



Karakteristik Mekanik Selulosa Dari Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* di Kabupaten Takalar

Reski Ardini Yusra¹, Tri Widayati Putri^{2*}, Awaluddin³

^{1,2,3}Institut Teknologi dan Bisnis Maritim Balik Diwa

Email: triwidayatiputri06@gmail.com

ABSTRACT

The content of cellulose and the mechanical characteristics of cellulose in determining the feasibility of seaweed as a raw material for environmentally friendly biomaterials, in addition to the physicochemical properties of cellulose are needed to support the optimal use of seaweed waste. In this regard, this study aims to analyze the levels and mechanical characteristics of cellulose from *Kappaphycus alvarezii* seaweed originating from Takalar Regency. This research was carried out from September to January 2025 in Makassar, using a descriptive approach through qualitative methods. The results showed that the cellulose content increased from 12.31% in the raw sample to 20.04% after the extraction process. FTIR analysis identified typical cellulose functional groups such as -OH, C=O, and C-O-C, while SEM showed morphological changes to become more porous and homogeneous after chemical treatment. These findings indicate that *Kappaphycus alvarezii* has high potential as a source of cellulose material that can be developed for bioplastic or other biomaterial purposes.

Keywords: cellulose; mechanical characteristics; seaweed; *Kappaphycus alvarezii*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki potensi besar dalam pengembangan sumber daya kelautan, khususnya rumput laut. Data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan menunjukkan bahwa ekspor rumput laut Indonesia pada Januari-April 2024 mengalami peningkatan volume sebesar 6,12%, meskipun nilai ekspornya menurun sebesar 36,49% dibanding periode yang sama tahun sebelumnya menunjukkan bahwa volume ekspor rumput laut Indonesia periode Januari-April 2024 mencapai 81.020 ton, dengan nilai mencapai US\$108,86 juta. Namun, nilai ekspor mengalami penurunan sebesar 36,49% dibandingkan periode yang sama tahun sebelumnya, menunjukkan perlunya diversifikasi pemanfaatan produk turunan rumput laut, (Martyasari, 2024).

Rumput laut jenis *Kappaphycus alvarezii* merupakan komoditas unggulan yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena kandungan karagenannya yang tinggi, (Syamda et al., 2024).

Karagenan adalah polisakarida yang digunakan secara luas dalam industri pangan, farmasi, dan kosmetik sebagai agen pengental, penstabil, dan pembentuk gel (Pong & Sarira, 2018). Produksi rumput laut Indonesia sendiri didominasi oleh *K. alvarezii* yang menyumbang sekitar 82,7% dari total volume produksi global (Rambe, 2021). Salah satu daerah yang menjadi sentra produksi utama adalah Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan, dengan produksi mencapai 195.399 ton pada tahun 2021, (Abbas et al., 2022; Martyasari, 2024).

Di Provinsi Sulawesi Selatan, Kabupaten Takalar menjadi salah satu pusat budidaya *K. alvarezii* dengan luas lahan mencapai 10.000 hektare dan produksi mencapai 195.399,03 ton pada tahun 2021, (M Razi, 2022; Syamda et al., 2024). Meskipun diekstraksi secara luas untuk produksi karagenan, limbah padat hasil ekstraksi dari rumput laut *Kappaphycus alvarezii* masih kurang dimanfaatkan, padahal limbah ini diketahui mengandung selulosa dalam jumlah signifikan (~60-70 % bobot basah) dan polisakarida lain yang potensial untuk aplikasi berikutnya, (Ridlo et al.,

2024). Bila dibiarkan dibuang, limbah ini tidak hanya menjadi beban lingkungan tetapi juga kehilangan peluang ekonomi berbasis prinsip ekonomi sirkular. Sebagai contoh, penelitian (Masarin et al., 2016) melaporkan bahwa residu dari proses ekstraksi *carrageenan* mengandung kadar glukosa tinggi dan berhasil dihidrolisis menjadi glukosa hampir 100 %, menunjukkan potensi besarnya untuk produksi biofuel, (Nunes et al., 2024; Rudke et al., 2024). Oleh karena itu, pemrosesan limbah padat ini menjadi produk bernilai tambah, seperti bioplastik, bioetanol, biogas, atau biochar, sejalan dengan tren biorefinery dan circular bioeconomy, (Zulferiyenni & Hidayati, 2016).

Selulosa merupakan polimer alami yang tersusun atas unit D-glukosa dengan ikatan β -(1,4), memiliki struktur kristalin dan bersifat biodegradabel, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku bioplastik atau komposit ramah lingkungan, (Zulfikar et al., 2020). Namun, keberadaan lignin dan *hemiselulosa* dapat menurunkan kualitas mekanik selulosa, sehingga perlu dihilangkan melalui proses kimia seperti alkalisasi dan bleaching, (Abolore et al., 2024; Ikramullah et al., 2018).

Penelitian terdahulu telah banyak membahas proses ekstraksi selulosa dari berbagai jenis rumput laut, namun sebagian besar berfokus pada jenis *Gracilaria* dan *Eucheuma*, (Arizal et al., 2017; Nurhayati & Kusumawati, 2014). Kajian mengenai karakteristik mekanik selulosa dari *Kappaphycus alvarezii*, khususnya yang berasal dari Kabupaten Takalar, masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar dan karakteristik mekanik selulosa yang diekstrak dari *K. alvarezii* asal Takalar menggunakan analisis FTIR dan SEM. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan biomaterial ramah lingkungan berbasis limbah rumput laut.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif naratif untuk menyelidiki karakteristik kimia dan morfologi selulosa hasil ekstraksi dari rumput laut *Kappaphycus alvarezii* kering yang diperoleh dari Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Proses ekstraksi dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik FMIPA Universitas Hasanuddin, sedangkan pengujian

FTIR dan SEM dilakukan di Laboratorium Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin. Ekstraksi dimulai dengan perendaman rumput laut kering dalam larutan NaOH 10 % pada suhu 90 °C selama 2 jam untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa, metode yang mirip dengan protokol basa-asid seperti yang diuraikan dalam kajian isolasi selulosa dari *K. alvarezii* (Muthukumar & Chidambaram, 2023). Setelah dibilas hingga netral, sampel direndam dalam larutan H₂SO₄ 4N selama 30 menit untuk netralisasi lanjutan, dilanjutkan dengan bleaching memakai H₂O₂ 4 % selama 1 jam guna memutihkan dan memurnikan serat selulosa, sejalan dengan pendekatan pemurnian hijau yang efektif untuk selulosa laut, (Lorbeer et al., 2013; Rajaram et al., 2021). Setelah pencucian, sampel dikeringkan di oven pada suhu 60 °C selama 24 jam hingga didapat serbuk selulosa putih. Analisis FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional khas (O–H, C–H, C–O–C) serta gugus ester sulfat dan 3,6-*anhydrogalaktosa*, seperti yang didemonstrasikan pada penelitian ekstraksi *carrageenan* dari *K. alvarezii*, (Manuhara et al., 2016). Sementara itu, analisis morfologi menggunakan SEM menunjukkan permukaan fibril yang berpori dan terfragmentasi, mengonfirmasi keberhasilan isolasi selulosa, sesuai dengan studi struktur komposit selulosa laut, (Packiyadhas & Shanmuganatham, 2024). Data FTIR dan SEM kemudian dianalisis secara naratif dengan membandingkan spektrum dan citra mikroskopis terhadap literatur sebelumnya untuk menilai kemurnian dan struktur selulosa ekstrak, (Manuhara et al., 2016).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kandungan Selulosa *Kappaphycus alvarezii*

Bagian ini menyajikan hasil analisis kandungan selulosa dari rumput laut *Kappaphycus alvarezii* serta interpretasi data berdasarkan pengujian laboratorium yang telah dilakukan. Proses ekstraksi yang dilakukan bertujuan untuk memisahkan komponen selulosa dari biomassa rumput laut dengan cara menghilangkan senyawa non-selulosa seperti protein, pigmen, dan mineral melalui perlakuan kimia secara bertahap. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menilai efektivitas metode ekstraksi yang digunakan, baik dari segi kuantitas (kadar selulosa) maupun kualitasnya (karakteristik kimia dan morfologi). Analisis ini tidak hanya membandingkan

kandungan selulosa dari sampel sebelum dan sesudah ekstraksi, tetapi juga mengacu pada hasil penelitian sebelumnya guna memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai variabilitas kadar selulosa akibat perlakuan kimia, jenis metode ekstraksi, serta faktor lingkungan tempat asal rumput laut. Dengan demikian, hasil yang diperoleh dalam penelitian ini akan menjadi indikator keberhasilan metode isolasi yang diterapkan serta dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan produk turunan berbasis biomassa laut seperti selulosa dan karaginan. Selanjutnya, data kandungan selulosa pada dua jenis sampel *Kappaphycus alvarezii* disajikan dalam Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1.

Kandungan selulosa *Kappaphycus alvarezii*

No	Sampel	Kadar Selulosa (%)
1.	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	12,31
2.	<i>Kappaphycus alvarezii</i> crude ekstrak	20,04

Sumber: hasil penelitian

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa kadar selulosa (%) dalam dua sampel berbeda dari *Kappaphycus alvarezii*. Sampel pertama adalah *Kappaphycus alvarezii* murni, yang memiliki kadar selulosa sebesar 12,31%. Sampel kedua adalah *Kappaphycus alvarezii* crude ekstrak, yang memiliki kadar selulosa lebih tinggi, yaitu 20,04%. Peningkatan ini menunjukkan keberhasilan proses isolasi dalam menghilangkan komponen non-selulosa seperti protein, mineral, dan polisakarida lainnya.

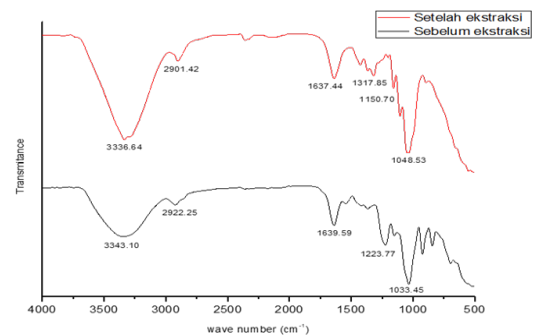
Hal tersebut diduga disebabkan oleh efektivitas metode ekstraksi yang mampu menghilangkan senyawa non-selulosa dengan baik, serta adanya perbedaan dalam komposisi awal biomassa yang mempengaruhi hasil akhir kadar selulosa yang diperoleh. Selain itu, suhu ekstraksi juga memberikan pengaruh terhadap kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin serta karakteristik fisik yang diekstraksi dari rumput laut, (Henggu et al., 2024). Penelitian (Azis, 2019; Otero et al., 2023; Sari et al., 2019) menggunakan metode ultrasonik untuk mengekstraksi selulosa dari *Kappaphycus alvarezii* dan melaporkan kadar selulosa sebesar 12,34%. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode ekstraksi yang berbeda dapat mempengaruhi hasil akhir kadar selulosa yang diperoleh.

Analisis Dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Untuk mengidentifikasi perubahan kimiawi yang terjadi selama proses ekstraksi selulosa dari *Kappaphycus alvarezii*, dilakukan analisis menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). Spektroskopi FTIR merupakan teknik penting dalam karakterisasi gugus fungsi senyawa organik karena mampu mendeteksi vibrasi khas dari ikatan kimia dalam suatu molekul. Dalam konteks penelitian ini, FTIR digunakan untuk membandingkan spektrum inframerah antara sampel sebelum dan sesudah proses ekstraksi guna menilai keberhasilan isolasi selulosa. Perbandingan spektrum ini memungkinkan pengamatan terhadap pergeseran puncak absorbansi dan intensitasnya, yang mencerminkan perubahan dalam struktur kimia, hilangnya senyawa non-selulosa, serta kemunculan karakteristik gugus fungsi khas selulosa yang dapat disajikan pada gambar di bawah ini:

Gambar 1.

Analisis dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared*)



Sumber : hasil penelitian

Berdasarkan hasil analisis FTIR yang ditunjukkan pada gambar, terdapat perbandingan spektrum antara sampel sebelum ekstraksi (grafik hitam) dan setelah ekstraksi (grafik merah) dari *Kappaphycus alvarezii*. Kedua spektrum menunjukkan beberapa puncak karakteristik yang mengindikasikan keberadaan gugus fungsi tertentu dalam sampel.

Pada spektrum sebelum ekstraksi (grafik hitam), terlihat puncak absorbansi yang kuat pada bilangan gelombang 3343,10 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya vibrasi stretching dari gugus -OH (hidroksil). Puncak pada 2922,25 cm⁻¹ mengindikasikan adanya *stretching* C-H dari gugus metil dan metilen. Sementara itu, puncak pada 1639,59 cm⁻¹ menandakan adanya gugus C=O.

Puncak pada daerah $1223,77\text{ cm}^{-1}$ dan $1033,45\text{ cm}^{-1}$ berkaitan dengan vibrasi C-O-C dan C-O yang merupakan karakteristik dari struktur polisakarida. Setelah proses ekstraksi (grafik merah), terjadi beberapa perubahan pada spektrum FTIR. Puncak -OH bergeser sedikit ke $3336,64\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas yang lebih tinggi, menunjukkan peningkatan jumlah gugus hidroksil yang terekspos setelah proses ekstraksi. Puncak C-H stretching juga mengalami pergeseran ke $2901,42\text{ cm}^{-1}$. Puncak karakteristik selulosa terlihat lebih jelas pada $1637,44\text{ cm}^{-1}$ (C=O stretching), $1317,85\text{ cm}^{-1}$ (CH₂ wagging), dan $1048,53\text{ cm}^{-1}$ (C-O-C stretching dari ikatan glikosidik).

Perubahan spektrum FTIR ini mengkonfirmasi keberhasilan proses ekstraksi dalam mengisolasi selulosa dari *Kappaphycus alvarezii*. Hilangnya beberapa puncak dan munculnya puncak-puncak yang lebih tajam pada spektrum setelah ekstraksi menunjukkan berkurangnya komponen non-selulosa dan meningkatnya kemurnian selulosa dalam sampel. Intensitas yang lebih tinggi pada gugus fungsi karakteristik selulosa mengindikasikan bahwa proses ekstraksi telah berhasil memurnikan dan mengekspos struktur selulosa dari matriks rumput laut.

Analisis FTIR ini juga menunjukkan bahwa selulosa hasil ekstraksi memiliki struktur kimia yang sesuai dengan karakteristik selulosa standar, dengan adanya gugus-gugus fungsi utama seperti -OH, C-H, C=O, dan C-O-C yang merupakan komponen penting dalam struktur selulosa. Hal ini mengkonfirmasi bahwa metode ekstraksi yang digunakan efektif dalam menghasilkan selulosa dengan tingkat kemurnian yang baik dari *Kappaphycus alvarezii*.

Oleh karena itu, analisis FTIR menunjukkan perubahan signifikan pada spektrum setelah ekstraksi, yang mendukung kemurnian dan nilai aplikatif selulosa dari *Kappaphycus alvarezii*. Misalnya, spektrum yang lebih sederhana dan intensitas puncak -OH, C-H, C=O, serta C-O-C yang lebih jelas, mencerminkan keberhasilan isolasi struktur selulosa dan hilangnya komponen non-selulosa. Hal ini sejalan dengan studi (Sudhakar et al., 2021) yang melaporkan spektrum ATR-FTIR bioplastik film berbasis *K. alvarezii*, memperlihatkan pergeseran dan penguatan puncak fungsi polisakarida menegaskan struktur backbone glikosidik yang mendukung kekuatan film. Lebih lanjut, ulasan oleh (Krishnan et al., 2024) dalam *Green Chemistry* menunjukkan bahwa spektrum

FTIR adalah metode esensial untuk mengkonfirmasi ikatan hidroksil dan ester sulfat pada polisakarida laut yang digunakan dalam aplikasi bioplastik.

Selain itu, perubahan intensitas pada berbagai puncak karakteristik menunjukkan terjadinya modifikasi struktural selama proses ekstraksi. Pergeseran dan perubahan intensitas puncak -OH mengindikasikan perubahan dalam sistem ikatan hidrogen intermolekular dan intramolekular dalam struktur selulosa. Hal ini dapat mempengaruhi sifat fisikokimia selulosa yang dihasilkan, seperti kristalinitas dan kemampuan interaksi dengan molekul lain.

Pola spektrum yang lebih sederhana pada sampel setelah ekstraksi juga mengindikasikan hilangnya komponen-komponen kompleks seperti protein, mineral, dan polisakarida lain yang umumnya terdapat dalam rumput laut. Hal ini terlihat dari berkurangnya *noise* dan puncak-puncak minor pada spektrum, yang menunjukkan peningkatan homogenitas sampel setelah proses ekstraksi.

Hasil analisis FTIR secara keseluruhan tidak hanya mengkonfirmasi keberhasilan isolasi selulosa tetapi juga memberikan informasi berharga tentang perubahan struktural dan komposisi kimia yang terjadi selama proses ekstraksi. Informasi ini sangat penting untuk optimasi proses dan pengembangan aplikasi lebih lanjut dari selulosa yang diisolasi dari *Kappaphycus alvarezii*.

Hasil analisis FTIR selulosa yang diekstrak dari *Kappaphycus alvarezii* ini menunjukkan karakteristik yang sesuai untuk aplikasi bioplastik. Karakteristik yang mendukung, yaitu:

Gugus Hidroksil (-OH)

Intensitas puncak yang kuat pada $3336,64\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan keberadaan gugus -OH yang melimpah. Ini sangat menguntungkan untuk pembuatan bioplastik karena memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen yang kuat antar rantai selulosa, meningkatkan kemampuan interaksi dengan *plasticizer* dan memberikan sifat hidrofilik yang dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan

Ikatan Glikosidik

Puncak yang jelas pada $1048,53\text{ cm}^{-1}$ (C-O-C stretching) mengkonfirmasi struktur backbone selulosa yang baik, yang penting untuk memberikan kekuatan mekanik pada bioplastik,

menjaga stabilitas struktur dan mendukung pembentukan film yang homogen

Tingkat Kemurnian

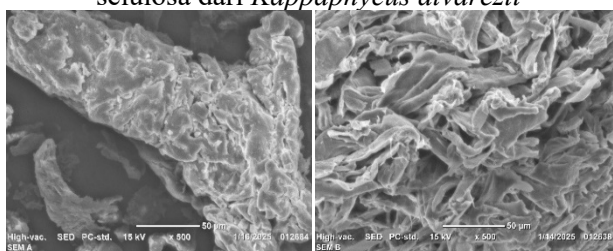
Spektrum setelah ekstraksi menunjukkan berkurangnya puncak-puncak pengotor, yang mengindikasikan bahwa selulosa dengan kemurnian tinggi, berkurangnya interferensi dari komponen non-selulosa dan potensi pembentukan film yang lebih baik.

Analisis dengan SEM (*Scanning Electron Microscopic*)

Untuk mendukung hasil karakterisasi kimia dari spektrum FTIR, dilakukan pengamatan terhadap struktur morfologi permukaan selulosa menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Analisis ini bertujuan untuk melihat perubahan fisik dan tekstural pada sampel *Kappaphycus alvarezii* sebelum dan sesudah proses ekstraksi, sehingga dapat diperoleh informasi visual mengenai keberhasilan pemisahan komponen non-selulosa dan pembentukan struktur serat selulosa yang lebih terorganisir. Teknik SEM merupakan metode penting dalam karakterisasi morfologi material karena memberikan gambaran tiga dimensi dari permukaan sampel pada tingkat mikroskopis. Dalam konteks penelitian ini, SEM digunakan untuk membandingkan struktur alami *Kappaphycus alvarezii* dengan hasil ekstraksinya dalam bentuk serat selulosa. Perubahan pada tingkat mikroskopis ini menjadi indikator visual efektivitas proses ekstraksi, sekaligus memberikan informasi mengenai potensi selulosa yang dihasilkan untuk aplikasi lebih lanjut seperti bahan baku bioplastik atau produk berbasis material berpori lainnya. Berikut menunjukkan struktur mikroskopis dan morfologi permukaan selulosa dari *Kappaphycus alvarezii* :

Gambar 3.

Struktur mikroskopis dan morfologi permukaan selulosa dari *Kappaphycus alvarezii*



Sumber: hasil penelitian

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada Gambar 2, terlihat perbedaan morfologi antara *Kappaphycus alvarezii* sebelum dan sesudah ekstraksi selulosa. Pada Gambar menunjukkan morfologi *Kappaphycus alvarezii* yang memiliki struktur permukaan yang kasar dan tidak teratur dengan bentuk seperti lembaran berlipat yang saling tumpang tindih. Permukaan tersebut masih mengandung berbagai komponen seperti protein, mineral, dan senyawa lainnya yang menutupi struktur dasar selulosanya. Sementara itu, pada Gambar 2 yang menampilkan morfologi selulosa hasil ekstraksi dari *Kappaphycus alvarezii*, terlihat struktur yang lebih teratur dengan susunan seratnya yang lebih jelas. Serat-serat selulosa tersebut membentuk jaringan yang berlapis-lapis dan saling terjalin, menunjukkan bahwa proses ekstraksi telah berhasil menghilangkan komponen non-selulosa dan mengekspos struktur selulosa yang ada di dalamnya.

Analisis lebih lanjut pada Gambar 2 memperlihatkan tekstur permukaan yang lebih padat, menunjukkan keberadaan matriks kompleks dari berbagai komponen biomolekul yang menyusun dinding sel rumput laut. Struktur ini mencerminkan kondisi alami dari *Kappaphycus alvarezii* yang belum mengalami proses pemurnian, di mana berbagai komponen seperti polisakarida, protein, dan mineral masih terikat erat dalam matriks jaringan. Kepadatan struktur ini juga mengindikasikan tingginya kandungan air dan nutrisi yang terjebak dalam jaringan rumput laut tersebut. Pada Gambar 2, hasil ekstraksi selulosa menunjukkan perubahan signifikan dalam arsitektur mikroskopis jaringan. Proses ekstraksi telah menghasilkan struktur yang lebih porous dengan adanya rongga-rongga yang terbentuk di antara serat-serat selulosa. Struktur berpori ini merupakan hasil dari pelepasan komponen non-selulosa selama proses ekstraksi, yang memungkinkan peningkatan luas permukaan spesifik material. Karakteristik ini sangat menguntungkan untuk aplikasi pembersih, karena dapat meningkatkan kemampuan penyerapan dan interaksi dengan kontaminan yang akan dibersihkan.

Pengamatan pada skala mikroskopis dengan perbesaran 500x juga mengungkapkan bahwa serat-serat selulosa pada Gambar 2 memiliki orientasi yang lebih terarah dibandingkan dengan struktur acak pada Gambar 3. Orientasi serat yang lebih teratur ini dapat meningkatkan kekuatan

mekanik dan stabilitas material, yang penting untuk beberapa aplikasi. Selain itu, ukuran serat yang terlihat konsisten menunjukkan efektivitas proses ekstraksi dalam menghasilkan selulosa dengan karakteristik yang seragam.

Keseluruhan hasil analisis SEM ini memberikan informasi penting tentang perubahan struktural yang terjadi selama proses ekstraksi selulosa dari *Kappaphycus alvarezii*. Transformasi dari struktur kompleks menjadi jaringan selulosa yang teratur dan berpori menunjukkan potensi material ini untuk dikembangkan sebagai bahan dasar pembersih biodegradable. Karakteristik morfologi yang teramati, seperti struktur berpori, orientasi serat yang teratur, dan luas permukaan yang tinggi, mendukung fungsinya sebagai material yang efektif dan ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil analisis SEM yang ditampilkan, selulosa dari *Kappaphycus alvarezii* memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan sebagai bahan baku bioplastik. Beberapa karakteristik morfologi yang mendukung hal tersebut, yaitu 1) Struktur Serat yang Teratur terlihat struktur serat selulosa yang teratur dan saling terjalin. Karakteristik ini sangat menguntungkan dalam pembuatan bioplastik karena dapat memberikan kekuatan mekanik dan fleksibilitas pada produk akhir. Serat-serat yang terjalin ini dapat membentuk ikatan hidrogen antar molekul yang kuat, yang penting untuk pembentukan film plastik; 2) Struktur Berlapis Morfologi berlapis yang teramati menunjukkan kemampuan selulosa untuk membentuk struktur yang kohesif. Dalam pembuatan bioplastik, karakteristik ini membantu pembentukan lembaran film yang homogen dan memiliki ketahanan terhadap tarikan; dan 3) Permukaan yang Termodifikasi Hasil ekstraksi menunjukkan permukaan selulosa yang telah bersih dari komponen non-selulosa, yang berarti material ini lebih mudah dimodifikasi atau dicampur dengan *plasticizer* atau bahan aditif lain dalam formulasi bioplastik. Teknik SEM sejalan dengan studi terbaru, seperti yang dilaporkan (Ridlo et al., 2024) yang menunjukkan bahwa limbah ekstraksi karagenan dari *K. alvarezii* menghasilkan film bioplastik dengan morfologi serat homogen, permukaan teratur, dan kontribusi luas permukaan yang meningkatkan interaksi mekanik pada produk akhir.

IV. KESIMPULAN

Kadar selulosa dalam *Kappaphycus alvarezii* meningkat setelah proses ekstraksi. Hasil analisis FTIR proses ekstraksi selulosa dari *Kappaphycus alvarezii* berhasil, dengan peningkatan kemurnian selulosa dan hilangnya komponen non-selulosa. Hasil analisis FTIR juga menunjukkan bahwa selulosa hasil ekstraksi memiliki struktur kimia yang sesuai dengan karakteristik selulosa standar, dengan adanya gugus-gugus fungsi utama seperti -OH, C-H, C=O, dan C-O-C. Analisis SEM menunjukkan bahwa proses ekstraksi selulosa dari *Kappaphycus alvarezii* berhasil mengubah struktur mikroskopis dan morfologi permukaan selulosa. Hasil ekstraksi menunjukkan struktur yang lebih teratur, berpori, dan memiliki orientasi serat yang lebih terarah. Karakteristik ini sangat menguntungkan untuk aplikasi bioplastik.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, B., Susilowati, A., & Putri, T. W. (2022). Analisis kandungan senyawa bioaktif lotion rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. *Jurnal Perikanan Unram*, 12(4), 623–631.
- Abolore, R. S., Jaiswal, S., & Jaiswal, A. K. (2024). Green and sustainable pretreatment methods for cellulose extraction from lignocellulosic biomass and its applications: A review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 7, 100396.
- Arizal, V., Darni, Y., Azwar, E., Lismeri, L., & Utami, H. (2017). Aplikasi Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* Pada Sintesis Bioplastik Berbasis Sorgum Dengan Plasticizer Gliserol. *Prosiding Dalam Rangka Seminar Nasional Riset Industri Ke-3*.
- Azis, A. (2019). Optimization of temperature and time in carrageenan extraction of seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) using ultrasonic wave extraction methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 370(1), 012076.
- Henggu, K. U., Jodi, J. U., Ratu, O. H., Sihono, S., & Nurdiansyah, Y. (2024). Karakteristik fisik selulosa dari rumput laut *Chaetomorpha crassa* yang diekstraksi dengan suhu yang berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(11), 1074–1090.
- Ikramullah, Rizal, S., Thalib, S., & Huzni, S. (2018). Hemicellulose and lignin removal on typha fiber by alkali treatment. *IOP Conference*

Series: Materials Science and Engineering, 352, 012019.

- Krishnan, L., Ravi, N., Mondal, A. K., Akter, F., Kumar, M., Ralph, P., & Kuzhiumparambil, U. (2024). Seaweed-based polysaccharides—review of extraction, characterization, and bioplastic application. *Green Chemistry*, 26(10), 5790–5823.
- Lorbeer, A. J., Tham, R., & Zhang, W. (2013). Potential products from the highly diverse and endemic macroalgae of Southern Australia and pathways for their sustainable production. *Journal of Applied Phycology*, 25, 717–732.
- M Razi, R. (2022). KKP bangun kampung budi daya rumput laut di Takalar Sulawesi Selatan. *ANTARA Kantor Berita Indonesia*.
- Manuhara, G. J., Praseptiangga, D., & Riyanto, R. A. (2016). Extraction and characterization of refined K-carrageenan of red algae [Kappaphycus Alvarezii (Doty ex PC Silva, 1996)] originated from Karimun Jawa Islands. *Aquatic Procedia*, 7, 106–111.
- Martiyasari, R. (2024). Luhut Yakin Ekspor Olahan Rumput Laut Bisa Susul Nikel, Ini Datanya. *CNBC Indonesia*.
- Masarin, F., Cedeno, F. R. P., Chavez, E. G. S., De Oliveira, L. E., Gelli, V. C., & Monti, R. (2016). Chemical analysis and biorefinery of red algae Kappaphycus alvarezii for efficient production of glucose from residue of carrageenan extraction process. *Biotechnology for Biofuels*, 9, 1–12.
- Muthukumar, J., & Chidambaram, R. (2023). Isolation and quantification of cellulose from various food-grade macroalgal species. *Cellulose Chemistry and Technology*, 57(3–4), 237–244.
- Nunes, A., Azevedo, G. Z., de Souza Dutra, F., dos Santos, B. R., Schneider, A. R., Oliveira, E. R., Moura, S., Vianello, F., Maraschin, M., & Lima, G. P. P. (2024). Uses and applications of the red seaweed Kappaphycus alvarezii: a systematic review. *Journal of Applied Phycology*, 36(6), 3409–3450.
- Nurhayati, N., & Kusumawati, R. (2014). Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Pengolahan Agar. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 9(2), 97–107.
- Otero, P., Carpena, M., Garcia-Oliveira, P., Echave, J., Soria-Lopez, A., García-Pérez, P., Fraga-Corral, M., Cao, H., Nie, S., & Xiao, J. (2023). Seaweed polysaccharides: Emerging extraction technologies, chemical modifications and bioactive properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(13), 1901–1929.
- Packiyadhas, P., & Shanmuganantham, S. D. (2024). Compositional and structural evaluation of Kappaphycus alvarezii rejects and solid food waste blends for bio ethanol production. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 46(1), 13869–13885.
- Rajaram, R., Muralisankar, T., Paray, B. A., & Al-Sadoon, M. K. (2021). Phytochemical profiling and antioxidant capacity of Kappaphycus alvarezii (Doty) Doty collected from seaweed farming sites of tropical coastal environment. *Aquaculture Research*, 52(7), 3438–3448.
- Ridlo, A., Sabdono, A., Subagiyo, S., Ario, R., Pratikto, I., & Hartati, R. (2024). Preparasi dan Karakterisasi Bioplastik dari Limbah Ekstraksi Karagenan Rumput Laut Kappaphycus alvarezii (Doty) Doty ex PC Silva, 1966 dengan Pemlastis Gliserol. *Jurnal Kelautan Tropis*, 27(3), 415–422.
- Rudke, A. R., Zanella, E., Stambuk, B. U., de Andrade, C. J., & Ferreira, S. R. S. (2024). Deconstruction of Kappaphycus alvarezii biomass by pressurized solvents to increase the carrageenan purity. *Food Hydrocolloids*, 155, 110204.
- Sari, D. K., Barleany, D., Lestari, R. S. D., & Mustikawati, L. (2019). Extraction refined carrageenan using ultrasonic irradiation in from Kappaphycus Alvarezii originated from Lontar. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 673(1), 012015.
- Sudhakar, M. P., Magesh Peter, D., & Dharani, G. (2021). Studies on the development and characterization of bioplastic film from the red seaweed (Kappaphycus alvarezii). *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 33899–33913.
- Syamda, A. V., Putri, T. W., & Awaluddin, A. (2024). Dodol Sicini Formulation With Eucheuma Cottonii Seaweed Fortification. *Jurnal Perikanan Unram*, 14(2), 428–438.
- Zulfikar, A., Putri, N. P. S. N. K., & Tajalla, G. U. N. (2020). Studi Pengaruh Waktu Alkalisasi pada Ekstraksi Selulosa Berbasis Serat Eceng Gondok (Eichhornia crassipes). *SPECTA Journal of Technology*, 4(2), 1–12.