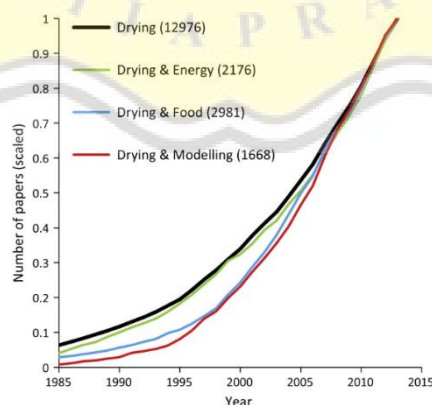


### 3. EFEK PENGERINGAN TERHADAP KANDUNGAN FISIKOKIMIAWI PADA BERBAGAI JENIS RUMPUT LAUT

#### 3.1. Efek Jenis Pengeringan dan Kegunaannya Pada Rumput Laut

Pengeringan (juga disebut dehidrasi atau proses dewatering) adalah penghilangan uap air dari bahan alami ke kadar air tertentu sambil memastikan kualitas produk yang sangat baik dengan biaya pengoperasian yang tinggi dan rendah. Pengeringan digunakan untuk mengolah makanan, tekstil, kertas, kayu, keramik, mineral, lumpur limbah, obat-obatan atau produk bioteknologi (Mujumdar, 2006). pengeringan dapat mengkonsumsi sekitar 10-25% konsumsi energi proses industri nasional (Kudra, 2004), Pengeringan merupakan unit operasi yang sering kali digunakan dalam industri kimia teknik (Kerkhof, 2002), pengering saat ini, yang biasanya memiliki umur puluhan tahun, tidak dirancang untuk dunia di mana konsumsi energi merupakan bagian penting dari operasi dan umur pengering. Siklus biaya dan di mana teknologi ramah lingkungan. Teknologi pengeringan yang evolusioner dan revolusioner didorong oleh kebutuhan untuk mengurangi konsumsi energi dan jejak karbon, khususnya dengan tujuan meningkatkan efisiensi energi, meningkatkan penggunaan energi terbarukan, dan pemulihan panas. Namun pada saat yang sama, inovasi meningkatkan kualitas produk tetapi juga pengembangan produk baru (Mujumdar, 2006). Penggunaan pengeringan dalam skala industri juga meningkat seiring bertambahnya waktu, hal ini di mengacu pada gambar 3.



Gambar 3. Peningkatan penggunaan teknologi *drying* pada tiap taun.

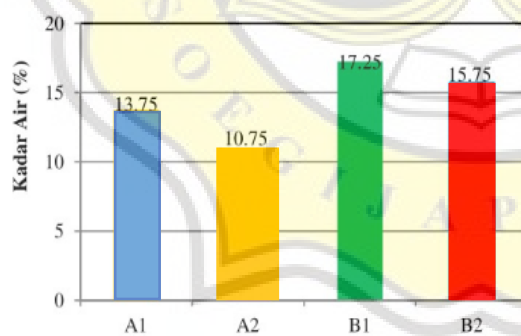
Istilah pengeringan umumnya mengacu pada penghilangan kelembaban dari suatu zat. Metode pengawetan makanan yang paling umum dan paling memakan energi. Dengan ratusan varian yang benar-benar digunakan untuk mengeringkan padatan partikulat, pasta, lembaran kontinu, bubur atau solusi, ia menyediakan keragaman paling banyak di antara operasi unit rekayasa makanan (Ratti, *et al.*, 1995), pada pengeringan rumput laut menggunakan salah satu jenis pengeringan yaitu udara dan *freeze drying*. Pengeringan menggunakan udara, metode yang cukup kuno untuk mengawetkan makanan dengan memasukkan padatan kering ke aliran udara panas yang terus menerus, yang menguapkan kelembapan. Fenomena yang mendasari proses ini adalah masalah kompleks transfer massa dan energi secara simultan dalam sistem penyusutan *higroskopis*.

Pengeringan dengan panas dapat memberikan produk kering umur simpan lebih dari setahun, kualitas produk yang dikeringkan secara konvensional biasanya berkurang secara signifikan dibandingkan dengan kualitas bahan makanan aslinya. *Vacuum Freeze-drying* adalah metode penghilangan air terbaik dan menghasilkan produk akhir dengan kualitas lebih tinggi daripada metode pengeringan panas (Genin, *et al.*, 1995). *Freeze-drying* didasarkan pada sublimasi pengeringan produk atau bahan beku. Karena kurangnya air cair dan suhu rendah yang diperlukan untuk proses tersebut, sebagian besar dekomposisi dan reaksi mikroba terhambat, sehingga menghasilkan produk akhir dengan kualitas yang sangat baik. Keadaan air padat selama pengeringan beku mempertahankan struktur dan bentuk asli produk dengan kehilangan volume yang minimal. Terlepas dari banyak keuntungannya, pengeringan beku selalu dianggap sebagai metode paling mahal untuk menghasilkan produk dehidrasi.

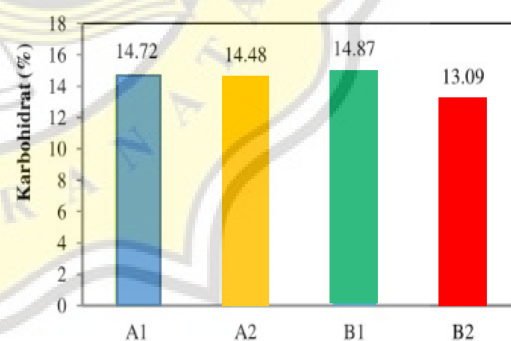
## 3.2. Efek Pengeringan Terhadap Nutrisi Mikro dan Makro Pada Rumput Laut Secara Umum

### 3.2.1. Kadar Air dan Karbohidrat

Pengeringan menggunakan *cabinet dryer* masih membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai kelembaban maksimum yang ditentukan dibandingkan dengan penjemuran di bawah sinar matahari yang lebih lama dan proses pengeringan tidak merata, perubahan suhu variabel ini juga dapat mempengaruhi kadar air, menurut (Farida, 2002) menyatakan bahwa proses pengeringan yang kurang baik, dimana pengeringan berlangsung terlalu lama atau terlalu cepat dan tidak menentu, serta perubahan suhu yang terlalu cepat dapat menyebabkan transformasi kimia tertentu sehingga menimbulkan perubahan kimia tertentu. (Oviantari, 2007) menyatakan bahwa proses pengeringan yang tidak merata dan terjadi perubahan suhu atau *temperature* secara fluktuatif ini dapat mempengaruhi kandungan air dalam rumput laut yang memungkinkan mempengaruhi kualitas dan kuantitas dari alginat yang dihasilkan rumput laut.



Gambar 4. Kadar Air Rumput laut kering



Gambar 5. Grafik analisa karbohidrat

Keterangan:

A1 : Pengeringan di bawah sinar matahari selama 24 jam (08.00–12.00)

A2 : Pengeringan di bawah sinar matahari selama 40 jam (12.00–16.00)

B1 : Pengeringan dengan *cabinet dryer* selama 12 jam

B2 : Pengeringan dengan *cabinet dryer* selama 24 jam

Pada gambar 4, penelitian yang dilakukan oleh (Thobias, 2017) bahwa kadar air menggunakan 2 jenis pengeringan matahari dan *cabinet dryer* memiliki rata-rata kadar air sebanyak 13,75-17,25%. Hasil setiap metode pengeringan yang digunakan memiliki hasil yang berbeda, nilai rata-rata kadar air untuk perlakuan A1 dengan pengeringan selama 24 jam dibawah sinar matahari langsung pada pukul 08.00-12.00 memiliki kadar air 13,75% dan pengeringan A2 dengan menggunakan sinar matahari selama 40 jam pada pukul 12.00-16.00 mendapatkan kadar air 10,75%, hal ini tentunya berbeda dengan *cabinet dryer* B1 dengan pengeringan selama 12 jam mendapatkan hasil 17,25% dan pengeringan B2 selama 24 jam mendapatkan hasil 15,75% dengan suhu 60°C, pada penelitian yang dilakukan oleh (Amir Husni, 2014) dengan menggunakan rumput laut jenis *Padina sp* dengan menggunakan 2 jenis pengeringan yaitu matahari dan oven, pada pengeringan oven mendapatkan hasil kadar air sebanyak 14,52-20,63% dan pada pengeringan sinar matahari mendapatkan hasil 21,80%, menurut (Amir Husni, 2014) menyatakan hasil analisis ragam kadar air ini menunjukan bahwa faktor dari suhu, lama waktu dan interaksi antaraa suhu pengeringan memberikan dampak pada hasil akhir kadar air.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Tapotubun, 2018) dengan menggunakan rumput laut jenis *C. Lentillifera* dengan kadar air 94.84% sebelum pengeringan mendapatkan hasil kadar air akhir 9,22-18,22% setelah dikeringkan, pengeringan dilakukan dengan metode yang berbeda jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan (Thobias, 2017), penelitian oleh (Tapotubun, 2018) dilakukan selama 7 hari untuk pengeringan tidak langsung ( *air dried* ) dan 3 hari untuk pengeringan langsung ( *Sun Dried* ), hasil pengeringan mendapatkan hasil 18,82% dengan

pengeringan matahari dan 9,22% untuk pengeringan udara, proses pengeringan ini menguapkan sebagian besar air sehingga terjadi penurunan kadar air yang cukup drastis, menurut (Tapotubun, 2018) dikatakan dengan metode pengeringan tidak langsung (air drying) adalah Waktu ini lebih lama dari penjemuran di bawah sinar matahari yang hanya berlangsung 3 hari, karena waktu penjemuran yang digunakan 7 hari. Menurut standar yang ditetapkan oleh ((BSN), 1998) standar baku mutu rumput laut yang dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari memiliki hasil 26,77%. Menurut (Hidayat, A, 2004) menyatakan semakin rendah kadar air dalam rumput laut maka semakin baik pula kualitas rumput laut tersebut.

Pengeringan menggunakan *cabinet dryer* masih membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai kelembaban maksimum yang ditentukan dibandingkan dengan penjemuran di bawah sinar matahari yang lebih lama dan proses pengeringan tidak merata, perubahan suhu variabel ini juga dapat mempengaruhi kadar air, menurut (Farida, 2002) menyatakan bahwa proses pengeringan yang kurang baik, dimana pengeringan berlangsung terlalu lama atau terlalu cepat dan tidak menentu, serta perubahan suhu yang terlalu cepat dapat menyebabkan transformasi kimia tertentu sehingga menimbulkan perubahan kimia tertentu. (Oviantari, 2007) menyatakan bahwa proses pengeringan yang tidak merata dan terjadi perubahan suhu atau *temperature* secara fluktuatif ini dapat mempengaruhi kandungan air dalam rumput laut yang memungkinkan mempengaruhi kualitas dan kuantitas dari alginat yang dihasilkan rumput laut.

### 3.2.2. Karbohidrat

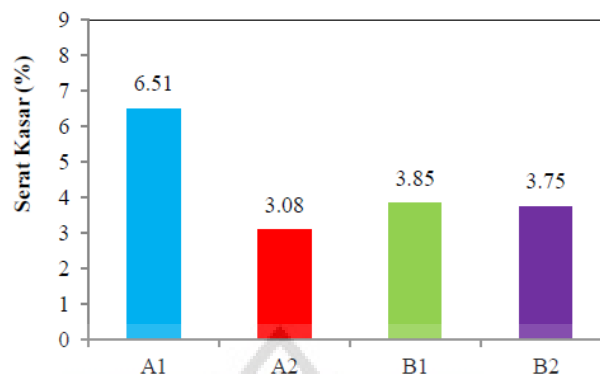
Pada gambar 5 dapat dilihat komponen utama pada rumput laut merupakan karbohidrat (Winarno, 1997), menggunakan pengeringan jenis *cabinet dryer* didapatkan hasil rata-rata 14,72-13,09%, kadar karbohidrat terendah terdapat pada B2 dengan dikeringkan dengan menggunakan *cabinet dryer* selama 12 jam yaitu sebesar 13,09% ; B1 dengan pengeringan selama 24 jam mendapatkan hasil 14,87%, berbeda dengan perlakuan A1 dengan menggunakan pengeringan sinar matahari selama 24 jam yang mendapatkan hasil 14,72 ; A2 dengan menggunakan



sinar matahari selama 40 jam dengan hasil akhir 14,48%. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Tapotubun, 2018) yang melakukan pengeringan rumput laut dengan menggunakan rumput laut *Caulerpa lentillifera* dengan menggunakan metode pengeringan *sun dried* dan *air dried* mendapatkan hasil rendemen karbohidrat sebanyak 29,82% untuk *sun dried* dan 37,76% untuk *air dried*. Lebih rendah jika dibandingkan dengan kandungan karbohidrat *caulerpa lentillifera* dari pantai Vereval Gujarat India sebesar 37,23-48-95% (Kumar, 2011), 64,00% dari Taiwan (Nguyen, *et al.*, 2011) tapi tidak melebihi tinggi dari karbohidrat yang terkandung pada *Sargassum Wightii* yang mendapatkan hasil 6,65-15,18% (Murugaiyan, *et al.*, 2012), Setiap proses metode pengeringan yang dilakukan pada temperatur yang berbeda menunjukkan bahwa proses pengeringan masih belum dapat meningkatkan kandungan karbohidrat, kandungan karbohidrat karaginan rumput laut yang diuji relatif bervariasi, kandungan karbohidrat dipengaruhi oleh aspek kondisi, faktor lingkungan, umur rumput laut, memanen. Jenis ganggang juga berdampak besar pada kandungan karbohidrat. Menurut SNI 01-2891-1992, syarat standar karbohidrat pada rumput laut kering adalah 35,57%, sehingga proses pengeringan rumput laut merah kering dengan metode pengeringan yang berbeda tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI.

### 3.2.3. Serat Kasar

Serat kasar merupakan karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh organ manusia karena terdiri dari selulosa dan lignin. Serat ini didefinisikan sebagai bahan yang tidak larut dalam larutan basa dan asam encer. Serat kasar berasal dari buah-buahan dan sayur-sayuran, yang tidak terkenal sebagai non-nutrisi tetapi dibutuhkan oleh tubuh manusia untuk menghilangkan kotoran dari tubuh., menurut (Winarno, 1997) serat yang terdapat pada bahan pangan tidak tercerna memiliki sifat positif pada gizi dan *metabolism* di tubuh manusia. *Dietary fiber* atau serat makanan merupakan komponen dari jaringan tanaman yang memiliki ketahanan terhadap proses hidrolisis oleh enzim dalam lambung dan usus. Analisa uji serat kasar yang terkandung dalam rumput laut kering.



Gambar 6. Analisa Serat Kasar pada rumput laut kering

Keterangan:

A1 : Pengeringan di bawah sinar matahari selama 24 jam (08.00–12.00)

A2 : Pengeringan di bawah sinar matahari selama 40 jam (12.00–16.00)

B1 : Pengeringan dengan *cabinet dryer* selama 12 jam

B2 : Pengeringan dengan *cabinet dryer* selama 24 jam

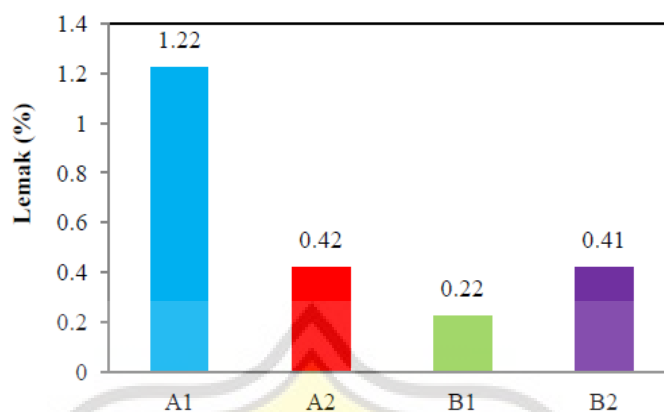
Pada Gambar 6 didapatkan hasil 6,51-3,75%, kadar serat tertinggi terdapat pada A1 sebanyak 6,51% ; A2 3,08% ; B1 3,85% ; B2 3,75%, menurut (Kasim, 2004) kadar dari serat makanan yang terkandung pada rumput laut *Kappahycus Alvarezzi* menapai 67,5% yang terdiri dari 39,47% serat makanan yang tidak larut oleh air dan 26,03% serat makanan yang larut oleh air. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Tapotubun, 2018) menggunakan spesimen rumput laut jenis *C. Lentillifera* dengan metode pengeringan langsung dan tidak langsung condong menghasilkan hasil yang berbeda, yaitu sekitar 23,02-24,24%, hasil ini menunjukkan bahwa kandungan serat pada *C. Lentillifera* lebih tinggi daripada kandungan serat pada *Kappahycus Alvarezzi*, tapi menurut penelitian yang dilakukan (Ratana-arporn, 2006) mendapatkan hasil serat sebanyak 3,17% ; serat *C. Racemosa* dari Jepara 8,43 (Ma'ruf, 2013) dan dari kolam budidaya yang berada di Thailand sebanyak 2,97% (Nguyen, *et al.*, 2011). Menurut (Sudarmadji, 1989) .

Serat pangan pada rumput laut sangatlah penting dalam penilaian kualitas dari rumput laut atau makanan, hal ini juga untuk menentukan Indeks nilai gizi bahan dan efisiensi suatu proses pengolahan. (Suryaningrum, *et al.*, 1991) Pemanenan rumput laut pada umur yang berbeda akan mempengaruhi nilai dari serat kasar, kandungan serat kasar menurut ( (Santi RA, 2012) ; (Kumar, 2011) ) menyatakan bahwa serat kasar yang tinggi pada rumput laut dapat digunakan sebagai makanan atau pangan fungsional yang bisa digunakan sebagai pembantu diet, serat kasar merupakan *dietary fiber* dan *functional fiber* yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin.

#### 3.2.4 Kadar Lemak

Analisa kadar lemak ini bertujuan untuk mengetahui daya simpan rumput laut atau produk, menurut (Winarno, 1997) juga menunjukkan bahwa lemak mempengaruhi perubahan kualitas selama penyimpanan makanan. Kerusakan utama pada lemak adalah munculnya bau dan rasa tengik yang biasa disebut dengan ketengikan. Hal ini disebabkan terjadinya oto-oksidasi asam lemak tak jenuh dengan memicu terbentuknya radikal bebas, karena terdapat faktor yang sangat mempengaruhi dan mempercepat reaksi tersebut, seperti cahaya, panas, peroksida atau hiperperoksida lemak, logam berat dan logam porofirin. Selain itu, kandungan lemak rumput laut dapat memberikan efek yang sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia, sehingga rumput laut aman dikonsumsi dalam jumlah banyak dan digunakan sebagai bahan makanan diet rendah lemak. Menurut (Ortiz, *et al.*, 2006) lemak dari rumput laut tersusun oleh poli asam lemak tak jenuh (*Polyunsaturated Fatty Acid* (PUFA)) khususnya PUFA C18 ( asam stearat ) yang merupakan asam lemak tak jenuh yang sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia. Rumput laut pada umumnya memiliki kandungan lemak kurang dari 4% dimana nominal ini lebih rendah daripada tanaman darat (Kumar, 2011)





Gambar 7. Analisa Lemak pada rumput laut kering

Keterangan:

A1 : Pengeringan di bawah sinar matahari selama 24 jam (08.00–12.00)

A2 : Pengeringan di bawah sinar matahari selama 40 jam (12.00–16.00)

B1 : Pengeringan dengan *cabinet dryer* selama 12 jam

B2 : Pengeringan dengan *cabinet dryer* selama 24 jam

Pada gambar 7 kadar Lemak dari rumput laut merah yang sudah dikeringkan dengan menggunakan metode berbeda mendapatkan hasil setelah ekstraksi untuk A1 mendapatkan kadar lemak sebesar 1,22% ; A2 sebesar 0,42% ; B1 sebesar 0,22% dan B2 sebesar 0,41%. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Tapotubun, 2018) dengan menggunakan rumput laut jenis *C. Lentillifera* dengan pengeringan langsung mendapatkan hasil 0,88% dan dengan pengeringan tidak langsung mendapatkan hasil 0,99%, kedua metode ini memiliki hasil yang relatif sama, hasil ini mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan keadaan segar yaitu sebanyak 0,76%, menurut (Tapotubun, 2018) kadar lemak dari rumput laut jenis *C. Lentillifera* lebih rendah jika dibandingkan dengan kadar lemak yang terkandung pada rumput laut jenis *Caulerpa* yang terdapat di 3 daerah seperti Vereval Gujarat india 2,64-3,06% (Kumar, 2011) ; Taiwan 1,57% (Nguyen, *et al.*, 2011) dan perairan Jepara sebesar 8,68% (Ma'ruf, 2013).

Hasil ini cukup berbeda jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Mimin, 2019) dengan menggunakan pengeringan dengan matahari, pengeringan dengan oven suhu 40°C dan pengeringan dengan oven suhu 50 °C dengan melakukan ulangan sebanyak 3 kali, pada hasil uji lemak memiliki kadar sebesar 0,42% untuk pengeringan langsung dengan matahari ; 0,41% dengan menggunakan oven suhu 40°C ; 0,42% dengan menggunakan oven suhu 50 °C. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Tapotubun, 2018) dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu yang diberikan untuk pengeringan rumput laut, maka semakin rendah pula kadar lemak yang didapatkan. Pada penelitian yang dilakukan menggunakan rumput laut jenis *S. hemiphyllum* (Jenny, 1997) rumput laut jenis ini memiliki kandungan lemak jenuh seperti asam palmitat dan lemak tidak jenuh seperti asam oleat, asam arakidonat dan asam eikosapentanoat. (Hamdy, *et al.*, 1988) menyatakan sampel rumput laut yang dikeringkan dengan menggunakan metode *freeze-dried* memiliki level *polyunsaturated fatty acids* yang cukup tinggi, jika dilihat hal ini sesuai dengan tabel 1 pada sampel C18:3, C18:4, C20:4 dan C20:5. (Hamdy, *et al.*, 1988) sampel dengan metode *freeze-dried* juga memiliki kandungan dari *saturated fatty acids* yang cukup rendah jika dibandingkan dengan metode pengeringan menggunakan panas.

Analisa kadar lemak ini bertujuan untuk mengetahui daya simpan rumput laut atau produk, menurut (Winarno, 1997) juga menunjukkan bahwa lemak mempengaruhi perubahan kualitas selama penyimpanan makanan. Kerusakan utama pada lemak adalah munculnya bau dan rasa tengik yang biasa disebut dengan ketengikan. Hal ini disebabkan terjadinya oto-oksidasi asam lemak tak jenuh dengan memicu terbentuknya radikal bebas, karena terdapat faktor yang sangat mempengaruhi dan mempercepat reaksi tersebut, seperti cahaya, panas, peroksida atau hiperperoksida lemak, logam berat dan logam porofirin. Selain itu, kandungan lemak rumput laut dapat memberikan efek yang sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia, sehingga rumput laut aman dikonsumsi dalam jumlah banyak dan digunakan sebagai bahan makanan diet rendah lemak. Menurut (Ortiz, *et al.*, 2006) lemak dari rumput laut

tersusun oleh poli asam lemak tak jenuh (*Polyunsaturated Fatty Acid* (PUFA)) khususnya PUFA C18 ( asam stearat ) yang merupakan asam lemak tak jenuh yang sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia. Rumput laut pada umumnya memiliki kandungan lemak kurang dari 4% dimana nominal ini lebih rendah daripada tanaman darat (Kumar, 2011).

### 3.2.5. Kadar Abu dan Mineral

Kalium pada rumput laut memiliki fungsi untuk membantuk mengendalikan membran rangsang, mengoptimalkan struktural fungsi yang ada didalam tubuh manusia. (Nurjanah, 2013), selain itu juga dapat membantu untuk menjaga tekanan darah dalam tubuh agar tetap normal. Natrium menurut (Venugopal, 2008) memiliki fungsi untuk membantu menjaga keseimbangan cairan, osmotik dan asam basa di dalam tubuh. (Mohd, 2000) mengungkapkan bahwa selain Natrium dan Kalium, hal terpenting lainnya merupakan Zn, kandungan Zn pada rumput laut berfungsi untuk menstabilkan membran, hormon dan asam nukleat. (Venugopal, 2008) juga menambahkan bahwa besarnya variasi dari jumlah mineral dan komponen organik yang terkandung pada rumput laut tergantung pada sifat dari perairan, jarak dari tanah dan lingkungan juga sangat mempengaruhi jumlah dari kandungan mineral yang terkandung pada rumput laut.

Tabel 2. Kandungan mineral *C. lentillifera* kering dengan metode pengeringan berbeda

| MINERAL | KOMPOSISI (mg/100 g)                         |                                      |
|---------|--|--------------------------------------|
|         | Pengeringan sinar matahari/ <i>Sun Dried</i> | Pengeringan Udara / <i>Air Dried</i> |
| Mg      | 357,5  | 426,7                                |
| Ca      | 47,392                                       | 53,536                               |
| K       | 446,0  | 453,0                                |
| Na      | 3,90   | 4,03                                 |
| Zn      | 1,028  | 2,011                                |
| Mn      | 0,072  | 0,073                                |
| Fe      | 0,0016                                       | 0,0019                               |

Keterangan : <sup>a</sup> merupakan angka *standard err of measurements* (SEM) ( $p < 0.05$ , ANOVA, Tukey-HSD )

Tabel 3. Komposisi Proksimat (% *Dry Weight*) dari pengeringan Matahari, Oven dan *Freeze-dried* rumput laut *S.hemiphyllum*

| Komposisi | Pengeringan Matahari | Pengeringan Oven | Pengeringan Beku |
|-----------|----------------------|------------------|------------------|
| Abu       | 19,6 ± 0,03a         | 21,5 ± 0,07b     | 21,1 ± 0,12b     |

Penelitian yang dilakukan (Tapotubun, 2018) dengan menggunakan rumput laut jenis *C. Lentillifera* pada tabel 2, kadar abu dengan menggunakan pengeringan menggunakan oven (*Air Dried*) mendapatkan hasil lebih tinggi yaitu 41,83%, berbeda dengan pengeringan langsung menggunakan matahari yang mendapatkan hasil 40,66%, hasil ini tidak jauh berbeda dengan penelitian oleh (Matanjun, 2008) dengan kandungan abu 37,15-46,19% ; (Kumar, 2011) dengan *C. Scappelliformis* dari Vereval di Gujarat India dengan kandungan abu sebesar 40,77% ; kandungan abu *C. Lentillifera* dari Taiwan sebesar 24,21% dan *C. Racemosa* sebesar 22,20% (Ratana-arporn, 2006) ; 20,91% untuk kandungan abu dari *C. Racemosa* dari perairan Jepara (Ma'ruf, 2013).

Tabel 3 merupakan lapran penelitian yang dillakukan oleh (Ito, *et al.*, 1989) rumput laut *S. Hemiphyllum* memiliki kandungan serat pangan yang sangat melimpah, (Jenny, 1997) pada tabel 3 terkecuali pada kandungan abu dan kelembaban, pengeringan matahari menunjukan hasil angka yang cukup sama jika dibandingkan dengan metode *freeze-dried*, merujuk pada tabel 1 memiliki kandungan abu yang rendah dan memiliki tingkat kelembaban yang cukup tinggi, (Kumar, 2011) menyatakan bahwa kandungan abu pada rumput laut cukup tinggi dan bahkan melebihi tumbuhan terestrial dengan nilai sebesar 5-10%. Menurut (Kumar, 2011); (Ratana-arporn, 2006) kadar abu atau kandungan abu dari *C.Lentillifera* memiliki hubungan dengan kandungan mineral yang cukup tinggi yang diduga kuat berasal dari habitat rumput laut serta salinitas yang tinggi, kandungan abu pada pangan

dapat dihubungkan dengan kandungan mineral pada rumput laut itu. (Kumar, 2011); (Ratana-arporn, 2006), hal ini juga sesuai dengan pendapat (Winarno, 1996) bahwa kadar abu ada hubungannya dengan mineral suatu bahan.

Tabel 4. Kandungan mineral beberapa jenis *Caulerpa*

| Mineral | C. lentillifera*<br>(mg/100 g<br>DDW) | C. racemosa**<br>(mg/100 g<br>DDW) | C. veravelensis<br>(mg/100 g<br>DDW) | C. scalpelliformi**<br>(mg/100 g DDW) |
|---------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Mg      | 630                                   | 161                                | -                                    | -                                     |
| Ca      | 780                                   | 476                                | -                                    | -                                     |
| Ka      | 970                                   | 503                                | -                                    | -                                     |
| Na      | -                                     | 1064                               | -                                    | -                                     |
| Fe      | 9,3                                   | 2,97                               | 14,79 ± 1,44                         | 16,28 ± 2,11                          |
| Cu      | 2200 µg                               | 0,06                               | 0,41 ± 0,77                          | 0,77 ± 0,55                           |
| Zn      | 2,6                                   | 0,68                               | 5,42 ± 0,22                          | 3,27 ± 0,28                           |
| Mn      | 7,9                                   | -                                  | 2,00 ± 0,04                          | 3,33 ± 0,36                           |
| Ni      | -                                     | -                                  | 0,20 ± 0,07                          | 0,37 ± 0,55                           |
| As      | -                                     | -                                  | 0,21 ± 0,07                          | 0,25 ± 0,09                           |
| Mo      | -                                     | -                                  | 0,13 ± 0,02                          | 0,11 ± 0,01                           |
| Se      | -                                     | -                                  | 0,27 ± 0,04                          | 0,15 ± 0,03                           |
| P       | 1030                                  | -                                  | -                                    | -                                     |
| I       | 1424 µg                               | -                                  | -                                    | -                                     |

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Tapotubun, 2018) ; (Kumar, 2011) ; (Ratana-arporn, 2006) dapat dilihat pada tabel 4. Kandungan makro tertinggi pada rumput laut jenis *C. Lentillifera* adalah Mg, K, Ca dan Na, kandungan tertinggi untuk mikro adalah Zn, Mn dan Fe. Pada hasil ini menunjukan bahwa dengan menggunakan metode pengeringan jenis angin / *air dried* mendapatkan hasil dengan komposisi mineral yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan pengeringan dengan menggunakan sinar matahari / *sun dried*, paparan dari sinar matahari dapat menyebabkan berkurangnya kandungan gizi dari bahan pangan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Nufus, *et al.*, 2017) menyatakan *C. Lentillifera* asal Kepulauan Kei memiliki keunggulan pada Mg, K dan Zn. Kandungan pada *C. Lentillifera* dari Kepulauan Seribu yaitu Ca ( 119,20 g/kg ), Na



(34,18 g/kg) dan Fe (0,34 g/kg). Mineral pada rumput laut secara umum memiliki kandungan mineral yang cukup tinggi, menurut (Jenny, 1997) pada tabel 4 kandungan mineral dari rumput laut setelah dilakukan 3 jenis pengeringan dengan menggunakan metode matahari, oven dan *freeze-dried*, rumput laut dengan metode *sun-dried* mendapatkan hasil paling rendah pada semua hasil kecuali pada kandungan kalsium. Menurut (Jenny, 1997) rendahnya kandungan abu yang terkandung pada rumput laut hasil pengeringan matahari disebabkan lamanya paparan dari sinar matahari dan efek selama penyucian sebelum dilakukan pengeringan. (Ruperez, 2002) kandungan mineral yang terkandung pada rumput laut sangat dipengaruhi oleh tempat dimana rumput laut dipanen atau habitat dari rumput laut.

### **3.2.6. Asam Amino**

Pengeringan menggunakan teknologi *drying* diketahui dapat mempengaruhi hasil akhir persentase asam amino dikarenakan rusak, hilang dan terganti selama proses pengeringan (Elsa Uribe, 2018), pada tabel 5 dengan menggunakan rumput laut hijau *Ulva Spp*, *histidine* hanya ditemukan pada pengeingan menggunakan *vacuum-dried*, (Piwinska, *et al.*, 2015) *histidine* merupakan asam amino yang memiliki sifat yang sangat oksidatif, menggunakan pengeringan jenis *vacuum-dried* dapat menghilangkan keberadaan oksigen yang ada didalamnya sehingga dapat menurunkan kemungkinan terjadinya oksidasi oleh oksigen selama proses pengeringan.

Tabel 5. Efek dari perbedaan metode pengeringan terhadap kandungan Asam Amino pada rumput laut *Ulva Spp*

|                        |                            |                            |                            |                            |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Aspartic acid          | 3.72 ± 0.06 <sup>a</sup>   | 1.94 ± 0.18 <sup>c</sup>   | 1.87 ± 0.18 <sup>c</sup>   | 2.58 ± 0.15 <sup>b</sup>   |
| Glutamic acid          | 2.04 ± 0.11 <sup>b</sup>   | 3.96 ± 0.46 <sup>a</sup>   | 4.08 ± 0.23 <sup>a</sup>   | 1.92 ± 0.14 <sup>b</sup>   |
| Serine                 | 5.78 ± 0.05 <sup>a</sup>   | 5.18 ± 0.36 <sup>b</sup>   | 5.17 ± 0.07 <sup>b</sup>   | 3.79 ± 0.22 <sup>c</sup>   |
| Glycine                | 20.83 ± 0.20 <sup>a</sup>  | 17.31 ± 1.22 <sup>b</sup>  | 14.89 ± 0.52 <sup>c</sup>  | 13.39 ± 0.46 <sup>d</sup>  |
| Histidine              | ND <sup>b</sup>            | 4.11 ± 0.13 <sup>a</sup>   | ND <sup>b</sup>            | ND <sup>b</sup>            |
| Arginine               | 11.20 ± 0.31 <sup>a</sup>  | 9.55 ± 0.42 <sup>b</sup>   | 9.29 ± 0.48 <sup>b</sup>   | 7.16 ± 0.24 <sup>c</sup>   |
| Threonine              | 8.51 ± 0.25 <sup>a</sup>   | 7.33 ± 0.32 <sup>b</sup>   | 7.13 ± 0.36 <sup>b</sup>   | 5.51 ± 0.17 <sup>c</sup>   |
| Alanine                | 10.48 ± 0.38 <sup>a</sup>  | 4.91 ± 0.10 <sup>c</sup>   | 4.33 ± 0.34 <sup>d</sup>   | 7.27 ± 0.03 <sup>b</sup>   |
| Proline                | 13.74 ± 0.45 <sup>b</sup>  | 19.78 ± 0.24 <sup>a</sup>  | 15.24 ± 1.79 <sup>b</sup>  | 9.59 ± 0.03 <sup>c</sup>   |
| Tyrosine               | 39.20 ± 1.48 <sup>a</sup>  | 21.61 ± 1.45 <sup>b</sup>  | 19.11 ± 1.42 <sup>b</sup>  | 21.54 ± 1.30 <sup>b</sup>  |
| Valine                 | 4.17 ± 0.27 <sup>a</sup>   | 3.48 ± 0.05 <sup>b</sup>   | 2.70 ± 0.16 <sup>c</sup>   | 2.94 ± 0.26 <sup>c</sup>   |
| Methionine             | 8.12 ± 0.45 <sup>a</sup>   | 7.78 ± 0.41 <sup>a</sup>   | 5.76 ± 0.39 <sup>b</sup>   | 6.29 ± 1.12 <sup>b</sup>   |
| Cysteine               | 8.17 ± 0.70 <sup>a</sup>   | 4.55 ± 0.59 <sup>bc</sup>  | 4.06 ± 0.31 <sup>c</sup>   | 5.33 ± 0.12 <sup>b</sup>   |
| Isoleucine             | 3.46 ± 0.30 <sup>a</sup>   | 3.21 ± 0.11 <sup>a</sup>   | 3.50 ± 0.26 <sup>a</sup>   | 2.28 ± 0.03 <sup>b</sup>   |
| Leucine                | 7.22 ± 0.91 <sup>a</sup>   | 7.38 ± 0.81 <sup>a</sup>   | 7.40 ± 0.30 <sup>a</sup>   | 5.33 ± 0.12 <sup>b</sup>   |
| Phenylalanine          | 14.28 ± 1.48 <sup>b</sup>  | 17.22 ± 0.12 <sup>a</sup>  | 13.72 ± 0.13 <sup>bc</sup> | 12.16 ± 1.12 <sup>c</sup>  |
| Lysine                 | 6.49 ± 0.88 <sup>b</sup>   | 6.21 ± 0.10 <sup>b</sup>   | 7.91 ± 0.55 <sup>a</sup>   | 6.86 ± 0.29 <sup>b</sup>   |
| Total EAA <sup>1</sup> | 52.23 ± 4.55 <sup>a</sup>  | 56.71 ± 1.91 <sup>ab</sup> | 48.13 ± 2.15 <sup>a</sup>  | 41.38 ± 3.50 <sup>c</sup>  |
| Total AA <sup>2</sup>  | 167.39 ± 8.27 <sup>a</sup> | 145.50 ± 7.05 <sup>b</sup> | 126.15 ± 7.48 <sup>c</sup> | 113.96 ± 6.20 <sup>c</sup> |

Keterangan : Huruf pada tiap baris memiliki tingkat perbedaan ( $P < 0.05$ ) menurut *multiple range test* (MRT), *Standard Deviation* dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.

FD : *Freeze-dried* ; VC : *Vaccum-Dried* ; SD : *Solar-Dried* ; CD : *Convective-Dried*

Tabel 6. Komposisi Asam Amino ( % dari total Asam Amino ) dari pengeringan Matahari, Oven dan *Freeze-dried* pada rumput laut *S. Hemiphyllum*

| amino acid                                   | sun-dried   | oven-dried  | freeze-dried |
|--|-------------|-------------|--------------|
| aspartic acid                                | 9.99 ± 0.17 | 10.1 ± 0.21 | 9.88 ± 0.14  |
| threonine                                    | 4.57 ± 0.05 | 4.60 ± 0.06 | 4.58 ± 0.03  |
| serine                                       | 0.92 ± 0.09 | 0.78 ± 0.06 | 0.84 ± 0.11  |
| glutamic acid                                | 11.4 ± 0.25 | 11.6 ± 0.39 | 11.3 ± 0.07  |
| glycine                                      | 5.24 ± 0.12 | 5.30 ± 0.16 | 5.11 ± 0.05  |
| alanine                                      | 6.15 ± 0.04 | 7.18 ± 0.38 | 6.15 ± 0.06  |
| cystine                                      | 1.74 ± 0.29 | 2.14 ± 0.13 | 1.46 ± 0.06  |
| valine                                       | 5.36 ± 0.05 | 5.36 ± 0.04 | 5.34 ± 0.02  |
| methionine                                   | 2.01 ± 0.04 | 2.97 ± 0.02 | 1.91 ± 0.22  |
| isoleucine                                   | 4.10 ± 0.06 | 3.74 ± 0.31 | 3.77 ± 0.35  |
| leucine                                      | 7.01 ± 0.25 | 6.82 ± 0.06 | 6.96 ± 0.02  |
| tyrosine                                     | 22.6 ± 0.31 | 21.1 ± 1.34 | 23.0 ± 0.15  |
| phenylalanine                                | 4.21 ± 0.06 | 4.05 ± 0.19 | 4.19 ± 0.02  |
| histidine                                    | 1.50 ± 0.05 | 1.52 ± 0.03 | 1.52 ± 0.04  |
| lysine                                       | 5.03 ± 0.14 | 5.01 ± 0.17 | 4.94 ± 0.02  |
| arginine                                     | 4.25 ± 0.03 | 3.74 ± 0.40 | 5.02 ± 0.19  |
| proline                                      | 3.91 ± 0.02 | 4.02 ± 0.06 | 3.99 ± 0.02  |
| total amino acids<br>(g/100 g of dry weight) | 7.05 ± 0.56 | 5.39 ± 0.75 | 7.87 ± 0.95  |

Pada tabel 5 perbandingan rasio degradasi terbesar amio acid terhadap produk FD sampel dietmukan pada produk CD (31,9%) ; SD (24,6%) dan VD (13,1%), sesuai dengan pendapat (Wong, 2001) ; (Chan, 1997) bahwa perlakuan panas dapat mempengaruhi komposisi senyawa nitrogen, hal ini juga dilakukan pada kasus *Sargassum sp.* Pada tabel 6 dengan menggunakan rumput laut coklat *S. Hemiphyllum* dengan kandungan *aspartic acid*, *glutamic acid*, *leucine* dan *tyrosine* dengan terhitung setengah dari total asam amino yang terdapat pada sampel, (Ito, *et al.*, 1989) total dari asam amino dengan sampel pengeringan menggunakan *oven-dried* memiliki hasil lebih rendah daripada pengeringan menggunakan metode matahari dan *freeze-dried*, (Jenny, 1997) kerusakan pada asam amino tampaknya tidak spesifik dikarenakan tidak ada perbedaan signifikan ditemukan dalam persentase relatif dari asam amino individu di 3 sampel yang ada.

### 3.3. Efek Pengeringan Terhadap Kandungan *Phytochemical Compound* Rumput Laut

Pengeringan menggunakan oven pada suhu yang tinggi dengan cepat dapat menonaktifkan polifenol oksidase yang terkandung dalam rumput laut dengan menyerap molekul air melalui gelombang *microwave*, (Chan, 1997) *freeze-dried* merupakan teknik pengeringan yang paling cocok dalam mempertahankan senyawa yang terkandung dalam rumput laut agar tidak rusak, tapi hal ini tidak sesuai dengan (Wong, 2001) yang melaporkan bahwa pengeringan dengan oven lebih baik daripada *freeze-drying* dalam hal ekstraksi protein dan kualitas yang diisolasi dari rumput laut. Flavonoid atau TFC (*Total Flavonoids Content*) merupakan antioksidan yang sangat penting karena kemampuannya mereduksi sebagai agen pereduksi, donor hidrogen.

Tabel 7. Total *phenolic* dan *flavonoid* dari rumput laut

| Parameter      | FD     | VD     | SD     | CD    |
|----------------|--------|--------|--------|-------|
| Total Phenolic | 134,56 | 129,08 | 143,79 | 90,24 |
|                | 53,33  | -      | 26,11  | -     |
| Total          | 22,91  | 31,32  | 20,62  | 30,01 |
| Flavonoid      | 28,44  | -      | 11,00  | -     |

Keterangan: FD *freezedrying*, VD *vacuum drying*, SD *solar drying*, CD *convective drying*

Senyawa Fenol merupakan senyawa kimia yang berpotensi sebagai antioksidan, namun bukan hanya senyawa fenol yang menentukan aktivitas antioksidan. Pengujian kandungan total fenol merupakan salah satu dasar untuk menentukan aktivitas antioksidan, menurut (Rafi, 2012) senyawa fenolik berkorelasi positif dengan aktivitas antioksidan, semakin tinggi kandungan senyawa fenolik maka aktivitas antioksidan juga semakin tinggi. TPC (*Total Phennoolic content*) pada rumput laut hijau *Ulva Spp* sangat bergantung pada cara pengeringan yang digunakan, pada Tabel 7 diketahui bahwa jemur dengan sinar matahari memiliki kandungan TPC yang cukup tinggi dibandingkan dengan CD yang menggunakan

oven. (Shilpi Gupta, 2011) dengan total reduksi sebanyak 37% jika total TPC dibandingkan dengan menggunakan pengeringan *freeze-dried*, (Nwosu, 2011) melaporkan perbedaan kuantitas TPC jika membandingkan rumput laut merah dan coklat. (Shilpi Gupta, 2011) melaporkan tingginya kadar TPC pada rumput laut coklat ( $1550 \text{ mg GAE } (100 \text{ g})^{-1}$ ) dan melaporkan sedikit penurunan TPC setelah dilakukannya pengeringan, kombinasi dari pengeringan menggunakan suhu yang tinggi dan dehidrasi menjadi salah satu penyebab rusaknya senyawa *phenolic* pada rumput laut. (Ponmari, 2011)

