

# Pengaruh Temperatur Pengeringan pada Karakteristik Pengeringan Nori dari Campuran *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii*

Drying Characteristics of Nori obtained from a Mixture of *Ulva lactuca* and *Eucheuma cottonii*

**Koko Kurniawan, Nursigit Bintoro\*, Arifin Dwi Saputro**

Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora No. 1, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

\*Penulis korespondensi: Nursigit Bintoro, Email: nursigit@ugm.ac.id

Submisi: 18 September 2020; Revisi: 9 Agustus 2021, 20 September 2021; Diterima: 26 September 2021; Dipublikasi: 28 November 2022

## ABSTRAK

Nori merupakan makanan berbahan dasar rumput laut *Porphyra* namun hingga saat ini masih import. Perlu dilakukan penelitian untuk membuat nori dari bahan dasar rumput laut lokal. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi terbaik nori dari rumput laut *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii* serta mempelajari karakteristik pengeringannya. Kombinasi perlakuan yang digunakan adalah komposisi rumput laut dan suhu pengeringan. Komposisi yang digunakan A (85% *Ulva lactuca* dan 15% *Eucheuma cottonii*), B (75% *Ulva lactuca* dan 25% *Eucheuma cottonii*) dan C (65% *Ulva lactuca* dan 35% *Eucheuma cottonii*). Suhu pengeringan yang digunakan adalah 75 °C, 85 °C, dan 100 °C dengan alat pengering oven memmert UN series 55. Empat model pengeringan digunakan untuk mengevaluasi laju pengeringan yakni *Henderson and Pubis*, *Lewis*, *Page* dan *Modified Page*. Nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) terendah, serta nilai  $R^2$  tertinggi digunakan untuk menentukan model yang paling sesuai. Hasil penelitian menunjukkan suhu 100 °C memberikan waktu pengeringan yang lebih cepat. Nori dengan komposisi *Ulva lactuca* yang lebih besar dan suhu pengeringan yang lebih rendah memberikan permukaan nori yang lebih halus sehingga komposisi A dengan suhu pengeringan 75 °C memberikan tampilan nori yang paling baik. Suhu pengeringan 100 °C memberikan waktu pengeringan yang lebih cepat. Karakteristik pengeringan nori didominasi dengan laju pengeringan tetap sedangkan laju pengeringan menurun di akhir pengeringan. Laju pengeringan nori terbesar diperoleh pada suhu pengeringan tertinggi (100 °C) dengan nilai laju pengeringan kelompok A, B dan C secara berurutan adalah 12,97; 15,05; dan 16,92. Hasil evaluasi model pengeringan lapisan tipis menunjukkan bahwa model *Page* memiliki nilai  $R^2$  tertinggi dan nilai RMSE terendah pada semua kelompok komposisi nori dan suhu pengeringan. Sehingga model *Page* merupakan model pengeringan lapisan tipis yang paling sesuai untuk menggambarkan karakteristik pengeringan nori *Ulva lactuca* dan *E cottonii*.

**Kata kunci:** Model pengeringan; *Eucheuma cottonii*; nori; *Ulva lactuca*

## ABSTRACT

Nori is a food product produced from *Porphyra* seaweed, but it is still being imported. Therefore, this study aims to produce nori from local seaweed (*Ulva lactuca* and *Eucheuma cottonii*) to determine the best composition as well as examine its drying characteristics. The treatment combination used was seaweed composition and drying temperature. The compositions used include A, B, and C, which contain 85% *Ulva lactuca* + 15% *Eucheuma cottonii*, 75% *Ulva lactuca* + 25% *Eucheuma cottonii*, and 65% *Ulva lactuca* + 35% *Eucheuma*

*cottonii*, respectively, while the temperatures were 75 °C, 85 °C, and 100 °C using a laboratory oven (UN series 55, Memmert). The drying rate was evaluated using four thin-layer models, namely Henderson and Pubis, Lewis, Page, and Modified Page. The most suitable model was determined from the lowest RMSE value and the highest R<sup>2</sup> value. The results showed that the temperature of 100 °C gave the fastest drying time. Nori with a larger *Ulva lactuca* composition and lower temperature had the smoothest surface, hence, composition A with 75 °C gave the best nori appearance. The drying characteristics of the product were dominated by a constant rate period, while a falling rate occurred at the latter part of the process. The highest drying rates were obtained at the highest temperature of 100 °C, namely 12.97, 15.05, and 16.92 for groups A, B, and C, respectively. Evaluation of the thin layer model showed that Page's model had the highest R<sup>2</sup> value and the lowest RMSE value in all treatment combinations. Therefore, it is the most suitable model to describe the drying characteristics of Nori *Ulva lactuca* and *E. cottonii*.

**Keywords:** Drying models; *Eucheuma cottonii*; nori; *Ulva lactuca*

## PENDAHULUAN

Nori merupakan makanan khas berasal dari wilayah Asia Timur yang digunakan sebagai penyedap dan hiasan berbagai makanan Jepang dan China. Karena citarasa dan manfaatnya bagi kesehatan, nori menjadi makanan yang populer di berbagai negara, termasuk Indonesia. Sehingga menempatkannya sebagai makanan dengan nilai ekonomis yang tinggi. Nori terbuat dari jenis rumput laut *porphyra* sp dengan penampakan fisik berupa lembaran tipis berwarna kecoklatan. Di Indonesia, jenis rumput laut *porphyra* sp hanya ditemui disekitar perairan Maluku pada musim tertentu (Loupatty, 2014).

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan untuk meniru nori yang ada dipasaran dan dibuat dari rumput laut yang banyak tersedia. Gupta dkk. (2011) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa nori bisa dibuat dari alga coklat yang berasal dari Eropa. Sedangkan dari dalam negeri beberapa laporan menyebutkan pembuatan nori dari *Ulva lactuca* dan *Gracillaria* sp (Praphesti, 2017), campuran *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii* (Zakaria dkk., 2017), *Ulva lactuca* dan *Gelidium* sp (Valentine dkk., 2020) bahkan membuat nori dengan dasar mencampurkan daun kangkung dengan karagenan (Stevani dkk., 2019). Beragamnya sumber nori yang digunakan sehingga menghasilkan nori yang sangat bervariasi.

Penggunaan beberapa suhu pengeringan dilaporkan dalam pembuatan tiruan nori dari rumput laut lokal. Loupatty (2014) dalam laporannya menyebutkan penggunaan seperti suhu rendah 50 °C, Mc Hugh (2003) melaporkan penggunaan suhu yang tinggi 120 °C - 140 °C. Erniati dkk. (2018) melaporkan penggunaan kedua metode, suhu rendah (50 °C) dan dilanjutkan memanggang pada suhu 100 °C dengan penambahan minyak kelapa. Penggunaan suhu yang rendah dihubungkan untuk mempertahankan kandungan alami yang menguntungkan dari rumput

laut (Loupatty, 2014) namun waktu pengeringan yang lebih lama (Fithriani dkk., 2017) sedangkan penggunaan suhu yang lebih tinggi akan menghasilkan produk nori yang lebih renyah dan waktu pengeringan yang lebih cepat (Zakaria dkk., 2017). Penggunaan rentang suhu antara 50 °C hingga 100 °C belum banyak dilaporkan sehingga menggunakan rentang suhu tersebut dapat melengkapi informasi yang diperlukan dalam pembuatan nori.

Pemodelan matematika diketahui dapat memperlihatkan karakteristik selama proses pengeringan terutama memprediksi kadar air bahan selama proses pengeringan (Prasetyo dkk., 2018). Model semi teoritis berisi parameter yang berkaitan langsung dengan properties material yang dikeringkan (Chukwunonye dkk., 2016). Model pengeringan lapisan tipis masuk dalam kelompok tersebut. Empat model pengeringan yang biasa dipakai dalam menggambarkan proses pengeringan bahan pertanian adalah Model Newton (Iswadi, 2019), Model Page (Afifah dkk., 2017), Model Henderson dan Pubis dan Model Page Modified (Chukwunonye dkk., 2016). Usaha menerapkan model pengeringan lapisan tipis ke produk marikultur telah dilakukan pada pengeringan rumput laut *E. Cottonii* (Fithriani dkk., 2017) dan *Ulva lactuca* dan *Sargassum* sp (Dwi Joko Prasetyo dkk., 2018). Namun demikian, belum banyak laporan yang mengaplikasikan model pengeringan semi empiris dalam menggambarkan pengeringan dari material berbentuk bubur (Charmongkolpradit dan Luampon, 2017) dan belum ada yang melaporkan penggunaan model pengeringan lapisan tipis pada pengeringan nori.

Dalam laporannya, FAO(2018) menyebutkan bahwa Indonesia masuk jajaran produsen besar *Eucheuma* sp. *Ulva lactuca* memiliki habitat hidup di sepanjang pantai selatan Jawa dan belum dimanfaatkan secara maksimal (Handayani, 2016). Dengan potensi tersebut, Indonesia memiliki bahan alternatif potensial yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber alternatif pembuatan nori. Dua faktor utama yang perlu diperhatikan yaitu

tekstur dan warna yang dihasilkan sehingga mirip dengan nori dari jenis *porphyra* sp. *Ulva lactuca* mampu memberikan warna hijau karena kandungan klorofil yang tinggi (Handayani, 2016) dan *Eucheuma cottonii* sebagai matriks pengikat antar rumput laut berupa kandungan karagenan yang memberikan tekstur yang renyah (Sajida, 2016).

Untuk mendapatkan nori yang mirip dengan produk yang banyak beredar di pasar maka diperlukan komposisi *Ulva lactuca* dan *Eucheuma Cottonii* yang maksimal, penerapan model pengeringan lapisan tipis (semi empiris) diharapkan dapat memberikan informasi karakteristik pengeringannya. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii* yang optimal dalam pembuatan nori serta mendapatkan model pengeringan lapisan tipis yang sesuai untuk menggambarkan karakteristik pengeringan nori yang dibuat.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober-Desember 2019 di Laboratorium Fisika Hayati dan Laboratorium Teknik Pangan dan Pascapanen Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.

### Bahan, Alat, dan Pembuatan

Bahan utama yang digunakan adalah rumput laut *Ulva lactuca* dan *E. cottonii* kering yang diperoleh dari UMKM UD Rumput Laut Mandiri di Kabupaten Gunungkidul. Rumput laut *Ulva lactuca* biasa dikumpulkan dari sepanjang pantai Gunungkidul sedangkan *E. cottonii* selain dari pantai selatan Gunungkidul bisa berasal dari pantai utara Jawa. Pada penelitian ini digunakan dua perlakuan, yaitu variasi komposisi dan variasi suhu pengeringan. Variasi komposisi berupa komposisi A dengan campuran 85% *Ulva lactuca* dengan 15% *E. cottonii*; Komposisi B berupa campuran 75% *Ulva lactuca* 25% dengan *E. cottonii*; dan komposisi C berupa campuran 65% *Ulva lactuca* Dengan 35% *E. cottonii*. Ketiga komposisi tersebut selanjutnya dikeringkan pada tiga suhu yang berbeda, yaitu 75 °C, 85 °C, dan 100 °C. Alat pengering yang digunakan adalah oven memmert UN series 55 dengan dua buah rak. Timbangan yang digunakan adalah timbangan analitik *fujitsu HTR 220E*.

### Proses Pengolahan Nori

Pada penelitian ini nori dibuat dari campuran rumput laut lokal mengacu pada metode yang digunakan Putri dan Ningtyas (2017). Tahap pertama

yang dilakukan adalah dengan melakukan pembersihan rumput laut, dilakukan dengan mencuci rumput laut. dilanjutkan dengan perendaman selama 6 jam untuk melunakkan rumput laut. *Ulva lactuca* direndam dengan garam dengan perbandingan sampel rumput laut (g) : air (mL) : garam (g) adalah 2 : 60 : 5. Sedangkan untuk *Eucheuma cottonii* direndam dengan air dengan perbandingan sampel (g) : air (mL) adalah 2 : 60. Selanjutnya rumput laut dihaluskan menggunakan blender dengan menambah air sebanyak 8 bagian. Langkah selanjutnya bubur rumput laut dimasak hingga mendidih. Bubur campuran rumput laut lalu dicetak diatas loyang teflon dengan diameter 18 cm sebanyak 70 mL setiap pencetakan. Pengeringan dilakukan menggunakan oven dengan suhu 75 °C, 85 °C, dan 100 °C. Proses pengeringan nori dilakukan dengan sistem pengeringan udara tersirkulasi menggunakan oven dengan bukaan flap oven diatur 50%.

### Parameter Pengamatan

Pengukuran perubahan massa sampel dilakukan setiap 30 menit selama proses pengeringan. Pengukuran massa dilakukan dengan mengeluarkan sampel dari oven, ditimbang selanjutnya sampel dikembalikan ke dalam oven. Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode gravimetri SNI-01-2354.2-2006. Perubahan kadar air bahan selama proses pengeringan dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\frac{W'm}{W_2} = \frac{m_1 - m_2}{100 - m_1} = \frac{M_1 - M_2}{100 + M_2} \quad (1)$$

Dimana  $W_2$  adalah berat akhir produk kering (g),  $W'm$  adalah berat air yang diuapkan (g),  $m_1$ ,  $m_2$  adalah kadar air awal dan akhir (% w.b), dan  $M_1$ ,  $M_2$  adalah kadar air awal dan akhir (% d.b).

*Moisture rasio* dihitung dengan Persamaan 2.

$$MR = \frac{MC - M_{Ce}}{M_{Co} - M_{Ce}} \quad (2)$$

Dimana MR adalah *moisture ratio*,  $M_{ce}$  adalah kadar air keseimbangan (%),  $M_{Co}$  adalah kadar air awal (%), dan MC adalah kadar air pada waktu tertentu (%).

Laju pengeringan dihitung dari selisih berat kering bahan selama pengeringan terhadap waktu menggunakan Persamaan 3.

$$DR = \frac{-(M_t + dt - M_t)}{dt} \quad (3)$$

Dimana DR adalah laju pengeringan (g air/g bahan kering/menit),  $M_t$  adalah kadar air pada waktu

Tabel 1. Model matematika yang digunakan

Model	Persamaan	Pustaka
Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	(Iswadi, 2019)
Lewis	$MR = \exp(-kt)$	(Tuliza dan Mursalim, 2011)
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	(Tuliza dan Mursalim, 2011)
Modified page	$MR = \exp[-(kt)^n]$	(Mondaca dkk., 2007)

t (g air/g bahan kering),  $M t+dt$  adalah kadar air pada waktu  $t + dt$  (g air/g bahan kering), dan  $dt$  adalah selisih waktu (menit).

Nilai konstanta laju pengeringan total pada masing-masing komposisi dan suhu pengeringan selanjutnya diuji statistik dengan *Two Way Completely Randomized ANOVA* menggunakan software IBM SPSS Statistic 23, uji lanjutan untuk hasil signifikan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT)

### Model Pengeringan Lapisan Tipis

Model pengeringan lapis tipis nori ditentukan berdasarkan kurva yang dibentuk antara data MR terhadap waktu. Persamaan linier dari kurva tersebut selanjutnya dievaluasi menggunakan empat model persamaan pengeringan lapisan tipis. Model pengeringan yang digunakan adalah Model Henderson dan Pabis, Model Lewis, Model Page dan Model Page *Modified*. Dari pencocokan tersebut akan diperoleh nilai  $k$ ,  $a$  dan  $n$ . Dari nilai tersebut akan dapat dibangun persamaan lapisan tipis yang mencerminkan perubahan yang terjadi selama pengeringan.

Kurva baru yang terbentuk dari setiap model pengeringan lapisan tipis selanjutnya dievaluasi menggunakan koefisien determinasi ( $R^2$ ), dan *Root Mean Square Error* (RMSE) (Charmongkolpradit dan Luampon, 2017). Semakin tinggi nilai  $R^2$  dan semakin rendah nilai RMSE menunjukkan bahwa model yang digunakan semakin baik menggambarkan proses pengeringan nori.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengeringan Nori

Pada Gambar 1 menunjukkan nori yang telah dikeringkan pada berbagai suhu. Dari gambar tersebut terlihat bahwa dengan suhu pengeringan yang lebih rendah (75 °C) memberikan hasil nori yang lebih halus sedangkan nori dengan dengan suhu pengeringan 100 °C berkerut dan menggulung. Mengkerut dan menggulungnya nori tersebut bisa disebabkan karena kadar air yang lebih rendah pada pengeringan bersuhu tinggi. Prasetyo dkk. (2018) menyatakan bahwa semakin

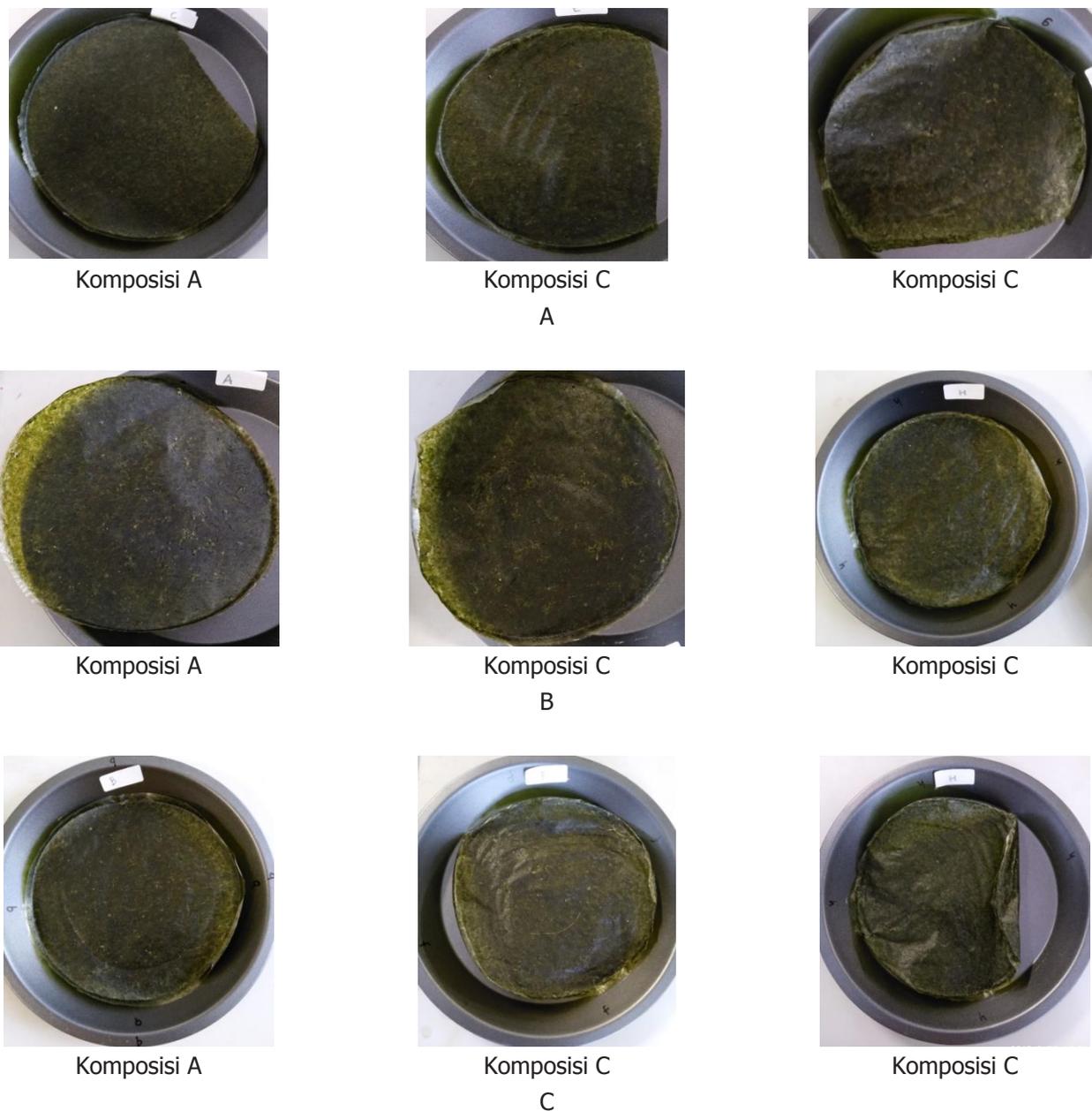
tinggi suhu pengeringan maka akan menurunkan kadar air keseimbangan bahan. Sehingga dengan kadar air yang rendah akan meningkatkan tingkat kekerasan bahan (Zakaria dkk., 2017).

Nori komposisi A (dengan komposisi *E.cottonii* yang lebih rendah) memiliki permukaan yang lebih rata dibandingkan nori komposisi C (dengan komposisi *E cottonii* yang lebih tinggi). Zakaria dkk. (2017) menyatakan bahwa nori yang terbuat dari *Ulva lactuca* memiliki kandungan serat yang cukup tinggi, mencapai 36%. Sehingga serat pada *Ulva lactuca* kemungkinan dapat mempertahankan lembaran nori tidak berkerut saat pengeringan. Stevani dkk. (2019) menyebutkan karagenan jenis kappa akan berikatan dengan air dan menghasilkan gel yang kaku dan keras. Sehingga berkerutnya komposisi C kemungkinan disebabkan karagenan pada *E cottonii* mengeras dan menarik lembaran nori saat kadar air di bahan semakin menyusut. Anton (2017) menyatakan bahwa *E cottonii* memiliki kandungan hingga karagenan hingga 64%.

Teddy (2009) menyebutkan bahwa nori komersial yang banyak ditemui baik memiliki tampilan fisik dengan warna hijau kehitaman, memiliki rasa asin dan tercium bau rumput laut, terlihat serat dari porphyra dan memiliki tekstur yang tidak terlalu keras. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari nori yang dibuat paling mendekati adalah komposisi A pada suhu pengeringan 75 °C.

### Pengaruh suhu pengeringan terhadap laju pengeringan

Penghitungan kadar air pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode *dry basis*, hal ini disebabkan sampel bahan berupa bubur yang memiliki kandungan air lebih banyak bila dibandingkan dengan berat kering bahan. Pengaruh suhu terhadap penurunan kadar air dapat dilihat pada Gambar 1. Pada suhu pengeringan yang lebih tinggi memberikan waktu pengeringan nori yang lebih cepat. Pengeringan dengan suhu 100 °C memberikan waktu pengeringan 270 menit, suhu 85 °C memberikan waktu 390 menit dan pengeringan dengan suhu 75 °C memberikan waktu 510 menit. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilaporkan Fithriani dkk. (2017)



Gambar 1. Hasil pengeringan nori pada suhu pengeringan 75 °C (A), suhu pengeringan 85 °C (B), dan suhu pengeringan 100 °C (C)

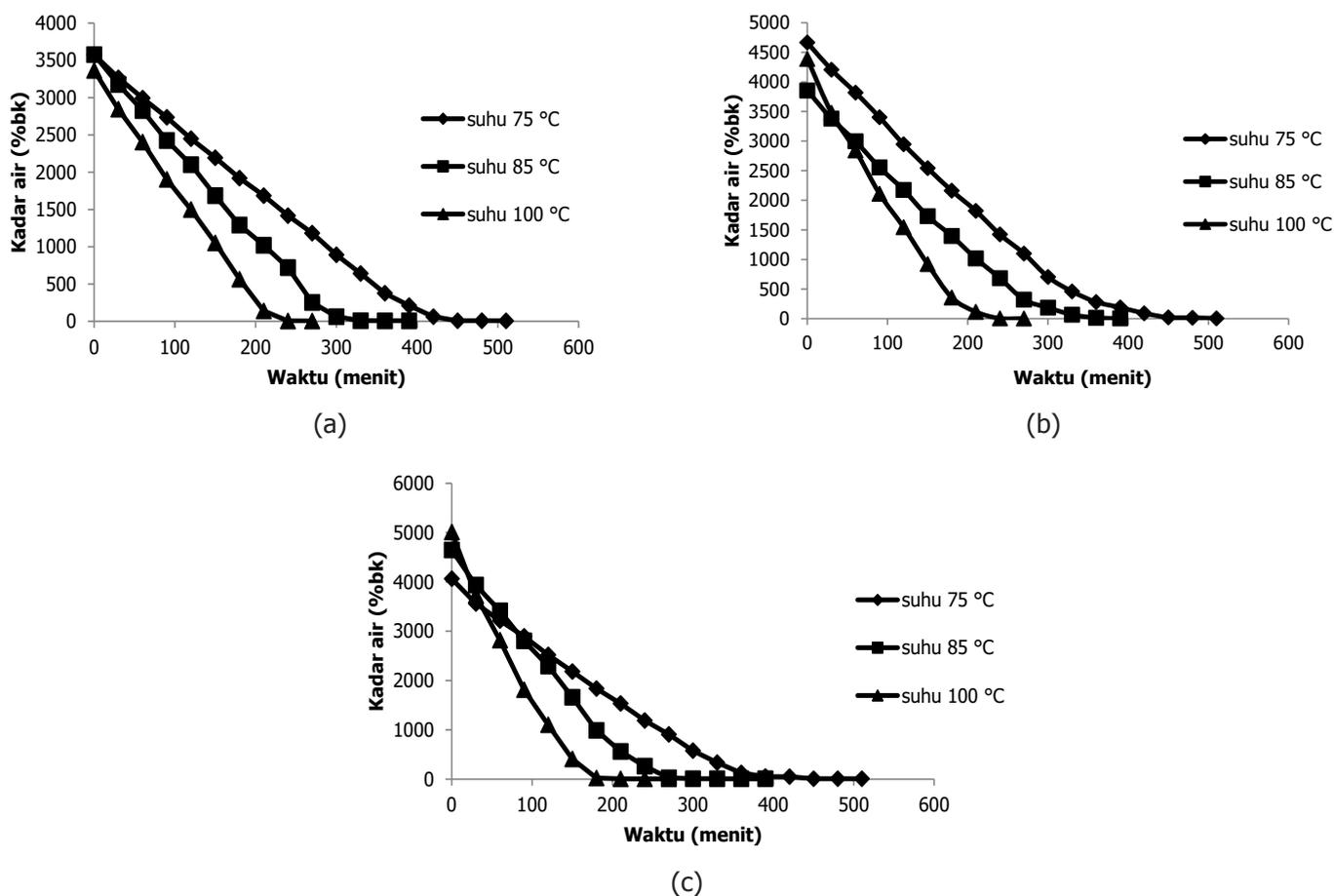
pada pengeringan rumput laut *E. Cottoni* dan yang dilakukan Mukmin dkk. (2021) pada pengeringan umbi iles iles dimana dalam penelitian tersebut menyatakan semakin tinggi suhu pengeringan memberikan waktu pengeringan yang lebih cepat. Kadar air keseimbangan disajikan pada Tabel 2. Dari tabel tersebut terlihat bahwa penggunaan suhu pengering yang tinggi mampu menurunkan kadar air keseimbangan, hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilaporkan Prasetyo dkk. (2018) tentang pengeringan rumput laut *Ulva lactuca* dan *Sargasum* sp.

### Pengaruh Kadar Air terhadap Laju Pengeringan

Pada Gambar 2 terlihat kadar air yang berbeda pada kelompok yang sama, hal ini kemungkinan dikarenakan variasi dalam penuangan bubur rumput laut. Variasi penuangan tersebut akan terlihat sangat besar karena penghitungan kadar air menggunakan basis kering. Namun demikian kadar air komposisi A, B, dan C terlihat menurun selama waktu pengeringan. Hal ini sesuai dengan penelitian Murad dkk. (2015). Namun demikian, penurunan kadar air tidak serta merta menurunkan laju pengeringan. Pada awal fase

Tabel 2. Kadar air keseimbangan nori pada berbagai suhu pengeringan

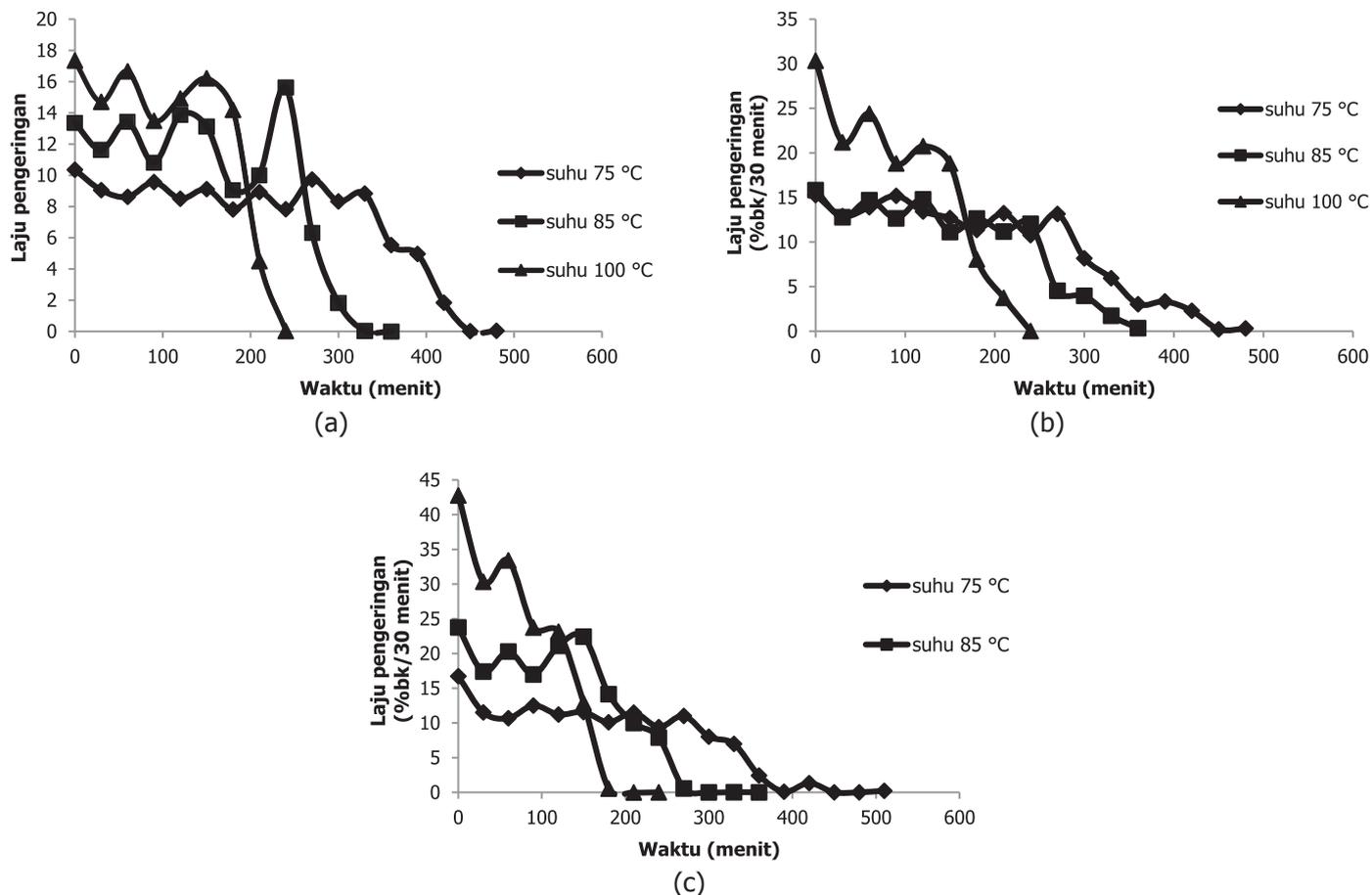
Suhu (°C)	Perlakuan	Kadar air (%)	Waktu pengeringan (menit)
75	Komposisi A	6,2 ± 0,46	510
	Komposisi B	6,0 ± 0,93	
	Komposisi C	8,4 ± 1,37	
85	Komposisi A	6,65 ± 0,77	390
	Komposisi B	5,14 ± 0,95	
	Komposisi C	7,15 ± 0,67	
100	Komposisi A	3,79 ± 1,13	270
	Komposisi B	3,82 ± 1,31	
	Komposisi C	5,16 ± 0,12	



Gambar 2. Grafik hubungan antara kadar air dengan waktu pengeringan pada (a) nori komposisi A, (b) nori komposisi B, (c) nori komposisi C

pengeringan laju pengeringan relatif masih tinggi. Hal ini mungkin dikarenakan kondisi nori yang memiliki air bebas yang tinggi. Suhu pengeringan digunakan untuk menguapkan air bebas yang tidak terikat dengan

bahan. Setelah air bebas dari bahan habis, maka dilanjutkan dengan laju pengeringan menurun. Dimana pada penelitian ini hanya terjadi sebentar sebelum bahan mencapai kadar air kesetimbangan. Hal yang



Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu dengan laju pengeringan (a) nori komposisi A, (b) nori komposisi B, (c) nori komposisi C

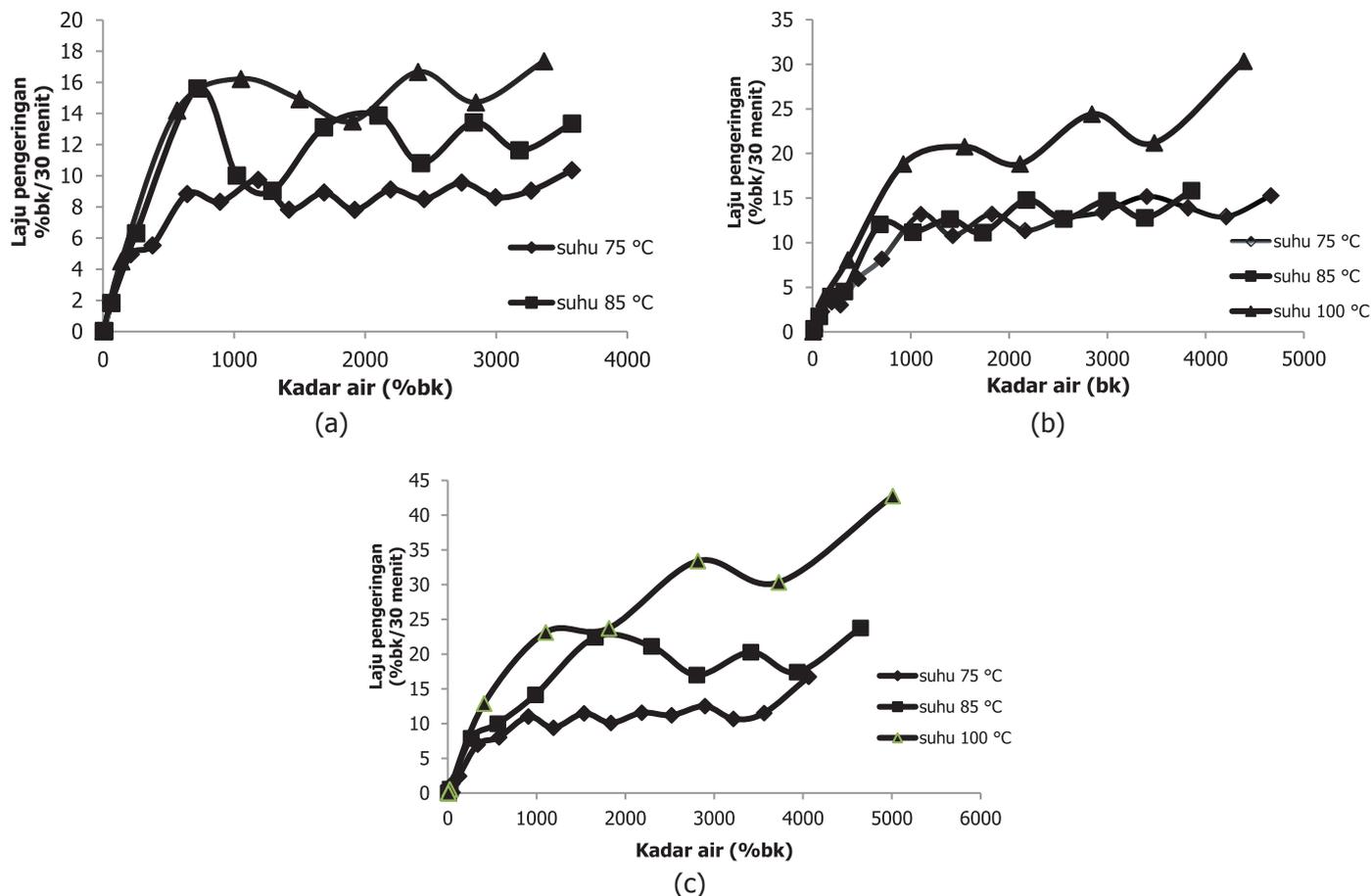
berbeda terjadi proses pengeringan dengan bahan pertanian yang tidak memiliki kandungan air bebas seperti pengeringan biji kemiri (Murad dkk., 2015), pengeringan rumput laut *Ulva* sp dan *Sargassum* sp (Prasetyo dkk., 2018) dan pengeringan rumput laut *Euचेuma cottonii* (Fithriani dkk., 2016) yang didominasi dengan laju pengeringan menurun.

Laju pengeringan komposisi A, B, dan C dapat dilihat pada Gambar 3. Dari grafik tersebut menunjukkan grafik laju pengeringan terhadap waktu pada awal pengeringan relatif datar jika dibandingkan dengan akhir pengeringan. Hal ini menunjukkan bahwa selama pengeringan laju pengeringan tetap terjadi di awal dan dilanjutkan dengan laju pengeringan menurun di akhir pengeringan. Hal ini sesuai yang dilaporkan Ummah dkk. (2016) tentang pengeringan irisan bawang merah bahwa laju pengeringan menurun terjadi pada akhir pengeringan. Dari Gambar 3 juga menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu udara pengeringan maka semakin pendek laju pengeringan tetapnya. Laju pengeringan tetap ini disebabkan karena bahan memiliki kandungan air bebas yang banyak

sehingga pada permukaan bahan berlangsung laju penguapan air bebas. Laju pengeringan menurun akan terjadi setelah kandungan air bebas dibahan tersebut habis dan digantikan dengan difusi air yang masih tersimpan di dalam bahan (Ummah dkk., 2016). Dalam penelitian ini bahan yang dikeringkan cukup tipis sehingga tidak terlalu banyak diamati terjadinya laju pengeringan menurun.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa laju pengeringan nori dipengaruhi oleh kadar air pada fase pengeringan menurun, penurunan kadar air nori akan menyebabkan penurunan laju pengeringan. Prasetyo dkk. (2017) melaporkan bahwa penurunan kadar air mengakibatkan penurunan laju pengeringan pada pengeringan jamur *Ganoderma lucidum* pada fase pengeringan menurun.

Konstanta laju pengeringan total pada setiap komposisi dan suhu pengeringan dihitung dan dilakukan uji statistik yang dapat dilihat pada Tabel 3. Dari hasil uji statistik *two way anova*, dapat diketahui bahwa variasi suhu pengeringan mempengaruhi laju pengeringan dari setiap komposisi nori ( $p < 0,05$ ). Pengaruh suhu terhadap laju pengeringan diuji lanjut DMRT. Hasil pengujian



Gambar 4. Grafik hubungan antara laju pengeringan dengan kadar air (a) nori komposisi A, (b) nori komposisi B, (c) nori komposisi C

statistik menunjukkan bahwa suhu pengeringan 100 °C memberikan laju pengeringan tertinggi. Hasil ini sesuai dengan yang dilaporkan Prasetyo dkk. (2018) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa suhu pengeringan 60 °C memiliki laju pengeringan paling tinggi dibandingkan suhu pengeringan dibawahnya. Chin dkk. (2009) menjelaskan bahwa laju perpindahan uap air yang besar pada bahan dapat terjadi karena penggunaan suhu pengering yang tinggi. Namun demikian, beberapa penelitian menyatakan bahwa penggunaan suhu yang

terlalu tinggi untuk pengeringan dapat merusak kandungan alami seperti antioksidan (Chin dkk., 2009; Fithriani dkk., 2016; Zakaria dkk., 2017).

### Model Pengeringan Lapisan Tipis

Kurva yang terbentuk antara nilai *moisture ratio* dengan waktu dievaluasi menggunakan empat model pengeringan lapisan tipis dan memberikan hasil sesuai dengan Tabel 4. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa perubahan nilai k Model Henderson dan Pabis

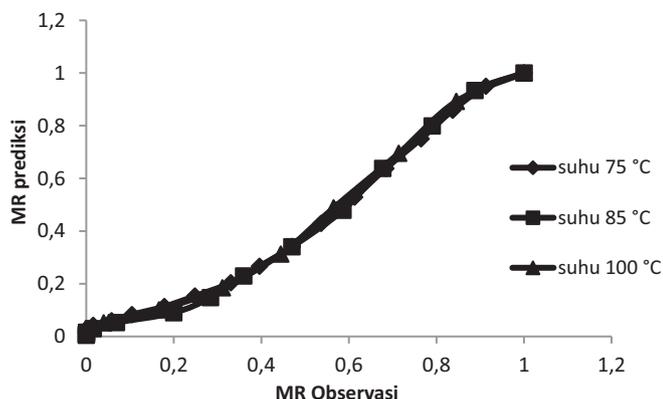
Tabel 3. Konstanta laju pengeringan nori pada berbagai komposisi dan suhu pengeringan

Suhu pengeringan (°C)	Laju pengeringan (%bk/ 30 menit)		
	Komposisi A	Komposisi B	Komposisi C
75	6,86 <sup>a</sup>	7,96 <sup>a</sup>	8,95 <sup>a</sup>
85	8,97 <sup>b</sup>	10,42 <sup>b</sup>	11,70 <sup>b</sup>
100	12,97 <sup>c</sup>	15,05 <sup>c</sup>	16,92 <sup>c</sup>

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p < 0,05$ )

Tabel 4. Model matematika pengeringan lapisan tipis

Komposisi	Suhu pengeringan (°C)	Model pengeringan	k	n	a	R <sup>2</sup>	RMSE		
A	75	Henderson dan Pabis	-0,0137		3,8651	0,7014	0,8306		
		Lewis	-0,0090			0,8271	0,2162		
		Page	0,0003	1,5578		0,9689	0,0699		
		Modified Page	0,0050	1,5578		0,8676	0,1832		
	85	Henderson dan Pabis	-0,0224			5,4849	0,6228	1,3263	
		Lewis	-0,0156				0,7641	0,2493	
		Page	0,0002	1,7107			0,9670	0,0758	
		Modified Page	0,0070	1,7107			0,8383	0,2021	
		100	Henderson dan Pabis	-0,0255			3,4625	0,6899	0,8292
			Lewis	-0,0182				0,8004	0,2297
			Page	0,0004	1,6760			0,9709	0,0685
			Modified Page	0,0091	1,6760			0,8479	0,1943
B	75	Henderson dan Pabis	-0,0112			2,3257	0,8250	0,3848	
		Lewis	-0,0087				0,9111	0,1406	
		Page	0,0006	1,4156			0,9810	0,0504	
		Modified Page	0,0055	1,4156			0,9156	0,1360	
	85	Henderson dan pabis	-0,0133				2,2255	0,8117	0,3826
		Lewis	-0,0101					0,8850	0,1674
		Page	0,0005	1,4935				0,9814	0,0504
		Modified page	0,0064	1,4935				0,8960	0,1565
	100	Henderson dan pabis	-0,0280				3,5254	0,7304	0,8385
		lewis	-0,0206					0,8390	0,1956
		page	0,0007	1,5978				0,9780	0,0588
		Modified page	0,0105	1,5978				0,8860	0,1599
C	75	Henderson dan Pabis	-0,0163			4,4952	0,6972	0,9724	
		Lewis	-0,0118				0,8299	0,2005	
		Page	0,0004	1,5348			0,9708	0,0669	
		Modified Page	0,0060	1,5348			0,8824	0,1626	
	85	Henderson dan pabis	-0,0267				5,6125	0,6503	1,3259
		Lewis	-0,0198					0,7664	0,2260
		Page	0,0003	1,7321				0,9719	0,0668
		Modified page	0,0086	1,7321				0,8488	0,1806
	100	Henderson dan pabis	-0,0443				6,2339	0,6800	1,6838
		Lewis	-0,0335					0,7712	0,2136
		Page	0,0004	1,7892				0,9750	0,0623
		Modified Page	0,0134	1,7892				0,8688	0,1608



Gambar 5. Grafik hubungan antara MR observasi dan MR prediksi Model Page pada pengeringan nori komposisi A pada beberapa suhu pengeringan

dan Model Lewis terjadi seiring dengan peningkatan suhu pengeringan. Sedangkan nilai  $k$  dan  $n$  model Page dan Modified Page tidak sebanding dengan kenaikan suhu pengeringan. Kondisi yang sama dilaporkan Arda dkk. (2016), Aregbesola dkk. (2015) dan Prasetyo dkk. (2018).

Dari Tabel 4 dapat terlihat bahwa nilai  $R^2$  Model Page pada semua komposisi perlakuan dan suhu pengeringan diatas 96%. Nilai  $R^2$  yang tinggi telah dilaporkan sebagai parameter kesesuaian model yaitu oleh Quequeto dkk. (2019) dalam pengeringan daun *Piper aduncum*, Santoso dkk. (2018) dalam pengeringan biji kopi robusta dan arabica, Fithriani dkk. (2016) dalam pengeringan rumput laut *E. cottonii*. Nilai RMSE digunakan untuk mengevaluasi model regresi linier dengan mengukur tingkat akurasi hasil perkiraan suatu model. Nilai RMSE yang rendah menunjukkan variasi nilai yang dihasilkan suatu model mendekati nilai observasinya. Pada Tabel 4 ditunjukkan bahwa nilai RMSE model Page pada semua komposisi perlakuan dan suhu pengeringan dibawah 0,08%. Nilai RMSE yang rendah untuk kesesuaian model juga dilaporkan oleh Mukmin dkk. (2021) dan Fithriani dkk. (2016). Dari nilai  $R$  dan RMSE yang diperoleh, menunjukkan bahwa Model Page merupakan model yang paling sesuai untuk menggambarkan karakteristik pengeringan nori. Hal yang berbeda ditunjukkan oleh Charmongkolpradit & Luampon (2017) yang melaporkan Model Midili lebih cocok untuk menggambarkan karakteristik pengeringan bubur singkong.

Dengan memasukkan nilai konstanta yang diperoleh maka persamaan Model Page untuk komposisi A secara urut pada suhu pengeringan 70 °C, 85 °C, dan 100 °C dapat dilihat pada Persamaan 4 hingga 6.

$$MR = \exp(-0,0003.t^{1,558}) \quad (4)$$

$$MR = \exp(-0,0002.t^{1,711}) \quad (5)$$

$$MR = \exp(-0,0004.t^{1,676}) \quad (6)$$

Salah satu penerapan model pengeringan adalah memprediksi nilai MR atau kadar air bahan, sehingga dapat menggambarkan proses yang terjadi selama proses pengeringan (Prasetyo dkk., 2018). Hal ini dapat dicontohkan pada Gambar 5 yang memperlihatkan hubungan antara MR prediksi dengan MR observasi pada pengeringan nori komposisi A.

## KESIMPULAN

Nori dengan komposisi *Ulva lactuca* yang lebih besar dan suhu pengeringan yang lebih rendah memberikan permukaan nori yang lebih halus sehingga komposisi A dengan suhu pengeringan 75 °C memberikan tampilan nori yang paling baik. Suhu pengeringan 100 °C memberikan waktu pengeringan yang lebih cepat. Karakteristik pengeringan nori didominasi dengan laju pengeringan tetap baru di akhir pengeringan menjadi laju pengeringan menurun. Laju pengeringan nori terbesar diperoleh pada suhu pengeringan tertinggi (100 °C) dengan nilai laju pengeringan kelompok A, B dan C secara berurutan adalah 12,97; 15,05; dan 16,92. Hasil evaluasi model pengeringan lapisan tipis menunjukkan bahwa model Page memiliki nilai  $R^2$  tertinggi dan nilai RMSE terendah pada semua kelompok komposisi nori dan suhu pengeringan. Sehingga model Page merupakan model yang paling sesuai untuk menggambarkan proses pengeringan nori dari campuran *Ulva lactuca* dan *E cottonii*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia tahun 2019, dan Universitas Gadjah Mada dalam Program Recognisi Tugas Akhir 2019 (Nomor Kontrak: 339/UN1/DITLIT/DIT-LIT LT/2019).

## KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa artikel ini asli hasil penelitian para penulis, hanya dipublikasikan pada jurnal ini dan tidak ada konflik kepentingan.

## DAFTAR PUSTAKA

Affah, N., Rahayuningtyas, A., & Kuala, S. I. (2017). Pemodelan Kinetika Pengeringan Beberapa Komoditas Pertanian

- Menggunakan Pengerian Inframerah. *agriTECH*, 37(2), 220. <https://doi.org/10.22146/agritech.10394>
- Anton. (2017). Pertumbuhan dan kandungan karaginan rumput laut (*Euclima*) pada spesies yang berbeda. *Jurnal Airaha*, 5(2), 10–17. <https://doi.org/10.15578/ja.v6i1.21>
- Arda, G., Kencana, P. K. D., Gunadnya, I., & Yulianti, N. L. (2016). Model pengeringan lapisan tipis rebung bambu "tabah" (*Gigantochloa nigrociliata* KURZ). *Rona Teknik Pertanian*, 9(1), 62–73. <https://doi.org/10.17969/rtp.v9i1.4408>
- Aregbesola, O. A., Ogunsina, B., Sofolahan, A. E., & Chime, N. N. (2015). Mathematical modeling of thin layer drying characteristics of dika (*Irvingia gabonensis*) nuts and kernels. *Nigerian Food Journal*, 33(1), 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.nifoj.2015.04.012>
- Charmongkolpradit, S., & Luampon, R. (2017). Study of thin layer drying model for cassava pulp. *Energy Procedia*, 138, 354–359. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.138>
- Chin, S. K., Law, C. L., Supramaniam, C. V., & Cheng, P. G. (2009). Thin-Layer drying characteristics and quality evaluation of air-dried Ganoderma tsugae Murrill. *Drying Technology*, 27(9), 975–984. <https://doi.org/10.1080/07373930902904350>
- Chukwunonye, C. D., Nnaemeka, N. R., Chijioke, O. V., & Obiora, N. C. (2016). *Thin Layer Drying Modelling for Some Selected Nigerian Produce : A Review Thin Layer Drying Modelling for Some Selected Nigerian Produce: A Review. January*. ISSN: 2381-6228
- Erniati, Zakaria, F. R., Prangdimurti, E., Adawiyah, D. R., Priosoeryanto, B. P., & Huda, N. (2018). Chemical evaluation of a nori-like product (Geluring) made from the mixture of gelidium sp. and ulva lactuca seaweeds. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 6(3), 664–671. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.08>
- Fithriani, D., Assadad, L., & Arifin, Z. (2016). Karakteristik dan model matematika kurva pengeringan rumput laut *Euclima cottonii*. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 11(2), 159. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v11i2.290>
- Gupta, S., Cox, S., & Abu-Ghannam, N. (2011). Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible Irish brown seaweed. *LWT - Food Science and Technology*, 44(5), 1266–1272. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.022>
- Handayani, T. (2016). Karakteristik dan Aspek biologi Ulva spp (Chlorophyta, Ulvaceae). *Oseana*, XLI(1), 1–8. ISSN 0216-1877
- Iswadi, D. (2019). Kajian eksperimen dan pemodelan pengeringan daun wasabi dalam pengering rak dengan pemanas gas. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 3(1). <https://doi.org/10.32493/jitk.v3i1.2595>
- Loupatty, V. D. (2014). Nori nutrient analysis from seaweed of *Porphyra marcosi* in Maluku Ocean. *Eksakta*, 14(2), 34–48. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol14.iss2.art4>
- Mukmin, M., Muhidong, J., & Azis, A. (2021). The Evaluasi kinerja model page pada pengeringan lapisan tipis umbi iles-iles. *Jurnal Agritechno*, 14(01), 18–25. <https://doi.org/10.20956/at.v14i1.399>
- Murad, Sukmawaty, Sabani, R., & Putra, G. M. D. (2015). (2015). Pengeringan biji kemiri pada alat pengering tipe batch model tungku berbasis bahan bakar cangkang kemiri. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 3(1), 122–127.
- Stevani, N., Mustofa, A., & Wulandari, Y.W. (2019). Pengaruh Lama Pengeringan dan Penambahan Karagenan Terhadap Karakteristik Nori Daun Kangkung (*Ipomoea reptans* Poir) The Influence of Drying Time and The Addition of Carrageenan to The Characteristic of Water Spinach Nori. *Jitipari*, 3(2), 85–96. <https://doi.org/10.33061/jitipari.v3i2.2690>
- Praphesti, L. A. (2017). *Karakterisasi produk inori dari rumput laut lokal ulva lactuca dan Glacilaria sp.* <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/87250>
- Prasetyo, D. J., Jatmiko, T. H., Poeloengasih, C. D., & Kismurtono, M. (2017). Drying characteristics and water-soluble polysaccharides evaluation of kidney shape ganoderma lucidum drying in air circulation system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 101(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/101/1/012012>
- Prasetyo, D. J., Jatmiko, T. H., & Poeloengasih, C. D. (2018). Karakteristik Pengeringan Rumput Laut Ulva sp. dan Sargassum sp. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v13i1.515>
- Putri, rosi cinditya tusya, & Ningtyas, seta ayu. (2017). *Pembuatan nori dari rumput laut campuran Ulva lactuca linnaeus dan Glacilaria sp.* 24.
- Quequeto, W. D., Siqueira, V. C., Mabasso, G. A., Isquierdo, E. P., Leite, R. A., Ferraz, L. R., Hoscher, R. H., Schoeninger, V., Jordan, R. A., Goneli, A. L. D., & Martins, E. A. S. (2019). Mathematical Modeling of Thin-Layer Drying Kinetics of Piper aduncum L. Leaves. *Journal of Agricultural Science*, 11(8), 225. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n8p225>
- Sajida. (2016). *Karakterisasi produk inori dari rumput laut campuran ulva lactuca dan euclima cottonii.* 1–45. <http://repository.ipb.ac.id>
- Santoso, D., Muhidong, D., & Mursalim, M. (2018). Model matematis pengeringan lapisan tipis biji kopi arabika

- (*coffea arabica*) dan biji kopi robusta (*Coffea canephora*). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 22(1), 86. <https://doi.org/10.25077/jtpa.22.1.86-95.2018>
- Teddy, M. S. (2009). Pembuatan nori secara tradisional dari rumput laut jenis *Glacilaria* sp. *Skripsi. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor*.
- Ummah, N., Purwanto, Y. A., & Suryani, A. (2016). Penentuan konstanta laju pengeringan bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) iris menggunakan Tunnel Dehydrator. *Warta IHP: Journal of Agro-Based Industry*, 33(2), 49–56. <http://dx.doi.org/10.32765/warta%20ihp.v33i02.3817>
- Valentine, G., Sumardianto, & Wijayanti, I. (2020). Karakteristik nori dari campuran rumput laut *Ulva lactuca* dan *Gelidium* sp. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(2), 295–302. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i2.32340>
- Zakaria, F. R., Priosoeryanto, B. P., Erniati, E., & Sajida, S. (2017). Karakteristik nori dari campuran rumput laut *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 12(1), 23. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v12i1.336>