

KARAKTERISTIK PENGERINGAN RUMPUT LAUT *Ulva* sp. DAN *Sargassum* sp.

Drying Characteristics of Ulva sp. and Sargassum sp. Seaweeds

Dwi Joko Prasetyo*, Tri Hadi Jatmiko, dan Crescentiana Dewi Poeloengasih

Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia,
Jalan Jogja-Wonosari KM 31,5, Gunungkidul, DI Yogyakarta, Indonesia

*Korespondensi Penulis: prasetyo_dwijoko@yahoo.co.id

Diterima: 12 Februari 2018; Direvisi: 19 Maret 2018; Disetujui: 23 April 2018

ABSTRAK

Dalam penelitian ini karakteristik pengeringan dari rumput laut *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. telah dipelajari. Proses pengeringan dilakukan pada kondisi variasi suhu 40, 50, dan 60 °C di dalam alat pengering laboratorium. Laju pengeringan dievaluasi dengan empat model pengeringan lapis tipis, yakni Newton, Page, Two-Term, dan Midilli. Model yang paling sesuai ditentukan dari nilai *sum square error* (SSE) dan *root mean square error* (RMSE) terendah, serta nilai *r* tertinggi. Laju pengeringan kedua rumput laut memperlihatkan adanya periode laju pengeringan menurun dan tidak ada periode laju pengeringan konstan pada pengeringan *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. Hasil menunjukkan bahwa laju pengeringan meningkat seiring peningkatan kadar air dan suhu, dan laju pengeringan menurun seiring dengan berjalannya waktu. Laju pengeringan tertinggi diperoleh pada suhu 60 °C untuk *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model Midilli memiliki nilai SSE dan RMSE terendah, serta nilai *r* tertinggi. Berdasarkan hasil tersebut model Midilli merupakan model yang paling sesuai untuk menggambarkan laju pengeringan *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp.

KATA KUNCI: pengeringan, rumput laut, *Ulva* sp., *Sargassum* sp.

ABSTRACT

*In this project drying characteristic of Ulva sp. and Sargassum sp. were studied. Drying process was conducted using laboratory scale dryer at various temperatures (40, 50, and 60 °C). Four different thin layer drying models, i.e., Newton, Page, Two-term and Midilli were used to evaluate the drying kinetics. The most appropriate model was determined based on the lowest value of sum square error (SSE) and root mean square error (RMSE), and the highest value of *r*. There was only decrease period and no constant drying period in drying rate of Ulva sp. and Sargassum sp. The results showed that drying rate increased as moisture content and temperature increased, while drying rate decreased as drying time increased. The highest drying rate was obtained at 60°C for Ulva sp. and Sargassum sp. The evaluation reveals that Midilli model has the lowest value of SSE and RMSE and the highest value of *r* at all condition. Based on the results, it was found that Midilli model was the appropriate model to describe the drying rate of Ulva sp. and Sargassum sp.*

KEYWORDS: drying, seaweed, *Ulva* sp., *Sargassum* sp.

PENDAHULUAN

Rumput laut *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. merupakan rumput laut yang banyak ditemukan di Pantai Sepanjang, Yogyakarta. Kedua jenis rumput laut tersebut banyak dimanfaatkan oleh masyarakat pesisir Pantai Sepanjang baik sebagai bahan pangan maupun komoditas perdagangan. Rumput laut hijau *Ulva* sp. memiliki berbagai manfaat, antara lain

sebagai sumber zat warna (Haryatfrehni, Dewi, Meilianda, Rahmawati, & Sari 2015), polisakarida ulvan (Robic, Sassi, & Lahaye, 2008), serat (Yaich et al., 2011; Yaich et al., 2015) dan protein (Tabarsa, Rezaei, Ramezanpour, & Waaland, 2012), serta sebagai sumber antioksidan (Kurniasih, Pramesti, & Ridlo, 2014). Rumput laut coklat *Sargassum* sp. juga memiliki potensi yang luar biasa di samping merupakan sumber alginat yang dapat dimanfaatkan sebagai pengemulsi,

penstabil dan pensuspensi (Kadi, 2005), serta sebagai sumber antioksidan (Norra, Aminah, & Suri, 2016). Berbagai manfaat tersebut menyebabkan kedua rumput laut memiliki nilai ekonomis. Pada umumnya kedua jenis rumput laut ini mengalami *blooming* saat musim kemarau, sehingga banyak dipanen oleh masyarakat sekitar Pantai Sepanjang. Rumput laut yang telah dipanen kemudian dikeringkan untuk dijual kepada pengepul atau diolah sendiri. Rumput laut *Ulva* sp. telah diolah menjadi keripik ulva oleh masyarakat sekitar dan dapat juga diolah menjadi produk nori ulva (Zakaria, Priosoeryanto, Erniati, & Sajida, 2017).

Pada umumnya proses pengeringan rumput laut di tingkat masyarakat dilakukan secara langsung di pantai dengan bantuan sinar matahari. Metode pengeringan ini merupakan metode pengeringan paling mudah dan paling murah, namun memerlukan waktu cukup lama, yaitu 3-5 hari tergantung intensitas sinar matahari (Djaeni, Sasongko, & van Boxtel, 2013; Masduqi, Izzati, & Prihastanti, 2014). Selain itu pengeringan dengan menggunakan metode penjemuran umumnya menghasilkan produk yang kurang higienis serta berkualitas rendah (Djaeni et al.; Gothandapani, Parvathi, & Kennedy, 1997). Fudholi, Sopian, Othman, & Ruslan (2014) melaporkan bahwa dengan metode pengeringan *solar dryer* proses pengeringan rumput laut merah dapat dipercepat menjadi 15 jam atau 2 hari saja. Suherman et al. (2018) juga melaporkan bahwa metode pengeringan dengan *solar dryer* memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada metode pengeringan dengan sinar matahari langsung.

Salah satu aspek penting dalam penentuan laju proses pengeringan adalah penggunaan pemodelan

matematika proses pengeringan. Pemodelan matematika proses pengeringan memperlihatkan karakteristik dari proses pengeringan bahan tersebut. Evaluasi model pengeringan lapis tipis telah diterapkan pada berbagai jenis rumput laut seperti *Eucheuma cottonii* (Djaeni & Sari, 2015; Fithriani, Assadad, & Siregar, 2016), *Ascophyllum nodosum* (Kadam, Tiwari, & O'Donnell, 2015), dan *Himanthalia elongata* (Gupta, Cox, & Abu-Ghannam, 2011), namun belum pernah dilakukan pada rumput laut *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi model pengeringan yang sesuai untuk menggambarkan karakteristik pengeringan rumput laut *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput laut *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. yang diperoleh dari Pantai Sepanjang, Gunungkidul, DI Yogyakarta. Waktu pengambilan sampel disesuaikan dengan masa panen rumput laut yang dilakukan oleh masyarakat sekitar Pantai Sepanjang. *Ulva* sp. diambil pada bulan November 2017 dan *Sargassum* sp. diambil pada bulan Januari 2018. Rumput laut diambil langsung dari laut, kemudian dicuci dengan air laut, disortasi, dan diletakkan pada wadah berisi air laut untuk menjaga kondisi rumput laut. Proses pengeringan dilakukan pada hari berikutnya.

Dalam proses pengeringan ini, alat-alat yang dipergunakan adalah oven skala laboratorium UF110 Memmert (dimensi 560x480x400 mm, terdapat 2 buah



Gambar 1. Alat pengering skala laboratorium
Figure 1. Laboratory scale dryer

rak), anemometer Sanfix GM8902, termohigrometer BioTemp, neraca analitis digital (AND GR-300), dan *moisture analyzer* (AND MX-50).

Metode

Proses pengeringan

Proses pengeringan dilakukan pada variasi suhu 40, 50, dan 60 °C dengan sistem pengeringan udara tersirkulasi. Tiga level suhu tersebut dipilih karena pengeringan produk hasil pertanian dengan udara tersirkulasi disarankan dilakukan pada suhu 45-75 °C (Fithriani et al., 2016). Variasi suhu 40, 50, dan 60 °C juga telah diaplikasikan pada penelitian terdahulu tentang pengeringan rumput laut (Fithriani et al.; Fudholi et al., 2011). Pada setiap suhu percobaan kondisi oven diatur sama yakni pada kecepatan putaran kipas 50% dan bukaan *flap* 50%, sehingga menghasilkan debit udara pengering pada nilai 0,209-0,238 m³/menit. Massa rumput laut yang dikeringkan sebesar 600 g dan dibalik setiap 1 jam. Kelembaban udara relatif di dalam pengering selama proses pengeringan berada pada nilai 76-80%, sedangkan kelembaban udara relatif udara sekitar berada pada nilai 82-86%.

Parameter pengamatan dalam penelitian ini adalah:

- a. Pengukuran perubahan massa sampel sebanyak 10 g dilakukan setiap 15 menit dengan 3 kali ulangan dan dihentikan setelah massa sampel bahan konstan. Pengukuran massa dilakukan dengan mengeluarkan sampel dari oven dan setelah dilakukan pengukuran, sampel dengan cepat dikembalikan ke dalam oven. Meskipun terdapat selisih antara kelembaban udara relatif di dalam oven (76-80%) dan udara sekitar (82-86%), pada kondisi ini diasumsikan laju adsorpsi uap air sekitar ke dalam bahan diabaikan karena fluktuasi nilai kelembaban relatif bukan merupakan faktor yang signifikan pada kecepatan pengeringan pada buah dan sayuran (Onwude, Hashim, Janius, Nawi, & Abdan, 2016).
- b. Pengukuran kadar air akhir/kadar air keseimbangan dari sampel dilakukan dengan alat *moisture analyzer* pada suhu operasi 105 °C.
- c. *Moisture ratio* (MR) dihitung dengan persamaan berikut (Ibrahim, Sopian, & Daud, 2009):

$$MR = \frac{MC - MCe}{MC0 - MCe}$$

$$MC = \frac{Ww}{Wd}$$

Keterangan:

- MR = *Moisture ratio*
- MCe = kadar air keseimbangan, %
- MC0 = kadar air awal, %
- MC = kadar air pada waktu tertentu, %
- Ww = berat air yang teruapkan, gram
- Wd = berat kering, gram

- d. Laju pengeringan pada tiap waktu dihitung dengan persamaan berikut:

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

Keterangan:

- DR = laju pengeringan, gram air/gram bahan kering/menit
- M_{t+dt} = kadar air pada waktu t+dt, gram air/gram bahan kering
- M_t = kadar air pada waktu t, gram air/gram bahan kering
- dt = selisih waktu, menit

Nilai laju pengeringan total pada masing-masing rumput laut dan suhu ditentukan dengan persamaan di atas. Nilai laju pengeringan yang diperoleh kemudian diuji statistik. *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. merupakan dua jenis rumput laut dengan karakter yang sangat berbeda, sehingga uji statistik hanya dilakukan untuk melihat pengaruh suhu terhadap laju pengeringan. Uji statistik dilakukan dengan metode *One Way Completely Randomized ANOVA* menggunakan *software* CoStat untuk masing-masing rumput laut. Jika terdapat perbedaan signifikan, maka data diuji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

Model matematika pengeringan

Model matematika pengeringan *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. ditentukan dengan menggunakan data *moisture ratio* (MR) yang dihubungkan terhadap waktu, sehingga diperoleh kurva pengeringan. Kurva pengeringan kemudian dievaluasi menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square method*) di Microsoft Excel dengan mencari nilai *sum square error* (SSE) terkecil. Kurva hasil evaluasi kemudian dicocokkan dengan empat model pengeringan lapis tipis. Model pengeringan yang dipilih adalah Newton, Page, Two-Term, dan Midilli. Model Newton dan Page merupakan model yang umum dipilih dalam evaluasi pengeringan rumput laut. Beberapa penelitian memperlihatkan bahwa model Page sesuai untuk evaluasi model pengeringan rumput laut (Djaeni & Sari, 2015; Fithriani et al., 2016; Fudholi et al., 2011; Fudholi

Tabel 1. Model pengeringan yang digunakan
 Table 1. Mathematical models used

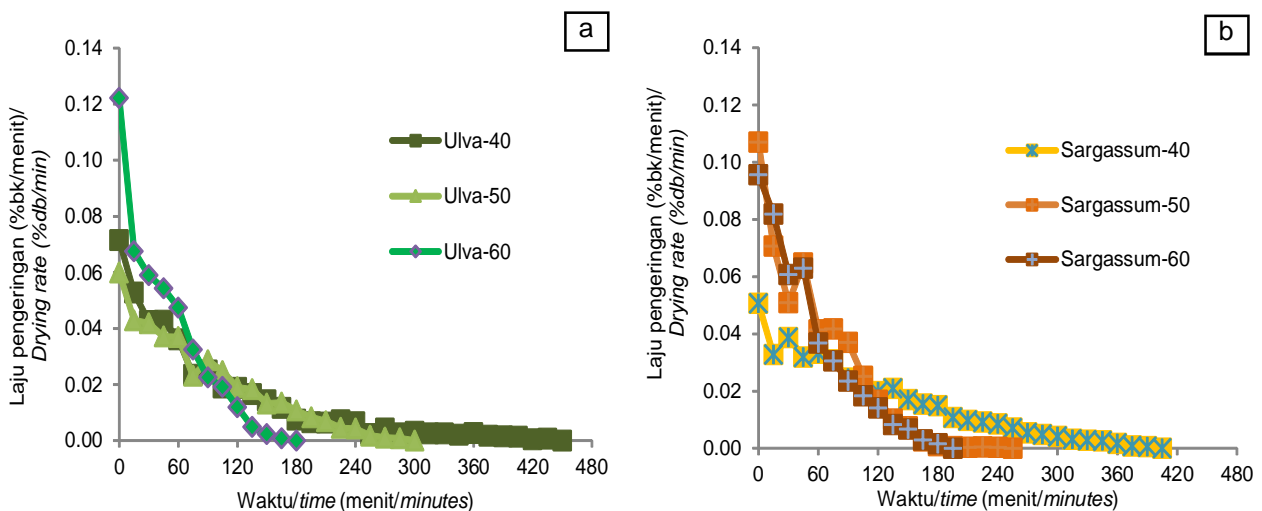
Model/Model	Persamaan/Equation	Pustaka/Reference
Newton	$MR = \exp(-kt)$	Djaeni & Sari, 2015; Fithriani et al., 2016; Fudholi et. al., 2011; Fudholi et al., 2014
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	Djaeni & Sari, 2015; Fithriani et al., 2016; Fudholi et. al., 2011; Fudholi et al., 2014
Two-term	$MR = a \exp(-kt) + a_1 \exp(-k_1t)$	Chin, et al., 2009; Ertekin & Yaldiz, 2004; Midilli, Kucuk, & Yapar 2002
Midilli	$MR = a \exp(-kt^n) + a_1t$	Chin, et al., 2009; Darvishi et. al., 2014; Ertekin & Yaldiz, 2004; Midilli et al., 2002

et al., 2014). Model Two-Term dan Midilli sering dipilih untuk evaluasi komoditas lain dengan model Midilli menjadi model yang sesuai (Chin, Law, Supramanian, & Cheng, 2009; Darvishi et al., 2014; Ertekin & Yaldiz, 2004; Tulek, 2011). Di sisi lain keempat model yang dipilih memiliki karakteristik yang berbeda. Model Newton dan Page diturunkan berdasarkan *Newton's Law of Cooling*, sedangkan model Two-term dan Midilli berdasarkan *Fick's Second Law of Diffusion* (Erbay & Icier, 2010). Oleh karena itu keempat model tersebut dikaji untuk melihat kesesuaian dengan proses pengeringan rumput laut, sehingga dapat diketahui karakteristik pengeringan rumput laut *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. Kurva yang terbentuk dari setiap model dievaluasi dengan *root mean square error* (RMSE) dan *coefficient of correlation* (r). Model yang paling cocok adalah kurva dengan nilai r tertinggi, serta nilai SSE dan RMSE terendah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Waktu Pengeringan dan Kadar Air terhadap Laju Pengeringan

Pengaruh waktu terhadap laju pengeringan *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. ditunjukkan pada Gambar 2. Laju pengeringan kedua rumput laut memperlihatkan fenomena yang sama, yakni didominasi oleh periode laju pengeringan menurun dan tidak adanya periode laju pengeringan konstan. Nilai laju pengeringan tertinggi diperoleh pada awal waktu pengeringan dan terus menurun sampai nilai terendah pada periode akhir pengeringan. Hasil ini sama untuk rumput laut *Euclima cottonii* (Fithriani et al., 2016) dan bahan lainnya (Darvishi et. al, 2014; Prasetyo, Jatmiko, Poeloengasih, & Kismurtono, 2017; Tulek, 2011). Pada laju pengeringan menurun, mekanisme fisik berupa



Gambar 2. Hubungan antara waktu dan laju pengeringan *Ulva* sp. (a) dan *Sargassum* sp. (b)
 Figure 2. Correlation between time and drying rate of *Ulva* sp. (a) and *Sargassum* sp. (b)

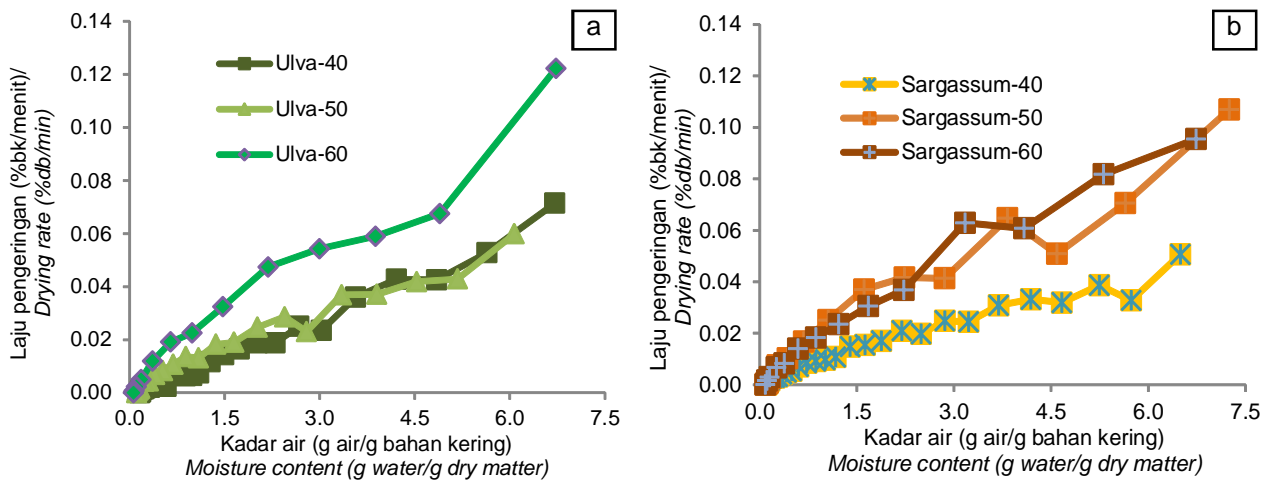
difusi air di dalam bahan merupakan faktor yang dominan (Lahsasni, Kouhila, Mahrouz, & Jaouhari, 2004).

Laju pengeringan kedua jenis rumput laut juga dipengaruhi oleh kadar air bahan seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Penurunan nilai kadar air mengakibatkan penurunan nilai laju pengeringan (Prasetyo et al., 2017). Gambar 4 memperlihatkan penurunan kadar air bahan seiring dengan bertambahnya waktu dan hal ini menyebabkan penurunan nilai laju pengeringan. Nilai laju pengeringan tinggi terjadi pada awal waktu pengeringan. Hal ini disebabkan masih tingginya kadar air bebas di permukaan bahan, sehingga air lebih mudah teruapkan. Pada proses pengeringan *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. laju pengeringan konstan tidak terjadi,

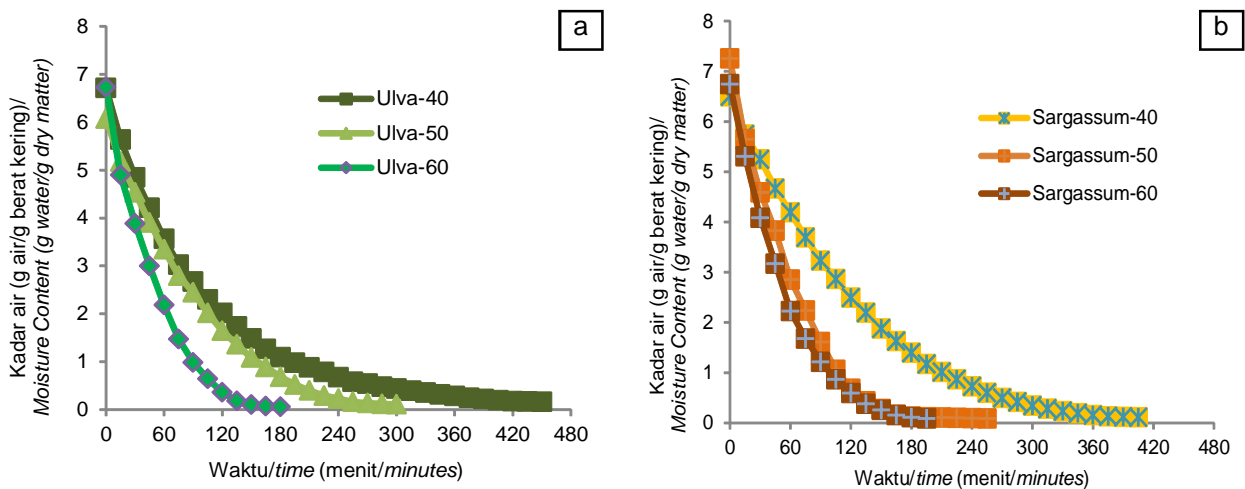
sehingga difusi merupakan mekanisme dominan pada proses pengeringan. Seiring bertambahnya waktu, air yang tersisa berada pada bagian dalam bahan, sehingga membutuhkan waktu untuk berdifusi menuju permukaan sebelum teruapkan. Hal ini yang menyebabkan semakin menurunnya laju pengeringan (Fithriani et al., 2016).

Pengaruh Suhu terhadap Laju Pengeringan

Nilai kadar air keseimbangan dan lama waktu pengeringan rumput laut *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. disajikan pada Tabel 2. Pada kedua jenis rumput laut terlihat bahwa kenaikan suhu pengeringan menyebabkan waktu pengeringan menjadi semakin singkat. Fenomena ini sama dengan hasil penelitian terdahulu pada rumput laut dan komoditas lain (Ertekin



Gambar 3. Hubungan antara kadar air dan laju pengeringan *Ulva* sp. (a) *Sargassum* sp. (b)
Figure 3. Correlation between moisture content and drying rate of *Ulva* sp. (a) *Sargassum* sp. (b)



Gambar 4. Hubungan antara waktu dan kadar air *Ulva* sp. (a) *Sargassum* sp. (b)
Figure 4. Correlation between time and moisture content of *Ulva* sp. (a) *Sargassum* sp. (b)

Tabel 2. Kadar air keseimbangan dan waktu pengeringan rumput laut *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp.
 Table 2. Equilibrium moisture contents and drying time of *Ulva* sp. and *Sargassum* sp. seaweeds

Rumput Laut/ Seaweeds	Suhu/ Temperature (°C)	Kadar Air Keseimbangan/ Equilibrium Moisture Content (%)	Waktu Pengeringan/ Drying Time (Menit/Minutes)
<i>Ulva</i> sp./	40	14.10	450
<i>Ulva</i> sp.	50	9.89	300
	60	6.03	180
<i>Sargassum</i> sp./	40	9.83	405
<i>Sargassum</i> sp.	50	8.11	225
	60	8.09	195

& Yaldiz, 2004; Gupta et al., 2011; Prasetyo et al., 2017). Pada suhu 40 dan 50 °C, *Ulva* sp. membutuhkan waktu pengeringan lebih lama dan kadar air keseimbangan lebih tinggi dibandingkan dengan *Sargassum* sp., sedangkan pada suhu 60 °C terjadi fenomena yang sebaliknya. Nilai kadar air keseimbangan berbagai suhu dari *Ulva* sp. memiliki rentang nilai yang lebih lebar (6,03-14,10%) dibanding dengan *Sargassum* sp. (8,09-9,83 %). Pada kedua rumput laut terdapat fenomena yang sama, yakni kenaikan suhu menyebabkan penurunan kadar air keseimbangan bahan.

Laju pengeringan total pada masing-masing bahan dan variasi suhu pengeringan yang diperoleh kemudian dihitung dan dilakukan uji statistik yang hasilnya disajikan pada Tabel 3. Dari hasil uji statistik dapat diketahui bahwa pada kedua jenis rumput laut, suhu mempengaruhi nilai laju pengeringan ($p < 0,05$). Pengaruh suhu terhadap laju pengeringan diuji lebih lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Hasil uji menunjukkan bahwa laju pengeringan tertinggi kedua rumput laut diperoleh pada suhu pengeringan 60 °C. Hal ini sejalan dengan hasil

penelitian yang dilakukan oleh Ertekin & Yaldiz (2004) bahwa semakin tinggi suhu pengeringan, maka laju pengeringan akan semakin cepat. Pada suhu yang lebih tinggi, perbedaan suhu antara permukaan bahan dan udara pengering semakin besar. Hal ini memicu peningkatan jumlah uap air yang teruapkan, sehingga laju pengeringan juga meningkat (Chin et al., 2009). Akan tetapi penggunaan suhu pengeringan yang terlalu tinggi tidak disarankan karena akan merusak komponen aktif pada bahan (Chin et al.; Fithriani et al., 2016; Tulek, 2011).

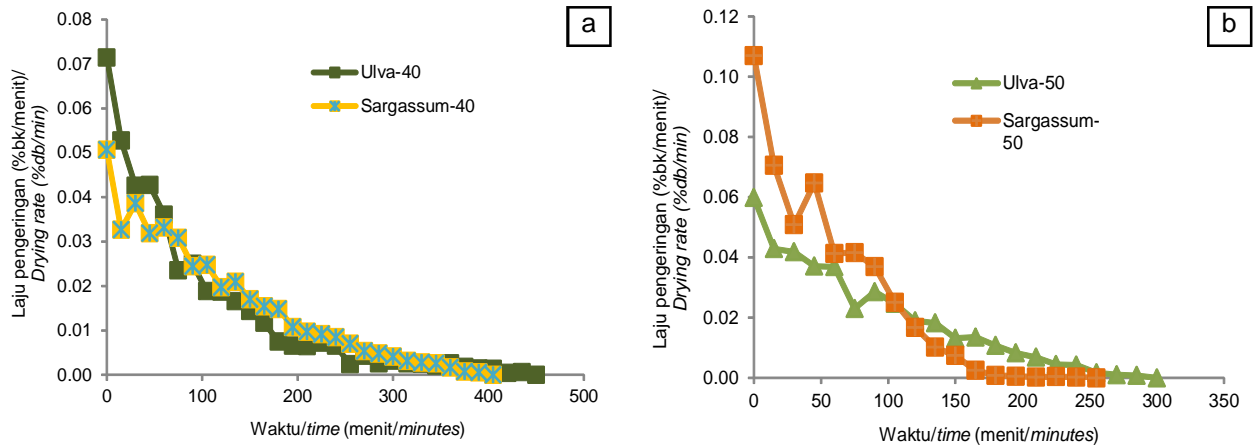
Laju pengeringan dipengaruhi oleh sifat bahan dan kondisi operasi pengeringan. Dalam penelitian ini kedua jenis rumput laut memiliki sifat yang berbeda. *Ulva* sp. memiliki bentuk seperti lembaran daun tipis, sedangkan rumput laut *Sargassum* sp. memiliki bentuk yang lebih tebal dan lebih kompleks dengan adanya bentuk seperti batang dan daun. Hal ini menyebabkan penempatan *Sargassum* sp. di dalam oven menjadi lebih ringkas daripada *Ulva* sp., sehingga pada proses pengeringan *Sargassum* sp. udara panas dapat menjangkau seluruh permukaan bahan dibandingkan pengeringan pada *Ulva* sp. Oleh karena

Tabel 3. Laju pengeringan *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. pada berbagai Suhu
 Table 3. Drying rate of *Ulva* sp. and *Sargassum* sp. at various temperatures

Suhu/Temperature (°C)	Laju Pengeringan/Drying Rate (Air/Berat Kering(g/g)/Menit/Water/Dry Matter (g/g)/Minutes)	
	<i>Ulva</i> sp./ <i>Ulva</i> sp.	<i>Sargassum</i> sp./ <i>Sargassum</i> sp.
40	0.0145 ^c	0.0158 ^c
50	0.0199 ^b	0.0281 ^b
60	0.0370 ^a	0.0341 ^a

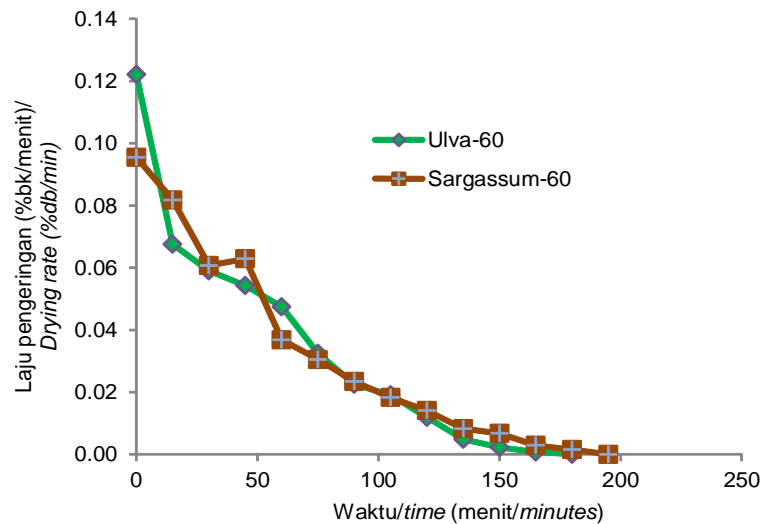
Keterangan/Note :

Huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata untuk kolom yang sama/ The same letter shows no significant difference for the same column



Gambar 5. Hubungan antara waktu dan laju pengeringan *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. pada suhu 40 °C (a) dan 50 °C (b)

Figure 5. Correlation between time and drying rate of *Ulva* sp. and *Sargassum* sp. at temperature of 40 °C (a) and 50 °C (b)



Gambar 6. Hubungan antara waktu dan laju pengeringan *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. pada suhu 60 °C

Figure 6. Correlation between time and drying rate of *Ulva* sp. and *Sargassum* sp. at temperature of 60 °C

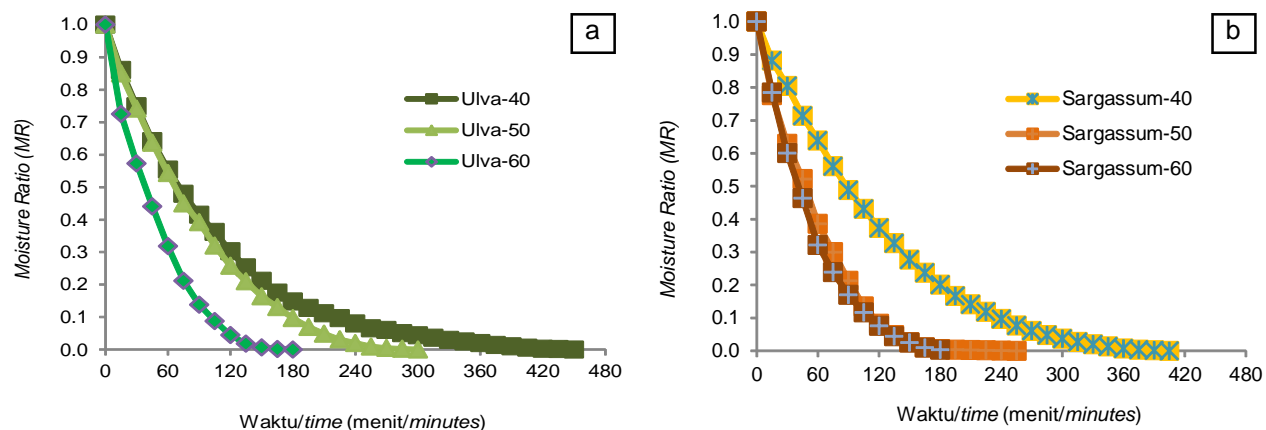
itu, pada suhu 40 dan 50 °C waktu pengeringan *Sargassum* sp. lebih singkat dibandingkan *Ulva* sp. (Tabel 2).

Sebaliknya pada suhu pengeringan 60 °C, *Ulva* sp. memerlukan waktu pengeringan lebih singkat daripada *Sargassum* sp. Hasil penelitian menunjukkan tidak dijumpai adanya fase laju pengeringan konstan pada proses pengeringan *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. pada berbagai variasi suhu. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses difusi merupakan mekanisme dominan yang terjadi selama proses pengeringan. Peningkatan kecepatan pengeringan *Ulva* sp. pada suhu 60 °C menunjukkan adanya

kemungkinan perubahan mekanisme yang terjadi selama proses pengeringan, sehingga pada suhu tersebut *Ulva* sp. lebih cepat kering dibandingkan *Sargassum* sp.

Model Matematika Pengeringan *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp.

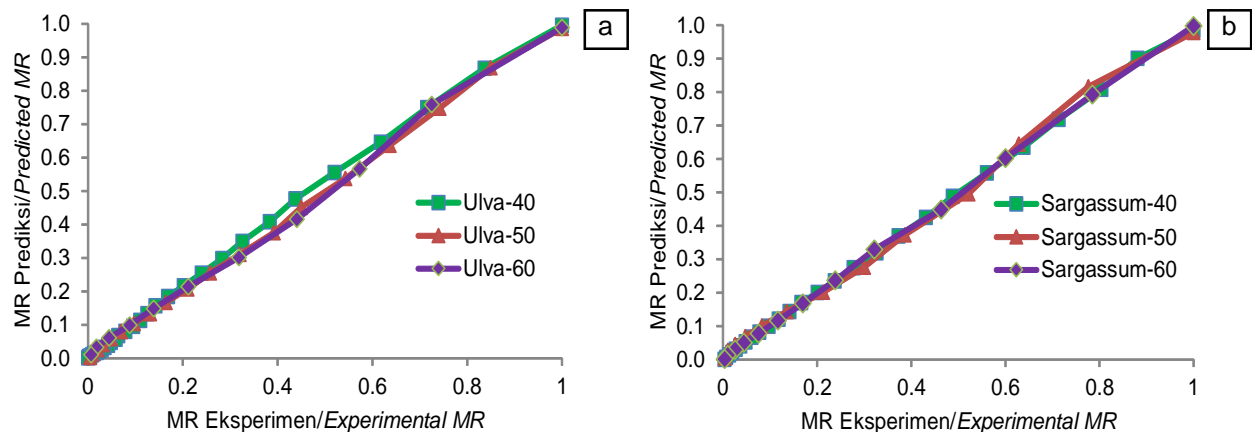
Korelasi antara nilai *moisture ratio* (MR) dan waktu disajikan pada Gambar 7. Kurva yang terbentuk kemudian dievaluasi dengan empat model pengeringan lapis tipis dan hasil evaluasi disajikan pada Tabel 4. Hasil evaluasi kurva pengeringan kedua jenis rumput pada berbagai variasi suhu memperlihatkan model



Gambar 7. Hubungan antara waktu dan MR *Ulva* sp. (a) *Sargassum* sp. (b)
 Figure 7. Correlation between time and MR of *Ulva* sp. (a) *Sargassum* sp. (b)

Tabel 4. Evaluasi Model Matematika
 Table 4. Mathematical Models Evaluation

Rumput Laut/ Seaweeds	Suhu/ Temperature (°C)	Model/ Models	Konstanta/ Constants		SSE	r	RMSE	
<i>Ulva</i> sp./ <i>Ulva</i> sp.	40	New ton	k =	0.0102	0.0025	0.9997	0.0148	
		Page	k =	0.0080	n = 1.0505	0.0010	0.9998	0.0083
		Two-term	a =	1.0234	k = 0.0104	0.0018	0.9997	0.0147
		Midilli	a =	-0.0234	k1 = 0.9987	0.0007	0.9999	0.0000
				a1 =	0.0000	k = 1.0410		
	50	New ton	k =	0.0115	0.0212	0.9973	0.0344	
		Page	k =	0.0048	n = 1.1876	0.0060	0.9986	0.0286
		Two-term	a =	1.0783	k = 0.0124	0.0150	0.9969	0.0403
		Midilli	a =	-0.0783	k1 = 0.9995	0.0017	0.9995	0.0007
				a1 =	-0.0001	k = 1.1237		
	60	New ton	k =	0.0207	0.0117	0.9969	0.0318	
		Page	k =	0.0115	n = 1.1431	0.0065	0.9977	0.0260
Two-term		a =	1.0592	k = 0.0218	0.0102	0.9967	0.0322	
Midilli		a =	-0.0592	k1 = 0.9999	0.0034	0.9987	0.0010	
			a1 =	-0.0002	k = 1.0654			
<i>Sargassum</i> sp./ <i>Sargassum</i> sp.	40	New ton	k =	0.0087	0.0244	0.9977	0.0334	
		Page	k =	0.0035	n = 1.1857	0.0047	0.9992	0.0255
		Two-term	a =	1.0759	k = 0.0094	0.0160	0.9975	0.0407
		Midilli	a =	-0.0759	k1 = 0.9987	0.0011	0.9998	0.0005
				a1 =	-0.0001	k = 1.1482		
	50	New ton	k =	0.0174	0.0203	0.9962	0.0400	
		Page	k =	0.0072	n = 1.2039	0.0080	0.9978	0.0289
		Two-term	a =	1.0898	k = 0.0188	0.0156	0.9961	0.0414
		Midilli	a =	-0.0898	k1 = 0.9995	0.0059	0.9982	0.0026
				a1 =	-0.0001	k = 1.2021		
	60	New ton	k =	0.0191	0.0096	0.9984	0.0237	
		Page	k =	0.0092	n = 1.1753	0.0014	0.9995	0.0137
Two-term		a =	1.1073	k = 0.0210	0.0045	0.9987	0.0237	
Midilli		a =	-0.1073	k1 = 0.9999	0.0005	0.9998	0.0003	
			a1 =	-0.0001	k = 1.1285			



Gambar 8. Hubungan antara MR eksperimen dengan MR prediksi pada pengeringan *Ulva* sp. (a) dan *Sargassum* sp. (b) pada suhu 40, 50, dan 60 °C

Figure 8. Correlation between experimental MR and predicted MR of *Ulva* sp. (a) and *Sargassum* sp. (b) drying at temperature of 40, 50, and 60 °C

Midilli merupakan model yang paling sesuai. Pada berbagai kondisi pengeringan, model Midilli memiliki nilai SSE dan RMSE terendah dan nilai r tertinggi. Perbandingan antara nilai MR hasil model dengan nilai MR eksperimen ditunjukkan pada nilai SSE, r , dan RMSE pada Tabel 4. Hasil ini menunjukkan bahwa proses pengeringan rumput laut *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. secara teoritis lebih cenderung mengikuti *Fick's Second Law of Diffusion* daripada *Newton's Law of Cooling*. Model Midilli lebih sering digunakan untuk evaluasi pengeringan komoditas lain dibanding dengan rumput laut, dan hasil ini sesuai dengan hasil terdahulu pada beberapa komoditas yang lain (Darvishi et al., 2014; Ertekin & Yaldiz, 2004; Prasetyo et al., 2017; Tulek, 2011). Model lain yang kesesuaiannya mendekati model Midilli adalah model Page. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya pada pengeringan berbagai jenis rumput laut (Djaeni & Sari, 2015; Fithriani et al., 2016; Fudholi et al., 2011; Fudholi et al., 2014).

Penerapan dari evaluasi model pengeringan dapat digunakan untuk memprediksi nilai MR atau kandungan air bahan pada berbagai waktu pengeringan, sehingga proses pengeringan dapat dikendalikan dan diperoleh hasil sesuai yang diinginkan. Contoh aplikasi adalah seperti pada Gambar 8 yang memperlihatkan korelasi antara MR eksperimen dan MR prediksi pada pengeringan *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. pada suhu 40, 50, dan 60 °C. Indikasi bahwa model terpilih sesuai dengan hasil aktual ditunjukkan dengan sudut kurva yang mendekati nilai 45 °C (Tulek, 2011).

KESIMPULAN

Laju pengeringan rumput laut *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp. memiliki karakteristik laju pengeringan menurun dan tanpa laju pengeringan konstan. Laju pengeringan kedua bahan menurun seiring dengan bertambahnya waktu, dan berbanding lurus dengan kandungan air bahan dan suhu. Hasil evaluasi model matematika memperlihatkan bahwa model Midilli memiliki nilai SSE dan RMSE terendah, serta nilai r tertinggi, sehingga model Midilli merupakan model yang paling sesuai untuk pengeringan kedua jenis rumput laut.

DAFTAR PUSTAKA

- 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. doi:10.1080/07373930902904350
- Darvishi, H., Rezaie, A., Asghari, A., Azadbakht, M., Najafi, G., & Khodaei, J. (2014). Study of the drying kinetics of pepper. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13(2), 130–138. doi:10.1016/j.jssas.2013.03.002
- Djaeni, M., & Sari, D. A. (2015). Low Temperature Seaweed Drying Using Dehumidified Air. *Procedia Environmental Sciences*, 23(Ictcred 2014), 2–10. doi:10.1016/j.proenv.2015.01.002
- Djaeni, M., Sasongko, S. B., & Van Boxtel, A. J. B. (2013). Enhancement of Energy Efficiency and Food Product Quality Using Adsorption Dryer with Zeolite. *International Journal of Renewable Energy*

- Development*, 2(2), 81–86. Retrieved from www.ijred.com
- Erbay, Z., & Icier, F. (2010). A review of thin layer drying of foods: Theory, modeling, and experimental results. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(5), 441–464. doi:10.1080/10408390802437063
- Ertekin, C., & Yaldiz, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model, 63, 349–359. doi:10.1016/j.jfoodeng.2003.08.007
- Fithriani, D., Assadad, L., & Siregar, Z.A. (2016). Karakteristik dan Model Matematika Kurva Pengeringan Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 11(2), 159-170. doi:10.15578/jpbkp.v11i2.290
- Fudholi, A., Othman, M. Y., Ruslan, M. H., Yahya, M., Zaharim, A., & Sopian, K. (2011). The effects of drying air temperature and humidity on drying kinetics of seaweed. *Recent Research in Geography, Geology, Energy, Environment and Biomedicine*, Corfu, 129-133.
- Fudholi, A., Sopian, K., Othman, M. Y., & Ruslan, M. H. (2014). Energy and exergy analyses of solar drying system of red seaweed. *Energy and Buildings*, 68(PARTA), 121–129. doi:10.1016/j.enbuild.2013.07.072
- Gothandapani, L., Parvathi, K., & Kennedy, Z. J. (1997). Evaluation of Different Methods of Drying on the Quality of Oyster Mushroom (*Pleurotus sp.*). *Drying Technology* 15(6-8), 1995-2004. doi:10.1080/07373939708917344
- 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. doi:10.1016/j.lwt.2010.12.022
- Haryatfrehni, R., Dewi, S.C., Meilianda, A., Rahmawati, S., & Sari, I.Z.R. (2015). Preliminary Study the Potency of Macroalgae in Yogyakarta: Extraction and Analysis of Algal Pigments from Common Gunungkidul Seaweeds. *Procedia Chemistry*, 14, 373-380. doi:10.1016/j.proche.2015.03.051
- Ibrahim, M., Sopian, K., & Daud, W. R. W. (2009). Study of the Drying Kinetics of Lemon Grass. *American Journal of Applied Sciences*, 6(6), 1070-1075. doi:10.3844/ajassp.2009.1070.1075
- Kadam, S. U., Tiwari, B. K., & O'Donnell, C. P. (2015). Effect of ultrasound pre-treatment on the drying kinetics of brown seaweed *Ascophyllum nodosum*. *Ultrasonics Sonochemistry*, 23, 302–307. doi:10.1016/j.ultsonch.2014.10.001
- Kadi, A. (2005). Beberapa Catatan Kehadiran Marga *Sargassum* di Perairan Indonesia. *Oseana*, XXX(4), 19-29. Retrieved from [oseanografi.lipi.go.id/dokumen/oseana_xxx\(4\)19-29.pdf](http://oseanografi.lipi.go.id/dokumen/oseana_xxx(4)19-29.pdf)
- Kurniasih, S. D., Pramesti, R., & Ridlo, A. (2014). Penentuan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rumput Laut *Ulva sp.* dari Pantai Krakal-Yogyakarta. *Journal of Marine Research*, 3(4), 617-626. Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/11423/11082>
- Lahsasni, S., Kouhila, M., Mahrouz, M., & Jaouhari, J. T. (2004). Drying Kinetics of Prickly Pear Fruit (*Opuntia ficus indica*). *Journal of Food Engineering*, 61(2), 173-179. doi:10.1016/S0260-8774(03)00084-0
- Masduqi, A. F., Izzati, M., & Prihastanti, E. (2014). Efek Metode Pengeringan Terhadap Kandungan Bahan Kimia dalam Rumput Laut. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, XXII(1), 1–9. Retrieved from <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/janafis/article/view/7804/6397>
- Midilli, A., Kucuk, H., & Yapar, Z. (2002). A New Model for Single-Layer Drying. *Drying Technology*, 20(7), 1503-1513. doi:10.1081/DRT-120005864
- Norra, I., Aminah, A., & Suri, R. (2016). Effects of drying methods, solvent extraction and particle size of Malaysian brown seaweed, *Sargassum sp.* on the total phenolic and free radical scavenging activity. *International Food Research Journal*, 23(4), 1558–1563. Retrieved from <http://www.ifrj.upm.edu.my/>
- Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R. B., Nawi, N. M., & Abdan, K. (2016). Modeling the Thin-Layer Drying of Fruits and Vegetables: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 599–618. doi:10.1111/1541-4337.12196
- Prasetyo, D. J., Jatmiko, T. H., Poeloengasih, C. D., & Kismurtono, M. (2017). Drying Characteristics of Kidney Shape *Ganoderma lucidum* Drying in Air Circulation System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 101(1), 012012. doi:10.1088/1755-1315/101/1/012012
- Robic, A., Sassi, J. F., & Lahaye, M. (2008). Impact of Stabilization Treatments of the Green Seaweed *Ulva rotundata* (Chlorophyta) on the Extraction Yield, the Physico-chemical and Rheological Properties of Ulvan. *Carbohydrate Polymer*, 74(3), 344-352. doi:10.1016/j.carbpol.2008.02.020
- Suherman, Djaeni, M., Kumoro, A. C., Prabowo, R. A., Rahayu, S., & Khasanah, S. (2018). Comparison Drying Behavior of Seaweed in Solar, Sun, and Oven Tray Dryer. *MATEC Web of Conference*, 156, 05007. doi:10.1051/mateconf/20181565007
- Tabarsa, M., Rezaei, M., Ramezani, Z., & Waaland, J. R. (2012). Chemical Compositions of the Marine Algae *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) and *Ulva lactuca* (Chlorophyta) as a Potential Food Source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(12), 2500-2506. doi:10.1002/jsfa.5659
- Tulek, Y. (2011). Drying Kinetics of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in a Convective Hot Air Dryer. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(5), 655-664.
- Yaich, H., Garna, H., Bchir, B., Besbes, S., Paquot, M., Richel, A., Blecker, C., & Attia, H. (2015). Chemical Composition and Functional Properties of Dietary Fibre Extracted by Englyst and Prosky Methods from the Alga *Ulva lactuca* Collected in Tunisia. *Algal Research*, 9, 65-73. doi:10.1016/j.algal.2015.02.017

Karakteristik Pengeringan Rumput Laut *Ulva* sp. dan *Sargassum* sp.(Dwi Joko Prasetyo et al.)

Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Chemical Composition and Functional Properties of *Ulva lactuca* Seaweed Collected in Tunisia. *Food Chemistry*, 128(4), 895-901. doi:10.1016/j.foodchem.2011.03.114

Zakaria, F. R., Priosoeryanto, B. P., Erniati, & Sajida. (2017). Karakteristik Nori dari Campuran Rumput Laut *Ulva lactuca* dan *Euclima cottonii*. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan* ,12(1), 23-30. doi:10.15578/jpbkp.v12i1.336

