



KARAKTERISTIK SELULOSA HIDROKLORIDA YANG DIEKSTRAKSI DARI RUMPUT LAUT *Ulva Lactuca*

CHARACTERISTICS OF CELLULOSE HYDROCHLORIDE EXTRACTED FROM SEAWEED *Ulva Lactuca*

Oksin Hama Ratu ¹, Krisman Umbu Henggu ^{2*}

^{1,2*} Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Kristen Wira Wacana Sumba
Jl. R. Suprpto, No. 35, Waingapu, Sumba Timur
Corresponding author: krisman@unkriswina.ac.id

ABSTRACT

Ulva lactuca seaweed in Indonesia is spread across Sulawesi, Lombok, West Java, Lampung, Sulu, Sumba, Banda, and Solor. *Ulva lactuca* belongs to the Chlorophyta division and is commonly known as sea lettuce. The purpose of this study was to analyze the effect of using NaOH and different concentrations of hydrochloric acid on *Ulva lactuca* seaweed. The production of cellulose from *Ulva Lactuca* seaweed, using three treatments with different HCl concentrations using an observational method and not using a measured experimental design. The cellulose content in treatment one was 9.67% while the content in treatment two was 67.57% and in treatment three it reached 49.8%. On the other hand, it shows that as the HCl concentration increases, the cellulose content obtained tends to decrease. Analysis of functional groups through vibrational spectra shows that the typical vibrational characteristics of cellulose are found in the extraction results with HCl at concentrations of 1%, 3%, and 5%. This indicates that the basic structure of cellulose remains even though its quantitative content decreases at higher concentrations. The cellulose content from treatment one to treatment three has met the minimum standard of cellulose content required by industry, namely $\geq 50\%$.

Keywords: *Ulva Lactuca*, Cellulose, and HCl.

ABSTRAK

Rumput laut *Ulva lactuca* di Indonesia tersebar di daerah Sulawesi, Lombok, Jawa Barat, Lampung, Sulu, Sumba, Banda, dan Solor. *Ulva lactuca* termasuk ke dalam divisi Chlorophyta dan biasa dikenal dengan nama selada laut. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan NaOH dan konsentrasi asam klorida yang berbeda dari rumput laut *Ulva lactuca*. Pembuatan selulosa dari Rumput laut *Ulva Lactuca*, menggunakan tiga perlakuan dengan konsentrasi HCl yang berbeda dengan menggunakan metode secara observasi dan tidak menggunakan rancangan percobaan terukur. Kandungan selulosa pada perlakuan satu yaitu 9,67% sedangkan kandungan pada perlakuan dua yaitu 67,57% dan pada perlakuan tiga tersebut mencapai 49,8%. Di sisi lain menunjukkan bahwa seiring kenaikan konsentrasi HCl, kandungan selulosa yang diperoleh cenderung menurun. Analisis gugus fungsi melalui spektrum vibrasi menunjukkan bahwa karakteristik vibrasi khas selulosa ditemukan pada hasil ekstraksi dengan HCl pada konsentrasi 1%, 3%, dan 5%. Ini menunjukkan bahwa struktur dasar selulosa tetap ada meskipun kandungan kuantitatifnya menurun pada konsentrasi yang lebih tinggi. Pada kandungan selulosa dari perlakuan satu sampai dengan perlakuan tiga telah memenuhi standar minimum kandungan selulosa yang dibutuhkan oleh industri yakni $\geq 50\%$.

Kata kunci: *Ulva Lactuca*, Selulosa, dan HCl.



PENDAHULUAN

Rumput laut *Ulva lactuca* di Indonesia tersebar di daerah Sulawesi, Lombok, Jawa Barat, Lampung, Sulu, Sumba, Banda, dan Solor. *Ulva lactuca* termasuk ke dalam divisi Chlorophyta dan biasa dikenal dengan nama selada laut (Nurjanah dan, Abdullah, 2018). *Ulva lactuca* tumbuh dengan cara menempel pada batu atau substrat lainnya, namun mudah terlepas dan bertumbuh dengan cara mengambang bebas (Nikolaissen *et al.*, 2011). *Ulva lactuca* memiliki tingkat pertumbuhan dalam sehari tiga (3) kali lebih cepat dibanding *Kappaphycus*. Tingkat pertumbuhan *Ulva lactuca* yaitu 8-24%, sedangkan tingkat pertumbuhan *Kappaphycus* sebesar 3-8% (Trivedi *et al.*, 2013). *Ulva lactuca* sangat cocok untuk di produksi biomassa karena produktivitasnya yang tinggi dan memiliki kemampuan yang baik untuk berkembang di bawah kondisi pertumbuhan yang berbeda. Rumput laut *Ulva lactuca* memiliki nilai gizi tinggi dengan tingkat polisakarida, protein, vitamin, dan mineral yang tinggi (Taboada *et al.*, 2010). *Ulva Lactuca* mengandung selulosa yang cukup tinggi yaitu sebesar 9-23% (Yaich *et al.*, 2011).

Komposisi kimia *Ulva lactuca* mengandung 58% karbohidrat, 12% serat, 15% protein, 1% lipid dan 14% abu. Komposisi karbohidrat terdiri dari 43% ulvan, 15% pati, 2% lignin, 16% hemiselulosa, dan 22% selulosa (Rasyid *et al.*, 2017).

Selulosa adalah biopolimer alami yang banyak terdapat di alam. Selulosa merupakan polimer rantai lurus yang terdiri dari ratusan hingga puluhan ribu ikatan glikosida β -(1,4) unit D-glukosa, yang menyebabkan molekul-molekul selulosa membentuk rantai yang saling bersisian, kokoh dan lurus. Selulosa tidak larut dalam pelarut-pelarut umum karena memiliki ikatan hidrogen yang kuat, baik intramolekul maupun antarmolekul. Oleh sebab itu perlu dilakukan modifikasi struktur selulosa supaya larut dalam air dan pelarut lainnya, sehingga turunannya dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang (Syahrul *et al.*, 2020).

Kandungan selulosa rumput laut *Ulva lactuca* yang cukup tinggi ini berpotensi untuk menjadikan sebagai sumber bahan baku selulosa. Ekstraksi selulosa dengan sumber bahan baku rumput laut lebih mudah dibanding tumbuhan terestrial karena rendahnya lignin dalam rumput laut. Selain itu, rumput laut adalah sumber biomassa yang memiliki biaya rendah, dan tumbuh dengan cepat (Wahlström dan, Edlund., 2020). Selulosa dari rumput laut didominasi, sedangkan selulosa dari tanaman terestrial didominasi bentuk I β (Focher *et al.*, 2001). Selulosa merupakan polisakarida yang memiliki rumus molekul $[C_6H_{10}O_5]_n$. Struktur selulosa terdiri atas unit β -D-glukopiranosida yang dihubungkan oleh ikatan (1,4)-glikosida (Klemm *et al.*, 2005). Bahan berbasis selulosa dan turunannya telah digunakan selama lebih dari 150 tahun dalam berbagai aplikasi seperti produksi kertas, biomaterial, dan obat-obatan (Kargarzadeh dan, Gopakumar., 2018).

Ekstraksi Selulosa. Sampel direndam dalam larutan HCl 3% selama 12 jam. Kadar selulosa yang dihasilkan 7,7%. Perlakuan yang sama dilakukan pada penelitian (Septiany 2013) dengan persentase selulosa yang diperoleh sebesar 13,04%, proses maserasi dilakukan menggunakan pelarut HCl 3% selama 24 jam. Penggunaan NaOH dengan konsentrasi 20% menghasilkan rendemen selulosa yang lebih besar. (Nurhayati dan Kusumawati., 2014), mengekstraksi selulosa dilakukan menggunakan larutan HCl dengan variasi konsentrasi 1, 3, dan 5% menggunakan Suhu 95°C selama 35 menit. Kadar α -selulosa tertinggi diperoleh pada penggunaan larutan HCl 5% yang menghasilkan kadar α -selulosa 53.33%. (Sulfida *et al.*, 2020) telah berhasil mengekstraksi dengan metode sokletasi menggunakan pelarut metanol 80% dan suhu 80°C selama 4 hari. Proses delignifikasi dilakukan menggunakan pelarut NaOH 0,5 M kadar selulosa yang dihasilkan sebesar 8.42 %. Oleh sebab itu, penelitian ini difokuskan pada penggunaan NaOH dan konsentrasi asam klorida yang berbeda terhadap karakteristik selulosa



dari rumput laut *Ulva lactuca*. Senyawa kimia yang sering digunakan dalam dekomposisi struktur selulosa misalnya asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄), asam asetat (CH₃COOH). Hingga kini penggunaan senyawa asam dalam degradasi selulosa belum optimal. Oleh sebab itu, penelitian ini difokuskan pada penggunaan konsentrasi asam klorida yang berbeda terhadap karakteristik fisikokimia selulosa dari rumput laut *Ulva lactuca*.

Ulva lactuca merupakan jenis rumput laut yang terdistribusi cukup melimpah di Kabupaten Sumba Timur, sehingga saat ini pemanfaatan *Ulva lactuca* masih sangat rendah dijadikan selulosa. Jenis rumput laut ini kaya akan polisakarida khususnya selulosa, oleh karena itu peneliti perlu mengkaji tentang penggunaan NaOH dan konsentrasi asam klorida yang berbeda terhadap karakteristik selulosa rumput laut *Ulva lactuca*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan NaOH dan konsentrasi asam klorida yang berbeda dari rumput laut *Ulva lactuca*.

MATERI DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-Mei 2025 yang bertempat di laboratorium FST Universitas Kristen Wira Wacana Sumba.

Bahan dan Alat

Bahan-Bahan yang digunakan dalam penelitian : Rumput laut *Ulva lactuca*, aquades, natrium hidroksida, hydrogen peroksida 50% (bratachem), dan asam sulfat 97% (merck). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Timbangan analitik, loyang, oven, konfor digital, sendok, dandang, gelas erlenmeyer, spatula, aluminium foil, cawan porselen, dan kertas saring.

Prosedur Penelitian

Pengambilan Bahan Baku

Pengambilan sampel rumput laut *Ulva lactuca* diambil dari perairan laut mangrove, desa tanaman, kecamatan pahunga lode, kabupaten sumba timur, kemudian sampel yang telah terkumpul di cuci menggunakan air tawar untuk menghilangkan garam atau epiphyte, mikroorganisme, pasir, dan bahan-bahan lainnya. Selanjutnya di jemur atau di keringkan selama 1-2 hari menggunakan matahari, setelah sampel kering selanjutnya di bawa ke laboratorium untuk dilakukan penelitian.

Pembuatan Selulosa

Proses ekstraksi selulosa dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama pencucian rumput laut hingga bersih, tahap kedua dikeringkan, tahap ketiga dilakukan depigmentasi menggunakan NaOCl 15% dengan rasio 1:5 (b/v) selama 2 jam, selanjutnya, tahap kelima dicuci bersih menggunakan aquades hingga netral (terbebas NaOCl), tahap keenam dilakukan delignifikasi menggunakan larutan NaOH 0,5 M selama 24 jam pada suhu 60°C, tahap ketujuh sampel di netralkan dengan aquades hingga pH mencapai 6-8 (pH netral). Sampel yang telah netral kemudian dilakukan depolimerisasi menggunakan HCl 1%, 3%, 5%, selama 2 jam pada suhu 90°C, kemudian netral dan di keringkan untuk di analisis kandungan selulosa, FTIR, XRD.

Parameter Pengujian Kandungan Selulosa



Analisis kadar selulosa diawali dengan menentukan kadar *Acid Detergent Fiber* (ADF). Langkah pengujian ADF dilakukan memasukkan sampel sebanyak 1 g ke dalam gelas piala 600 ml, kemudian ditambahkan dengan ADF dan dipanaskan selama 60 menit. Sampel kemudian disaring dengan cawan masir yang telah ditimbang sebelumnya. Residu kemudian dibilas menggunakan aseton dan air panas. Cawan masir dan residu kemudian dioven pada suhu 105°C sehingga berat konstan. Setelah beratnya konstan, sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar ADF dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

Analisis FTIR

FTIR (fourier transform infrared) merupakan metode bebas reagen, tanpa menggunakan radioaktif dan dapat mengukur kadar hormon secara kualitatif dan kuantitatif. Prinsip kerja FTIR adalah mengenai gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut (Sjahfridi *et al.*, 2015). Pola absorbansi yang diserap oleh setiap-senyawa berbeda-beda, sehingga senyawa-senyawa dapat dibedakan dan diidentifikasi (Sankari, 2010).

Tujuan dari pengujian menggunakan FTIR adalah untuk menginterpretasikan terjadinya proses substitusi doping logam Co dalam sampel (Susulawai *et al.*, 2015).

Analisis XRD

Difraksi sinar-x adalah metode yang nyaman untuk menentukan ukuran rata-rata kristal nano dalam bahan curahan kristal nano, difraksi sinar-x peka terhadap ukuran kristal di dalam partikel (Monsi *et al.*, 2012).

Spektroskopi XRD adalah suatu cara analisis struktur kristal, fase dan mineral pada suatu sampel. Prinsip kerja instrumen XRD ialah dipenerapkan prinsip Bragg yang mengemukakan bahwa perbedaan lintas bebas difraksi sinar-x harus kelipatan panjang gelombang:

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan. Faktor perlakuan yang digunakan dalam penelitian yaitu perbedaan konsentrasi DES. Model matematika rancangan acak lengkap (RAL) yang digunakan adalah sebagai berikut:

Analisis Data

Data yang diperoleh masing-masing variabel pengujian dilakukan asumsi yang meliputi normalitas dan homogenitas. Data yang telah memenuhi asumsi, dilanjutkan dengan uji hipotesis ragam, (ANOVA) satu arah dan uji lanjut Duncan jika terdapat pengaruh yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ skala kepercayaan 95% untuk uji organoleptik menggunakan *krustalwalis* menggunakan dan uji lanjut *man whitney*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Polimer Selulosa *Ulva Laactuca*

Struktur utama dari tumbuhan tersusun atas berbagai jenis polimer seperti selulosa (Anindyawati *et al.*, 2010). Selulosa merupakan polimer alami yang memiliki manfaat besar dalam dunia industri. Oleh karena itu, ketersediaan selulosa menjadi perhatian penting sebagai bahan baku industri (Mursalim *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil analisis terhadap komposisi



polimer *Ulva Lactuca*. dengan perlakuan konsentrasi HCl yang berbeda, data disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian selulosa

Polimer	Perlakuan		
	HCL 1%	HCL 3%	HCL 5%
Hemiselulosa (%)	7,37	6,61	9,67
Selulosa (%)	67,57	64,88	56,85
Lignin (%)	0,06	0,07	0,08

Hasil analisis pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa kandungan hemiselulosa mengalami penurunan seiring dengan peningkatan konsentrasi NaOH (Larasati *et al.*, 2019). Sebaliknya, p1 atau p2 justru menunjukkan peningkatan terutama pada perlakuan HCl 5% (P₃), yaitu 9,67%, lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P₁ dan P₂. Dari tabel dapat dilihat bahwa perlakuan HCl 1% menghasilkan selulosa tertinggi sebesar 67,57%, menunjukkan bahwa kondisi ini optimal dalam mengekstraksi selulosa dari *Ulva Lactuca*. Hasil ini melebihi rendemen dari beberapa penelitian sebelumnya yang hanya menghasilkan selulosa sekitar 49,8% menggunakan NaOH 0,5M (Rahmawati *et al.*, 2023). Oleh karena itu, kandungan selulosa hasil ekstraksi dari *Ulva Lactuca*. pada Tabel 1 telah memenuhi kriteria minimum untuk kebutuhan industri, yaitu minimal 50% (Rismana, 2019).

Fourier Transform Infraed Spectroscopy (FTIR)

Serapan cahaya inframerah terjadi akibat adanya interaksi antar molekul yang kemudian ditampilkan dalam bentuk persen transmisi (T%) (Sasria *et al.*, 2024). Pada analisis FTIR, vibrasi serapan selulosa dibagi ke dalam beberapa wilayah spektrum yang mewakili berbagai gugus fungsi, seperti gugus hidroksil, gugus karbonil, cincin aromatik (seperti gugus sinapil dan guaiasil), serta ikatan glikosidik (Mufliha, 2023). Distribusi dari spektrum vibrasi dan identifikasi gugus-gugus fungsi yang ada pada selulosa hasil ekstraksi dari *Ulva Lactuca*. dengan berbagai konsentrasi larutan HCl ditampilkan pada Tabel 2. Data ini memberikan gambaran mengenai perubahan struktur kimia selulosa akibat perlakuan kimia yang berbeda, serta mendukung hasil komposisi polimer sebelumnya dalam menunjukkan efektivitas perlakuan terhadap peningkatan kemurnian selulosa.

Tabel 2. Fourier Transform Infraed Spectroscopy (FTIR)

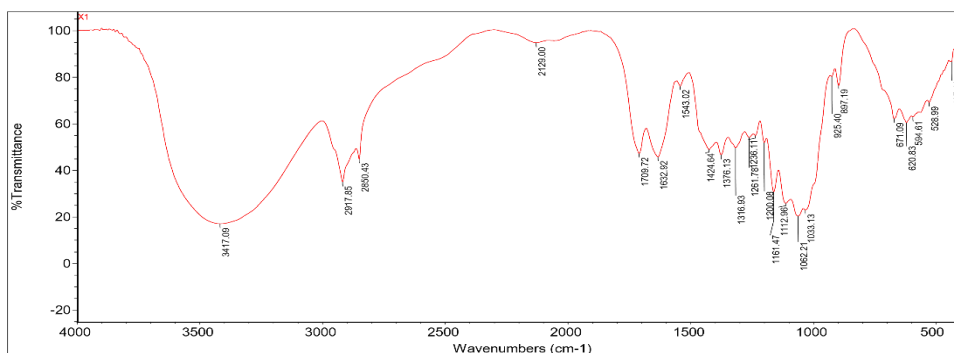
Perlakuan	Panjang Gelombang	T %	Vibrasi	Refrensi
HCL 1%	424.81	91.156	C–C Deformasi	Chanzy 2002
	437.12	86.707	C–O–C skeletal	Popescu et al 2013
	528.99	69.200	C–O–C skeletal	Kim 2005
	594.61	62.932	C–C Deformasi	Fischer 2001
	620.83	60.491	C–O–C bending	Kittiya Plermjai 2019
	671.09	62.201	C–H Deformasi	Poletto et al. 2014
	897.19	76.458	C1–H deforma tion	Gaston Zolla 2021
	925.40	80.345	C–O–C stretching	Cintrón, M.S. 2013
	1033.13	22.860	C–O stretching	<u>Paczkowska et al., 2015</u>
	1062.21	20.314	C–O–C Ethers	Li et al. 2009
	1112.96	25.799	C–O–C stretching	Oh et al. 2005
	1161.47	30.826	C–O–C antisymmetric	Zattera, A. J. 2014



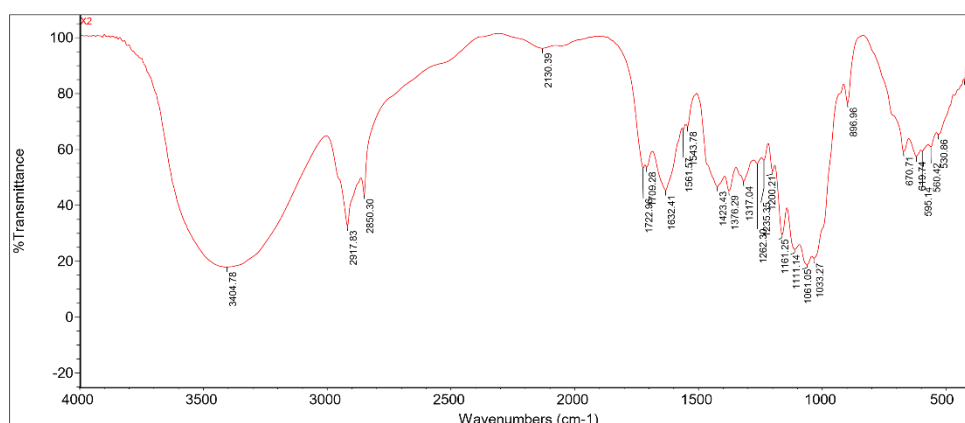
HCL 3%	1200.08	51.967	C–O stretching	Yongliang Liu 2017
	1236.11	54.974	O–H deformation	Hee-Jin Kim 2017
	425.54	84.545	C–C Deformasi	Chanzy 2002
	530.86	65.337	C–O–C skeletal	Kim 2005
	560.42	60.903	C–O Skeletal	Poletto et al., 2014
	595.14	59.350	C–C Deformasi	Pistor, 2013
	619.74	57.461	C–O–C Deformasi	Schenzel, 2001
	670.71	59.237	C–H Deformasi	Poletto et al. 2014
	896.96	76.640	C1–H deformation	Gaston Zolla 2021
	1033.27	20.994	C–OH stretch	Liu et al. 2010
	1061.05	18.764	C–O–C Ethers	Li et al. 2009
	1111.14	24.142	C–O–C stretching	Oh et al. 2005
	1161.25	29.481	C–O–C hemicellulose	Ghitescu et al. 2015
	1200.21	52.218	C–O stretching	Yongliang Liu 2017
	1235.35	56.093	C–O stretching	Oh et al., 2005
	1262.30	54.850	C–O stretching	Ornaghi, 2014
HCL 5%	413.04	95.437	C–O–C vibration	Seo, G. 2005
	438.74	86.425	C–O–C skeletal	Popescu et al 2013
	531.15	70.250	C–O–C skeletal	Kim 2005
	621.94	61.331	C–O–C Deformasi	Schenzel, 2001
	672.13	63.486	C–H Deformasi	Poletto et al. 2014
	897.14	77.679	C1–H deformation	Gaston Zolla 2021
	923.54	77.948	C-H bending	Liu et al. 2011a
	1032.05	23.515	C–OH stretch	Liu et al. 2010
	1061.97	20.455	C–O–C stretching	Belouadah et al. 2015
	1113.72	26.291	C–O–C stretching	Oh et al. 2005
	1161.03	33.487	C–O–C hemicellulose	Ghitescu et al. 2015
	1199.53	55.837	C–O–H bending	Shin, 2005
	1235.67	56.511	C–O stretching	Oh et al., 2005
	1261.06	55.248	C–O stretching	Ornaghi, 2014

Vibrasi gugus –OH stretching terdeteksi pada rentang panjang gelombang $\geq 3000 \text{ cm}^{-1}$ (Rodhiyah, 2018). Vibrasi ini dapat dikenali dalam spektrum selulosa hasil perlakuan HCL dengan urutan nilai transmitansi: HCl 1% (P_1) sebesar 91,15%, HCl 3% (P_2) sebesar 84,54 %, dan HCl 5% (P_3) sebesar 95,43% (Setiabudi *et al.*, 2012). Dari data tersebut terlihat bahwa perlakuan HCl 3 % memiliki tingkat vibrasi paling rendah dibandingkan perlakuan lainnya, yang menunjukkan lebih banyaknya gugus –OH akibat proses hidrolisis yang terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl, maka intensitas vibrasi –OH cenderung meningkat (Landakuri *et al.*, 2023). Wilayah antara $2000\text{--}3000 \text{ cm}^{-1}$ mencerminkan vibrasi gugus –CH pada selulosa. Dalam rentang ini, panjang gelombang masing-masing perlakuan adalah: 2917 cm^{-1} (P_1), 2850 cm^{-1} dan 2130 cm^{-1} (P_2), serta 2917 cm^{-1} dan 2850 cm^{-1} (P_3) (Priatmoko *et al.*, 2023). Di antara ketiganya, perlakuan HCl 5% (P_3) pada 2917 cm^{-1} menunjukkan transmitansi 46,24%, lebih rendah dibanding P_1 dan P_2 , yang berarti vibrasi tersebut lebih kuat (Rhezky *et al.*, 2023). Sementara itu, vibrasi pada daerah $2000\text{--}3000 \text{ cm}^{-1}$ juga dapat berasal dari gugus alifatik non-polar dalam cincin selulosa (Alief *et al.*, 2021). Sedangkan pada rentang $1000\text{--}2000 \text{ cm}^{-1}$, vibrasi yang umum berasal dari ikatan karbon–oksigen (C–O dan C–O–C). Pada wilayah ini, panjang gelombang utama hasil perlakuan HCL 1 % (P_1) muncul pada 1033.13 cm^{-1} , HCl 3% (P_2) pada 1033.27 cm^{-1} , dan HCl 5% (P_3) pada 1032.05 cm^{-1} . Nilai transmitansi tertinggi terdapat pada P_3 (23,515%), yang menandakan intensitas vibrasi terkuat di titik tersebut, diikuti oleh P_1 dan P_2 (Setiabudi *et al.*, 2012).

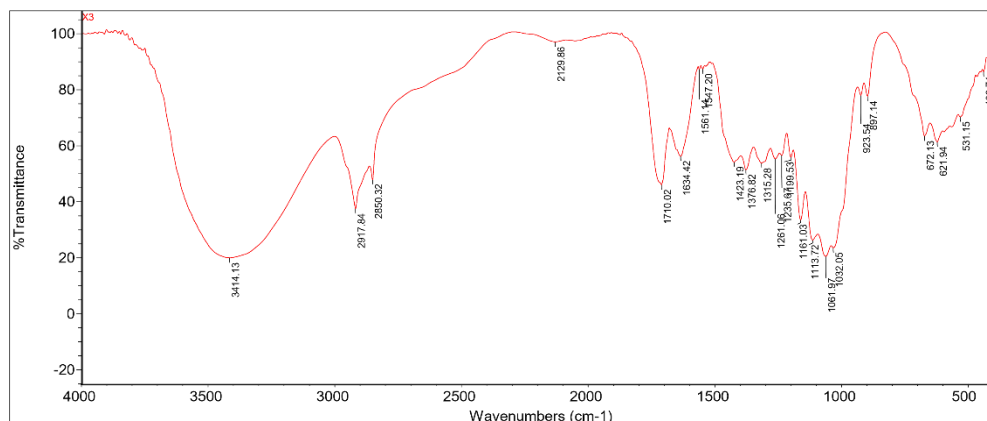
Selanjutnya, vibrasi antara $1000\text{--}500\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan HCl 1 % (P_1) muncul pada $424,81\text{ cm}^{-1}$, HCl 3% (P_2) pada $425,54\text{ cm}^{-1}$, dan HCl 5% (P_3) pada $413,04\text{ cm}^{-1}$. gugus fungsional lain seperti getaran cincin glukosa. perlakuan HCl 5% menunjukkan transmitansi sebesar 96,437%, tertinggi di antara perlakuan lain, menandakan vibrasi pada gugus ini cukup dominan. Sementara vibrasi di bawah 500 cm^{-1} menunjukkan sedikit pergeseran dan penurunan intensitas (Purwawan *et al.*, 2012).



Gambar 1. Spektrum FTIR dengan pelakuan HCl 1%



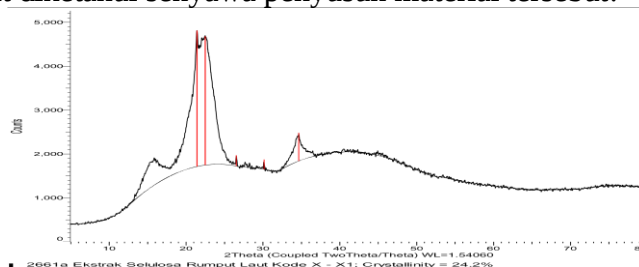
Gambar 2. Spektrum FTIR dengan pelakuan HCl 3%



Gambar 3. Spektrum FTIR dengan pelakuan HCl 5%

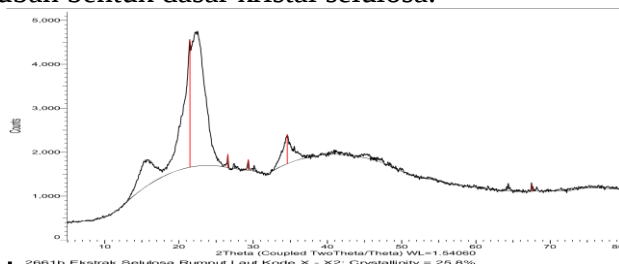
X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui kristalinitas dari mikrokristal in selulosa serat kapuk. Karakterisasi XRD dilakukan di Universitas Gajah Mada dengan menggunakan alat Brooker D8 Advanced. Persentase kristalinitas mikrokristalin selulosa dinyatakan dengan Persamaan, Dengan mengetahui besarnya intensitas relatif deretan puncak-puncak difraksi tersebut maka dapat diketahui senyawa penyusun material tersebut.



Gambar 4. Spektrum XRD dengan pelakuan HCl 1%

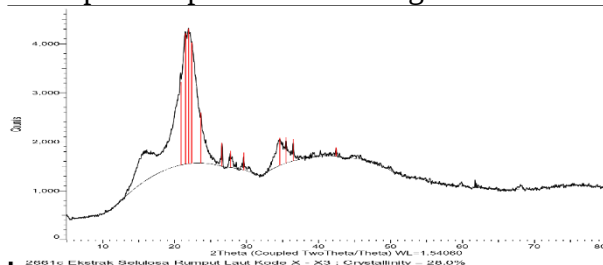
Berdasarkan hasil analisis XRD yang ditampilkan pada gambar, diperoleh lima puncak utama pada sudut 2θ , yaitu pada $21,41^\circ$, $22,49^\circ$, $26,53^\circ$, $30,14^\circ$, dan $34,65^\circ$. Dua puncak dominan berada pada sudut $2\theta \approx 21,4^\circ$ dan $22,5^\circ$ dengan intensitas relatif 100% dan 94,7%. Puncak-puncak ini merupakan indikasi kuat dari keberadaan bidang kristal (002) dalam struktur selulosa tipe I, yang merupakan struktur kristal alami dari selulosa. Nilai d-spacing dari kedua puncak tersebut adalah 4,14 Å dan 3,95 Å, sesuai dengan data literatur selulosa dari bahan biomassa. Puncak pada $2\theta = 34,65^\circ$ menunjukkan intensitas relatif 20,8%, yang masih tergolong signifikan, dan dapat dikaitkan dengan bidang kristal minor, pengotor (impurities), atau keberadaan orientasi lain dari selulosa. Nilai FWHM yang kecil (sekitar 0,1) pada semua puncak menunjukkan bahwa material memiliki struktur kristalin yang baik dengan puncak tajam, menandakan bahwa proses ekstraksi dan pemurnian cukup efektif dalam menghasilkan selulosa semi-kristalin dari rumput laut. Berdasarkan pola difraksi yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa struktur kristal yang terbentuk menyerupai model selulosa tipe I, dan tidak menunjukkan pergeseran puncak signifikan yang biasanya terjadi jika terjadi perubahan struktur menjadi selulosa tipe II atau amorf. Hal ini menegaskan bahwa metode isolasi yang digunakan tidak mengubah bentuk dasar kristal selulosa.



Gambar 5. Spektrum XRD dengan pelakuan HCl 3%

Hasil difraksi sinar-X (XRD) dari sampel menunjukkan lima puncak utama yang tersebar pada sudut 2θ antara 21° hingga 67° . Puncak paling dominan muncul pada sudut $2\theta = 21,47^\circ$ dengan intensitas relatif 100%, dan nilai d-spacing sebesar 4,13 Å. Hal ini menunjukkan keberadaan bidang kristal (002) yang merupakan karakteristik dari selulosa tipe I. Puncak-puncak tambahan dengan intensitas rendah muncul di sudut $26,58^\circ$, $29,35^\circ$, dan $34,60^\circ$. Puncak pada $34,60^\circ$ memiliki intensitas relatif 23% dan nilai d-spacing 2,59 Å, yang bisa dikaitkan dengan bidang kristal minor atau sisa struktur selulosa lain. Sedangkan puncak pada $67,57^\circ$

dengan intensitas 5% kemungkinan berasal dari fase minor atau noise. Nilai FWHM yang berada di kisaran 0,10–0,11 menunjukkan bahwa puncak cukup tajam, mengindikasikan bahwa sampel memiliki struktur kristalin yang cukup baik. Ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi dari rumput laut mampu mempertahankan sebagian besar sifat kristal dari selulosa.



Gambar 6. Spektrum XRD dengan pelakuan HCl 5%

Berdasarkan hasil analisis difraksi sinar-X (XRD), diperoleh 12 puncak utama yang tersebar dari sudut $2\theta = 20,9^\circ$ hingga $42,4^\circ$. Puncak paling dominan muncul pada sudut $2\theta = 21,94^\circ$ dengan nilai d-spacing $4,048 \text{ \AA}$ dan intensitas relatif 100%. Puncak ini merupakan karakteristik dari struktur kristalin selulosa tipe I, khususnya bidang kristal (002), yang umum terdapat dalam selulosa alami seperti dari rumput laut. Puncak lainnya yang cukup signifikan berada di sudut $21,52^\circ$ dan $22,38^\circ$ dengan intensitas relatif masing-masing 96,9% dan 89,7%, menunjukkan bahwa struktur kristalin masih terjaga dan terdapat keberulangan bidang kristal yang kuat. Puncak-puncak minor lainnya seperti pada $2\theta = 26,57^\circ$, $27,74^\circ$, dan $29,6^\circ$ mengindikasikan keberadaan fase minor atau kemungkinan impuritas yang masih terdapat dalam sampel. Meskipun begitu, nilai FWHM yang rendah (0,1–0,12) pada sebagian besar puncak menunjukkan bahwa tingkat kristalinitas sampel relatif baik. Berdasarkan data ini, dapat disimpulkan bahwa metode ekstraksi yang digunakan mampu menghasilkan selulosa semi-kristalin, yang penting dalam aplikasi lanjutan seperti pembuatan film bioplastik atau material komposit.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Dengan perlakuan dengan HCl konsentrasi 1%, selulosa yang diekstraksi dari *Ulva lactuca* menunjukkan hasil terbaik, dengan kandungan selulosa mencapai 67,57%. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi HCl 1% adalah kondisi terbaik untuk memperoleh rendemen selulosa tertinggi, sementara peningkatan konsentrasi HCl hingga 3% dan 5% sama-sama menyebabkan penurunan kandungan selulosa yang diperoleh. Kondisi asam yang lebih kuat dapat menyebabkan degradasi selulosa. Analisis gugus fungsi melalui spektrum vibrasi menunjukkan bahwa karakteristik vibrasi khas selulosa ditemukan pada hasil ekstraksi dengan HCl pada konsentrasi 1%, 3%, dan 5%. Ini menunjukkan bahwa struktur dasar selulosa tetap ada meskipun kandungan kuantitatifnya menurun pada konsentrasi yang lebih tinggi.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat pengaruh pemberian konsentrasi HCl yang berbeda terhadap rumput laut *Ulva Uactuca* dengan masa inkubasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindinda Prameswari Hastiza. (2016). No Title No Title No Title, 01, 1–23. Belakang, L., & Barat, J. (2020). 1.1 Latar Belakang, 1–25.



- Fitriana, N. E., A. Suwanto, El. Jatmiko, S. Mursiti dan D. J. Prasetyo. 2020. Celubse Extraktion Frcom Sugar Palm (Arerrggcr Pinnaru) Fibre by alkaline and tRroxide tretnlents. Eałth dan Environkntal Science. 462(1): 12-15.
- Focher B, Palma MT, Canetti M, Torri G, Cosentino C, G. (2001). Structural differences between non-wood plant celluloses: Evidence from solid state NMR, vibrational spectroscopy and X-ray diffractometry, 4(3), 193–208.
- Kargarzadeh H, Mariano M, Gopakumar D, Ahmad I, Thomas S, Dufresne A, Huang J, L. N. (2018). Advances in cellulose nanomaterials, 4(2).
- Khadafi, M., Zulnazri, Z., Kurniawan, E., Sulhatun, S., & Dewi, R. (2022). Isolasi Sabut Kelapa Dengan Metode Chessson-Datta Sebagai Sumber Alfa Selulosa. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 2(1), 40. <https://doi.org/10.29103/cejs.v2i1.6609>
- Klemm D, Heublein B, Fink HP, B. A. (2005). Cellulose: Fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Angew*, 3(2), 3358–3393
- LarasatL 1. Argo, B. D. & Hawa, L C. (2019). deligmfikasi kandungan lignoselukjsa haiiibii det•igãii NaOH tekãiiãii_ 01 Trap iCalAgricultu ral Engineering and Biosystems-'urna l' Ketekn ikon Perlemian Trap is dam 7(3), 235-244.
- Martosuyono, P., Hakim, A and Fawzya, Y. N (2015). *Chemical pretreatment and enzymatic saccharification of seaweed solid waste*. *Squalen Bull. of Mar. & Fish. Postharvest & Biotech*. 10 (2) 2015, 61-71. ISSN: 2089-5690
- Mufliha. V. (2023). Pengaruh Variasi Bwkoagulan Kitosan Limbah Sisik Ikan Muiait MO"ãiiibiCLiS) Dalai"i"i POIutan Pada Lin:ihah Kendaraan (Doctoral dissertation. Universitas Islam Negen Ar-Raniry).
- Nanda, Syahfitri, L., Marwanti, D., & Pd, M. (2020). Fortifikasi Rumput Laut Ulva Lactuca Pada Ogura Cake Sebagai Sumber Serat Untuk Milenial Lactuca, 12–14.
- Nikolaisen L, Daugbjerg Jensen P, Svane Bech K, Dahl J, Jørgen, Brødsgaard T, Rasmussen MB, Bruhn, Annette, B. (2011). Energy Production from Marine Biomass. *Jurnal*, 28(3), 47–54.
- Nurhayati & Kusumawati, R. (2014). Sintesis Selulosa Asetat Dari Limbah Pengolahan Agar, 3(2), 97–107.
- Nurjanah N, Abdullah A, N. (2018). Karakteristik Sediaan Garam Ulva lactuca dari Perairan Sekotong Nusa Tenggara Barat bagi Pasien Hipertensi, 105–110.
- Oleh, S. T. (2021). Formulasi bioethanol dari limbah kulit nanas dan penambahan additive toluene sebagai wax inhibitor tugas akhir.
- Pasanda, Azis, Alam, Ruso, A. dan A. (2019). (2021). Perbandingan kadar selulosa dari berbagai jenis rumput laut, 2.
- Prabowo, I., Sulistiono, & Mutamimah, D. (2020). Karakteristik Edible Film yang Diproduksi dari Kombinasi Ulva Lactuca dan Gelatin. *Jurnal Ilmu Perikanan Dan Kelautan*, 2(2), 81–92.
- Rahmawati C., 2023. Pelindung Dinding Terhadap Hujan Asam Menggunakan Geopolimer cellulose JURMATEKS_ A_ veranika dan P. Prasetyowati201 EEG. konsentrasi naoh dan waktu
- Rasyid.A. (2017). Evaluation of nutritional composition of the dried seaweed Ulva lactuca from Pameungpeuk waters, Indonesia, 3(2), 119–125.
- Rismana, E. (2019). Kajian proses produksi garam aneka pangan menggunakan beberapa sumber hahan haku_ Chemistry Progress, 1).
- Rodhiyah. N. (2018). Sintesis Bi4Ti5O12 (BIT) dengan variasi rasio Mol BIT: NaCl ih:ietOde b21ehüii (Doctoral dissertation, Islam Negeti Maulana Malik Ibrahim)_



- Sahare, P., Singh, I_axman, S. dan M___ 2012. Effect of alkali pretreatment on the structural properties and enzymatic hydrolysis of corn cob. *Applied biochemistry und* 168(7), 1806-1819.
- Septiany , I (2013). Produksi bioetanol dari selulosa alga merah dengan sistem fermentasi dua tahap menggunakan jamur *trichoderma viride* dan bakteri *zymomonas mobilis*. (Tesis, Universitas Hasanuddin, 2013).
- Sulfida, D. (2020). Analisis ekstrak selulosa dari rumput laut merah *Hypnea spinnela*, 4(3).
- Syahrul Alaydin, Bhayu Gita Bhernama1, M. Y. (2020). literature Review: Perbandingan Kadar selulosa dariRumput laut Merah, 2(1), 33–37.
- Taboada C, Millán R, Míguez I. 2010. Composition, nutritional aspects and effect on serum parameters of marine algae *Ulva rigida*. *J. Sci. Food Agric.* 90(3):445–449.doi:10.1002/jsfa.3836.
- Trivedi N, Gupta V, Reddy CRK, J. B. (2013). Enzymatic hydrolysis and production of bioethanol from common macrophytic green alga *Ulva fasciata* Delile, 4(2), 106–112.
- Wahlström N, Edlund U, Pavia H, Toth G, Jaworski A, Pell AJ, Choong FX, Shirani H, Nilsson KPR, R.-D. A. (2020). Cellulose from the green macroalgae *Ulva lactuca*: isolation, characterization, optotracing, and production of cellulose nanofibrils, 3(2), 3707–3725.
- Yaich H, Garna H, Besbes S, Paquot M, Blecker C, A. H. (2011). Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia, 2(4), 895–901.
- Zhang. S, Hu. X, Ma. J, Ma. Z, Liu. X, Cui. L. 2012. Study on Feed fermented From Seaweed Waste. *African Journal of Microbiology Research*. 6(50): 7610 - 7615.