

Pemodelan Matematis Kinetika Pengeringan Lapis Tipis Kunyit Dengan *Microwave* Pada Berbagai Level Energi

Mathematical Modeling of Thin Layer Drying Kinetics of Turmeric with Microwave at Various Energy Levels

Didik Hermanuadi¹, Dewi Ratna Dwita^{2*}, dan Mohamad Ridwan Nur Alam³,
Muhammad Alfi Wijdan⁴

¹Teknologi Rekayasa Pangan, Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

Email*) : dewird00@gmail.com

Received : 7 November 2023 | Accepted : 23 November 2023 | Published : 12 Februari 2024

Kata Kunci	ABSTRAK
Kadar air; kunyit; laju pengeringan; model matematika; pengeringan	Bahan pangan seperti kunyit segar memiliki kadar air yang relative tinggi sehingga mudah mengalami kerusakan atau pembusukan apabila tidak segera diolah. Pengeringan lapis tipis kunyit mempunyai dampak positif bagi pasar hingga konsumen karena kunyit dengan kadar air rendah memiliki daya simpan yang cukup tinggi. Kondisi pengeringan lapis tipis kunyit tersebut dapat dioptimalkan dengan mempelajari kinetika pengeringan beserta model-model matematikanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kinetika pengeringan dan menentukan model matematika pengeringan yang sesuai untuk kunyit. Kunyit di kupas bersih lalu dipotong sangat tipis menggunakan mesin <i>Slicer</i> . Lapis tipis kunyit ditimbang sebanyak ± 20 gram dan dioven menggunakan <i>Microwave</i> . Nilai <i>Moisture Ratio</i> (MR) hasil penelitian dianalisis menggunakan regresi non linier. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa level Medium dan High memiliki laju pengeringan lebih tinggi dan kadar air yang dihasilkan lebih rendah disbanding penggunaan pada level energy Low. Sedangkan model matematika yang diperoleh keakuratannya untuk mendeskripsikan karakteristik pengeringan lapis tipis kunyit pada tiap perlakuan adalah model Modifikasi Midili Kucuk pada level energy low, medium dan high, dengan nilai R^2 berturut turut sebesar 0,9994, 0,9998, 0,9997; Nilai SSE masing masing sebesar 0,0006, 0,0002, dan 0,0003; Serta MRSE sebesar 0,0070, 0,0038, dan 0,0051, yang menunjukkan bahwa model akurat dan sesuai dengan hasil percobaan.
Keywords	ABSTRACT
Water content; turmeric; drying rate; mathematical models; drying	Food products such as fresh turmeric have a relatively high moisture content, making them susceptible to spoilage if not processed promptly. Thin-layer drying of turmeric has a positive impact on both the market and consumers, as low-moisture turmeric has a relatively long shelf life. The conditions for thin-layer turmeric drying can be optimized by studying the drying kinetics and its mathematical models. This research aims to identify the drying kinetics and determine the appropriate mathematical drying

model for turmeric. The study involves peeling and thinly slicing the turmeric using a Slicer machine. The thin slices are then weighed, approximately 20 grams, and dried using a Microwave oven. The Moisture Ratio (MR) values obtained from the research are analyzed using non-linear regression. The results indicate that the Medium and High levels have higher drying rates and lower moisture content compared to the Low energy level. The accuracy of the mathematical model in describing the characteristics of thin-layer turmeric drying at each treatment level is the Modifikasi Midili Kucuk model, with R² values of 0.9994, 0.9998, and 0.9997 for the low, medium, and high energy levels, respectively. The respective SSE values are 0.0006, 0.0002, and 0.0003, and the MRSE values are 0.0070, 0.0038, and 0.0051, indicating that the model aligns with the experimental drying results, thus consuming lower energy and saving costs.

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia kunyit terkenal dengan tanaman herbal, penyedap makanan, dan pewarna makanan. Kunyit (*Curcuma domestica* Val) merupakan termasuk salah satu jenis tanaman yang dapat dikembangkan menjadi produk yang kaya akan manfaat. Seperti halnya pada industri minuman, makanan, obat – obatan, tekstil, dan kosmetik menggunakan bahan dasar kunyit. Berdasarkan data BPS Tanaman BIOFARMA (2019). Pada masa pandemi, tanaman kunyit banyak digunakan oleh masyarakat untuk menghambat penyebaran Covid-19 sehingga mengalami peningkatan yang pesat.

Manfaat kesehatan kunyit meliputi sifat antimikrob, antioksidan, antijamur, dan antiinflamasi (Suresh et al., 2007). Pada situasi tertentu, seperti pemanenan yang tidak sesuai, rimpang kunyit dapat mengalami kerusakan fisiologis yang berpotensi menurunkan nilai jualnya (Katno, 2008). Untuk meningkatkan nilai ekonomisnya, diperlukan langkah-langkah tambahan, salah satunya adalah melalui proses pengeringan, memungkinkan Produksi yang ekonomis dan berkualitas telah dibahas oleh Darmadi & Ananingsih pada tahun 2008. Penggunaan metode Standar Tahan Lama (STD) dapat memperpanjang umur simpan kunyit, meskipun perlu diingat bahwa kualitas kunyit dapat mengalami perubahan selama proses pengeringan.

Kunyit memiliki berbagai kandungan kimia, termasuk minyak atsiri sekitar 6%, yang terdiri dari senyawa monoterpen dan sesquiterpen seperti zingiberen, alfa dan beta turmeron. Selain itu, kunyit mengandung zat warna kuning yang disebut kurkuminoid sebanyak 5%, termasuk kurkumin sekitar 50-60%, monodesmetoksikurkumin, dan bidesmetoksikurkumin. Kunyit juga mengandung protein, fosfor, kalium, besi, dan vitamin C. Dari ketiga senyawa kurkuminoid tersebut, kurkumin menjadi komponen terbesar.

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan suatu model matematika untuk menggambarkan kinetika pengeringan kunyit, sehingga akan diperoleh suatu model yang paling sesuai yang menggambarkan perilaku penurunan kadar air selama proses pengeringan. Metode yang digunakan mencakup penggunaan alat pengering, seperti Oven dan *Microwave*. Pengeringan adalah suatu metode yang digunakan untuk memperpanjang masa simpan bahan pangan yang bersifat perishable. *Microwave* digunakan sebagai media pengering untuk kunyit dengan memasukkan sampel melewati radiasi gelombang mikro pada molekul air, lemak dan gula yang terdapat pada bahan pangan yang akan diserap (Saputra & Ningrum, 2010). Alat mekanis oven microwave mempunyai kelebihan yaitu lebih cepatnya proses pengeringan, sehingga energi yang konsumsi lebih rendah dan menghemat biaya.

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat pengering yang digunakan ialah mesin micro wave. Penelitian ini dilakukan dengan tiga perlakuan suhu yaitu low medium high. Adapun alat alat pendukung lainnya seperti pisau, talenan, timbangan analitik dan *Level Energi Meter* untuk mengukur tekanan watt. Selain itu, digunakan pula Mesin *Slicer* guna menghasilkan lapisan tipis pada sampel kunyit yang akan dikeringkan.

Bahan yang digunakan adalah kunyit lokal yang dibeli dipasar tradisional jember dengan berat 3 kg. Kunyit yang digunakan sebagai sampel adalah kunyit dengan kondisi yang bersih dari kulitnya. Kunyit-kunyit tersebut telah melalui proses pengirisan dengan Mesin *Slicer*.

2.2 Prosedur Kerja

Kunyit memiliki lapisan kulit yang tergolong sangat tipis sehingga dalam pengeringan ini dilakukan pengupasan kulit kunyit hingga bersih secara manual menggunakan pisau dapur. Proses pemotongan kunyit menggunakan mesin *Slicer* sampai terpotong rapih kecil-kecil dan tipis. Setelah kunyit terbentuk lapisan tipis selanjutnya ditimbang sebanyak ± 20 gram pada masing masing perlakuan. Kunyit di susun dengan rapih diatas piring lalu dimasukan kedalam *Microwave* dengan perlakuan beda suhu yang pertama *Low*, *Medium*, dan *High* selama 1 menit pada masing masing perlakuan hingga didapatkan nilai massa sampel yang stabil. Pengeringan dapat dihentikan apabila massa sampel kunyit tidak lagi mengalami penurunan (konstan). Selain itu, diperhatikan pula nilai kebutuhan energi yang terbaca pada *Level Energi Meter* untuk diketahui energi yang diperlukan untuk setiap pengeringan. Selanjutnya dapat dilakukan analisis data dengan pemodelan matematika kinetika pengeringan meliputi kadar air, laju pengeringan, Moisture Rate dan penentuan model kinetika pengeringan yang tepat.

2.3 Analisis Pengamatan Data

2.3.1 Kadar Air

Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode AOAC. Kadar air sampel dihitung berdasarkan basis kering dengan pendekatan Persamaan 1 (Fudholi, *et al.*, 2012)

$$M = \frac{w(t)-d}{d} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

M = kadar air basis kering (%)

d = massa kering bahan (g)

w(t) = massa bahan saat t (g).

2.3.2 Laju Pengeringan

Laju pengeringan atau DR (% db/jam) ialah menggambarkan variasi penurunan kadar air sampel selama proses pengeringan terhadap waktu. Laju pengeringan dihitung dengan Persamaan 2 (Darvishi, *et al.*, 2014).

$$DR = \frac{M_t - M_{t+dt}}{dt} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

M_t = kadar air basis kering saat t (%)
 $M_t + d_t$ = kadar air basis kering saat $t + d_t$ (%)
 d_t = waktu pengeringan $t_t + 1 - t_t$ (jam)

2.3.3 Moisture Ratio

Moisture ratio (MR) adalah perbandingan antara jumlah air pada suatu waktu dengan jumlah air awal pada bahan tersebut. Moisture ratio kunyit selama proses pengeringan lapis tipis dihitung dengan persamaan 3 (Fithriani *et al.*, 2016)

$$MR = \frac{M_t - M_g}{M_0 - M_e} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

M_t = kadar air pada waktu t (%)
 M_0 = kadar air awal (%)
 M_e = kadar air kesetimbangan (%)

2.3.4 Model Matematika

Pengeringan kunyit dilakukan dengan tiga perlakuan tekanan suhu low medium high yang dapat diketahui melalui model matematika pengeringan lapis tipis. Penelitian ini dilakukan pengujian dengan berbagai model matematika pengeringan lapis tipis. Pada Tabel 1 merupakan model terbaik untuk menentukan hasil kadar air. Analisis regresi non linier dilakukan menggunakan *Microsoft Excel Spreadsheet*. Selanjutnya, akan dihasilkan konstanta pengeringan a , b , c , g , h , k , k_1 , k_2 , dan n . Nilai konstanta hasil pemodelan tersebut digunakan untuk menghitung nilai MR (Fithriani, *et al.*, 2016).

Analisis keakuratan model dalam pengeringan kunyit digunakan untuk melakukan persamaan model yang paling sesuai dengan nilai hasil penelitian atau percobaan. Indikator keakuratan yang digunakan adalah koefisien determinasi (R^2), sum of squared error (SSE), dan root mean square error (RMSE).

Nilai SSE dan RMSE digunakan sebagai indikator untuk menentukan tingkat penyimpangan nilai antara prediksi model dan hasil percobaan. Pada nilai indikator (R^2) menunjukkan kriteria perbandingan dalam menentukan tingkat akurasi model.

Nilai R^2 , RMSE, serta SSE dihitung dengan Persamaan 4,5 dan 6 (Yang *et al.*, 2018; Tezcan *et al.*, 2020). Sebagai berikut :

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{pre,i}) \sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{exp,i})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{pre,i})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{exp,i})^2 \right]}} \dots \dots (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{N}} \dots \dots \dots (6)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

$MR_{pre,i}$ = rasio kelembaban yang di prediksi
 $MR_{exp,i}$ = rasio kelembaban eksperimental
n = Jumlah konstanta
N = Jumlah pengamatan

Tabel 1. Model Matematika Kinetika Pengeringan

Model	Equation	Reference
Henderson-Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	Fithriani, <i>et al.</i> , 2016
Modified Page	$MR = \exp(-(kt)^n)$	Hawa, <i>et al.</i> , 2019
Modified Midilli-Kucuk	$MR = a \exp(-kt^n) + b$	Hadibi, <i>et al.</i> , 2021
Lewis	$MR = \exp(-kt)$	Yosika, <i>et al.</i> , 2020
Wang and Sungh	$MR = 1 + at + bt^2$	Akpinar, 2010
Fick's	$MR = a.e^{(-c(t/L^2))}$	Irfan, 2021

Keterangan :

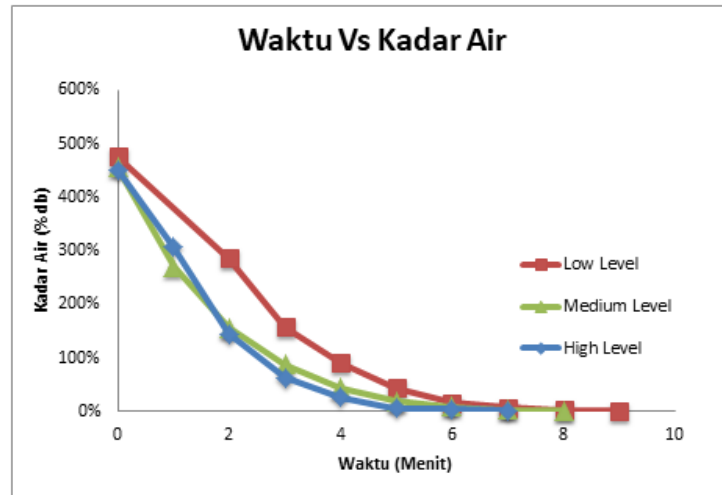
a, b, c, g, h, k, k₁, k₂, n = Konstanta dari masing-masing model
MR = Moisture Ratio
t = Waktu Pengeringan (h)

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kinetika Pengeringan Kunyit

Kunyit segar memiliki kadar air awal yang cukup tinggi yaitu sebesar 477% pada basis kering atau 82,66% pada basis basah. Kadar air awal mengindikasikan bahwa kunyit yang belum mengalami pengolahan ataupun pemrosesan baik secara fisika maupun kimiawi, memiliki kadar air yang tinggi. Menurut Purbasari (2021), kunyit segar memiliki kadar air yang cukup tinggi yaitu sebesar 80% sampai dengan 82,5%. Dikarenakan kadar airnya yang tinggi, kunyit mudah mengalami kerusakan atau pembusukan. Sehingga untuk meminimalisir kerusakan dan peningkatan pemanfaatan kunyit segar dapat dilakukan pengolahan kunyit dengan cara dikeringkan.

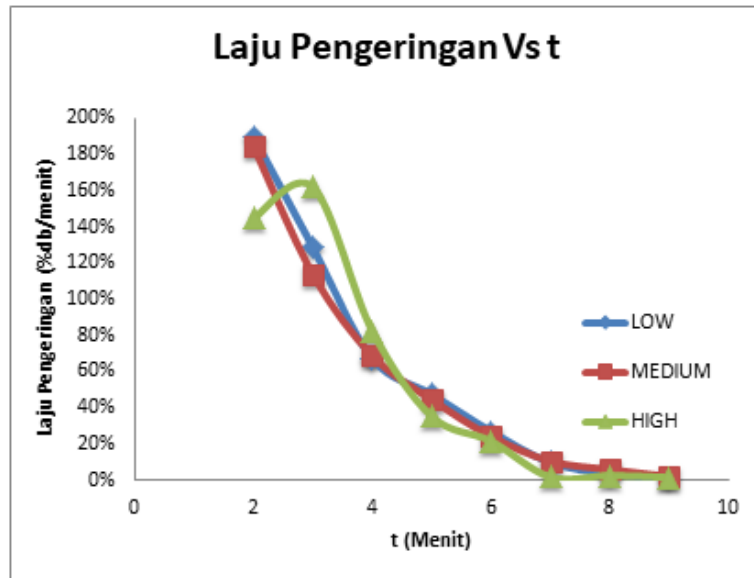
Pada waktu pengeringan, akan terjadi penurunan kadar air. Pada penelitian menunjukkan adanya penurunan yang tidak terlalu jauh berbeda diantara ketiga perlakuan. Pada perlakuan level Low, kadar air menurun secara signifikan setiap menitnya dimana penurunan kadar air terus berjalan namun relative kecil, kemudian mengalami titik kesetimbangan pada waktu menit ke 7. Begitupun pada perlakuan level Medium mencapai titik kesetimbangan pada menit ke 7. Perlakuan level High, mencapai titik kesetimbangan lebih cepat dibandingkan dengan level lainnya yaitu pada menit ke 6, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.



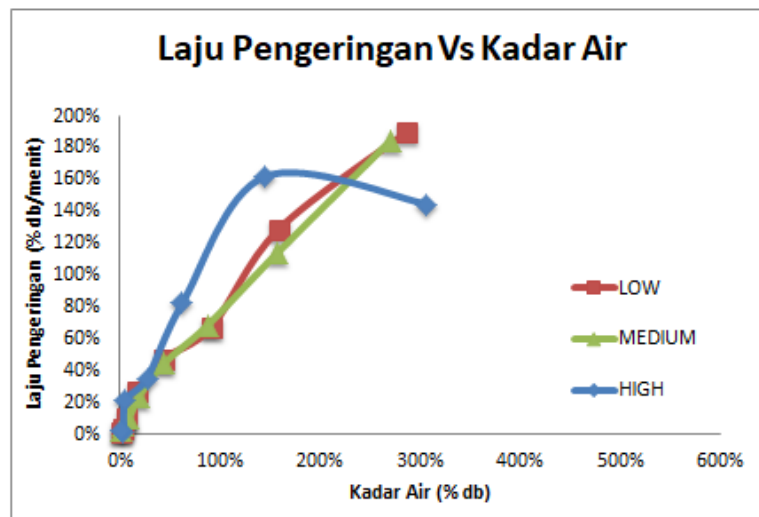
Gambar 1. Perubahan kadar air lapis tipis kunyit terhadap waktu pengeringan

Berdasarkan grafik kadar air (% db) terhadap waktu menunjukkan pola yang sama, dimana penurunan kadar air terjadi cukup besar di setiap menit-menit awal. Penurunan kadar air yang cukup besar pada awal proses pengeringan terjadi karena adanya perbedaan antara kadar air permukaan bahan dan kadar air di dalam bahan. Pada awal proses pengeringan, air di permukaan bahan akan menguap dengan cepat karena memiliki akses langsung ke udara pengering. Hal ini menyebabkan penurunan kadar air yang signifikan pada menit-menit awal pengeringan. Seiring berjalannya waktu, penurunan kadar air akan melambat karena air di dalam bahan perlu berdifusi ke permukaan terlebih dahulu sebelum menguap (Ginting, 2019). Apabila dibandingkan antar ketiga perlakuan, High dan Medium merupakan yang paling rendah karena dapat mencapai basis kering 1%. Sedangkan pada Level Low dapat mencapai 2% basis kering.

Dari hasil ini, diketahui bahwa pada level High dan Medium lebih cepat menurunkan kadar air namun tidak jauh berbeda dengan level Low. High dan Medium lebih cepat dalam meningkatkan permeabilitas dinding sel yang dapat menyebabkan air lebih mudah bergerak ke permukaan dan menguap (Orikasa, *et al.*, 2018). Berdasarkan hasil ini juga dapat dibandingkan dengan hasil yang dinyatakan dalam penelitian (Irfan & Nunik, 2021), bahwa pengeringan dengan level yang lebih tinggi berdampak pada kecepatan penurunan kadar air bahan selama proses pengeringan berlangsung. Dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Laju pengeringan lapis tipis kunyit terhadap waktu



Gambar 3. Laju pengeringan lapis tipis kunyit terhadap kadar air

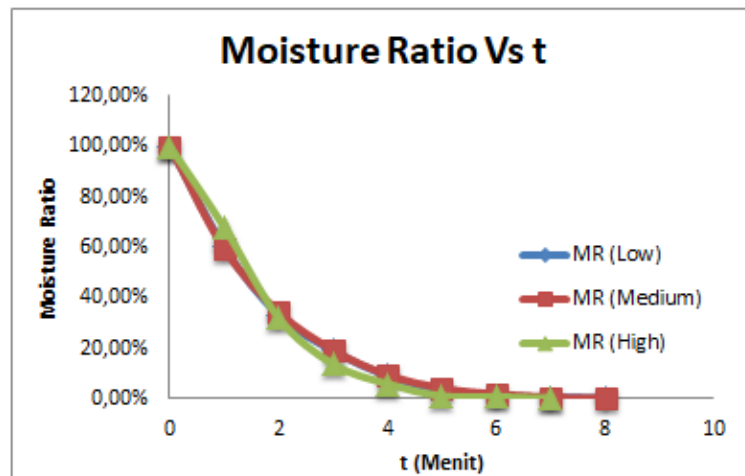
Berdasarkan Gambar 2, mengindikasikan bahwa pada semakin lama waktu yang digunakan maka laju pengeringan akan semakin kecil. Pola laju pengeringan pada Low dan Medium ditunjukkan memiliki bentuk pola yang hampir sama. Namun, pada pola High, laju pengeringan awalnya 145% db/menit kemudian mengalami kenaikan laju menjadi 162% db/menit dan setelahnya mengalami penurunan yang signifikan hingga 1% db/menit. Suhu udara pengeringan yang tinggi pada level high dapat meningkatkan laju penguapan air dari permukaan bahan secara signifikan, sehingga mengakibatkan peningkatan laju pengeringan awal. Pada suhu yang tinggi, perbedaan antara kadar air permukaan bahan dan kadar air di dalam bahan menjadi lebih besar, sehingga air di dalam bahan berdifusi ke permukaan dengan cepat untuk menguap. Namun, setelah peningkatan awal ini, penurunan laju pengeringan yang signifikan kemungkinan disebabkan oleh berkurangnya ketersediaan air di dalam bahan, sehingga proses difusi air ke permukaan menjadi lebih lambat, mengakibatkan penurunan laju pengeringan (Hasbullah, 2016).

Pada dasarnya pada semua perlakuan mengalami laju pengeringan yang awalnya tinggi kemudian akan tetap menurun sejalan dengan waktu pengeringan. Penurunan laju pengeringan merupakan karakteristik khas dari pengeringan bahan pangan. Fenomena penurunan laju pengeringan disebabkan oleh lambatnya difusi air terikat ke permukaan bahan, yang membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan air bebas, dikenal sebagai laju pengeringan menurun. Hal ini terkait dengan Fick's Second Law of Diffusion, yang menjelaskan tentang laju difusi zat terlarut dalam suatu medium. Pada awal proses pengeringan, air bebas cenderung lebih mudah untuk menguap, sehingga terjadi penurunan kadar air dengan cepat. Namun, seiring berjalannya waktu, air terikat di dalam bahan perlu waktu lebih lama untuk berdifusi ke permukaan bahan sebelum menguap, sehingga menyebabkan penurunan laju pengeringan. Faktor-faktor seperti suhu udara pengeringan, perbedaan kadar air permukaan bahan dan kadar air di dalam bahan, serta sifat bahan itu sendiri memengaruhi pola laju pengeringan ini (Mukmin, dkk., 2021).

Laju pengeringan lapis tipis kunyit baik terhadap waktu maupun terhadap kadar air terlihat sangat berfluktuasi seperti pada tampilan Gambar 2 dan 3. Pada awal proses pengeringan, terjadi penurunan kadar air yang tajam pada menit-menit awal pengeringan, namun kemudian laju pengeringan cenderung melambat dan fluktuatif. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti suhu udara pengeringan, perbedaan kadar air permukaan bahan dan kadar air di dalam bahan, serta sifat bahan itu sendiri. Suhu udara pengeringan memainkan peran kunci dalam laju pengeringan. Pada suhu yang tinggi, penguapan air dari bahan akan lebih banyak dan cepat, menyebabkan penurunan kadar air yang signifikan pada awal proses pengeringan. Suhu yang tinggi juga dapat mempengaruhi perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan, sehingga akan semakin banyak air yang teruapkan dan kecepatan pengeringan semakin tinggi. Perbedaan antara kadar air permukaan bahan dan kadar air di dalam bahan memengaruhi laju pengeringan. Pada awal proses pengeringan, air bebas cenderung lebih mudah untuk menguap, sehingga terjadi penurunan kadar air dengan cepat. Namun, seiring berjalannya waktu, air terikat di dalam bahan perlu waktu lebih lama untuk berdifusi ke permukaan bahan sebelum menguap, sehingga menyebabkan penurunan laju pengeringan (Setyoprato, 2012).

3.2 Evaluasi Model Pengeringan

Dalam penelitian ini, digunakan 6 model matematika kinetika pengeringan lapis tipis kunyit yang dipilih untuk simulasi karakteristik pengeringan lapis tipis kunyit dengan beda perlakuan suhu, seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Simulasi dilakukan menggunakan data kadar air untuk menentukan nilai (MR) lalu kemudian dilakukan evaluasi dengan pemodelan matematika yang dapat dipilih. Setelah didapatkan nilai MR, *Korelasi* antara MR terhadap waktu pengeringan dapat dilihat pada Gambar 4. Hal ini menunjukkan karakteristik pengeringan lapis tipis kunyit dan juga menginterpretasikan faktor-faktor yang mempengaruhi laju pengeringan.



Gambar 3. Moisture Ratio lapis tipis kunyit terhadap waktu

Tabel 2. Konstanta model kurva pengeringan lapis tipis kunyit pada tiap perlakuan

Model	Level	Konstanta	R^2	SSE	RMSE
Midili - Mod	Low	$a = 1,00; b = 0,00;$ $k = 0,16; n = 1,70$	0,9994	0,0006	0,0070
	Medium	$a = 1,00; b = 0,00;$ $k = 0,51; n = 1,07$	0,9998	0,0002	0,0038
	High	$a = 1,00; b = 0,00;$ $k = 0,40; n = 1,48$	0,9997	0,0003	0,0051
Mod - Page	Low	$k = 0,34; n = 1,68$	0,9993	0,0007	0,0070
	Medium	$k = 0,54; n = 1,10$	0,9997	0,0004	0,0054
	High	$k = 0,53; n = 1,47$	0,9996	0,0004	0,0549
Henderson Pabis	Low	$k = 0,40; n = 1,04$	0,9722	0,3040	0,0480
	Medium	$k = 0,56; n = 1,01$	0,9988	0,0016	0,0110
	High	$k = 1,04; n = 0,59$	0,9843	0,0176	0,0368
Lewis	Low	$k = 0,39$	0,9743	0,0322	0,0500
	Medium	$k = 0,55$	0,9990	0,0017	0,0114
	High	$k = 0,57$	0,9857	0,0195	0,0388
Fick's	Low	$a = 1,04; b = 0,57;$ $L_2 = 1,44$	0,9722	0,3040	0,0480
	Medium	$a = 1,01; b = 0,67;$ $L_2 = 1,20$	0,9988	0,0016	0,0110
	High	$a = 1,04; b = 0,69;$ $L_2 = 1,17$	0,9843	0,0176	0,0368
Wang and Singh	Low	$a = 0,27; b = 0,02$	0,9931	0,0066	0,0230
	Medium	$a = 0,35; b = 0,03$	0,9787	0,0270	0,0455
	High	$a = 0,35; b = 0,03$	0,9892	0,0107	0,0286

Berdasarkan dari evaluasi model matematika yang dilakukan dengan analisis regresi non linier, diperoleh nilai-nilai konstanta dari setiap model matemati yang digunakan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2. Dari keenam model matematika yang disimulasikan, model Modifikasi Midili K. merupakan model matematika dengan nilai R^2 tertinggi dan SSE serta RMSE terendah untuk masing-masing perlakuan level. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa dari seluruh model yang telah diuji, model Midili K. menunjukkan tingkat keakuratan yang paling tinggi untuk mendeskripsikan karakteristik pengeringan lapis tipis kunyit. R^2 mengukur seberapa baik model cocok dengan data aktual. Nilai R^2 berkisar antara 0 hingga 1, di mana semakin mendekati 1 menunjukkan tingkat kecocokan yang lebih baik. Dalam konteks ini, nilai R^2 tertinggi dari model Modifikasi Midili K. menunjukkan bahwa model tersebut mampu menjelaskan variasi dalam data pengeringan lapis tipis kunyit dengan baik. SSE mengukur jumlah kesalahan kuadrat antara nilai prediksi dan nilai aktual. Nilai SSE yang rendah menunjukkan tingkat kesesuaian yang baik antara model dan data aktual. Sedangkan, RMSE mengukur rata-rata kesalahan antara nilai prediksi dan nilai aktual. Semakin rendah nilai RMSE, semakin baik model dalam memprediksi data. Dalam konteks ini, nilai RMSE terendah dari model Modifikasi Midili K. menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi antara hasil prediksi model dan data actual (Setyoprato, 2012)

Keakuratan model ini juga terkait dengan kemampuannya untuk menggambarkan pola penurunan kadar air dengan baik, serta kemampuannya untuk memprediksi profil kurva pengeringan dengan tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap data eksperimental. Oleh karena itu, model ini dapat diandalkan dalam memprediksi jumlah air yang terkandung dalam bahan pada berbagai waktu pengeringan, serta mengendalikan proses pengeringan sesuai dengan hasil dan target yang diharapkan. Selain lapis tipis kunyit, beberapa penelitian terdahulu lainnya diketahui bahwa model matematika yang paling akurat pada model Modifikasi Midili K. juga sesuai pada sampel atau bahan pangan lainnya. Beberapa bahan pangan yang karakteristik pengeringannya dapat diprediksi lebih akurat dengan Modifikasi Midili K. antara lain pada cabai merah (Irfan & Nunik, 2021), talas (Hawa, *et al.*, 2019), Umbi iles-iles (Mukmin, dkk., 2021) dan masih banyak lagi lainnya.

4 KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa penggunaan level Medium dan High memiliki laju pengeringan lebih tinggi dan kadar air yang dihasilkan lebih rendah dibanding penggunaan pada level energy Low. Sedangkan model matematika yang diperoleh keakuratannya untuk mendeskripsikan karakteristik pengeringan lapis tipis kunyit pada tiap perlakuan adalah model Modifikasi Midili K. pada level energy low, medium dan high, dengan nilai R^2 berturut turut sebesar 0,9994, 0,9998, 0,9997; Nilai SSE masing masing sebesar 0,0006, 0,0002, dan 0,0003; Serta MRSE sebesar 0,0070, 0,0038, dan 0,0051, yang menunjukkan bahwa model akurat dan sesuai dengan hasil percobaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Jember atas fasilitas yang diberikan. Selain itu, ucapan terima kasih juga kami aturkan kepada Bpk. Ir. Didiek Hermanuadi., M.T., yang telah membimbing kami dalam pembuatan artikel ini dalam skema National Conference on Inovative Agriculture (NaCIA) Polije 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpinar, E. K. (2010). Drying Of Mint Leaves In A Solar Dryer And Under Open Sun: Modelling, Performance Analyses. *Energy Conversion Management*, 51, 2407–2418
- Ananingsih, Victoria, K., Arsanti, G., Nugraedi, Robertus P, B. (2017). Pengaruh Pra Perlakuan Terhadap Kualitas Kunyit Yang Dikeringkan Dengan Menggunakan *Solar Tunnel Dryer*. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (Jipi)*. Vol 22 (2) :79-86
- Darvishi, H., Asl, A. R., Asghari, A., Azadbakht, M., Najafi, G., & Khodaei, J. (2014). Study Of The Drying Kinetics Of Pepper. *Journal Of The Saudi Society Of Agricultural Sciences*, 13(2), 130–138. <https://doi.org/10.1016/J.Jssas.2013.03.002>
- Fithriani, D., Assadad, L., & Arifin, Z. (2016). Karakteristik Dan Model Matematika Kurva Pengerian Rumput Laut *Euclima Cottonii*. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 11(2), 159. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v11i2.290>
- Fudholi, A., Ruslan, M., & Haw, L. (2012). Mathematical Modeling Of Brown Seaweed Drying Curves. In *Proceedings Of The Wseas International Conference On Applied Mathematics In Electrical And Computer Engineering*, 207–211. Retrieved From <http://www.wseas.us/elibrary/conferences/2012/Cambridgeusa/mathcc/mathcc-32.pdf>
- Ginting, M. (2019) Penentuan Laju Penurunan Kadar Air Rengginang Ubi Dengan Menggunakan Kolektor Plat Datar Berenergi Biomassa Limbah Kayu Akasia. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 12(11), 714-719.
- Hasbullah, R., & Muhandri, T. (2016). Respon Suhu Pada Laju Pengerian Dan Mutu Manisan Mangga Kering (*Mangifera Indica L.*). *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 4(1).
- Hawa, L. C., Ubaidillah, U., & Wibisono, Y. (2019). Proper Model Of Thin Layer Drying Curve For Taro (*Colocasia Esculenta L. Schott*) Chips. *International Food Research Journal*, 26(1), 209–216.
- Irfan, A. M., & Nunik, L. (2021). Pemodelan Matematis Kinetika Pengerian Cabai Merah Dengan Perlakuan Blansing Suhu Rendah. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 10(1), 98-115.
- Irfan, Andi, Muhammad., Lestari, Nunik. Pemodelan Matematis Kinetika Pengerian Cabai Merah Dengan Perlakuan Blansing Suhu Rendah. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*. 10(1). 98-115. Issn 2301 -8119.
- Mukmin, M., Muhidong, J., & Azis, A. (2021). The Evaluasi Kinerja Model Page Pada Pengerian Lapisan Tipis Umbi Iles-Iles. *Jurnal Agritechno*, 18-25.
- Orikasa, T., Ono, N., Watanabe, T., Ando, Y., Shiina, T., & Koide, S. (2018). Impact Of Blanching Pretreatment On The Drying Rate And Energy Consumption During Far-Infrared Drying Of Paprika (*Capsicum Annuum L.*). *Food Quality And Safety*, 2(2), 97–103. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy006>
- Purbasari, D., & Putri, D. P. (2021). Mutu Fisik Bubuk Kunyit (*Curcuma Longa Linn*) Hasil Metode *Foam-Mat Drying* Menggunakan *Oven Microwave Physical Quality Of Turmeric Powder (Curcuma Longa Linn) Result Of Foam-Mat Drying Method Using Microwave*. *Jurnal Agritechno*, 14(02).

- Purbasari, Dian., Pujiana, Lisa. (2022). Karakteristik Fisik Bubuk Kunyit (*Curcuma Domestica Val*) Hasil Pengeringan Oven Konveksi. Jurnal Agroteknologi Vol. 16. No. 1
- Purbasari, Dian., Putri, D, P. 2021. Mutu Fisik Bubuk Kunyit (*Curcuma Longga Linn*) Hasil Metode Foam – Mat Drying Menggunakan Oven Microwave. Jurnal Agritechno. Vol. 14. No. 02. Issn 1979 – 7362.
- Setyoprato, P. (2012). Model Matematik Pengeringan Lapis Tipis Wortel. Berkala Ilmiah Teknik Kimia, 1(1), 21-27.
- Tezcan, D., Sabancı, S., Cevik, M., Cokgezme, O. F., & Icier, F. (2020). Infrared Drying Of Dill Leaves: Drying Characteristics, Temperature Distributions, Performance Analyses And Colour Changes. Food Science And Technology International, 27(1), 32– 45. <https://doi.org/10.1177/1082013220929142>
- Yang, L., Hu, Z., Xie, S., & Yang, M. (2018). Hot-Air Drying Characteristics And Quality Evaluation Of Bitter Melon Slice. Inmateh - Agricultural Engineering, 55(2), 53–62.
- Yosika, N. I. W., Hawa, L. C., & Hendrawan, Y. (2020). Characteristics And Drying Rate Of Cabya (*Piper Retrofractum Vahl.*) With Natural Drying Method (*Open Sun Drying*). Jurnal Teknologi Pertanian, 21(3), 165–174.
- Zakaria, M., Hendrawan Y., Djojo G. (2017) Pemodelan Pengeringan Kunyit (*Curcuma Domestica Val*) Berbasis *Machine Vision* Dengan Menggunakan *Artifical Neural Network*. Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 18 No. 1.