

Pemodelan Kinetika Pengeringan Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Menggunakan Pengering Surya Efek Rumah Kaca

Modeling of Drying Kinetics of Eucheuma cottonii Using Greenhouse Effect Solar Dryer

Reski Febyanti Rauf, Program Studi Pendidikan Teknologi Pertanian, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Makassar, email: reski.febyanti@unm.ac.id

Abstrak

Salah satu tahapan penanganan pascapanen yang mempengaruhi kualitas rumput laut adalah proses pengeringan. Pengeringan rumput laut melibatkan parameter-parameter pengeringan yang kompleks sehingga menghasilkan kinetika pengeringan yang khas. Tujuan penelitian ini mengidentifikasi model matematika pengeringan lapisan tipis yang sesuai untuk menggambarkan kinetika pengeringan rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan menggunakan pengering surya efek rumah kaca. Pengeringan dilakukan dengan menghamparkan rumput laut segar di atas tray dan ditimbang setiap jam selama pengeringan berlangsung. Selanjutnya, dilakukan pengukuran kadar air, laju pengeringan, dan MR. Nilai MR diterapkan pada berbagai model matematika pengeringan lapisan tipis dan dilakukan *curve fitting* menggunakan analisis regresi nonlinear. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pengering surya efek rumah kaca secara efektif dapat menghasilkan rumput laut kering yang baik dalam jangka waktu yang relatif singkat. Adapun model yang paling akurat mendeskripsikan kinetika pengeringan rumput laut yaitu model Midilli dengan persamaan matematika $MR = 1,00192 \exp(-0,23914t^{1,14766}) + 0,00036t$. Model tersebut memiliki nilai R^2 0,99877 dan nilai χ^2 0,0001229. Tingkat kesesuaian hasil prediksi model matematika dengan hasil observasi sangat sesuai dengan nilai $R^2 = 0,99877$, $\chi^2 = 0,000103$, RMSE = 0,009914, SSE = 0,001966, dan EF = 0,998767. Nilai *effective moisture diffusivity* pengeringan rumput laut *Eucheuma cottonii* yaitu $2,54 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$.

Kata Kunci: Effective moisture diffusivity, Kinetika pengeringan, Pemodelan, Rumput laut

Abstract

One of the post-harvest handling steps that affect the quality of seaweed is the drying process. Seaweed drying involves complex drying parameters resulting in characteristic drying kinetics. This research aims to identify a mathematical model of thin-layer drying that is suitable for describing the drying kinetics of Eucheuma cottonii seaweed using a greenhouse effect solar dryer. Drying was done by spreading the fresh seaweed on a tray and weighing it every hour during the drying process. Furthermore, water content, drying rate, and MR were measured. MR values were applied to various mathematical models of thin-layer drying and curve fitting was performed using nonlinear regression analysis. The results showed that the use of greenhouse effect solar dryers can effectively produce good dry seaweed in a relatively short period of time. The model that most accurately describes the

*drying kinetics of seaweed is the Midilli model with the mathematical equation $MR = 1,00192 \exp(-0,23914t^{1,14766}) + 0,00036t$. The model has $R^2 = 0,99877$ and $\chi^2 = 0,0001229$. The level of concordance between the prediction model and the experimental model is very compatible with the value of $R^2 = 0,99877$, $\chi^2 = 0,000103$, $RMSE = 0,009914$, $SSE = 0,001966$, dan $EF = 0,998767$. The effective moisture diffusivity value for drying *Eucheuma cottonii* seaweed was $2,54 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$.*

Keywords: *Effective moisture diffusivity, Drying kinetics, Modeling, Seaweed*

Pendahuluan

Rumput laut merupakan salah satu dari tiga produk unggulan dan memiliki prospek paling tinggi pada pasar ekspor di Sulawesi Selatan (Hendrawati, 2016). Adanya permintaan pasar baik di dalam maupun di luar negeri menyebabkan kebutuhan rumput laut terus meningkat sehingga memicu kenaikan produksi rumput laut. Peningkatan produksi yang tinggi perlu diimbangi dengan peningkatan kualitas rumput laut ekspor melalui penanganan pascapanen. Salah satu tahapan penanganan pascapanen yang mempengaruhi kualitas rumput laut adalah proses pengeringan.

Pada prinsipnya, pengeringan rumput laut dilakukan untuk mendapatkan kadar air tertentu melalui proses transfer panas dan transfer massa (Patil dan Gawande, 2016). Proses tersebut dapat terjadi jika adanya perbedaan suhu dan tekanan udara antara bahan dan lingkungan (Dinçer dan Zamfirescu, 2016). Pada pengeringan rumput laut, petani memanfaatkan sinar matahari untuk menguapkan air dari bahan (Patre *et al.*, 2018). Rendahnya kadar air dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme sehingga rumput laut dapat bertahan lebih lama. Akan tetapi, kinerja pengeringan di bawah sinar matahari bergantung pada kondisi cuaca. Kondisi cuaca berpengaruh terhadap kapasitas produk yang dikeringkan dalam waktu tertentu.

Penggunaan pengering surya khususnya efek rumah kaca dapat mempercepat proses pengeringan rumput laut dengan memperhatikan indikator karakteristik pengeringan meliputi laju pengeringan, kadar air, suhu pengeringan, dan kelembaban udara ruang pengering (Yadollahinia *et al.*, 2008). Rumput laut yang dikeringkan menggunakan pengering surya dapat diidentifikasi, dihitung, dan dikendalikan kualitas dan kapasitas produknya (Tiwari, 2016) sehingga penggunaan pengering ini perlu dipertimbangkan dalam proses pengeringan rumput laut (Sahdev, 2014).

Proses pengeringan memiliki pemodelan yang didasarkan pada persamaan matematika yang secara khas menjelaskan kinetika pengeringan suatu bahan pangan. Setiap bahan pangan memiliki karakteristik pengeringan yang berbeda sehingga model yang dihasilkan memiliki perbedaan secara khas sesuai dengan jenis bahan tertentu yang dikeringkan. Penggunaan model matematika ini sangat penting untuk memprediksi performansi sistem pengeringan (Fithriani *et al.*, 2016). Kinetika pengeringan rumput laut digambarkan dalam bentuk model matematika yang bertujuan untuk merancang suatu alat pengering rumput laut dengan kondisi operasi yang efisien dan sesuai yang diinginkan. Pemodelan kinetika pengeringan telah banyak dilakukan

khususnya di Indonesia, akan tetapi karakteristik bahan, metode pengeringan, dan kinetika pengeringan yang khas memiliki potensi untuk menghasilkan model pengeringan yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi model matematika pengeringan lapisan tipis yang sesuai untuk menggambarkan kinetika pengeringan rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan menggunakan pengering surya efek rumah kaca.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Pengeringan dilakukan di dalam ruang pengering surya efek rumah kaca berdimensi 14 m x 8,5 m x 3,5 m dengan tray berukuran 1,2 m x 0,8 m x 0,05 m. Berat dan kadar air diukur menggunakan timbangan analitik KERN ABT 320-4M, oven BINDER ED-240, dan desikator. Pengukuran suhu dan kelembaban udara menggunakan Elitech RC-4 USB Temperature Data Logger dan higrometer Model DS102 USB Temperature and Humidity Data Logger.

Bahan yang keringkan merupakan rumput laut segar berwarna coklat jenis *Eucheuma cottonii* dengan umur panen 45 hari dengan berat rata-rata ± 59 g. Umur panen 45 hari merupakan umur panen yang memiliki produktivitas tertinggi untuk rumput laut *Eucheuma cottonii* (Rivai, 2020). Rumput laut ini berasal dari daerah Takalar, Sulawesi Selatan. Sebelum dikeringkan, rumput laut direndam dengan air laut untuk menjaga kesegaran dan meminimalisir penguapan.

Prosedur Pengeringan

Pengeringan rumput laut dilakukan selama 2 hari pada pukul 8 pagi sampai pukul 5 sore di dalam ruang pengering

surya efek rumah kaca. Rumput laut segar dihamparkan di atas *tray* sebanyak 2,5 kg berat basah. Selanjutnya, dilakukan pengukuran berat rumput laut setiap jam selama pengeringan berlangsung. Prinsip pengeringan yang dilakukan adalah pengeringan alami metode pengeringan lapisan tipis dengan memaksimalkan suhu panas matahari dengan sistem efek rumah kaca tanpa penggunaan *exhaust fan* sehingga kecepatan udara diabaikan. Suhu dan *relative humidity* (RH) di dalam ruang pengering diukur dengan menggunakan alat termometer dan *hygrometer* setiap 10 menit selama pengeringan.

Proses pengeringan dilakukan sampai kadar air mencapai kadar air kesetimbangan. Kemudian pengukuran kadar air dilakukan menggunakan metode oven dengan suhu 105°C (AOAC) (Demiray dan Tulek, 2014; Rahmat dan Adiandri, 2015). Dalam studi ini, pengukuran kadar air dilakukan setelah pengeringan untuk mengidentifikasi berat kering bahan. Selain itu, identifikasi kadar air sepanjang proses pengeringan juga dilakukan dengan menghitung perbandingan penurunan berat bahan dengan berat kering bahan (Yadollahinia *et al.*, 2008). Kadar air dapat diindikasikan sebagai persen dan dinyatakan dalam metode basis kering (Safrizal, 2010; Prakash dan Kumar, 2014) dengan rumus (Persamaan 1) berikut ini:

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

Nilai M adalah kadar air basis kering (%), $w(t)$ adalah berat rumput laut pada waktu t (g), dan d adalah berat bahan kering (g).

Pada prinsipnya laju pengeringan adalah kecepatan pengeringan yang

dikaitkan dengan banyak sedikitnya air yang menguap pada kurun waktu tertentu (Yadollahinia *et al.*, 2008). Laju pengeringan rumput laut menggambarkan pola penurunan kadar air dan penguapan air dari bahan selama pengeringan berlangsung (Ramli *et al.*, 2017; Hall, 1980). Laju pengeringan dapat ditentukan dengan menghitung selisih kadar air basis kering rumput laut terhadap waktu (Fithriani *et al.*, 2016), ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$DR = -\frac{dW}{dt} = -\frac{W_{i+1} - W_i}{t_{i+1} - t_i} \quad (2)$$

DR adalah laju pengeringan rumput laut *Eucheuma cottonii* (% per jam), W adalah kadar air basis kering (%), t adalah waktu (jam), W_i adalah kadar air basis kering terhadap t_i (%), dan W_{i+1} adalah kadar air basis kering terhadap t_{i+1} (%).

Model Matematika

Model matematika pengeringan lapisan tipis dihitung berdasarkan data *moisture ratio* (MR) hasil observasi. MR

rumpuit laut selama pengeringan dihitung dengan menggunakan rumus (Persamaan 3) berikut:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (3)$$

Dimana, MR merupakan *moisture ratio*, M_t untuk kadar air pada waktu tertentu, M_e adalah kadar air kesetimbangan, dan M_o untuk kadar air awal (Fudholi *et al.*, 2011; OBSERVASIIbrahim *et al.*, 2009; Taheri *et al.*, 2011).

Data digambarkan dalam grafik hubungan terhadap waktu dan ditransformasikan dalam bentuk linear. Nilai konstanta pengeringan diidentifikasi sebagai k, a, b, dan n. nilai ini merupakan hasil permodelan yang digunakan untuk menghasilkan nilai MR model melalui analisis regresi nonlinear. Model matematika pengeringan lapisan tipis yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Model Matematika Pengeringan Lapisan Tipis

No.	Model	Equation	Reference
1	Newton	MR = exp (-kt)	(Lewis, 1921)
2	Henderson-Pabis	MR = a exp (-kt)	(Henderson dan Pabis, 1961)
3	Page	MR = exp (-kt ⁿ)	(Page, 1949)
4	Modified Page	MR = exp (-kt ⁿ)	(Overhults <i>et al.</i> 1973)
5	Logarithmic	MR = a exp (-kt) + b	(Yagcioglu <i>et al.</i> 1999)
6	Midilli	MR = a exp (-kt ⁿ) + bt	(Midilli <i>et al.</i> 2002)

a, b, k, n – konstanta pengeringan; MR - *moisture ratio*; t – waktu pengeringan (h)

Effective Moisture Diffusivity

Pada periode laju pengeringan menurun, air yang terkandung dalam bahan bergerak secara difusi menuju ke permukaan. *Effective moisture diffusivity* dilakukan untuk mengidentifikasi laju aliran air yang berdifusi dari dalam bahan

selama pengeringan. Hadi *et al.* (2019) menguraikan bahwa perpindahan massa air pada bahan dilakukan dengan asumsi bahan berbentuk irisan lapisan tipis atau slab, serta tebal bahan lebih kecil dari panjang dan lebarnya. Hal ini bertujuan untuk menyeragamkan perpindahan massa secara seragam dan searah. Dalam pengeringan

rumput laut, penentuan *effective moisture diffusivity* dilakukan sesuai dengan Persamaan Hukum Fick Kedua (Persamaan 4) dengan asumsi bentuk geometri bahan yaitu slab.

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-D_{eff}t \left(\frac{\pi}{2l} \right)^2} \right) \quad (4)$$

Persamaan 4 dapat disederhanakan dan disusun ulang menjadi Persamaan 5 untuk pengeringan yang berlangsung lama.

$$\ln(MR) = \ln \frac{8}{\pi^2} - D_{eff} \left(\frac{\pi}{2l} \right)^2 t \quad (5)$$

Dari Persamaan 5, nilai *effective moisture diffusivity* dapat diperoleh dari hasil plot data grafik hubungan nilai $\ln MR$ dan waktu. Berdasarkan nilai *slope* dari grafik, maka nilai *effective moisture diffusivity* dihitung menggunakan rumus (Persamaan 6) berikut:

$$Slope = -D_{eff} \left(\frac{\pi^2}{4l^2} \right) \quad (6)$$

Dimana, nilai D_{eff} adalah *effective moisture diffusivity* (m^2/s) dan L adalah ketebalan bahan (m).

Analisis Data

Analisis kesesuaian model dilakukan untuk mengidentifikasi model pengeringan yang terbaik dengan menggunakan indikator nilai R^2 (Coefficient of Determination), χ^2 (Reduced Chi-Square), RMSE (Root Mean Square Error), SSE (Sum of Squared Errors), dan EF (increased modeling efficiency) (Taheri *et al.*, 2011; Yadollahinia *et al.*, 2008; Liang *et al.*, 2018; Meisami dan Rafiee 2009). Nilai R^2 digunakan sebagai kriteria pembandingan untuk menghitung tingkat keakuratan

model. Nilai χ^2 digunakan untuk menguji hubungan atau pengaruh antar variabel dan menghitung tingkat kesesuaian model (Doymaz *et al.*, 2006; Sarpong *et al.*, 2019). Nilai SSE dan RMSE merupakan penyimpangan antara nilai prediksi model dengan nilai hasil observasi. Semakin tinggi nilai R^2 dan semakin rendah nilai χ^2 , SSE, dan RMSE, maka semakin tinggi tingkat kesesuaian suatu model (Omolola *et al.*, 2019). Nilai EF digunakan untuk menunjukkan bagaimana perilaku pengeringan suatu produk diprediksikan oleh model matematika secara akurat. Semakin tinggi nilai EF, maka semakin akurat kemampuan suatu model dalam melakukan prediksi. Nilai R^2 , χ^2 , RMSE, SSE, and EF dihitung dengan Persamaan 7 - 11 sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{pre,i}) \cdot \sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{exp,i})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{pre,i})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{exp,i})^2 \right]}} \quad (7)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - z} \quad (8)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{N}} \quad (9)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \quad (10)$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{i,exp} - MR_{i,exp,mean})^2 - \sum_{i=1}^N (MR_{i,pre} - MR_{i,exp})^2}{\sum_{i=1}^N (MR_{i,exp} - MR_{i,exp,mean})^2} \quad (11)$$

Dimana N adalah jumlah data observasi, z adalah jumlah konstanta model matematika, $MR_{pre,i}$ adalah nilai MR prediksi, $MR_{exp,i}$ adalah nilai MR observasi, dan $MR_{exp,mean}$ adalah nilai rata-rata dari MR observasi (Omolola *et al.*, 2019; Suherman dan Susanto, 2019).

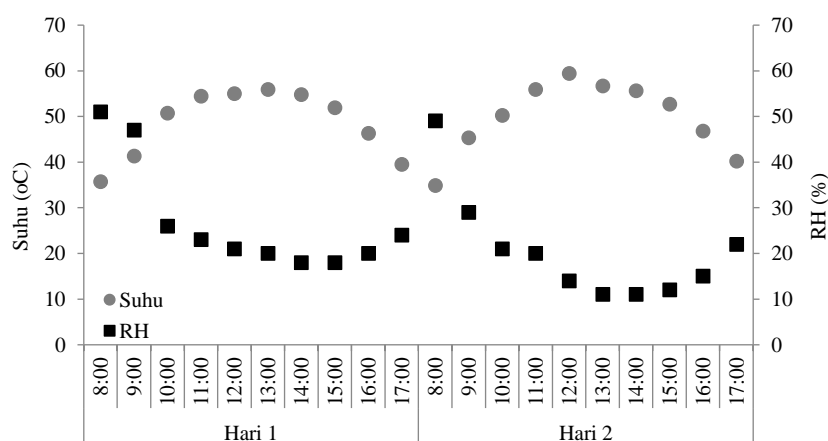
Semua data observasi dianalisis secara statistik menggunakan R Statistic Software version 4.0.2 Windows Version.

Hasil dan Pembahasan

Kinetika Pengeringan *Eucheuma cottonii*

Profil suhu dan kelembaban udara selama proses pengeringan ditunjukkan pada Gambar 1. Suhu udara dalam ruang pengering mengalami peningkatan khususnya menjelang siang hari dengan suhu mencapai 59,4°C. Ruang pengering yang tertutup dan beratap transparan memudahkan cahaya matahari dapat masuk ke dalam ruangan dan memaksimalkan suhu udara di dalam ruangan. Udara panas yang terperangkap meningkatkan laju penguapan uap air di dalam ruang pengering sehingga tekanan uap air menjadi rendah (Ekechukwu dan Norton, 1999). Menurunnya jumlah uap air di udara akibat penguapan berdampak pada penurunan RH di dalam ruangan yang

mencapai 11%. Proses ini digambarkan pada grafik hubungan suhu dan RH selama pengeringan yang berbanding terbalik. Kondisi ruang pengering dengan suhu yang tinggi dan RH yang rendah menguntungkan dalam proses pengeringan. Menurut Islami *et al.* (2017) dalam penelitiannya menyatakan bahwa ruang pengering dengan kelembaban yang rendah akan menyebabkan udara panas lebih mudah menyerap uap air dari bahan yang dikeringkan. Hal ini terkait dengan perbedaan tekanap uap air antara bahan dan ruang pengering sehingga memicu perpindahan panas dan massa. Berdasarkan profil suhu dan kelembaban relatif yang diperoleh, penggunaan pengering surya efek rumah kaca secara efektif dapat menghasilkan rumput laut kering yang baik dalam jangka waktu yang relatif singkat.



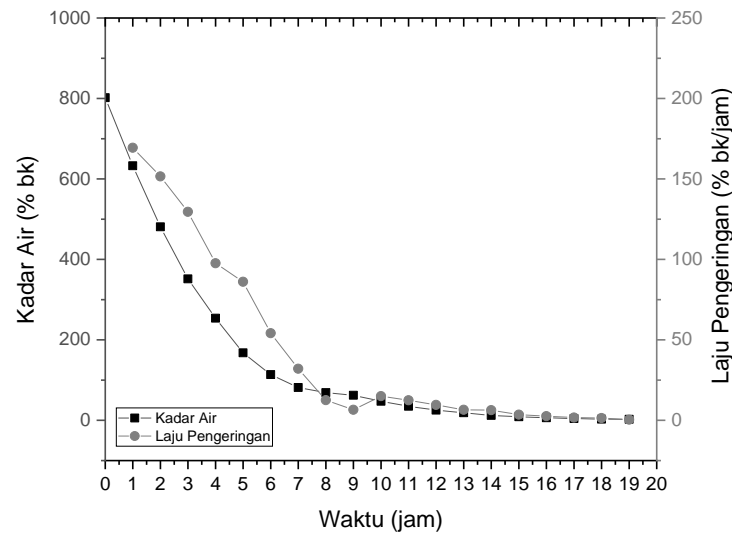
Gambar 1. Hubungan antara suhu udara dan RH ruang pengering selama proses pengeringan

Peningkatan suhu udara dalam ruang pengering memicu terjadinya penguapan air dari dalam bahan sehingga menyebabkan berkurangnya kadar air bahan. Pengeringan rumput laut yang ditandai dengan perpindahan panas dan massa secara simultan dalam jangka waktu tertentu digambarkan dalam grafik hubungan kadar air, laju pengeringan, dan waktu pada Gambar 2. Grafik tersebut

menunjukkan tingginya laju pengeringan pada periode awal proses pengeringan khususnya pada jam pertama dengan nilai 169,376 %bk/jam. Hal ini mengindikasikan besarnya penurunan kadar air pada awal pengeringan yang disebabkan tingginya kandungan air bebas dalam bahan yang bergerak ke permukaan dan mengalami penguapan. Akan tetapi, semakin panjang waktu pengeringan maka semakin besar

pengaruhnya terhadap penurunan laju pengeringan. Sebagian besar air bebas dalam bahan telah teruapkan dan sisanya merupakan air terikat yang sulit untuk

berdifusi ke permukaan sehingga laju pengeringan mengalami penurunan khususnya pada periode akhir pengeringan.



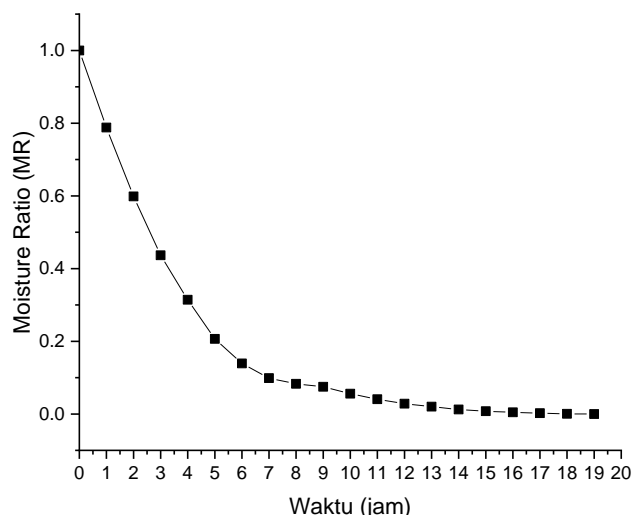
Gambar 2. Hubungan antara kadar air, laju pengeringan, dan waktu pengeringan

Fenomena ini menggambarkan karakteristik yang khas pada pengeringan rumput laut yang ditandai dengan proses laju pengeringan menurun. Hall (1980) dalam bukunya menjelaskan bahwa ada dua proses yang terjadi pada laju pengeringan menurun yaitu proses difusi air dari dalam bahan ke permukaan dan proses perpindahan air dari permukaan bahan ke udara. Pada fenomena laju pengeringan menurun, jumlah air di permukaan yang menguap ke udara lebih besar dibandingkan jumlah air yang berdifusi dari dalam bahan ke permukaan. Mekanisme yang dominan dalam proses ini adalah proses difusi air yang tersisa dari dalam bahan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk keluar sehingga menyebabkan semakin menurunnya laju pengeringan. Karakteristik pengeringan ini cenderung mengarah pada *Fick's Second Law of Diffusion* yang menggambarkan karakteristik pengeringan bahan-bahan biopolimer yang umumnya berlangsung

dengan laju pengeringan menurun (Wankhade *et al.*, 2013).

Pemodelan Kurva Pengeringan

Karakteristik pengeringan rumput laut digambarkan dengan grafik korelasi nilai *moisture ratio* (MR) dan waktu pengeringan pada Gambar 3. Berdasarkan grafik tersebut, nilai MR mengalami penurunan seiring dengan menurunnya kadar air. Kurva pengeringan yang terbentuk menginterpretasikan faktor-faktor yang berperan dalam penurunan kadar air, seperti perubahan suhu dan RH. Santoso *et al.* (2018) menguraikan dampak suhu tinggi memicu proses perpindahan panas dan massa yang lebih cepat sehingga waktu yang diperlukan untuk menghilangkan kadar air bahan lebih singkat. Fithriani *et al.* (2016) juga menjelaskan bahwa kombinasi faktor-faktor pengeringan yang bekerja dalam meningkatkan difusifitas air memiliki pengaruh yang besar dalam meningkatkan konstanta pengeringan.



Gambar 3. Hubungan antara MR dan waktu pengeringan

Berdasarkan pola grafik MR pada Gambar 3, maka dilakukan analisis untuk menentukan model persamaan matematika pengeringan lapisan tipis yang sesuai untuk menggambarkan kinetika pengeringan

rumpun laut dengan menggunakan persamaan nonlinear. Adapun model pengeringan yang diuji dan nilai konstanta hasil analisisnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Model Pengeringan Lapisan Tipis *Eucheuma cottonii*

Model	Persamaan Matematika	Konstanta Pengeringan				R ²	χ ²
		k	a	b	n		
Lewis	MR = exp (-0,29206t)	0,29206	-	-	-	0,99566	0,0003637
Henderson-Pabis	MR = 1,03119 exp (-0,30056t)	0,30056	1,03119	-	-	0,99656	0,0003045
Page	MR = exp (-0,24097t ^(1,13478))	0,24097	-	-	1,13478	0,99862	0,0001221
Modified Page	MR = exp (- (0,28535t) ^(1,13462))	0,28535	-	-	1,13462	0,99862	0,0001221
Logarithmic	MR = 1,03498 exp (-0,29396t) - 0,00701	0,29396	1,03498	-0,00701	-	0,99678	0,0003019
Midilli	MR = 1,00192 exp (-0,23914t^(1,14766)) + 0,00036t	0,23914	1,00192	0,00036	1,14766	0,99877	0,0001229

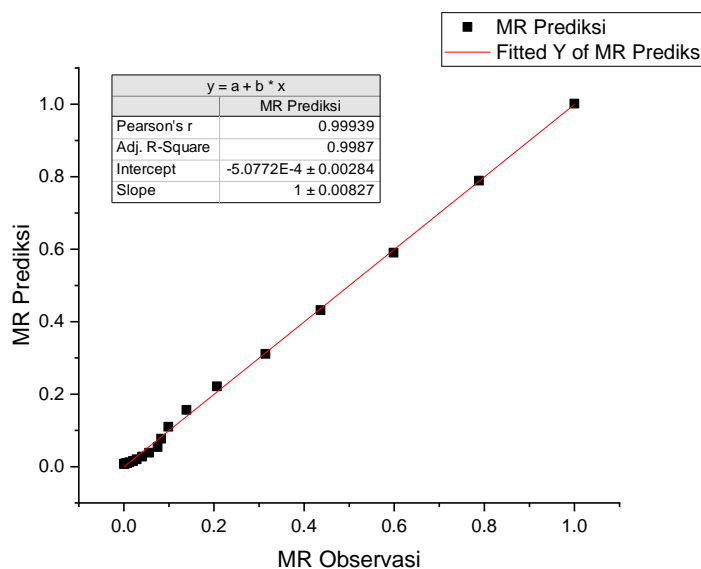
Hasil analisis pengujian model pengeringan lapisan tipis yang ditunjukkan pada Tabel 2 mengindikasikan bahwa model Midilli merupakan model matematika yang sesuai untuk menggambarkan kinetika pengeringan rumput laut. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai R² yang paling tinggi

dibandingkan dengan model lainnya dan nilai χ² yang paling rendah dari model lainnya. Model Midilli umumnya banyak digunakan untuk menggambarkan karakteristik pengeringan bahan hasil pertanian, termasuk rumput laut. Pada penelitian Prasetyo *et al.* (2018), model yang sesuai untuk menggambarkan

pengeringan rumput laut *Ulva sp.* dan *Sargassum sp.* adalah model Midilli.

Pengaplikasian model Midilli ditunjukkan pada Gambar 4 pada kurva perbandingan MR prediksi dan MR observasi. MR prediksi merupakan hasil persamaan matematis model Midilli yang dibandingkan dengan data hasil observasi pengeringan rumput laut. Grafik tersebut menunjukkan korelasi antara MR prediksi dan MR observasi. Sudut kurva yang terbentuk mendekati sudut 45 derajat (Prasetyo *et al.*, 2018) yang

mengindikasikan kesesuaian MR prediksi dengan MR observasi. Adapun hasil analisis statistik yang menunjukkan tingkat keakuratan model, kesesuaian, penyimpangan, dan kemampuan model dalam melakukan prediksi ditunjukkan dalam Tabel 3. Model pengeringan ini dapat digunakan untuk memprediksi kandungan air bahan pada berbagai waktu pengeringan sehingga proses pengeringan dapat dikendalikan sesuai dengan hasil yang diinginkan.



Gambar 4. Hubungan antara MR prediksi dan MR observasi

Tabel 3. Hasil Statistik Model Pengeringan Lapisan Tipis *Eucheuma cottonii*

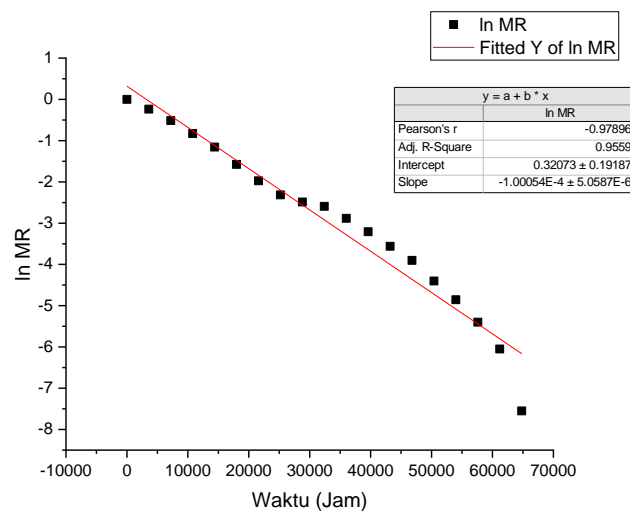
Model	R ²	χ ²	RMSE	SSE	EF
Lewis	0,99677	0,000364	0,018588	0,006910	0,995664
Henderson-Pabis	0,99668	0,000288	0,016553	0,005480	0,996562
Page	0,99871	0,000116	0,010481	0,002197	0,998621
Modified Page	0,99871	0,000116	0,010481	0,002197	0,998621
Logarithmic	0,99678	0,000270	0,016018	0,005132	0,996780
Midilli	0,99877	0,000103	0,009914	0,001966	0,998767

Effective Moisture Diffusivity

Effective moisture diffusivity pada dasarnya menunjukkan pergerakan air dari dalam bahan ke permukaan akibat adanya perbedaan tekanan uap air. Kemampuan difusi air dari dalam bahan akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu, akan tetapi kecenderungan pengaruh faktor lainnya juga dapat mempengaruhi difusivitas suatu bahan, seperti luas permukaan, ketebalan, kecepatan udara, RH, waktu pengeringan, dan faktor lainnya.

Berdasarkan hasil plot data nilai ln

MR dan t yang ditunjukkan pada Gambar 5, diidentifikasi nilai *slope* dari hasil linearitas kurva yang merupakan nilai Deff. Adapun nilai *effective moisture diffusivity* rumput laut yang dikeringkan menggunakan pengering surya efek rumah kaca yaitu $2,54 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$. Umumnya, nilai *effective moisture diffusivity* berada pada selang 10^{-13} dan $10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$, akan tetapi sebagian besar bahan pangan atau lebih dari 90% berada pada selang 10^{-12} dan $10^{-8} \text{ m}^2/\text{detik}$ (Afifah *et al.*, 2017; Zogzas dan Maroulis, 1996).



Gambar 5. Hubungan antara ln MR dengan waktu pengeringan

Simpulan

Proses pengeringan rumput laut *Eucheuma cottonii* memberikan informasi mengenai penggunaan pengering surya efek rumah kaca yang secara efektif dapat menghasilkan rumput laut kering yang baik dalam jangka waktu yang relatif singkat. Adapun model matematika yang paling sesuai untuk menggambarkan karakteristik laju pengeringan rumput laut *Eucheuma cottonii* adalah model Midilli dengan persamaan matematika $MR = 1,00192 \exp(-0,23914t^{(1,14766)}) + 0,00036t$. Model tersebut memiliki nilai R^2 0,99877 dan nilai

χ^2 0,0001229. Tingkat kesesuaian hasil prediksi model matematika dengan hasil observasi sangat sesuai dengan nilai $R^2 = 0,99877$, $\chi^2 = 0,000103$, $RMSE = 0,009914$, $SSE = 0,001966$, dan $EF = 0,998767$. Nilai *effective moisture diffusivity* pengeringan rumput laut *Eucheuma cottonii* yaitu $2,54 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$.

Daftar Pustaka

Afifah, N., A. Rahayuningtyas, S.I. Kuala. 2017. Pemodelan Kinetika Pengeringan Beberapa Komoditas Pertanian Menggunakan Pengering

- Inframerah. *AGRITECH* Vol. 37 (2): 220 – 228.
- Demiray, E., Y. Tulek. 2014. Drying Characteristics of Garlic (*Allium sativum* L) Slices in A Convective Hot Air Dryer. *Heat Mass Transfer* Vol. 50: 779 - 786.
- Dinçer, İ., C. Zamfirescu. 2016. Drying Phenomena: Theory and Applications. John Wiley & Sons, Ltd. United Kingdom.
- Doymaz, I., N. Tugrul, M. Pala. 2006. Drying Characteristics of Dill and Parsley Leaves. *Journal of Food Engineering* Vol. 77: 559 - 565.
- Ekechukwu, O.V., B. Norton. 1999. Review of Solar-Energy Drying Systems II: An Overview of Solar Drying Technology. *Energy Conversion and Management* Vol. 40: 615 - 655.
- Fithriani, D., L. Assadad, Z. A. Siregar. 2016. Karakteristik dan Model Matematika Kurva Pengeringan Rumput Laut *Euchemum cottonii*. *JPB Kelautan dan Perikanan* Vol. 11 (2): 159 – 170.
- Fudholi, A., M.H.Ruslan, M.Y.Othman, M.A.Yahya. 2011. Design and Testing of Solar Dryer for Drying Kinetics of Seaweed in Malaysia. Conference Paper, July 2011. Recent Researches in Geography, Geology, Energy, Environment and Biomedicine.
- Garavand-Amin Taheri, Shahin Rafiee, and Alireza Keyhani. 2011. Mathematical Modeling Of Thin Layer Drying Kinetics of Tomato Influence Of Air Dryer Conditions. Department Of Agricultural Machinery Engineering University Of Tehran, Karaj, Iran. *International Transaction Journal Of Engineering, Management, & Applied Science & Technologies* Vol. 2 (2): 147 - 160.
- Hadi, T., I. M. Bendiyasa, R. Sudiyo. 2019. Studi Pengeringan Bambu dengan Pemanfaatan Gas Buang (Flue Gas) Pembakaran Gerabah. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem* Vol. 7 (1): 34 – 42.
- Hall, C. W. 1980. Drying and storage of agricultural crops. The AVI Publishing Inc., Westport, Connecticut, U.S.A.: 291 – 308.
- Henderson S.M., Pabis S. 1961. Grain Drying Theory I: Temperature Effect on Drying Coefficient. *Journal of Agricultural Engineering Research* Vol.6: 169 – 174.
- Hendrawati, T.Y. 2016. Pengolahan Rumput Laut dan Kelayakan Industrinya. UMJ Press. Jakarta.
- Ibrahim, M., Sopian, K., & Daud, W.R.W. 2009. Study of The Drying Kinetics of Lemon Grass. *American Journal of Applied Sciences* Vol. 6 (6): 1070 – 1075.
- Islami, A., Murad, A. Priyati. 2017. Karakteristik Pengeringan Bawang Merah (*Allium Ascalonicum*, L) Menggunakan Alat Pengering ERK (Greenhouse). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem* Vol.5 (1): 330 – 338.
- Lewis W.K. 1921. The Rate of Drying of Solid Materials. *Industrial and Engineering Chemistry* Vol. 13 (5): 427 – 432.
- Liang Y., Zhonghuan H., Ling Y., Shouyong X., Mingjin Y., (2018), Hot-air drying characteristics and quality evaluation of bitter melon slice, *INMATEH - Agricultural Engineering* Vol. 55 (2): 53 – 62.
- Meisami-asl E., Rafiee S. 2009. Mathematical Modeling of Kinetics

- of Thin-layer Drying of Apple (var. Golab). *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol 11: 1 – 11.
- Midilli A., Kucuk H., Yapar Z. 2002. A New Model for Single Layer Drying. *Drying Technology* Vol. 120 (7): 1503 – 1513.
- Omolola, A.O., P.F. Kapila, H.M. Silungwe. 2019. Mathematical Modeling of Drying Characteristics of Jew's Mallow (*Corchorus olitorius*) Leaves. *Information Processing in Agriculture* Vol. 6: 109 - 115.
- Overhults, D.G., G.M. White, H.E. Hamilton, I.J. Ross. 1973. Drying Soybeans with Heated Air. *Transactions of The ASAE* Vol. 16: 112 – 113.
- Page G. 1949. *Factors Influencing The Maximum Rate of Air Drying Shelled Corn in Thin-Layers*. Purdue University. West Lafayette.
- Patil, R., R. Gawande. 2016. A Review on Solar Tunnel Greenhouse Drying System. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. 56: 196 – 214.
- Patre, R.L., A. S. Mahajan, A. R. Bhavsar. 2018. Solar Green House Drying. *International Journal of Engineering Development and Research* Vol. 6 (3): 192 – 196.
- Prakash, O., A. Kumar. 2014. Solar Greenhouse Drying: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. 29: 905 – 910.
- Prasetyo, D.J., T.H. Jatmiko, & C.D.Poeloengasih. 2018. Karakteristik Pengerian Rumput Laut *Ulva* sp. Dan *Sargassum* sp. *JPB Kelautan dan Perikanan* Vol. 13 (1): 1 – 12.
- Rachmat, R., R.S. Adiandri. 2015. Evaluation of Dried Straw Mushroom (*Volvariella volvacea*) Characteristic Drying by Far Infra Red. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian* Vol. 12 (1): 47 – 52.
- Ramli, I. A., Jamaluddin, S. Yanto. 2017. Laju Pengerian Gabah Menggunakan Pengerian Tipe Efek Rumah Kaca (ERK). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian* Vol. 3: S158 - S164.
- Rivai, A.A., H. Syam, R.F. Rauf, J. Jamaluddin. 2020. Pengaruh Umur Panen terhadap Produksi Rumput Laut *Euclima cottonii* di Kabupaten Takalar saat Musim Timur. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian* Vol. 6 (2): 361 – 371.
- Safrizal, Refli. 2010. *Kadar Air Bahan. Teknik Pasca Panen*. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala.
- Sahdev, R.K. 2014. Open Sun and Greenhouse Drying of Agricultural and Food Products: A Review. *International Journal of Engineering Research and Technology* Vol. 3 (3): 1053 – 1066.
- Santoso, D., D. Muhidong, Mursalim. 2018. Model Matematis Pengerian Lapisan Tipis Biji Kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan Biji Kopi Robusta (*Coffea canephora*). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas* Vol. 22 (1): 86 – 95.
- Sarpong, F., C. Zhou, J. Bai, L.P. Amenorfe, M.K. Golly, H. Ma. 2019. Modeling of Drying and Ameliorative Effects of Relative Humidity (RH) Against β -carotene Degradation and Color of Carrot (*Daucus carota* var.) Slices. *Food*

- Science and Biotechnology Vol. 28 (1): 75 – 85.
- Suherman, S., E.E.Susanto. 2018. Mathematical Modelling of Paddy Drying Usiang Fluidized Bed Dryer. 1st Internasional Symposium of Indonesia Chemical Engineering (ISICChem). IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 543.
- Tiwari, A. 2016. A Review on Solar Drying of Agricultural Produce. Journal of Food Processing and Technology Vol. 7 (9): 1 – 12.
- Wankhade, P. K., Dr.R.S. Sapkal, Dr.V.S. Sapkal. 2013. Drying Characteristic of Okra Slices on Drying in Hot Air Dryer. Procedia Engineering Vol. 51: 371 – 374.
- Yadollahinia, A.R., M. Omid and S. Rafiee. 2008. Design and Fabrication of Experimental Dryer for Studying Agricultural Products. Int. J. Agri.Bio., Vol. 10: 61 – 65.
- Yagcioglu A., Degirmencioglu A., Cagatay F. 1999. Drying Characteristic of Laurel Leaves Under Different Conditions. In: A Bascetincelik (Ed), Proceedings of The 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy: 565 – 569. Adana, Turkey: Fakulty of Agriculture, Çukurova University.
- Zogzas N. P., Maroulis Z. B. 1996. Effective moisture diffusivity estimation from drying data. A comparison between various methods of analysis. Drying Technology Vol. 14 (7 & 8): 1543 – 1573.

Halaman ini sengaja dikosongkan