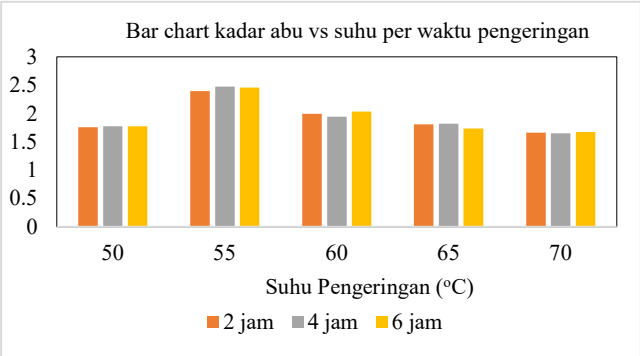


Gambar 3. Kadar air bubur instan umbi gembili-biji selasih pada berbagai perlakuan suhu dan waktu Pengeringan

Kadar air produk menurun seiring dengan meningkatnya suhu dan lama pengeringan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan waktu pengeringan mempercepat pengurangan kadar air selama proses pengeringan, sesuai dengan prinsip bahwa energi termal yang lebih besar mempercepat evaporasi air dari matriks bahan [19]. ANOVA mengkonfirmasi pengaruh sangat nyata (F=185,59; p<0,0001;

R^2=0,9904) sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Pada waktu pengeringan 6 jam, kadar air menurun dari 3,95% pada suhu 60°C menjadi 3,734% pada suhu 65°C dan 2,041% pada suhu 70°C. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan lama pengeringan meningkatkan penguapan air dari produk.

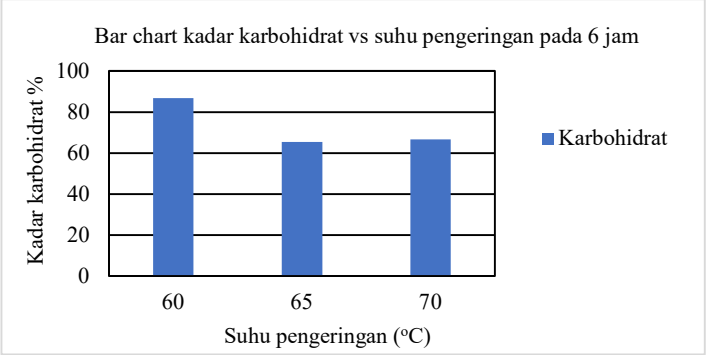
Kadar Abu



Gambar 4. Kadar abu bubur instan umbi gembili-biji selasih pada berbagai perlakuan suhu dan waktu Pengeringan

Kadar abu pada seluruh perlakuan berada dalam rentang 1,650–2,475% seperti terlihat pada Gambar 4. Tidak ditemukan pola perubahan yang konsisten terhadap variasi suhu maupun waktu pengeringan, sejalan dengan hasil ANOVA yang menunjukkan bahwa model kadar abu tidak signifikan (p = 0,1673 > 0,05) dan nilai Adequate Precision sebesar 3,69 berada di bawah nilai minimum 4,0. Dengan demikian, model RSM untuk respons kadar abu tidak layak digunakan untuk prediksi maupun optimasi, sehingga kadar abu hanya digunakan sebagai informasi deskriptif dalam penelitian ini.

Kadar Karbohidrat



Gambar 5. Kadar karbohidrat bubur instan umbi gembili-biji selasih pada berbagai perlakuan suhu dan waktu pengeringan

Kadar karbohidrat pada suhu 60°C memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu 65°C dan 70°C. Perbedaan tersebut dapat berkaitan dengan perubahan komposisi relatif bahan selama proses pengeringan. Peningkatan suhu pengeringan menyebabkan penguapan air yang lebih besar dan dapat memengaruhi konsentrasi relatif komponen karbohidrat dalam bahan, sedangkan perubahan suhu juga berpotensi menyebabkan perubahan atau degradasi sebagian komponen karbohidrat.

Kesimpulan

Variasi suhu dan waktu pengeringan metode foam-mat drying terbukti berpengaruh nyata terhadap Moisture Ratio, konstanta laju pengeringan (k), dan kadar air produk (dibuktikan melalui model RSM yang signifikan), namun tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap kadar abu. Dimana seluruh perlakuan mengikuti pola pengeringan *Falling Rate Period* yang dipresentasikan secara akurat oleh Model Page.

Kenaikan suhu dan durasi pengeringan secara signifikan menurunkan kadar air produk (R^2 = 0,9904), sedangkan kadar abu tidak menunjukkan pengaruh yang nyata dan berada pada rentang 1,650–2,475%.

Selain itu, suhu pengeringan yang lebih tinggi membentuk struktur matriks yang lebih porous sehingga mempercepat waktu rehidrasi produk menjadi 41,27–78,65 detik berkat bantuan komponen mucilage biji selasih yang hidrofilik. Struktur berpori pada produk terbentuk sebagai karakteristik khas metode *Foam-Mat Drying*, di mana busa yang terbentuk sebelum pengeringan meninggalkan rongga-rongga mikro pada matriks produk setelah air menguap, sehingga turut berkontribusi terhadap kecepatan rehidrasi. Berdasarkan optimasi Response Surface Methodology (RSM) dengan nilai Overall Desirability sebesar 0,932, kondisi pengeringan paling optimal dicapai pada kombinasi suhu 69,6°C (atau ~70°C) selama 6 jam yang menghasilkan nilai Moisture Ratio (MR) prediksi akhir 0,251, konstanta laju pengeringan (k) 0,0322 menit^{-1}, dan kadar air produk 2,041%.

Daftar Pustaka

[1] M. Fekete, A. Lehoczki, A. Kryczyk-poprawa, and V. Zábó, "Functional Foods in Modern Nutrition Science : Mechanisms , Evidence , and Public Health Implications," vol. 17, no. 2153, pp. 1–35, 2025, [Online]. Available: https://doi.org/10.3390/nu17132153

[2] D. S. Retnowati, R. Ratnawati, and A. C. Kumoro, "Nutritional Characteristics and Potential Applications of Flour Prepared from Indonesian Wild White Yam (Dioscorea esculenta L .)," *Reaktor*, vol. 19, no. 2, pp. 43–48, 2019, [Online]. Available: http://ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/

[3] M. Fera and F. Masrikhiyah, "Ekstraksi Inulin dari Umbi Gembili (Discorea Esculenta L) dengan Pelarut Etanol (Inulin Extraction From Umbi Gembili (Discorea Esculenta L) With Ethanol Solution)," *J. Pangan dan Gizi*, vol. 9, no. 02, pp. 156–161, 2019.

[4] N. Ervietasari and F. A. Larasaty, "Cookies Berbahan Umbi Gembili sebagai Inovasi Pangan," *J. Sci. Innov. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 15–22, 2021, [Online]. Available: https://ojs.udb.ac.id/SINTECH/article/view/1063/905

[5] S. Nazir and I. A. Wani, "Insights into the basil seed : Unveiling its composition and promising role in the food industry," *Food Chem. Adv.*, vol. 7, pp. 1–14, 2025, [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/focha%0AInsights

[6] A. Hakim *et al.*, "A comprehensive review on basil seeds as a source of nutrients and functional ingredients with health benefit properties," *Appl. Food Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–19, 2025, doi: 10.1016/j.afres.2025.100859.

[7] C. Hu and J. Xie, "The Effect of Multiple Freeze – Thaw Cycles on the Microstructure and Quality of Trachurus murphyi," *Foods*, vol. 10, no. 1350, pp. 1–13, 2021, [Online]. Available: https://doi.org/10.3390/foods10061350

[8] I. Hartati and M. Kusumaningrum, "Kinetika Pengeringan Busa Ampas Seduhan Teh Metana : Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna," *Metana Media Komun. Rekayasa Proses dan Teknol. Tepat Guna*, vol. 15, no. 1, pp. 25–31, 2019, doi: 10.14710/metana.v15i1.22146 Diterima.

[9] Y. Y. Ihsani, A. Widyasanti, N. Nadiah, and A. Karim, "PENERAPAN METODE PENGERINGAN BUSA (FOAM MAT DRYING) PADA PROSES PEMBUATAN SERBUK AMPAS TOMAT BEEF umum digunakan (Muchtadi et al , 1995 ; Histifarina et al , 2004). Pengeringan dilakukan," *Semin. Nas. Pariwisata dan Kewirausahaan*, vol. 3, pp. 690–698, 2024.

[10] X. Li, Y. Wang, C. Sun, J. Lv, and Y. Yang, "Comparative Study on Foaming Properties of Egg White with Yolk Fractions and Their Hydrolysates," *MPDI*, vol. 10, pp. 1–13, 2021, [Online]. Available: https://www.mdpi.com/journal/foods%0A

[11] S. S. . Gultom, H. Ambarita, M. S. Gultom, and F. H. Napitupulu, "RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN PENGERING BIJI KOPI TENAGA LISTRIK DENGAN PEMANFAATAN ENERGI SURYA," *J. Din.*, vol. 7, no. 4, pp. 11–20, 2019.

[12] D. Santoso, D. Muhidong, and Mursalim, "MODEL MATEMATIS PENGERINGAN LAPISAN TIPIS BIJI KOPI ARABIKA (Coffeae arabica) DAN BIJI KOPI ROBUSTA (Coffeae cannephora)," *J. Teknol. Pertan. Andalas*, vol. 22, no. 1, pp. 86–95, 2018.

[13] S. Bruzul, "Reassessment of Thin-Layer Drying Models for Foods : A Critical Short Communication," *Processes*, vol. 10, no. 118, pp. 1–14, 2022, doi: https://doi.org/10.3390/pr10010118.

[14] A. S. Mujumdar, S. V. Jangam, and C. L. Law, *DRYING OF FOODS, VEGETABLES AND FRUITS*. Singapore, 2010.

[15] R. G. M. Van Der Sman, M. Curatolo, and L. Teresi, "Analytical and numerical solutions of pore

formation in elastic food materials during dehydration," *Curr. Res. Food Sci.*, vol. 8, no. January, p. 100762, 2024, doi: 10.1016/j.crfs.2024.100762.

[16] H. Kidane, I. Farkas, and J. Buzás, "Characterizing agricultural product drying in solar systems using thin - layer drying models : comprehensive review," *Discov. Food*, vol. 5, no. 84, pp. 1–32, 2025, doi: 10.1007/s44187-025-00362-1.

[17] A. Kilic, "Comprehensive Evaluation of Mathematical Models Used in the Thin- - Layer Cold Dried Foods," *Food Sci. Nutr.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–17, 2025, doi: 10.1002/fsn3.70558.

[18] T. U. Nwabueze, "Review article Basic steps in adapting response surface methodology as mathematical modelling for bioprocess optimisation in the food systems," *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 45, no. 1, pp. 1768–1776, 2010, doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02256.x.

[19] M. R. Fadila, "Pengaruh Temperatur dan Lama Pengeringan pada Pembuatan Minuman Herbal Instan dari Batang Bajakah Tampala (Spatholobus littoralis Hassk) Menggunakan Metode Vakum Effect of Temperature and Drying Time on the Preparation of Instant Herbal Drinks from Baja," *AGRINTECH J. Teknol. Pangan dan Has. Pertan.*, vol. 8, no. 1, pp. 28–35, 2024, doi: https://doi.org/10.30596/agrintech.v2i2.3661.