

Pengaruh Waktu Penggilingan dan Teknik Pemasakan terhadap Kinetika Pengeringan Daging Giling

The Effect of Grinding Time and Cooking Technique on The Drying Kinetics of Ground Beef

Lia Ratnawati, Novita Indrianti, Mirwan Ardiansyah Karim, Nok Afifah, dan Achmat Sarifudin

Pusat Riset Teknologi Tepat Guna – Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Jl. KS. Tubun No. 5 Subang Jawa Barat 41213
E-mail: lia.romeo@gmail.com

Diterima: 11 Mei 2021

Revisi: 24 Agustus 2021

Disetujui: 29 Maret 2022

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk: (i) mengevaluasi pengaruh waktu penggilingan dan teknik pemasakan (kukus, presto dan sangrai) terhadap kinetika pengeringan daging sapi giling; dan (ii) membandingkan rasio kelembaban atau *moisture ratio* (MR) dari teknik pemasakan (kukus, presto dan sangrai) dengan MR yang dihitung menggunakan persamaan kinetika pengeringan untuk memperoleh model kinetika yang paling sesuai. Daging segar (kadar air 77,75 persen (basis basah) melewati proses penggilingan, pemasakan dan pengeringan, sehingga diperoleh daging giling kering (kadar air <10 persen). Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan parameter waktu penggilingan (1, 3 atau 5 menit) dan teknik pemasakan (kukus, presto dan sangrai). Pengeringan dilakukan menggunakan pengering kabinet suhu 60°C selama 3 jam dan setiap 30 menit dianalisa kadar air dan aktivitas air (Aw). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggilingan daging selama 5 menit dengan teknik pemasakan kukus merupakan waktu terbaik untuk mempercepat proses pengeringan. Model matematika yang mewakili kinetika pengeringan daging yaitu model Page yang mempunyai nilai $k = 0,529\text{--}1,178$ dan $n = 1,332\text{--}2,088$ spesifik untuk masing-masing variabel, dengan R^2 sebesar 0,974–0,992 dan RMSE sebesar 0,021–0,053. Pada proses pengeringan daging giling ini terjadi penurunan nilai aktivitas air (Aw) dari kondisi segar sebesar 0,94–0,97 menjadi 0,11–0,29 pada kondisi kering.

kata kunci: aktivitas air, daging giling, kinetika pengeringan, teknik pemasakan, waktu penggilingan

ABSTRACT

This study aimed to: (i) evaluate the effect of grinding time and cooking techniques (steamed, pressure cooker, and roasted) on the drying kinetics of ground beef; (ii) compare the moisture ratio (MR) of the cooking techniques (steamed, pressure cooker and roasted) with the MR calculated using the drying kinetic equation to obtain the most suitable kinetic model. Fresh meat with a moisture content of 77.75 percent (wet basis) went through the process of grinding, cooking and drying, so that dry ground beef was obtained (moisture content <10 percent). The study used an experimental method with milling time parameters (1, 3 or 5 minutes) and cooking techniques (steamed, pressure cooker and roasted). Drying was carried out using a cabinet dryer at 60°C for 3 hours. Every 30 minutes moisture content and water activity (Aw) were analyzed. The results showed that grinding meat for 5 minutes with the steam cooking technique was the best time to speed up drying process. The mathematical model representing the drying kinetics of meat is the Page model, which has a value of $k = 0.529\text{--}1.178$ and $n = 1.332\text{--}2.088$ specific for each variable, with R^2 of 0.974–0.992 RMSE of 0.021–0.053. In the process of drying ground beef, there was a decrease in the value of water activity (Aw) from fresh conditions of 0.94–0.97 to 0.11–0.29 in dry conditions.

keywords: cooking technique, drying kinetic, grinding time, ground beef, water activity

I. PENDAHULUAN

Daging sapi merupakan pangan sumber utama protein karena kandungan asam aminonya (Cabrera dan Saadoun, 2014). Daging sapi mentah segar mengandung kadar air sekitar

70–75 persen dengan nilai aktivitas air (Aw) sekitar 0,99 yang menyebabkan daging sangat sensitif terhadap pembusukan yang disebabkan oleh mikroorganisme (Speckhahn, dkk., 2009; Li, dkk., 2018). Pengeringan adalah suatu proses

penguapan air dari bahan basah dengan media pengering melalui introduksi panas. Selain itu, proses ini digunakan untuk memurnikan produk, mengawetkan, serta menghemat biaya transportasi (Djaeni, dkk., 2015). Pengurangan kadar air dalam daging melalui pengeringan akan menurunkan aktivitas airnya sehingga dapat memperpanjang umur simpannya (Mishra, dkk., 2017). Daging kering yang telah dipotong atau digiling banyak digunakan industri makanan sebagai *ingredient* pada berbagai formula produk instan, seperti produk pasta, mi, bubur, dan sup untuk meningkatkan nilai gizi dan sensori produk tersebut (Laopoolkit dan Suwannaporn, 2011; Aykın dan Erbas, 2016).

Penurunan aktivitas air (Aw) karena pengeringan dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Aktivitas air disebabkan adanya metabolisme mikroorganisme yang umumnya diikuti pelepasan air sehingga mengakibatkan naiknya Aw pada bahan pangan (Aksoy, dkk., 2019). Persyaratan minimal Aw bagi mikroba dapat hidup untuk bakteri adalah 0,9, khamir 0,80–0,90 dan kapang 0,60–0,70. Produk pangan yang dikeringkan biasanya memiliki Aw di bawah 0,7 (Lewicki, 2004).

Pengeringan daging menggunakan sinar matahari masih banyak dilakukan. Tetapi proses ini memakan waktu dan memungkinkan daging terkontaminasi dari udara. Pengeringan oven adalah cara yang lebih baik dan lebih cepat dibandingkan pengeringan dengan sinar matahari. Perlakuan daging sebelum pengeringan seperti pencincangan, pemasakan, pembekuan dan *thawing* membantu mengurangi resistensi internal terhadap perpindahan massa (Mishra, 2012). Pemasakan menyebabkan denaturasi protein yang mengakibatkan pergerakan air lebih mudah dan kehilangan air yang besar dari *hydration shells* (Mishra, 2012). Fitriani, dkk. (2013) melaporkan bahwa makin lama waktu penggilingan daging menghasilkan partikel yang lebih halus yang memperbesar luas permukaan partikel.

Dalam praktiknya, pengeringan makanan merupakan proses yang kompleks, dan model yang efektif diperlukan untuk mendesain, optimalisasi, integrasi energi, dan mengontrol proses pengeringan. Persamaan pengeringan lapisan tipis adalah alat penting dalam pemodelan

matematika pengeringan makanan (Erbay dan Icier, 2010). Beberapa model telah diajukan untuk menganalisis dan mensimulasikan proses pengeringan produk pangan di antaranya model Newton (Lewis), Page, Henderson-Pabis, Logarithmic, Two Term, Wang and Singh, Thomson, dan beberapa model yang dimodifikasi dari model sebelumnya (Erbay dan Icier, 2010; Ertekin dan Firat, 2017).

Beberapa penelitian pemodelan pengeringan daging dan olahannya telah dilakukan oleh beberapa peneliti di antaranya pengeringan irisan daging dalam *solar tunnel dryer* (Mewa, dkk., 2019), pengeringan daging ikan, ayam, dan sapi menggunakan gelombang mikro (Kipcak dan Ismail, 2020), dan pengeringan daging sapi yang diasinkan menggunakan pengering inframerah (Muga, dkk., 2021). Penelitian-penelitian tersebut mengamati pengaruh suhu dan kecepatan udara panas, daya yang digunakan, dan tipe alat pengering. Bagaimanapun, penelitian eksperimental tentang pengaruh perlakuan awal terhadap kinetika pengeringan daging sapi giling tampaknya belum dipelajari dalam literatur. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan : (i) mengevaluasi pengaruh waktu penggilingan dan teknik pemasakan (kukus, presto dan sangrai) terhadap kinetika pengeringan daging sapi giling; (ii) membandingkan rasio kelembaban atau *moisture ratio* (MR) dari teknik pemasakan (kukus, presto dan sangrai) dengan MR yang dihitung menggunakan persamaan kinetika pengeringan untuk memperoleh model kinetika yang paling sesuai.

II. METODOLOGI

2.1. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa daging sapi gandik yang diperoleh dari pasar tradisional. Peralatan yang digunakan di antaranya mesin penggiling daging (Qianjiahui model QJH-C 22A), oven kabinet (Memmert UFB-500), dan peralatan dapur seperti panci pengukus, panci presto, wajan anti lengket dan kompor.

2.2. Prosedur Penelitian

Daging sapi dipotong-potong kemudian dicuci bersih dan digiling menggunakan mesin penggiling daging (Qianjiahui model QJH-C 22A)

sesuai perlakuan waktu penggilingan. Sebanyak 1 kg daging giling selanjutnya dimasak sesuai perlakuan teknik pemasakan. Daging giling dibekukan dalam *freezer* bersuhu -17°C selama 24 jam. Daging giling beku dilakukan *thawing* atau penyegaran kembali dengan cara direndam dalam baskom berisi air dan dibiarkan sampai daging giling sudah tidak beku. Selanjutnya daging giling dikeringkan dalam oven kabinet (Memmert UFB-500) bersuhu 60°C selama 3 jam. Setiap 30 menit dianalisis kadar air dan nilai aktivitas airnya (Aw).

Analisis kadar air mengacu pada SNI 01-2891-1992: cara uji makanan dan minuman (BSN, 1992) menggunakan oven (Memmert UM500). Aktivitas air (Aw) diukur menggunakan *Smart Water Activity Meter* model No. HD-3A. Sebanyak 10g sampel ditempatkan dalam cawan dan diukur nilai Aw -nya selama 10 menit.

Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial 3×3 , yaitu waktu penggilingan (1 menit, 3 menit, dan 5 menit) dan teknik pemasakan (pengukusan selama 45 menit, penyangraian selama 10 menit, dan pemasakan dalam panci presto selama 10 menit). Setiap perlakuan diulang 3 kali. Kode perlakuan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kode Perlakuan, Waktu Penggilingan dan Teknik Pemasakan

Kode	Waktu penggilingan (menit)	Teknik Pemasakan
TK1	1	Kukus
TK3	3	Kukus
TK5	5	Kukus
TP1	1	Presto
TP3	3	Presto
TP5	5	Presto
TS1	1	Sangrai
TS3	3	Sangrai
TS5	5	Sangrai

2.3. Kinetika Pengeringan

Beberapa model pengeringan lapisan tipis telah diajukan untuk menentukan hubungan *moisture ratio* sebagai fungsi waktu. Dalam penelitian ini digunakan model semi empiris yaitu model Newton (persamaan 1), model

Henderson-Pabis (persamaan 2), model Page (persamaan 3), dan model *logarithmic* (persamaan 4), sedangkan model empiris yang digunakan yaitu model Wang and Singh (persamaan 5) dan model Thompson (persamaan 6) (Erbay dan Icier, 2010).

$$MR = \exp(-kt) \dots \quad (1)$$

$$MR = \exp(-kt^n) \quad (3)$$

$$MR = a \exp(-kt) \quad (4)$$

$$MR = 1 + at + bt^2 \quad (5)$$

$$t = a \ln(MR) + b (\ln(MR))^2 \quad (6)$$

Keterangan:

k = konstanta pengeringan (per s)

a, b, c, dan n = konstanta model (tidak berdimensi)

a (model Wang) = konstanta model (per s)

a (model Singh) = konstanta model (per s^2)

MR adalah *moisture ratio* sampel yang ditentukan dengan persamaan berikut:

Keterangan:

M = kadar air pada saat waktu tertentu

M = kadar air awal

M = kadar air kesetimbangan

Semua kadar air tersebut dalam basis kering. Menurut Diamante dan Munro (1993) dalam (Erbay dan Icier, 2010) jika kelembaban relatif udara pengeringan berfluktuasi, maka kadar air kesetimbangan (M_e) akan terus bervariasi (MR) dapat disederhanakan sesuai persamaan (8)

2.4. Analisis Statistik

Data dianalisis menggunakan program SPSS 13,0. Konstanta dan parameter-parameter model (k , n , a , b , c) diestimasi menggunakan prosedur regresi non-linear berdasarkan algoritma Levenberg-Marquardt. Koefisien korelasi (R^2) digunakan sebagai kriteria untuk menentukan model terbaik yang

dapat menggambarkan perilaku pengeringan produk. *Root mean square error* (RMSE) juga ditetapkan untuk menentukan kesesuaian model dengan data eksperimen. Nilai R^2 dan RMSE ditentukan berdasarkan persamaan (9) dan (10) (Erbay & Icier, 2010).

$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^N (\bar{MR}_{pre} - MR_{exp,i})^2} \right] \dots\dots\dots (9)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

MR_{pre} = moisture ratio prediksi

MR_{exp} = moisture ratio eksperimen

N = jumlah data

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

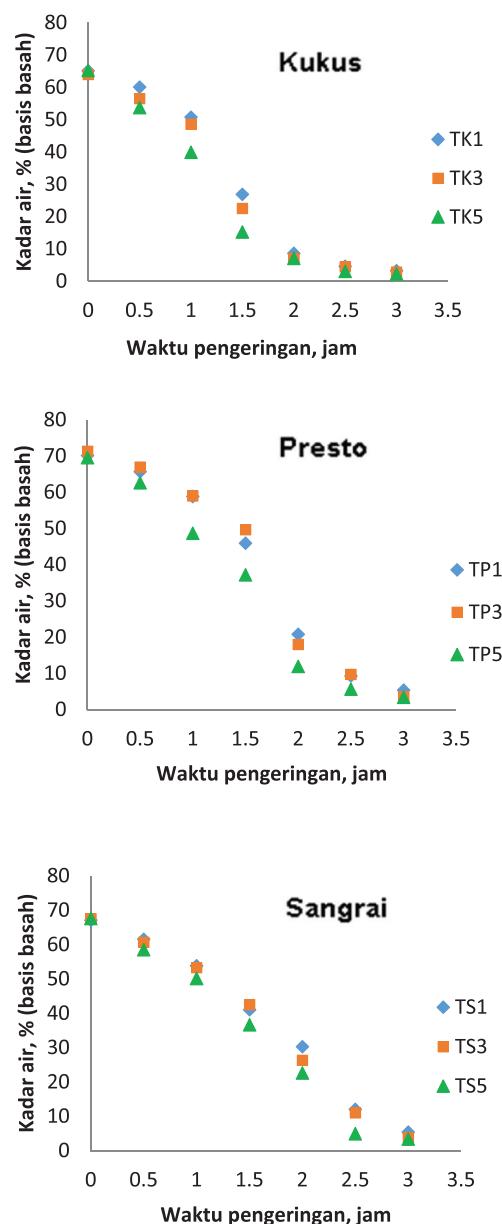
3.1. Kurva Pengeringan Daging

Gambar 1 berikut menunjukkan kadar air daging selama pengeringan pada berbagai waktu penggilingan dan teknik pemasakan yang berbeda. Kadar air daging giling segar yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 77,75 persen. Pemasakan berbagai teknik menurunkan kadar air daging giling pada berbagai tingkatan. Daging giling dengan teknik pemasakan kukus mempunyai kisaran kadar air awal rata-rata 63,95–65,16 persen. Pemasakan dengan teknik presto dan sangrai menghasilkan daging giling dengan kisaran kadar air awal rata-rata berturut-turut 69,51–71,29 persen dan 67,09–67,58 persen. Perbedaan kadar air awal pada berbagai teknik pemasakan karena adanya sumber panas yang menyebabkan penguapan sebagian air. Teknik pemasakan presto mempunyai kadar air awal lebih tinggi dibandingkan teknik pemasakan sangrai karena daging berkontak langsung dengan air sebagai media pemanasnya selama proses pemasakan. Teknik pemasakan kukus mempunyai kadar air paling rendah dibanding perlakuan lain dimungkinkan karena waktu prosesnya yang lebih lama sehingga lebih banyak air yang menguap. Teknik pemasakan sangrai memungkinkan kontak langsung antara daging dengan api melalui proses konduksi pada alat pemasak. Teknik ini memungkinkan penguapan yang lebih cepat namun karena waktu pemasakan lebih singkat dari teknik

kukus maka kadar airnya juga lebih tinggi.

Gambaran kurva secara umum yang ditunjukkan Gambar 1 adalah proses pengeringan yang dikarakterisasi oleh adanya penurunan kadar air secara gradual sepanjang waktu pengeringan. Pengeringan pada berbagai perlakuan menunjukkan bahwa tidak ada periode pengeringan konstan dan semua proses pengeringan dapat dipertimbangkan sebagai periode kecepatan pengeringan menurun.

Seperti terlihat pada Gambar 1, peningkatan waktu penggilingan pada teknik pemasakan yang sama menghasilkan peningkatan laju



Gambar 1. Kadar Air Daging Selama Pengeringan

pengeringan yang diindikasikan melalui nilai kadar air yang lebih rendah pada waktu tertentu. Berdasarkan persamaan (3) untuk mencapai kadar air 10 persen, perlakuan kukus dengan waktu penggilingan 1 menit dan 5 menit berturut-turut 1,98 jam dan 1,85 jam. Pola yang sama terlihat pada teknik pemasakan presto dengan waktu pengeringan berturut-turut 2,58 jam dan 2,35 jam untuk waktu penggilingan 1 menit dan 5 menit. Demikian juga, untuk teknik pemasakan sangrai membutuhkan waktu berturut-turut 2,86 jam dan 2,61 jam untuk waktu penggilingan 1 menit dan 5 menit.

Penambahan waktu penggilingan memungkinkan ukuran daging giling makin kecil karena makin sering teriris pisau. Pengeringan adalah suatu proses yang mengambil tempat pada permukaan partikel. Makin kecil ukuran partikel maka dibutuhkan waktu yang lebih singkat bagi air untuk berdifusi dari pusat partikel ke permukaan partikel (Mercer, 2007). Lebih lanjut dengan makin kecil ukuran partikel maka makin besar area permukaan yang berkontak dengan media panas sehingga lebih banyak panas yang berpenetrasi ke dalam partikel menghasilkan penguapan uap air yang lebih banyak. Keller, dkk. (1974) melaporkan pengaruh ukuran partikel daging terhadap laju penghilangan air selama proses pengeringan sosis di mana kehilangan berat sampel dengan ukuran partikel 3–6 mm dan 6–6 mm lebih tinggi dari sampel dengan ukuran partikel 9–6 mm. Achaglinkame, dkk. (2020) melaporkan hasil serupa pada pengeringan daging sifut tiga ukuran: utuh, dibelah dua, dan dibelah empat, dengan kadar air berturut-turut 10,24 persen, 7,00 persen, dan 6,47 persen setelah pengeringan 15 jam.

Hasil penelitian juga menunjukkan untuk waktu penggilingan yang sama, teknik pemasakan kukus menghasilkan penurunan kadar air daging yang lebih cepat, diikuti dengan teknik pemasakan presto dan sangrai. Menurut Cheng, dkk. (2005) pemanasan dapat menghasilkan struktur daging yang lebih padat. Pada perlakuan kukus, uap air berdifusi ke dalam daging dan karena transfer panas berlangsung lebih lama dibandingkan perlakuan lain menghasilkan daging yang tingkat kelembutannya lebih merata. Pada

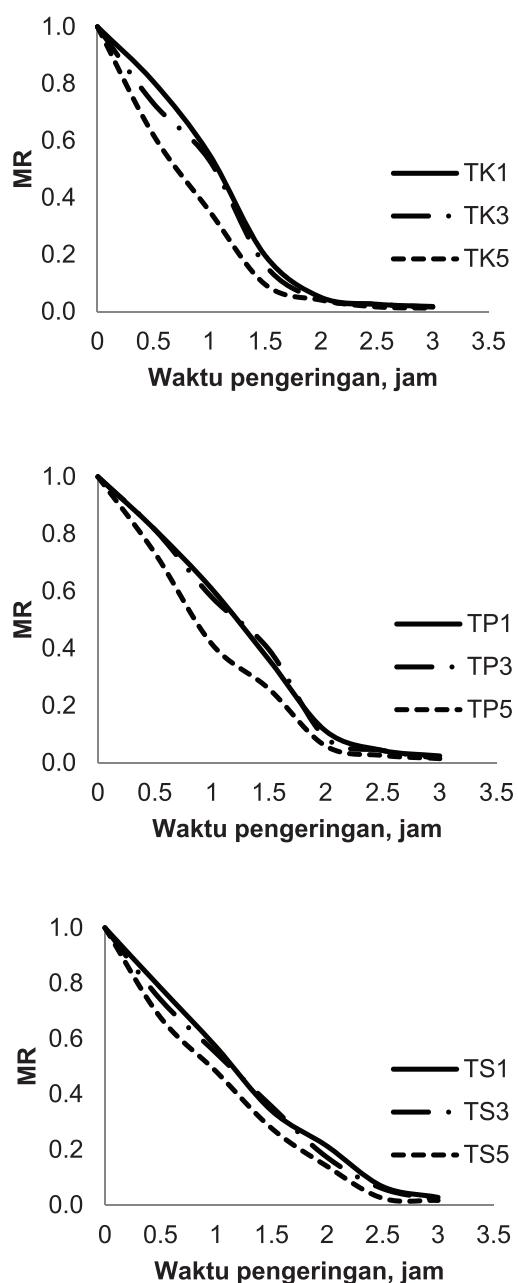
teknik pemasakan presto, air panas berdifusi ke dalam struktur daging menghasilkan daging yang tingkat kelembutannya lebih baik dibanding proses sangrai. Pada proses sangrai, daging kontak dengan alat pemasak sehingga transfer panas hanya terjadi secara konduksi dari alat pemasak ke daging. Hal ini memungkinkan tekstur daging kurang merata antara permukaan dan bagian tengah. Hasil penelitian Cheng, dkk. (2005) mengungkapkan bahwa perebusan menghasilkan tekstur daging yang sama dengan pengukusan, namun nyata lebih rendah dengan pemasakan menggunakan udara kering. Lebih lanjut mereka menjelaskan kehilangan air yang tinggi selama pemasakan menggunakan udara kering dan kompresi serat otot berkontribusi pada peningkatan sifat mekanik daging babi. Sayangnya penelitian terkait porositas daging selama pemasakan masih jarang.

3.2. Pemodelan Matematika Pengeringan Daging

Data kadar air basah selanjutnya diubah menjadi basis kering untuk menghitung *moisture ratio (MR)* sesuai persamaan (8). Nilai *moisture ratio (MR)* tiap waktu pengeringan dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar tersebut mempertegas penjelasan sebelumnya, bahwa waktu penggilingan 5 menit menghasilkan kurva penurunan kadar air paling tajam pada teknik pemasakan yang sama. Demikian juga teknik pemasakan sangrai memperlihatkan kurva laju penurunan air paling landai dibandingkan perlakuan teknik pemasakan presto dan kukus. Selanjutnya nilai *moisture ratio (MR)* pada setiap interval waktu dihitung sesuai persamaan (1) sampai (6) untuk mendapatkan konstanta-konstanta model matematis.

Kesesuaian data eksperimen dengan model matematis didasarkan pada nilai R^2 tertinggi dan RMSE terendah sesuai persamaan (9) dan (10). Hasil dari analisis regresi non-linear untuk mendapatkan nilai-nilai konstanta model matematis dan keberterimaannya dapat dilihat pada Tabel 2.

Semua model yang diujikan memperlihatkan nilai R^2 di atas 0,95 untuk semua perlakuan kecuali untuk model Newton dan Thompson. Dibandingkan dengan model matematis lain, berdasarkan nilai R^2 dan RMSE terlihat bahwa model Page memberikan nilai R^2 paling tinggi



Gambar 2. Nilai *Moisture Ratio* (MR) Daging Selama Pengeringan

berkisar antara 0,974 – 0,992 dan RMSE paling rendah berkisar antara 0,021–0,053. Hal ini menunjukkan bahwa model Page lebih dapat mewakili kinetika pengeringan daging giling. Hasil serupa dilaporkan oleh Mewa, dkk. (2019) di mana model Page merupakan model yang paling mewakili pengeringan irisan daging dalam *solar tunnel dryer*. Beberapa penelitian lain melaporkan model yang berbeda. Model *Logarithmic* dan Midilli, menjadi model paling sesuai untuk menggambarkan pengeringan sampel daging ikan, ayam,

dan sapi menggunakan gelombang mikro (Kipcak dan Ismail, 2020). Muga, dkk. (2021) mengidentifikasi model Two term sebagai model terbaik untuk pengeringan daging sapi yang diasinkan menggunakan pengering inframerah. Perbedaan model yang diperoleh ditentukan oleh banyak faktor di antaranya bahan yang dikeringkan, jenis alat pengering dan kondisi pengeringannya.

Tabel 2 memperlihatkan bahwa pada teknik pemasakan yang sama, nilai konstanta 'k' waktu penggilingan 5 menit paling tinggi diikuti waktu penggilingan 3 menit dan 1 menit. Peningkatan nilai 'k' seiring bertambahnya waktu penggilingan menghasilkan nilai *moisture ratio* yang makin rendah. Hal ini berarti nilai kadar air pada waktu tertentu lebih rendah juga. Makin lama waktu penggilingan memungkinkan ukuran partikel daging makin kecil dan makin besar luas permukaan partikel daging yang berkontak dengan media pemanas. Hal ini akan meningkatkan laju pengeringan yang terlihat dari kenaikan nilai konstanta 'k'.

Pada waktu penggilingan yang sama, teknik pemasakan kukus memberikan nilai konstanta 'k' paling tinggi dibandingkan teknik pemasakan yang lain. Hal ini disebabkan induksi uap selama proses pemasakan meningkatkan perpindahan panas dan penguapan air dari produk yang dikeringkan (Pathare dan Roskilly, 2016).

3.3 Aktivitas Air Selama Pengeringan Daging

Aktivitas air (*Aw*) merupakan faktor penting dalam pengawetan bahan pangan karena perubahan fisikokimia dan mikrobiologi yang terjadi pada bahan pangan selama pemrosesan dan penyimpanan bergantung langsung pada parameter ini. Aturan atau batasan umum untuk stabilitas sebagian besar makanan adalah titik kritis yang tidak dapat ditumbuhinya oleh mikroorganisme yaitu pada kisaran aktivitas air di bawah 0,6–0,7 (Bonazzi dan Dumoulin, 2011). Tabel 3 menunjukkan variasi aktivitas air selama periode pengeringan, untuk semua perlakuan.

Daging giling hasil pemasakan mempunyai kadar air cukup tinggi dengan nilai *Aw* berkisar antara 0,94–0,97. Selama pengeringan nilai *Aw* menurun dan setelah 3 jam pengeringan menghasilkan daging giling kering dengan nilai *Aw* berkisar antara 0,11–0,29. Hasil tersebut

Tabel 2. Nilai Konstanta Model Matematis dan Keberterimaannya pada Berbagai Perlakuan

Model	Perlakuan	Konstanta	R²	RMSE
Newton	TK1	k = 0,953	0,841	0,107
	TK3	k = 1,013	0,860	0,093
	TK5	k = 1,243	0,935	0,050
	TP1	k = 0,781	0,870	0,099
	TP3	k = 0,796	0,861	0,103
	TP5	k = 0,987	0,924	0,052
	TS1	k = 0,753	0,915	0,069
	TS3	k = 0,805	0,922	0,042
	TS5	k = 0,927	0,942	0,042
Page	TK1	k = 0,675 n = 2,088	0,992	0,026
	TK3	k = 0,797 n = 1,826	0,974	0,042
	TK5	k = 1,178 n = 1,420	0,989	0,022
	TP1	k = 0,529 n = 1,845	0,991	0,028
	TP3	k = 0,541 n = 1,842	0,981	0,040
	TP5	k = 0,847 n = 1,486	0,991	0,032
	TS1	k = 0,581 n = 1,533	0,989	0,021
	TS3	k = 0,652 n = 1,467	0,983	0,053
	TS5	k = 0,818 n = 1,332	0,982	0,044
Henderson dan Pabis	TK1	k = 1,415 a = 1,725	0,955	0,280
	TK3	k = 1,405 a = 1,570	0,939	0,224
	TK5	k = 1,612 a = 1,612	0,978	0,165
	TP1	k = 1,067 a = 1,478	0,953	0,190
	TP3	k = 1,087 a = 1,087	0,943	0,195
	TP5	k = 1,298 a = 1,298	0,982	0,166
	TS1	k = 0,953 a = 1,323	0,967	0,128
	TS3	k = 0,990 a = 1,284	0,961	0,118
	TS5	k = 1,091 a = 1,228	0,966	0,096
<i>Logarithmic</i>				
	TK3	k = 1,073 a = 1,468 c = -0,090	0,953	0,153
	TK5	k = 1,398 a = 1,343 c = -0,033	0,983	0,120
	TP1	k = 0,640 a = 1,502 c = -0,245	0,979	0,106
	TP3	k = 0,632 a = 1,501 c = -0,261	0,971	0,103
	TP5	k = 1,014 a = 1,353 c = -0,077	0,990	0,110
	TS1	k = 0,531 a = 1,418 c = -0,290	0,990	0,052
	TS3	k = 0,570 a = 1,348 c = -0,252	0,985	0,072
	TS5	k = 0,696 a = 1,221 c = -0,167	0,986	0,056
Wang dan Singh	TK1	a = -0,669 b = 0,109	0,938	0,057
	TK3	a = -0,710 b = 0,125	0,950	0,035
	TK5	a = -0,826 b = 0,169	0,986	0,024
	TP1	a = -0,533 b = 0,063	0,963	0,053
	TP3	a = -0,539 b = 0,064	0,958	0,057
	TP5	a = -0,691 b = 0,120	0,989	0,035
	TS1	a = -0,524 b = 0,063	0,988	0,023
	TS3	a = -0,566 b = 0,078	0,988	0,057

Thompson	TS5	$a = -0,652$ $b = 0,107$	0,993	0,050
	TK1	$a = -1,025$ $b = -0,092$	0,850	0,258
	TK3	$a = -0,882$ $b = -0,056$	0,892	0,246
	TK5	$a = -0,706$ $b = -0,020$	0,948	0,166
	TP1	$a = -1,424$ $b = -0,182$	0,917	0,226
	TP3	$a = -1,336$ $b = -0,159$	0,893	0,258
	TP5	$a = -1,083$ $b = -0,101$	0,946	0,301
	TS1	$a = -1,585$ $b = -0,222$	0,958	0,127
	TS3	$a = -1,438$ $b = -0,178$	0,970	0,346
	TS5	$a = -1,268$ $b = -0,143$	0,966	0,338

menunjukkan nilai Aw untuk semua perlakuan sudah di bawah nilai Aw kritis yaitu di bawah 0,6. Artinya produk sudah cukup aman untuk

teknik pemasakan dan waktu penggilingan. Kadar air daging giling dapat diturunkan dari kisaran 64–71 persen (basis basah) menjadi

Tabel 3. Nilai Aktivitas Air (Aw) Daging Selama Pengeringan

Waktu	Aw								
	TK1	TK3	TK5	TP1	TP3	TP5	TS1	TS3	TS5
0	0,94	0,96	0,96	0,96	0,97	0,96	0,97	0,97	0,95
0,5	0,93	0,96	0,96	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,95
1	0,93	0,89	0,78	0,95	0,93	0,95	0,96	0,96	0,94
1,5	0,85	0,77	0,58	0,92	0,84	0,80	0,95	0,90	0,86
2	0,59	0,43	0,37	0,75	0,73	0,50	0,92	0,75	0,69
2,5	0,20	0,17	0,12	0,48	0,40	0,20	0,53	0,55	0,36
3	0,15	0,12	0,11	0,18	0,16	0,13	0,29	0,28	0,18

disimpan dalam jangka waktu yang lama karena kemungkinan tumbuhnya jamur dapat dihindari.

Tabel 3 juga menunjukkan kecenderungan yang sama dengan pola penurunan kadar air untuk semua perlakuan. Menurut Mishra, dkk. (2017), makin rendah kadar air maka makin rendah aktivitas airnya meskipun kadar air dan Aw tidak berbanding lurus. Lebih lanjut Sablani (2007) menyatakan bahwa hubungan antara kadar air dan aktivitas air selama pengeringan bersifat kompleks, non-linear, dan unik untuk setiap produk makanan. Hal ini disebabkan efek koligatif, kapiler dan permukaan. Hasil penelitian memperlihatkan untuk waktu penggilingan yang sama, aktivitas air dalam produk yang dimasak dengan teknik pemasakan kukus lebih kecil dibandingkan teknik pemasakan presto dan sangrai. Peningkatan waktu penggilingan memperlihatkan kecenderungan penurunan nilai Aw daging. Hal ini terkait dengan kehilangan air selama proses pengeringan.

IV. KESIMPULAN

Proses pengolahan daging segar menjadi daging giling kering dilakukan melalui beberapa

2–5 persen (basis basah) setelah pengeringan 3 jam. Makin lama waktu penggilingan, laju pengeringan makin cepat. Teknik pemasakan kukus memberikan laju pengeringan tercepat. Model Page lebih dapat mewakili kinetika pengeringan daging giling. Daging giling hasil pemasakan mempunyai nilai Aw berkisar antara 0,94–0,97, sedangkan daging giling kering mempunyai nilai Aw berkisar antara 0,11–0,29 sudah di bawah nilai Aw kritis yaitu di bawah 0,6.

DAFTAR PUSTAKA

- Achaglinkame, M. A., E. Owusu-Mensah, A.A. Boakye, dan I. Oduro. 2020. Effect of Size and Drying Time on the Rehydration and Sensory Properties of Freeze-Dried Snails (*Achatina achatina*). *International Journal of Food Science*. Article ID 5714140 1–5. <https://doi.org/10.1155/2020/5714140>.
- Aksoy, A., S. Karasu, A. Akcicek and S. Kayacan. 2019. Effects of Different Drying Methods on Drying Kinetics, Microstructure, Color, and the Rehydration Ratio of Minced Meat. *Foods*, 8(216), 1–14. <https://doi.org/10.3390/foods8060216>.

- Aykin, E. and M. Erbas. 2016. Quality Properties and Adsorption Behavior of Freeze-Dried Beef Meat from the Biceps Femoris and Semi Membranosus Muscles. *Meat Science*, 121, 272–277.
- Badan Standar Nasional (BSN). 1992. *SNI 01-2891-1992: Cara Uji Makanan dan Minuman*. BSN. Jakarta.
- Bonazzi, C. and E. Dumoulin. 2011. Quality Changes in Food Materials as Influenced by Drying Processes. *Modern Drying Technology Volume 3: Product Quality and Formulation*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA: 1–20.
- Cabrera, M.C. and A. Saadoun. 2014. An Overview of the Nutritional Value of Beef and Lamb Meat from South America. *Meat Science*, 98, 435–444. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.033>.
- Cheng, Q., Sun, D., Scannell, dan A. G. M. 2005. Feasibility of Water Cooking for Pork Ham Processing as Compared with Traditional Dry and Wet Air Cooking Methods. *Journal of Food Engineering*, 67, 427–433.
- Diamante, L.M., and P.A. Munro. 1993. Mathematical Modelling of the Thin Layer Solar Drying of Sweet Potato Slices. *Solar Energy*, 51, 271–276.
- Djaeni, M., Asiah, N. dan Sasongko, B. 2015. Aplikasi Sistem Pengering Adsorpsi untuk Bahan Pangan dan Aditif. Unnes Press: Semarang.
- Erbay, Z. and F. Icier. 2010. A Review of Thin Layer Drying of Foods: Theory, Modeling, and Experimental. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(5), 441–464. <http://dx.doi.org/10.1080/10408390802437063>.
- Ertekin, C. and M.Z. Firat. 2017. A Comprehensive Review of Thin Layer Drying Models Used in Agricultural Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(4), 701–717 <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2014.910493>.
- Fitriani, L.N., D.R.A. Hantoro, dan K. Widayaka. 2013. Pengaruh Lama Penggilingan Daging Kelinci terhadap Keempukan, Kadar Air, dan Kesukaan Rolade. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(2), 571–576.
- Keller, J.E., G.C. Skelley, and J.C. Acton. 1974. Effect of Meat Particle Size and Casing Diameter on Summer Sausage Properties During Drying. *Journal of Milk and Food Technology*, 37(2), 101–106.
- Kipcak, A.S. and O. Ismail. 2020. Microwave Drying of Fish, Chicken and Beef Samples. *Journal Food Science Technology*, 58(1), 281–291. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04540-0>
- Laopoolkit, P. and P. Suwannaporn. 2011. Effect of Pretreatments and Vacuum Drying on Instant Dried Pork Process Optimization. *Meat Science*, 88, 553–558. <https://doi:10.1016/j.meatsci.2011.02.011>.
- Lewicki, P.P. 2004. Drying. In: *Encyclopedia of Meat Sciences*, Vol-1. Jensen, W. K, Devine, C. and Dikeman, M. (Ed). Elsevier Ltd: 402–411.
- Li, K.W., A.G. McKeith, C. Shen, C. and R. McKeith. 2018. A Comparison Study of Quality Attributes of Ground Beef and Veal Patties and Thermal Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 after Double Pan-Broiling Under Dynamic Conditions. *Foods*, 7(1), 1–13. <https://doi:10.3390/foods7010001>.
- Mercer, D.G. 2007. An Introduction to Food Dehydration and Drying. <http://www.iufost.org> › Intro Dehydration Manual.
- Mewa, E. A., M.W. Okoth, C.N. Kunyanga, and M.N. Rugiri. 2019. Experimental Evaluation of Beef Drying Kinetics in A Solar Tunnel Dryer. *Renewable Energy*, 139, 235–241. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.067>.
- Mishra, B.P. 2012. Development and Quality Evaluation of Dehydrated Chicken Meat Rings from Spent Hen Meat. M.V.Sc.Thesis. IVRI, Izatnagar, U.P., India.
- Mishra, B., J. Mishra, P. Pati, and P. Rath. 2017. Dehydrated Meat Products - A Review. *International Journal of Livestock Research*, 7(11), 10–22. <http://dx.doi.org/10.5455/ijlr.20170812035616>.
- Muga, F.C., M.O. Marenja, and T.S. Workneh. 2021. Modelling the Thin-Layer Drying Kinetics of Marinated Beef During Infrared-Assisted Hot Air Processing of Biltong. *International Journal of Food Science*, Article ID 8819780: 1–14. <https://doi.org/10.1155/2021/8819780>.
- Pathare, P.B. and A.P. Roskilly. 2016. Quality and Energy Evaluation in Meat Cooking. *Food Engineering Review*, 8, 435–447. DOI 10.1007/s12393-016-9143-5.
- Sablani, S.S. .2007. Evaluating Water Activity and Glasstransition Concepts for Food Stability. *Journal Food Engineering*, 78, 266–271.
- Speckhahn, A., G. Srzednicki, and D.K. Desai. 2010. Drying of Beef in Superheated Steam. *Drying Technology*, 28, 1072–1082. DOI: 10.1080/07373937.2010.505547.

BIODATA PENULIS :

Lia Ratnawati, dilahirkan di Kediri, 28 Maret 1990. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Brawijaya tahun 2012, S2 Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya tahun 2013.

Novita Indrianti, dilahirkan di Sleman, 23 November 1987. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Universitas Gadjah Mada tahun 2009, S2 Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Gadjah Mada tahun 2017.

Mirwan Ardiansyah Karim, dilahirkan di Sukoharjo, 21 Agustus 1982. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret pada tahun 2005, dan S2 di Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung tahun 2016.

Nok Afifah, dilahirkan di Pemalang, 30 Mei 1978. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada tahun 2001, dan S2 Teknik Kimia Universitas Indonesia tahun 2014.

Achmat Sarifudin, dilahirkan di Klaten, 17 September 1981. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 Teknologi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor tahun 2004, S2 *Food Process Engineeering, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia* tahun 2012, S3 *Food Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand* tahun 2019.