

# Pengaruh Proses *Dewaxing* pada Isolasi Selulosa dari Limbah Rumput Laut Merah dan Rumput Laut Coklat

*Dewaxing Effects on Cellulose Isolation from Waste of Red Algae and Brown Algae*

Hasna Nur Afifah<sup>1,\*</sup>, Hidayat<sup>2</sup>, dan Selly Harnesa Putri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jl. Ir. Soekarno km. 21, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat 45363, Indonesia

<sup>2</sup> Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Kawasan Sains dan Teknologi Samaun Samadikun, Jl. Sangkuriang – Dago, Badung, Jawa Barat 40135, Indonesia

<sup>\*)</sup> Alamat E-mail Korespondensi: [hasna19007@mail.unpad.ac.id](mailto:hasna19007@mail.unpad.ac.id)

## Informasi Artikel

Diterima: 13 Feb 2024

Disetujui: 20 Feb 2024

Terbit : 22 Feb 2024

## Kata Kunci:

*Dewaxing*; *Gracilaria verrucosa*; *Sargassum* sp.; Selulosa; Rumput Laut.

## Keywords:

*Dewaxing*; *Gracilaria verrucosa*; *Sargassum* sp.; Cellulose; Algae.

**Abstrak.** Selulosa merupakan bahan serbaguna yang ramah lingkungan dan mudah ditemukan pada berbagai sumber biomassa baik di darat maupun di laut. Rumput laut sebagai biomassa berlignoselulosa memiliki beberapa keunggulan dibanding biomassa tanaman terestrial karena dapat lebih mudah tumbuh dan lebih cepat dipanen serta tingkat kandungan lignin yang lebih rendah. Industri pengolahan rumput laut menjadi agar dan alginat menghasilkan limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal padahal selulosa yang terkandung di dalamnya masih bisa dimanfaatkan. Rumput laut merah *Gracilaria verrucosa* dan rumput laut coklat *Sargassum* sp. merupakan bahan baku utama produksi agar dan alginat. Limbah pertanian yang tidak memenuhi standar industri dari kedua rumput laut tersebut digunakan untuk memproduksi selulosa melalui tahap utama berupa delignifikasi dan bleaching. *Pre-treatment* berupa proses *dewaxing* diujikan pengaruhnya terhadap selulosa yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini untuk melihat perbedaan antara selulosa yang dihasilkan melalui tahap *dewaxing* dan tanpa *dewaxing*. Hasil menunjukkan bahwa selulosa dengan proses *dewaxing* memiliki rendemen yang lebih tinggi namun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada komposisi gugus fungsi pada kedua jenis rumput laut. Hasil FTIR selulosa dari *Sargassum* sp. memiliki puncak serapan yang lebih lebar dan lemah dibandingkan selulosa dari *Gracilaria verrucosa*. Selain itu, tampilan fisik yang dihasilkan oleh selulosa yang melalui tahap *dewaxing* untuk jenis *Gracilaria verrucosa* memiliki warna yang lebih terang dibandingkan tanpa *dewaxing* sedangkan untuk selulosa dari jenis *Sargassum* sp. baik dengan tahap *dewaxing* maupun tanpa *dewaxing* tidak memiliki perbedaan warna yang signifikan.

**Abstract.** Cellulose is a useful material with good biodegradability and can be easily found in both terrestrial and marine biomass. Algae, as lignocellulosic biomass, have several advantages compared to terrestrial biomass, such as easier growth, faster harvest time, and lower lignin content. The agar and alginate production industry impacting the amount of its waste. The waste produced has not been used optimally even though it still has cellulose content. Red algae *Gracilaria verrucosa* and brown algae *Sargassum* sp. are the main source of agar and alginate production. Agricultural waste from both algae is used for cellulose production through two main processes: delignification and bleaching. Effects of *dewaxing* as a *pre-treatment* process on the produced cellulose was tested. The aim of this study is to determine the difference between dewaxed and non-dewaxed cellulose. The results show that dewaxed cellulose on both sources of algae obtained a higher yield but has no significant difference in FTIR spectra composition. *Sargassum* sp. cellulose has a broader and weaker FTIR spectra compared to *Gracilaria verrucosa* cellulose. In addition, the appearance of dewaxed cellulose is brighter than non-dewaxed cellulose from *Gracilaria verrucosa*, while there is no significant difference in color between dewaxed and non-dewaxed cellulose from *Sargassum* sp..

## PENDAHULUAN

Indonesia kaya akan komoditas hasil laut, khususnya rumput laut karena memiliki area perairan yang luas. Produksi rumput laut di Indonesia tahun 2020 mencapai 5.011.856 ton basah [1]. Jumlah produksi yang cukup besar ini menghasilkan limbah yang berupa limbah padat, limbah cair, dan limbah pertanian hasil budidaya rumput laut yang tidak memenuhi syarat industri. Menurut data KKP tahun 2021, limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan rumput laut di Indonesia masing-masing mencapai 8.174.150 m<sup>3</sup> dan 62.506 ton [2] sedangkan limbah pertanian hanya digunakan sebagai pakan ternak [3].

Rumput laut termasuk dalam biomassa lignoselulosa yang mengandung lignin, hemiselulosa, dan selulosa, serta agar ataupun alginat. Jika dibandingkan dengan tanaman terestrial, rumput laut dapat tumbuh dengan mudah dan dapat dipanen dalam waktu singkat, serta memiliki kandungan lignin yang lebih sedikit sehingga tidak memerlukan perlakuan yang terlalu sulit untuk memperoleh selulosa [4], [5]. Pada spesies rumput laut *Gracilaria verrucosa*, lignin yang terkandung hanya 3,3% [6] sedangkan pada rumput laut *Sargassum sp.* lignin yang terkandung sebanyak 25,4% [7].

Rumput laut *Gracilaria verrucosa* dan *Sargassum sp.* merupakan spesies rumput laut dari kelompok Rhodophyta dan Phaeophyta yang melimpah dan banyak dibudidayakan di Indonesia. *Gracilaria verrucosa* mampu menghasilkan agar-agar tiga kali lipat lebih banyak dari rumput laut jenis lain sedangkan *Sargassum sp.* merupakan penghasil alginat yang selalu tersedia sepanjang tahun dan paling banyak penyebarannya di Indonesia [8], [9]. Rumput laut merah *Gracilaria birdie* mengandung 73% karbohidrat yang berupa agar dan selulosa sedangkan rumput laut coklat *Sargassum muticum* dan *Sargassum filipendula* mengandung 45-52% karbohidrat yang berupa alginat dan selulosa [10].

Selulosa merupakan senyawa polimer yang serbaguna dengan glukosa sebagai monomernya yang terintegrasi karena ikatan beta glikosidik. Sifatnya non-toksik, *biodegradable*, hidrofilik dan higroskopis, serta kekuatan mekaniknya baik [11]. Selulosa dan beberapa senyawa turunannya banyak dimanfaatkan di berbagai bidang kimia, tekstil,

farmasi, energi, lingkungan, penanganan air, serta industri kertas, pangan, non pangan, kosmetik, dan kemasan [11]–[14]. Selulosa bisa didapatkan melalui proses fisika, kimia, maupun biologi. Namun, metode kimia paling umum digunakan karena sederhana, mudah, dan relatif murah.

Proses isolasi selulosa dengan metode kimia memerlukan beberapa *pre-treatment* sebelum melalui proses utama yang berupa delignifikasi dan *bleaching*, terutama pada biomassa laut seperti rumput laut. Salah satunya adalah proses *dewaxing* yang dapat melarutkan senyawa ekstraktif, lilin, warna, dan sebagainya. Selain *dewaxing*, proses *desalt* atau merebus rumput laut agar kandungan garam yang terbawa dari laut turun pun dapat dilakukan pada biomassa rumput laut [15].

Penelitian terdahulu [4], [15], [16] yang mengolah rumput laut sebagai sumber biomassa untuk memproduksi selulosa melakukan proses *dewaxing* dengan metode sokhletasi menggunakan larutan toluene dan etanol. Namun, proses *dewaxing* pada penelitian ini menggunakan larutan metanol dengan metode maserasi karena prosesnya lebih mudah dan sederhana. Metanol juga merupakan pelarut universal yang dapat melarutkan senyawa polar maupun non polar [17]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh proses *dewaxing* pada selulosa yang diisolasi dari rumput laut.

## METODE

### Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan berupa limbah pertanian hasil budidaya rumput laut merah *Gracilaria verrucosa* dan rumput laut coklat *Sargassum sp.* yang diperoleh dari Koperasi Mina Agar Makmur, Karawang, Jawa Barat. Bahan lainnya yaitu Metanol 98% (teknis), NaOH 2% (p.a, MERCK), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% (p.a., MERCK), dan aquades.

### Pretreatment

Limbah rumput laut dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran dan kerang/sumpil kemudian dicuci hingga bersih menggunakan air. Setelah itu, rumput laut dikeringkan menggunakan oven selama 2 hari pada suhu 50°C. Rumput laut yang telah kering dikecilkan ukurannya hingga halus lalu diayak dengan ayakan 60 mesh.

Serbuk limbah rumput laut dari masing-masing jenis dibagi menjadi dua. Sampel  $G_{nd}$  (*Gracilaria verrucosa non-dewaxing*) dan  $S_{nd}$  (*Sargassum sp. non-dewaxing*) diproses langsung tanpa tahap *dewaxing* sedangkan sampel  $G_d$  (*Gracilaria verrucosa dewaxed*) dan  $S_d$  (*Sargassum sp. dewaxed*) yang melalui proses *dewaxing* direndam dalam metanol pada suhu ruang selama 24 jam dengan perbandingan serbuk:pelarut sebesar 1:5. Setelah itu, pelarut dan biomassa dipisahkan dengan kertas filter. Biomassa kemudian digunakan untuk proses selanjutnya.

### Produksi Selulosa

Produksi selulosa mengacu pada penelitian [4] dengan modifikasi pada penurunan konsentrasi hidrogen peroksida dan suhu proses. Serbuk limbah rumput laut dan/atau simplisia didelignifikasi menggunakan NaOH 2% selama 3 jam pada suhu 60°C dengan perbandingan serbuk:pelarut sebesar 1:30. Setelah itu, sampel dibilas hingga netral atau mencapai pH 7. Setelah netral, dilakukan bleaching dengan  $H_2O_2$  3% selama 1,5 jam pada suhu 60°C. Kemudian sampel dibilas kembali hingga netral lalu dikeringkan di oven dengan suhu 50°C selama 72 jam. Adapun rendemen selulosa yang didapatkan dihitung melalui persamaan berikut.

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{bobot selulosa kering (g)}}{\text{bobot serbuk rumput laut (g)}}$$

### Analisis Gugus Fungsi

Sampel selulosa dianalisis gugus fungsinya menggunakan FTIR-ATR (*Fourier Transform-Infrared Attenuated Total Reflection*) dengan menyimpan sejumlah sampel kering di atas detektor. Spektrum diukur pada gelombang 4000 – 400  $\text{cm}^{-1}$  dengan kedalaman penetrasi gelombang inframerah sebesar 0,5 – 3  $\mu\text{m}$  [18].

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Selulosa berhasil diisolasi dari kedua jenis rumput laut baik yang melalui proses *dewaxing* maupun tanpa proses *dewaxing*. Tahap *dewaxing* melarutkan zat-zat ekstraktif non-selulosa seperti metabolit sekunder: flavonoid, alkaloid, terpenoid, dll; lemak; asam lemak; lilin; dan zat warna [19]. Metanol yang digunakan sebagai pelarut memiliki kemampuan untuk melarutkan zat polar dan non polar pada biomassa pertanian [17]. Gambar 1 berikut merupakan sisa pelarut metanol setelah proses

*dewaxing* yang telah melarutkan zat warna dan zat lainnya.



**Gambar 1.** Sisa pelarut metanol pada *Sargassum sp.* (a) dan *Gracilaria verrucosa* (b) setelah *dewaxing*

Warna sisa pelarut menggambarkan komposisi pigmen warna yang terbawa oleh metanol. *Sargassum sp.* termasuk ke dalam kelas *Phaeophyceae* yang memiliki pigmen klorofil a dan c, beta karoten, serta pigmen khas berupa *fucoxanthin* dan *diatoxanthin*. Sedangkan *Gracilaria verrucosa* termasuk dalam filum *Rhodophyceae* yang memiliki pigmen klorofil a dan d, alfa dan beta karoten, serta pigmen khas berupa *zeaxanthin* [20]. Klorofil a menghasilkan pigmen hijau biru, klorofil c menghasilkan warna hijau coklat, dan klorofil d menghasilkan warna hijau merah. *Fucoxanthin* dan *diatoxanthin* menghasilkan warna coklat/hijau zaitun dan coklat keemasan sedangkan *zeaxanthin* menghasilkan warna kekuningan. Warna sisa pelarut dari *Sargassum sp.* yang merupakan rumput laut coklat berwarna hijau kecoklatan namun warna sisa pelarut dari *Gracilaria verrucosa* yang merupakan rumput laut merah tidak berwarna kemerahan. Hal ini terjadi karena pigmen-pigmen yang terdapat pada rumput laut jenis *Gracilaria* ini merepresentasikan warna yang tidak selalu merah, bisa berwarna kuning, hitam, atau hijau sebagai pigmen genetiknya [21].

Pada proses delignifikasi, terjadi interaksi antara basa alkali NaOH dengan *raw material* biomassa rumput laut, menghasilkan reaksi solvasi dan saponifikasi. Reaksi solvasi menyebabkan *swelling* pada *raw material* yang memperluas permukaan internal sehingga selulosa dapat lebih mudah diakses. Reaksi ini memungkinkan NaOH untuk mengeliminasi gugus asetil dan asam uronat (4-O-methyl-D-glucuronic acid) dalam hemiselulosa.

Reaksi saponifikasi membentuk gugus hidroksil bermuatan yang menandakan ikatan lignin dan hemiselulosa telah terdegradasi [22], [23].

Proses *bleaching* merupakan proses interaksi antara bahan lignoselulosa dengan *bleaching agent* yang mengeliminasi hemiselulosa dan lignin lebih lanjut. *Bleaching agent* berupa  $O_2^-$  (anion radikal) terbentuk dari *perhydroxyl radicals* yang bermula dari anion  $HO_2^-$  yang terdapat pada  $H_2O_2$  atau hidrogen peroksida [24], [25]. Hidrogen peroksida sangat efektif mendegradasi lignin dan hemiselulosa namun memiliki selektivitas yang rendah karena konsentrasi  $H_2O_2$  yang terlalu tinggi menyebabkan selulosa ikut terdegradasi [26].

Secara tampilan, selulosa dari rumput laut *Gracilaria verrucosa* memiliki warna sedikit kekuningan. Selulosa yang melalui tahap *dewaxing* di awal memiliki warna yang lebih cerah dibandingkan selulosa tanpa *dewaxing* pada selulosa dari sumber rumput laut ini. Sedangkan selulosa dari rumput laut *Sargassum sp.* memiliki warna cenderung kehijauan dan tidak memiliki perbedaan yang terlalu signifikan pada selulosa yang melalui tahap *dewaxing* maupun tanpa *dewaxing*. Gambar 2 berikut merupakan tampilan selulosa yang diproduksi pada penelitian ini.



**Gambar 2.** Sampel Selulosa *Gracilaria verrucosa* non *dewaxing* ( $G_{nd}$ ); Selulosa *Gracilaria verrucosa* *dewaxed* ( $G_d$ ); Selulosa *Sargassum sp* non *dewaxing* ( $S_{nd}$ ); dan Selulosa *Sargassum sp* *dewaxed* ( $S_d$ )

Tabel 1 menunjukkan hasil analisis perhitungan rendemen selulosa yang dilakukan pada penelitian ini. Rendemen yang dihasilkan dari proses yang melalui *dewaxing* di awal lebih tinggi dibandingkan selulosa tanpa proses *dewaxing* pada kedua jenis

sumber rumput laut. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh proses *dewaxing* pada rendemen yang dihasilkan. Namun, faktor ini tidak menjadi satu-satunya penyebab rendemen selulosa bervariasi.

**Tabel 1.** Rendemen selulosa yang terisolasi

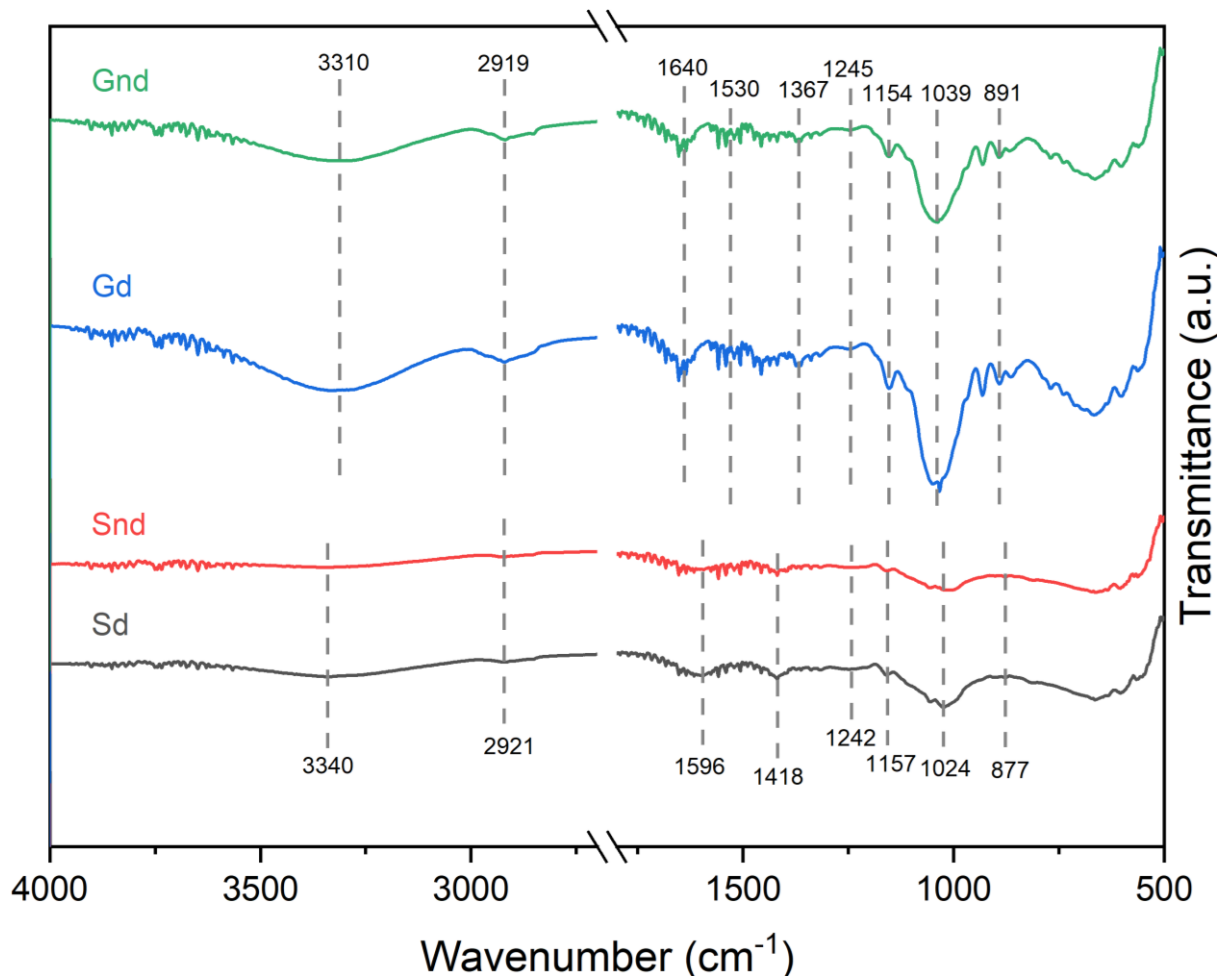
| Jenis Rumput Laut           | Rendemen (%)   |                     |
|-----------------------------|----------------|---------------------|
|                             | <i>Dewaxed</i> | <i>Non Dewaxing</i> |
| <i>Gracilaria verrucosa</i> | 34,4           | 25,7                |
| <i>Sargassum sp.</i>        | 36,4           | 32,9                |

Selulosa dari berbagai jenis rumput laut baik rumput laut merah, coklat, ataupun hijau yang telah diteliti sebelumnya menghasilkan rendemen yang berbeda-beda tergantung spesies, jenis proses yang dilakukan, serta jenis bahan dan kuantitas bahan yang digunakan. Sebagai contoh, selulosa dari rumput laut merah *Gelidium elegans* [4] yang diproduksi dengan proses yang mirip dengan penelitian ini menghasilkan rendemen yang lebih rendah karena konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan lebih tinggi sehingga beberapa bagian dari selulosa ikut terdegradasi [26].

Selulosa dari rumput laut merah *Gelidium elegans*, *Gelidium sesquipedale*, *Palmaria palmata*, dan *Porphyra umbilicalis* masing-masing menghasilkan rendemen 15,5%, 21,5%, 13,3%, dan 17,4% berturut-turut [4], [16], [27]. Rumput laut coklat yang diproduksi menjadi selulosa dari jenis *Sargassum tenerrimum*, *Sargassum fluitans*, dan *Laminaria japonica* menghasilkan rendemen 10%, 25,8%, dan 26,1% berturut-turut [27], [28]. Sedangkan selulosa dari rumput laut hijau dengan jenis *Cladophora glomerata*, *Ulva lactuca*, dan *Arthrospira maxima* menghasilkan rendemen 37,2%, 16,3%, dan 20,3% berturut-turut [27], [29].

Rendemen dalam penelitian ini dapat dikatakan cukup tinggi jika dibandingkan dengan rendemen dari rumput laut merah dan coklat jenis lain yang hanya berkisar 10-26%.

Gambar 3 merupakan spektrum hasil analisis gugus fungsi menggunakan FTIR. Puncak serapan pada selulosa dari *Gracilaria verrucosa* memiliki perbedaan dengan selulosa dari *Sargassum sp.* baik dari segi bilangan gelombang maupun dari segi ketajaman puncak serapannya. Sampel  $G_{nd}$  dan  $G_d$  terlihat puncak serapannya lebih tajam dibandingkan sampel  $S_{nd}$  dan  $S_d$ . Namun, secara garis besar letak serapannya memiliki kemiripan dan sudah mencakup serapan khas selulosa. Puncak serapan pada bilangan gelombang spesifik tertentu



**Gambar 3.** Spektrum FTIR Selulosa *Gracilaria verrucosa non dewaxing* ( $G_{nd}$ ); Selulosa *Gracilaria verrucosa dewaxed* ( $G_d$ ); Selulosa *Sargassum sp non dewaxing* ( $S_{nd}$ ); dan Selulosa *Sargassum sp dewaxed* ( $S_d$ )

yang diserap oleh sinar inframerah pada FTIR merupakan representasi dari ikatan-ikatan yang ada pada struktur selulosa.

Gugus yang menyusun struktur selulosa terdiri dari gugus hidroksil (O-H) yang terdapat pada permukaan strukturnya, gugus C-H pada atom C nomor 1 hingga 5 pada kerangka sikliknya, ikatan C-O pada atom C nomor 6, gugus C-O-C yang terdapat pada kerangka utama siklik tiap monomernya, serta ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik yang menghubungkan setiap monomer selulosa. Selain itu, Gugus atau ikatan-ikatan yang menunjukkan karakteristik selulosa jenis I tersebut dapat dideteksi pada bilangan gelombang sebagaimana terdapat pada Tabel 2.

Pada penelitian ini, puncak serapan gugus hidroksil atau O-H *stretching* berada pada gelombang sekitar  $3310\text{ cm}^{-1}$  pada selulosa *Gracilaria verrucosa* dan  $3340\text{ cm}^{-1}$  pada selulosa *Sargassum sp*. Khusus pada selulosa *Gracilaria verrucosa*, terdeteksi gugus O-H *bending* pada gelombang  $1640\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini sesuai dengan

penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, O-H *stretching* menunjukkan adanya kecenderungan sifat hidrofilik sedangkan O-H *bending* menggambarkan adanya air yang diserap [4].

**Tabel 2.** Puncak serapan khas selulosa

| Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) | Karakteristik Ikatan               |
|-----------------------------------------|------------------------------------|
| 3350 – 3250                             | O-H <i>stretching</i>              |
| 2900                                    | C-H <i>stretching</i>              |
| 1428                                    | CH <sub>2</sub> <i>scissoring</i>  |
| 1375 – 1371                             | C-H <i>asymmetric deformation</i>  |
| 1157                                    | C-O-C <i>asymmetric stretching</i> |
| 1033                                    | C-O <i>stretching</i>              |
| 890                                     | $\beta$ -1,4-glikosidik            |

Sumber: [4], [16], [27], [30]

Gugus C-H ditunjukkan oleh bilangan gelombang  $2919\text{ cm}^{-1}$  pada sampel  $G_{nd}$  dan  $G_d$  sedangkan sampel  $S_{nd}$  dan  $S_d$  pada  $2921\text{ cm}^{-1}$ . Gugus CH<sub>2</sub> yang terdapat pada atom C nomor 5 hanya terdeteksi pada sampel selulosa dari *Sargassum sp*. yaitu pada gelombang  $1418\text{ cm}^{-1}$ . Di sisi lain, sampel selulosa dari *Gracilaria verrucosa*

menunjukkan puncak serapan pada bilangan gelombang  $1367\text{ cm}^{-1}$  yang mewakili gugus C-H tidak ditemui pada sampel selulosa *Sargassum sp.*

Gugus C-O-C yang menyusun kerangka selulosa pada penelitian ini terwakili dengan puncak serapan sekitar  $1154\text{ cm}^{-1}$  –  $1157\text{ cm}^{-1}$ . Ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik dan ikatan C-O pada atom C nomor 6 yang menjadi ciri khas selulosa berturut-turut terdeteksi pada puncak serapan  $891\text{ cm}^{-1}$  dan  $1039\text{ cm}^{-1}$  untuk selulosa *Gracilaria verrucosa* sedangkan untuk selulosa *Sargassum sp.* pada gelombang sekitar  $877\text{ cm}^{-1}$  dan  $1024\text{ cm}^{-1}$ .

Selain sinyal spektrum selulosa, terdapat pula sinyal yang mengindikasikan masih adanya komponen non-selulosa yaitu lignin dan hemiselulosa. Lignin dengan ikatan C=C pada struktur aromatiknya terdeteksi pada bilangan gelombang sekitar  $1530\text{ cm}^{-1}$  pada selulosa *Gracilaria verrucosa* yang sesuai dengan penelitian pernah dilakukan sebelumnya [4] sedangkan sinyal puncak serapan pada selulosa *Sargassum sp.* menunjukkan bilangan gelombang yang sedikit bergeser yaitu pada  $1596\text{ cm}^{-1}$ . Hemiselulosa dengan ikatan asil oksigennya (CO-OR) ditunjukkan oleh bilangan gelombang  $1245\text{ cm}^{-1}$  dan  $1242\text{ cm}^{-1}$ . Gugus CO-OR pada gelombang  $1245\text{ cm}^{-1}$  selain berasosiasi dengan keberadaan hemiselulosa, dapat mengindikasikan juga adanya komposisi penyusun agar ( $\alpha$ -L-galaktosa 6-sulfat) [4].

Secara keseluruhan, selulosa dari *Sargassum sp.* pada penelitian ini memiliki puncak yang lemah dibandingkan dengan selulosa dari *Gracilaria verrucosa*. Walaupun selulosa-selulosa tersebut diproduksi dengan perlakuan proses yang sama, perbedaan jenis rumput laut ini diduga menjadi akar dari perbedaan hasil yang didapatkan. Selulosa yang melalui proses *dewaxing* memiliki puncak serapan yang tidak terlalu berbeda dengan selulosa tanpa *dewaxing*, hanya saja selulosa yang tidak melalui proses *dewaxing* memiliki serapan yang sedikit lebih landai pada kedua jenis sumber rumput laut.

## KESIMPULAN

Secara garis besar, selulosa yang diproduksi melalui proses *dewaxing* memiliki hasil yang cenderung lebih baik dibandingkan selulosa tanpa *dewaxing* dari kedua jenis rumput laut. Rendemen pada sampel dengan proses *dewaxing* memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan tanpa proses *dewaxing* dari kedua jenis rumput laut. Secara fisik, selulosa dari *Gracilaria verrucosa* yang melalui

*dewaxing* memiliki warna yang lebih cerah, namun selulosa dari *Sargassum sp.* baik yang melalui *dewaxing* maupun tanpa *dewaxing*, tidak menunjukkan tingkat kecerahan yang berbeda. Hasil analisis FTIR pada seluruh sampel sudah menunjukkan ciri khas puncak serapan dari selulosa. Selulosa dari *Sargassum sp.* memiliki puncak serapan yang lebih lemah dibandingkan selulosa dari *Gracilaria verrucosa* serta selulosa yang melalui proses *dewaxing* dan tanpa *dewaxing* tidak memiliki perbedaan yang signifikan pada sinyal spektrum FTIR yang terserap. Diperlukan pendekatan proses yang spesifik dan lebih komprehensif untuk tiap jenis rumput laut yang berbeda agar mendapatkan hasil selulosa yang optimal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh fasilitas riset, dan dukungan ilmiah serta teknis dari Laboratorium Karakterisasi Lanjut Bandung di Badan Riset dan Inovasi Nasional.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, “Hasil Survei Komoditas Perikanan Potensi Rumput Laut 2021 Seri 2,” 2022.
- [2] KKP, “Dukung Ekonomi Biru, KKP Dorong Riset Olahan Rumput Laut Nirlimbah,” *Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan*, 2021. [Online]. Available: <https://kkp.go.id/djpdspkp/page/2202-realisis-investasi-sektor-kelautan-dan-perikanan>.
- [3] Mustaqim, A. Farid, and Nurjanah, “Pengolahan Limbah Rumput Laut sebagai Alternatif Pakan Ternak dan Ikan,” *J. Bid. Tek.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2014.
- [4] Y. W. Chen, H. V. Lee, J. C. Juan, and S. M. Phang, “Production of new cellulose nanomaterial from red algae marine biomass *Gelidium elegans*,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 151, pp. 1210–1219, 2016, doi: 10.1016/j.carbpol.2016.06.083.
- [5] R. A. Ilyas and M. S. N. Atikah, “Production of nanocellulose from sustainable algae marine biomass,” *Semin. Adv. Bio- Miner. based Nat. Fibre Compos.*, no. January, pp. 1–9, 2021.
- [6] A. Wadi *et al.*, “Production of Bioethanol from Seaweed *Gracilaria verrucosa* and *Eucheuma cottonii* by Simultaneous Saccharification and Fermentation,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1341, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1341/3/032031.
- [7] K. J. Azcorra-May *et al.*, “*Sargassum* delignification: a first step to mitigate the

- socio-economic and environmental impacts in the Caribbean through its sustainable exploitation,” *Biomass Convers. Biorefinery*, no. 0123456789, 2023, doi: 10.1007/s13399-023-05158-w.
- [8] A. Husni, Subaryono, Y. Pranoto, Tazwir, and Ustadi, “Pengembangan Metode Ekstraksi Alginat dari Rumput Laut *Sargassum* sp. sebagai Bahan Pengental,” *Agritech*, vol. 32, no. 1, pp. 1–8, 2012.
- [9] W. K. Yunita, W. Sarengat, and E. Suprijatna, “Penggunaan Tepung Limbah Rumput Laut (*Gracilaria verrucosa*) Terfermentasi dalam Ransum terhadap Performans Puyuh Petelur (*Coturnix coturnix japonica*),” *Anim. Agric. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 121–126, 2015.
- [10] M. Zaki *et al.*, “Microbial treatment for nanocellulose extraction from marine algae and its applications as sustainable functional material,” *Bioresour. Technol. Reports*, vol. 16, no. September, p. 100811, 2021, doi: 10.1016/j.biteb.2021.100811.
- [11] R. S. Baghel, C. R. K. Reddy, and R. P. Singh, “Seaweed-based cellulose: Applications, and future perspectives,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 267, no. March, p. 118241, 2021, doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118241.
- [12] Y. Liu *et al.*, “Trends in Food Science & Technology A review of cellulose and its derivatives in biopolymer-based for food packaging application,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 112, no. November 2020, pp. 532–546, 2021, doi: 10.1016/j.tifs.2021.04.016.
- [13] H. Seddiqi, E. Oliaei, H. Honarkar, and J. Jin, *Cellulose and its derivatives: towards biomedical applications*, vol. 28, no. 4. Springer Netherlands, 2021.
- [14] Z. Wang, Y. Lee, S. Kim, J. Seo, S. Lee, and L. Nyholm, “Why Cellulose-Based Electrochemical Energy Storage Devices?,” vol. 2000892, pp. 1–18, 2020, doi: 10.1002/adma.202000892.
- [15] O. G. Paniz *et al.*, “Cellulosic material obtained from Antarctic algae biomass,” *Cellulose*, vol. 27, no. 1, pp. 113–126, 2020, doi: 10.1007/s10570-019-02794-2.
- [16] M. El Achaby, Z. Kassab, A. Aboulkas, C. Gaillard, and A. Barakat, “Reuse of red algae waste for the production of cellulose nanocrystals and its application in polymer nanocomposites,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 106, pp. 681–691, 2018, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.08.067.
- [17] N. Salamah and E. Widayari, “Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Daun Kelengkeng (*Euphoria longan* (L.) Steud.) dengan Metode Penangkapan Radikal 2,2’-Difenil-1-Pikrihidrazil,” *Pharmaciana*, vol. 5, no. 1, pp. 25–34, 2015.
- [18] A. Munajad, C. Subroto, and Suwarno, “Fourier Transform Infrared ( FTIR ) Spectroscopy Analysis of Transformer Paper in Mineral Oil-Paper Composite Insulation under Accelerated,” *Energies*, vol. 11, no. 364, pp. 1–12, 2018, doi: 10.3390/en11020364.
- [19] D. Trache *et al.*, *Nanocellulose: From Fundamentals to Advanced Applications*, vol. 8, no. May. 2020.
- [20] R. L. Heffner, H. D. Kumar, and H. N. Singh, *A Textbook on Algae*, vol. 99, no. 2. 1972.
- [21] B. Santelices and M. S. Doty, “A review of *Gracilaria* farming,” *Aquaculture*, vol. 78, no. 2, pp. 95–133, 1989, doi: 10.1016/0044-8486(89)90026-4.
- [22] S. Behera, R. Arora, N. Nandhagopal, and S. Kumar, “Importance of chemical pretreatment for bioconversion of lignocellulosic biomass,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 36, pp. 91–106, 2014, doi: 10.1016/j.rser.2014.04.047.
- [23] H. Rabemanolontsoa and S. Saka, “Various Pretreatments of Lignocellulosics,” *Bioresour. Technol.*, no. August, 2015, doi: 10.1016/j.biortech.2015.08.029.
- [24] R. E. Brooks and S. B. Moore, “Alkaline hydrogen peroxide bleaching of cellulose,” pp. 263–286, 2000.
- [25] R. Suriyatem *et al.*, “Physical Properties of Carboxymethyl Cellulose from Palm Bunch and Bagasse Agricultural Wastes : Effect of Delignification with Hydrogen Peroxide,” *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 1505, pp. 1–16, 2020.
- [26] S. I. Mussatto, G. J. M. Rocha, and I. C. Roberto, “Hydrogen peroxide bleaching of cellulose pulps obtained from brewer’s spent grain,” *Cellulose*, vol. 15, pp. 641–649, 2008, doi: 10.1007/s10570-008-9198-4.
- [27] H. Doh, M. H. Lee, W. S. Whiteside, H. Doh, M. Hyeock, and W. Scott, “Physicochemical Characteristics of Cellulose Nanocrystals Isolated From Seaweed Biomass,” *Food Hydrocoll.*, vol. 102, 2019, doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.105542.
- [28] R. S. Baghel, P. Suthar, T. K. Gajaria, S. Bhattacharya, A. Anil, and C. R. K. Reddy, “Seaweed biorefinery : A sustainable process for valorising the biomass of brown seaweed,” *J. Clean. Prod.*, vol. 263, p. 121359, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121359.
- [29] V. Jonjaroen, S. Ummartyotin, and S. Chittapun, “Algal cellulose as a reinforcement in rigid polyurethane foam,” *Algal Res.*, vol. 51, no. August, p. 102057, 2020, doi:

- 10.1016/j.algal.2020.102057.
- [30] J. K. Kurian, Y. Garipey, V. Orsat, and G. S. V. Raghavan, "Microwave-assisted lime treatment and recovery of lignin from hydrothermally treated sweet sorghum bagasse," *Biofuels*, vol. 6, no. 5–6, pp. 341–355, 2015, doi: 10.1080/17597269.2015.1110775.