KARAKTERISTIK LIMBAH PADAT RUMPUT LAUT PADA INDUSTRI KARAGINAN

Wahyu Tri Handoyo[1], Sang Kompiang Wirawan*[2], Bakti Berlyanto Sedayu[3], Arif Rahman Hakim[3]
[1]Magister Teknik Sistem, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
[2]Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
[3]Badan Riset dan Inovasi Nasional
*Email: skwirawan@ugm.ac.id

Abstrak

Pada proses ekstraksi karaginan berbahan dasar rumput laut Euchumma cottonii hanya menghasilkan produk sekitar 30% dan sisanya menjadi limbah yang belum dimanfaatkan. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, limbah tersebut mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bioetanol dan biokomposit. Namun dari beberapa penelitian dilaporkan bahwa kandungan selulosa sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh metode ekstraksi, perbedaan bahan baku dan teknik analisis yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan limbah padat rumput laut pada industri karaginan. Analisis yang dilakukan meliputi analisis kadar air, kadar selulosa, kadar abu, dan thermal gravimetry analysis (TGA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah padat memiliki kadar air, kadar selulosa, dan kadar abu berturut-turut yaitu 3 – 6%, 65,28%, dan 83 – 85%. Selain itu hasil TGA menunjukkan sisa massa yang cukup besar yaitu sekitar 86%. Hasil analisis menunjukkan bahwa limbah padat sisa industri karaginan memiliki kandungan selulosa yang relatif tinggi, namun diduga terdapat tanah diatom yang tidak larut ketika analisis.

***Kata kunci**: karaginan, limbah padat, rumput laut, selulosa*

1. PENDAHULUAN

Dikutip dari Laporan Kinerja Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) Tahun 2022, produksi rumput laut memberikan kontribusi terbesar dari total produksi perikanan budidaya yaitu mencapai 9.30 ton. Salah satu jenis rumput laut yang banyak diolah dan dikembangkan di Indonesia adalah jenis *Eucheuma cottonii*. Sebagian besar rumput laut tersebut dijual dalam bentuk kering dan hanya sebagian kecil yang diolah dan dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan non pangan. Produk turunannya adalah *refined carrageenan* (RC) dan *semi refined carrageenan* (SRC).

Pada proses pengambilan ekstrak karaginan dari rumput laut *Eucheuma cottonii*, hanya sekitar 30% menjadi produk karaginan, sedangkan sisanya menjadi limbah. Menurut data Kementerian Kelautan dan Perikanan tahun 2021, pengolahan rumput laut *Gracilaria sp*. dan *E. Cottonii* menghasilkan limbah padat (LP) 62.506 ton per tahun. LP tersebut berupa tallus yang rusak (sisa sortiran) dan padatan sisa ekstraksi rumput laut (Loppies & Yumas, 2017). Limbah tersebut belum termanfaatkan dan dibuang ke lingkungan yang berpotensi menyebabkan masalah lingkungan (Sedayu dkk, 2008).

Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa LP dari pengolahan karaginan terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, dan hidrokoloid (Assadad, 2009). Kandungan selulosa yang ditemukan pada LP dari industri karaginan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol dan pengembangan biokomposit (Bojorges dkk, 2022). Produksi bioetanol saat ini sebagian besar bersumber dari bahan baku pangan sehingga berpotensi mengancam ketahanan pangan. Oleh karena itu, pemanfaatan LP sebagai bahan baku alternatif produksi bioetanol cukup menjanjikan. Selain berasal dari sumber non pangan, pemanfaatan LP ini juga dapat mengurangi limbah yang dibuang ke lingkungan. Selain itu LP dari industri karaginan juga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan biokomposit. Kandungan selulosa pada LP dapat berfungsi sebagai bahan penguat yang dapat dipadukan dengan matriks polimer sintetik. Selain meningkatkan sifat mekanik biokomposit, selulosa juga dapat meningkatkan tingkat biodegradabilitas sehingga mengurangi beban lingkungan dari limbah polimer sintetik.

Namun berdasarkan tinjauan pustaka diperoleh bahwa kandungan selulosa dalam LP dari industri karaginan berbahan dasar

Eucheuma cottonii menunjukkan hasil yang bervariasi. Penelitian Fithriani dkk (2007) melaporkan kandungan selulosa sebesar 39,45%, sedangkan Jumaidin et al. (2017) melaporkan hanya 6,95%. Selain itu, Pasanda et al. (2019) dan Zulferiyenni & Hidayati (2016) melaporkan nilai kandungan selulosa masing-masing sebesar 12,34% dan 67,75%. Perbedaan kandungan selulosa tersebut diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu metode ekstraksi karaginan yang digunakan dan variasi bahan baku (Ortiz dkk, 2006), dan perbedaan metode analisis kimia yang digunakan.

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan kajian lebih lanjut tentang kandungan LP sisa industri karaginan berbahan dasar rumput laut *Eucheuma cottonii* dan potensi pemanfaatannya. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan LP tersebut.

2. METODOLOGI

2.1. Bahan

LP yang digunakan pada penelitian ini berasal dari CV. Karagen Indonesia yang berlokasi di Semarang, Jawa Tengah. Bahan baku yang digunakan adalah rumput *laut E. Cottonii* yang sebagian besar dipanen dari perairan Madura, Jawa Timur.

2.2. Prosedur

Preparasi sampel

LP dari industri karaginan yang diperoleh berupa padatan berbentuk serbuk kasar yang masih basah. Selanjutnya dijemur selama 2 minggu untuk mengurangi kadar airnya, kemudian dilanjutkan dengan pengeringan dalam oven selama 24 jam pada suhu 60°C. Setelah benar-benar kering, limbah digiling menggunakan blender Phillips lalu diayak pada mesh 200 hingga diperoleh bubuk LP yang seragam.

Kadar air

Kadar air diukur dengan metode gravimetri mengacu pada *Association of Official Agricultural Chemists* (AOAC). Prinsip pengujian kadar air dengan metode ini adalah penguapan air. Sampel sebanyak 2 gram ditimbang dan dimasukkan dalam cawan porselen yang telah dikeringkan pada suhu 105 °C selama 2 jam. Cawan porselen yang berisi sampel kemudian dipanaskan pada oven tidak vakum pada suhu 105 °C selama 16 – 24 jam, kemudian ditimbang hingga mendapatkan berat yang konstan. Jika berat cawan kosong adalah a, berat cawan dan sampel awal adalah b, dan berat cawan dan sampel setelah oven adalah c, maka kadar air dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\%\ Kadar\ Air\ = \frac{b-c}{b-a} \times 100\ \% \qquad (1)$$

Kadar selulosa

Kadar selulosa dianalisis menggunakan metode Chesson Datta dalam Rizal dkk (2020). Sampel kering dengan berat 1 gram (a) dicampur dengan 150 ml air destilasi kemudian dipanaskan selama 1 jam. Setelah itu saring dengan menggunakan kertas saring dan bilas padatan yang tersaring dengan 300 ml air panas, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C sampai berat konstan (b). Kemudian padatan dicampur dengan 150 ml larutan H_2SO_4 (1 N) dan dipanaskan pada suhu 100 °C selama 1 jam. Padatan yang diperoleh disaring dan dicuci dengan air destilasi, kemudian padatan dikeringkan dengan oven dan timbang beratnya (c). selanjutnya padatan yang sudah kering tersebut direndam dalam 10 ml larutan H_2SO_4 (72%) pada suhu ruang selama 4 jam. Setelah itu campuran tersebut ditambahkan 150 ml larutan H_2SO_4 (1 N) dan direfluks selama 1 jam. Selanjutnya padatan dicuci dengan air destilasi sebanyak 400 ml dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C sampai beratnya konstan (d). Langkah selanjutnya, masukkan padatan dalam furnace sampai terbentuk abu dan timbang beratnya (e). Hasilnya dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\%\ Selulosa = \frac{d-c}{a} \times 100\ \% \qquad (2)$$

$$\%\ Hemiselulosa = \frac{b-c}{a} \times 100\ \% \qquad (3)$$

$$\%\ Lignin = \frac{d-e}{a} \times 100\ \% \qquad (4)$$

Kadar abu

Pengukuran kadar abu dilakukan secara destruksi kering dengan metode gravimetri yang mengacu pada AOAC. Sampel sebanyak 2 gram ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah dikeringkan pada suhu 550 °C selama 1 jam dan diketahui bobotnya (a). Cawan porselen dan sampel

kemudian diabukan dalam furnace pada suhu 550 °C selama 8 jam sampai bebas dari arang. Setelah itu cawan dan sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang (b). Kadar abu dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\%\ Kadar\ abu = \frac{b-a}{berat\ sampel} \times 100\%$$

(5)

Thermogravimetric analysis (TGA)

TGA adalah pengujian material untuk menentukan karakteristik termal dan sifat komposisinya. Pada uji TGA bahan dipanaskan sehingga terjadi reaksi dan perubahan fisika. Parameter yang digunakan adalah perubahan massa material sebagai fungsi waktu atau suhu. Perubahan massa yang terjadi ketika suatu material dipanaskan berhubungan dengan transisi dan degradasi termal material. TGA akan mengukur perubahan massa proses dekomposisi material, oksidasi dan dehidrasi sebagai fungsi waktu dan suhu. Berdasarkan uraian tersebut, LP diuji dengan TGA untuk mengetahui karakteristik termalnya dan juga melihat komposisinya. Pengujian TGA dilakukan dengan memanaskan LP pada suhu 800 °C.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Preparasi sampel

Sampel LP diperoleh dari sisa proses filtrasi. Pada proses ini rumput laut yang telah diekstrak berupa bubur kemudian disaring untuk memisahkan ekstrak karaginan (Arfini, 2011). Penyaringan dilakukan menggunakan filter press dan sejenis tanah diatom sebagai media saring supaya kemurnian karaginan yang diperoleh lebih baik. Sampel LP yang diperoleh dari CV. Karagen Indonesia berupa padatan basah dan kasar (gambar 1), kemudian dikeringkan (gambar 2) dan dibuat menjadi tepung (gambar 3).

3.2. Kandungan Limbah Padat

Kadar air

Kadar air LP pada penelitian ini seperti disajikan pada tabel 2. LP basah yang diperoleh dari industri tanpa perlakuan pengeringan memiliki kadar air cukup tinggi yaitu 79.95 % sedangkan yang telah dikeringkan dan ditepungkan berturut-turut yaitu 6.34 % dan 3.44 %. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa proses pengeringan sangat menentukan nilai kadar air pada LP.



Gambar 1. Sampel limbah basah dari industri



Gambar 2. Sampel limbah kering



Gambar 3. Sampel limbah setelah ditepungkan

Kadar air yang tinggi tersebut disebabkan karena pada proses ekstraksi dilakukan perendaman dan pemasakan menggunakan air. Selain itu juga karena sifat dari rumput laut *Eucheumma cottonii* yang menyerap air, bahkan untuk rumput laut segar memiliki kandungan air 76.15 % (Maharany dkk, 2017). Untuk mengurangi kandungan air tersebut maka dilakukan proses pengeringan LP. Pada penelitian ini pengeringan LP dilakukan menggunakan sinar matahari langsung. Pengeringan yang dilakukan dapat menghilangkan air sekitar 70 % yang terkandung dalam LP. Kadar air yang rendah akan memudahkan proses penggilingan dan penepungan.

Tabel 1. Hasil Analisis Kadar Air LP

Kondisi	Nilai (%)
LP basah	79.95 ± 0.0392
LP kering kasar	6.34 ± 0.0005
LP kering tepung	3.44 ± 0.0058

Kandungan selulosa

Pemilihan metode Chesson Datta untuk analisis selulosa LP didasarkan pada beberapa sifat rumput laut yang mirip dengan biomassa lainnya. Metode ini umumnya digunakan untuk analisis selulosa pada berbagai jenis bahan tanaman, seperti serat kayu, jerami, ampas tebu dan bahan tanaman lain yang mengandung selulosa (Krisnayana dkk, 2023; Kunusa dkk, 2020; Shobib dkk, 2023). Bahan-bahan tersebut mengandung serat dan polisakarida yang tinggi dengan komponen utamanya adalah selulosa dan hemiselulosa. Berdasarkan beberapa literatur, rumput laut *Eucheumma cottonii* juga mengandung komponen yang hampir sama bahkan nilainya lebih tinggi. Selain itu, proses ekstraksi karaginan yang merupakan proses *leaching* akan memisahkan polisakarida dari thallus, sehingga menyisakan LP yang berpotensi memiliki kandungan serat tinggi. Berdasarkan uraian tersebut maka digunakan analisis Chesson Datta untuk mengetahui kandungan selulosa pada LP.

Analisis kadar selulosa menunjukkan hasil yang cukup tinggi yaitu 65,28 %. Selain itu juga menunjukkan kandungan lignin dan hemiselulosa pada kisaran 7% hingga 9% seperti disajikan pada tabel 2. Hal ini karena rumput laut *Eucheuma cottonii* sebagian besar diolah menjadi karaginan dengan melakukan proses ekstraksi. Pada proses ekstraksi tersebut terjadi pemisahan karaginan dari kandungan lainnya termasuk selulosa. Oleh karena itu limbah sisa ekstraksi karaginan berpotensi memiliki kandungan lignoselulosa yang cukup tinggi. Jika melihat dari beberapa penelitian yang serupa, kandungan LP nilainya bervariasi. Fithriani dkk (2007) melakukan ekstraksi selulosa dari limbah karaginan dan diperoleh nilai pada kisaran 27.38 – 39.45 %. Jumaidin dkk (2017) juga melakukan karakterisasi limbah rumput laut dari ekstraksi karaginan, tetapi bukan dari industri. Dari karakterisasi tersebut menunjukkan kandungan selulosa 6.95 %, hemiselulosa 3.33 % dan lignin 4.83 %. Zulferiyenni & Hidayati (2016) juga melakukan pemurnian limbah padat rumput laut *Eucheumma cottonii* menggunkan H_2O_2 dan NaOH dan diperoleh kaandungan selulosa 67.75 %, hemiselulosa 13.1 % dan lignin 6.35 %. Kandungan selulosa yang bervariasi tersebut diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu faktor metode ekstraksi yang digunakan, musim, geografis, umur panen, dan kondisi lingkungan tempat hidup rumput laut (Ortiz dkk, 2006).

Tabel 2. Hasil analisis lignoselulosa LP dari CV. Karagen Indonesia

Komponen	Nilai (%)
Hemiselulosa	9.4098 ± 0.23
Selulosa	65.2795 ± 0.33
Lignin	7.4869 ± 0.33

Namun perlu diketahui bahwa proses ekstraksi karaginan juga menggunakan bahan lain sebagai media filtrasi. Pada umumnya proses filtrasi menggunakan filter press. Untuk mengoptimalkan proses filtrasi, biasanya ditambahkan tanah diatom yang akan menghilangkan residu kecil yang tersuspensi dalam cairan (Minghau, 1990). Informasi lain menyebutkan bahwa filtrasi pada industri karaginan menggunakan tanah diatom sejenis *celite* dan *expanded* lava *(perlite)* (Hernandez dkk, 2013; Fermi dkk, 2021).

Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan investigasi tentang analisis selulosa dengan metode Chesson Datta yang menggunakan larutan asam kuat sebagai pelarut. Larutan asam tersebut pada prinsipnya digunakan untuk melarutkan lignin yang menutupi selulosa sehingga diperoleh selulosa murni. Selain itu larutan asam ini juga berperan dalam memecah rantai panjang selulosa menjadi lebih kecil (Zulnazri dkk, 2022). Sedangkan bahan filtrasi tanah diatom sejenis *celite* dan *expanded* lava *(perlite)* yang memiliki sifat yang tidak larut dalam asam dan basa kuat. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui kandungan tanah diatom yang terdapat LP.

Kandungan abu dan TGA

Kadar abu LP pada penelitian ini nilainya sangat besar yaitu pada kisaran 83 – 85 % seperti disajikan pada tabel 3. Jika dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya hasilnya cukup signifikan. Haslianti (2013) menyampaikan bahwa nilai kadar abu limbah padat karaginan rumput laut *K. alvarezii* Dotty sebesar 36.84%. Sedangkan menurut Rajasulochana dkk (2010) menyatakan bahwa rumput laut *K. alvarezii* memiliki kadar

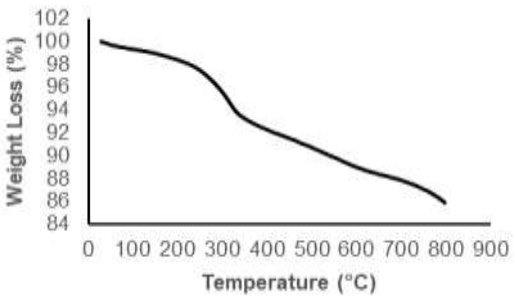
abu sebesar 21.1% - 39.3%. Kondisi tersebut menimbulkan kejanggalan dan pertanyaan. Hal ini karena pada proses pemanasan uji kadar abu yang mencapai suhu 550 ℃ masih menyisakan padatan bukan berupa abu putih. Padatan yang tersisa cukup banyak tersebut diduga merupakan jenis tanah diatom yang digunakan untuk proses filtrasi dan kemudian terbawa bersama LP. Dugaan ini berdasarkan pada sifat dan karakteristik tanah diatom.

Tabel 3. Hasil Analisis Kadar Abu LP

Kondisi	Nilai (%)
LP kering kasar	83.70 ± 0.003
LP kering tepung	85.00 ± 0.018

Tanah diatom merupakan batuan sedimen yang terbentuk dari sisa-sisa fosil diatom dan sekelompok batuan silika. Tanah diatom mempunyai sifat kepadatan rendah, porositas tinggi, ringan, luas permukaan tinggi, dan mempunyai daya serap tinggi (Luty'nski dkk, 2019). Tanah diatom mempunyai komponen utama silika (SiO_2) sekitar 85.5 – 99.4% . Dengan kandungan silika yang tinggi tersebut maka titik lelehnya 1020-1610 ℃, suhu dekomposisi > 2000 °C, tidak larut dalam air, larutan asam kuat dan basa lemah (Wypych, 2014). Dari beberapa literatur juga diperoleh infromasi bahwa filtrasi pada industri karaginan menggunakan tanah diatomi (*celite*) dan *expanded lava* (perlite) sebagai media filtrasi (Hernandez et al, 2013; Fermı et al, 2021). Media filtrasi tersebut akan menempel pada ampas sisa ekstraksi sehingga akan terbuang bersama LP.

Hasil analisis TGA seperti disajikan pada gambar 4 menunjukkan bahwa residu sampel pada pemanasan sampai dengan sekitar 800 °C masih sangat besar yaitu pada kisaran 80%. Jumlah residu ini nilainya bersesuaian dengan hasil kadar abu yaitu pada kisaran 83 – 85%. Hal ini menunjukkan bahwa ada kandungan bahan lain selain lignoselulosa. Dari uraian yang telah disampaikan sebelumnya, kandungan yang terdapat dalam limbah tersebut diduga adalah bahan mineral berupa tanah diatom.



Gambar 4. Profil analisis TGA Limbah Padat Rumput Laut

Berdasarkan hasil analisis nilai kadar abu yang tinggi dan diperkuat dengan hasil analisis TGA menunjukkan bahwa terdapat kandungan mineral berupa tanah diatom yang cukup banyak pada LP. Hal ini sesuai dengan pernyataan Haslianti (2013) bahwa kadar abu dari LP industri karaginan mengandung jumlah mineral yang tinggi. Tanah diatom yang memiliki titik leleh diatas 1020 °C tidak akan hilang atau menjadi abu dengan pemanasan furnace pada suhu 550 °C.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa LP dari industri karaginan mempunyai kadar air yang tinggi karena sifat rumput laut itu sendiri dan juga perlakuan pada proses ekstraksi yang diberikan. LP juga mengandung kadar selulosa yang relatif tinggi yaitu 65,28%. Hal ini karena pada proses penyaringan ketika ekstraksi, selulosa akan tertinggal dan menjadi bagian dari LP. Namun pada analisis kadar abu diperoleh 83-85% yang berupa padatan keras bukan abu putih. Selain itu pada analisis TGA juga menyisakan residu sebesar 86%. Padatan dan residu tersebut diduga merupakan tanah diatom yang digunakan pada proses filtrasi karaginan. Oleh karena itu kandungan selulosa yang tinggi pada LP diduga masih mengandung tanah diatom yang tidak terlarut oleh asam kuat.

DAFTAR PUSTAKA

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis the Association. 15. Ed. AOAC. Virginia: AOAC Inc. Arlington.

Arfini, F. (2011). Optimasi Proses Ekstraksi Pembuatan Karaginan dari Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*) serta Aplikasinya sebagai Penstabil pada Sirup Markisa. Thesis.

Assadad, L. (2009). Pemanfaatan Limbah Industri Karaginan. Squalen Vol. 4 No. 3, 4(3), 93–98.

Bojorges, H., José, M., López-rubio, A., & Martínez-abad, A. (2022). Science of the Total Environment Alginate industrial waste streams as a promising source of value-added compounds valorization, 838(May).

Fithriani, D., Nurbayasari, R., Sedayu, B. B. (2007). Ekstraksi Selulosa dari Limbah Pembuatan Karaginan. Jurnal Pasca Panen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan Vol. 2 No.2.

Fermi, A., Martı, A., & Escalante-garcı, Z. Y. (2021). Improved Extraction of Carrageenan from Red Seaweed (*Chondracantus canaliculatus*) using Ultrasound-Assisted Methods and Evaluation of the Yield, Physicochemical Properties and Functional Groups, 30, 901–910. https://doi.org/10.1007/s10068-021-00935-7.

Wypych, G. (2014). Handbook of Antiblocking, Release, and Slip Additives. ChemTec Publishing. https://doi.org/10.1016/C2014-0-00975-6.

Haslianti. (2013). Pemanfaatan Limbah Karaginan *Kappaphycus alvarezii Dotty* dalam Proses Pembuatan Bioetanol. Thesis.

Hernandez-carmona, G., Freile-pelegrin, Y., & Garibay, E. H. (2013). Conventional and Alternative Technologies for The Extraction of Algal Polysaccharides. https://doi.org/10.1533/9780857098689.3.475.

Jumaidin, R., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. (2017). Characteristics of *Eucheuma cottonii* Waste from East Malaysia : Physical, Thermal and Chemical Composition Characteristics of *Eucheuma cottonii* Waste from East Malaysia : Physical, Thermal. European Journal of Phycology, 00(00), 1–8. https://doi.org/10.1080/09670262.2016.1248498

Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2023). Laporan Kinerja Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2022.

Krisnayana, R., Biyanto, T.R., Nugroho G. (2023). Modeling and Optimizing Cellulose Extraction from Rice Straw using HCl. Journal of Physics: Conference Series. 2673 (2023) 012036. doi:10.1088/1742-6596/2673/1/012036.

Kunusa, W.R., Abdullah, R., Bilondatu, K., Tulie, W.Z. (2020). Analysis of Cellulose Isolated from Sugar Bagasse: Optimization and Treatment Process Scheme. Journal of Physics: Conference Series 1422 (2020) 012040. doi:10.1088/1742-6596/1422/1/012040.

Loppies, J.E. & Yumas, M. (2017). Pemanfaatan Limbah Cair Industri Rumput Laut sebagai Pupuk Organik Cair untuk Tanaman Pertanian. Jurnal Industri Hasil Perkebunan, 12 No.2, 66–75.

Lutynski, M., Sakiewicz, P., Lutynska, S. (2019). Characterization of Diatomaceous Earth and Halloysite Resources of Poland. Minerals 2019, 9, 670; doi:10.3390/min9110670www.

Maharany, F., Nurjanah, Suwandi, R., Anwar, E., Hidayat, T. (2017). Kandungan Senyawa Bioaktif Rumput Laut Padina australis dan *Eucheuma cottonii* sebagai Bahan Baku Krim Tabir Surya Bioactive Compounds of Seaweed Padina australis and *Eucheuma cottonii* as Sunscreen Raw Materials. JPHPI, 20 (1), 10–17.

Minghau, J. (1990). Processing and Extraction of Phycocolloids. In : FAO/NACA. Technical Resources Papers, Regional Workshop on the Culture and Regional Utilization of the Seaweeds, Volume II (Regional Seafarming Development and Demonstration Project RAS/90/002) 27-31 August 1990, Cebu City, Philipines. Regional Seafarming Development and Demonstration Project/Network of Aquaculture Centres in Asia, Bangkok, Thailand. pp. 85-96.

Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Herna´ndez, J., Bozzo, C., Navarrete, E., Osorio, A., Rios, A. (2006). Food Chemistry Dietary fiber, Amino Acid, Fatty Acid and Tocopherol Contents of the Edible Seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*, 99, 98–104. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.027

Pasanda, O.S.R., Azis, A., Alam, S., Ruso, S., Anjani, N., Aulia, R. (2019). Evaluasi Perlakuan dengan Ultrasonik pada Proses Hidrolisis Limbah Padat Rumput Laut

Eucheuma Cottonii. Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat, 2019, 100–104.

Rajasulochana, P., Krishnamoorthy, P., & Dhamotharan, R. (2010). Amino Acids , Fatty Acids and Minerals In *Kappaphycus sp*. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 5(5), 1–12.

Rizal, W.A., Maryana, R., Prasetyo, D.J., Suwanto, A., Wahono, S.K. (2020). Alkaline Pretreatment of Sugarcane Bagasse on Pilot Scale Reactor. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 462 (2020) 012056. doi:10.1088/1755-1315/462/1/012056.

Sedayu, B. B., Widianto, T. N., Basmal, J., & Bandol Utomo, B. S. (2008). Pemanfaatan Limbah Padat Pengolahan Rumput Laut Gracilaria sp. untuk Pembuatan Papan Partikel. Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan, 3(1), 1. https://doi.org/10.15578/jpbkp.v3i1.5.

Shobib, A., Da Silva, T., Pramudono, B., Rokhati, N., Kasmiyatun, M. (2023). Analisis Komposisi Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin dalam berbagai Jenis Kayu : Metode Chesson-Datta. Inovasi Teknik Kimia. Vol. 8, No.4, Oktober 2023, Hal 309-314.

Zulferiyenni & Hidayati, S. (2016). Sifat Kimia Limbah Padat Rumput Laut Hasil Pemurnian Menggunakan H2O2 dan NaOH. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung, (September), 141–148.

Zulnazri, Putri, A.P., Dewi, R., Bahri, S., Sulhatun. (2022). Karakterisasi Glukosa sebagai Bahan Baku Bioetanol yang Diproduksi dari α-Selulosa Berbasis Limbah Kulit Kopi Arabika. Jurnal Teknologi Kimia Unimal 11:1 (Mei 2022) 102-111.

Wiratmaja, I. G., Bagus, I. G., Kusuma, W., & Winaya, I. N. S. (2011). Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Sebagai Bahan Baku, 5(1).