

Isolasi dan Karakterisasi α -Selulosa Dari Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*)

Fauzan Aulia Akbar¹, Edi Nasra^{2*}, Desy Kurniawati³, Deski Beri⁴, Hary Sanjaya⁵

^{1,2,3,4,5}Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang
Jln Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Indonesia

*edinasra@fmipaunp.ac.id

Abstract — Cellulose isolation from the matoa fruit peel (*Pometia pinnata*) has been carried out by means of acid hydrolysis and alkaline hydrolysis. The purpose of this study was to isolate cellulose in the peel of matoa fruit and determine what is the purity level of cellulose contained in the peel of matoa fruit, FTIR is used to identify cellulose functional groups in matoa fruit peel. Results of this study, an yeild of the results of cellulose isolation of matoa peel was 41.3% with the purity level of cellulose of matoa fruit peel of 47.63%. The results of characterization using FTIR are known to have cellulose groups contained in the matoa peel such as -OH, -CH, and C-O groups which are the main functional groups in cellulose.

Keywords — Cellulose Isolation, FTIR, Matoa Fruit Peel

I. PENDAHULUAN

Tumbuhan matoa (*Pometia pinnata*) merupakan salah satu dari banyak tanaman khas yang tumbuh di daratan papua, tepatnya didaerah Papua barat tumbuhan matoa menjadi idenditas daerah tersebut. Matoa tergolong tanaman yang berasal dari family *Sapindaceae* dan termasuk dalam tanaman obat yang dimanfaatkan masyarakat Indonesia. Buah matoa (*Pometia pinnata*) pada saat ini belum banyak dimanfaatkan terutama pada bagian kulitnya dan hanya menjadi limbah yang terbuang sia-sia sehingga kulit buah matoa menjadi sampah rumah tangga yang dibuang tanpa diolah menjadi sesuatu yang bermanfaat [1].

Matoa dibedakan menjadi dua jenis untuk tekstur buah-nya yang pertama matoa papeda dan yang kedua matoa kelapa. Matoa papeda memiliki besar diameter buah 1,4 – 2,0 cm, serta daging buah bertekstur lumayan lembek. Sedangkan matoa kelapa memiliki besar buah 2,2 – 2,9 cm, serta daging buah bertekstur kenyal. Kulit matoa ada tiga macam yaitu *Emme Khabhelaw* (Kulit Kuning), *Emme Bhanggahe* (Kulit Merah), *Emme Anokhong* (Kulit hijau)[2].

TABEL 1
KARAKTERISTIK KULIT BUAH MATOA [3]

Komposisi	Kadar (%)
α -selulosa	50,6
Air	9,28
Lignin	28,24
Abu	4,21
Lainnya	7,67
Total	100

Kulit matoa memiliki kandungan selulosa yang cukup besar yaitu 50,6%. Selulosa merupakan polisakarida yang asalnya dari β -glukosa dan senyawa yang berasal dari alam (organik) yang memiliki peranan penting dalam penyusun utama dinding sel yang ada pada tumbuhan. Senyawa ini menjadi polimer alam paling melimpah dan ramah lingkungan karena mudah terdegradasi, dapat diperbarui, dan tidak beracun. Selulosa memiliki tegangan tarik tinggi, sifat senyawa berserat, tidak larut dalam pelarut organik dan air.

Selulosa di alam tidak pernah ditemukan dalam keadaan murni sehingga harus diisolasi terlebih dahulu untuk mendapatkan selulosanya, selulosa apabila ditemukan di alam akan selalu bergabung dengan polisakarida lainnya seperti lignin, hemiselulosa, dan pektin. Selulosa ada 3 jenis apabila dilihat dari derajat polimerisasinya dan kelarutannya didalam larutan natrium hidroksida (NaOH) 17 % dan. Macam jenis selulosa yaitu ada alfa selulosa, beta selulosa, dan gamma selulosa [4].

Dalam penelitian kali ini dilakukan isolasi selulosa menggunakan metode hidrolisis asam [5] dan hidrolisis alkali [6]. Kedua metode isolasi ini biasanya dipakai bersamaan ketika mengisolasi selulosa karena metode ini paling efektif digunakan untuk mengisolasi selulosa karena dengan menggunakan metode ini terjadi proses delignifikasi bahan yang mengandung senyawa lignoselulosa. Metode isolasi ini bertujuan untuk mengganggu struktur lignin yang melekat pada selulosa dan berkemungkinan terjadinya pemisahan struktural antara selulosa dengan lignin[7].

Penelitian Isolasi kulit buah matoa saat ini tidak banyak ditemukan sehingga peneliti tertarik melakukan penelitian tentang isolasi selulosa dari kulit buah matoa yang berasal dari Kota Padang, Sumatera barat. Ditambah tumbuhan matoa

sekarang ini sudah banyak tersebar di seluruh Indonesia sehingga ketersediaan kulit buah ini memberikan solusi ketersediaan bahan dari kulit buah matoa. Isolasi dan karakterisasi α -selulosa ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi untuk aplikasi kedepannya.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat

Penelitian ini membutuhkan beberapa alat berupa gelas kimia, erlenmeyer, pipet ukur, pipet gondok, batang pengaduk, botol semprot, spatula, pipet tetes, bola hisap, lumpang dan alu, ayakan 180 μ m, buret, statif, klem, oven, neraca analitik (ABS220-4), FTIR (PerkinElmer).

B. Bahan

Kulit matoa (*Pometia pinnata*), aquades, indikator ferroin, H_2SO_4 , HCL, NaOH, NaOCl, $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$, $K_2Cr_2O_7$ dan H_2O_2 .

C. Preparasi dan Isolasi Kulit Buah Matoa

1. Preparasi sampel kulit matoa

Kulit matoa yang sudah dipisahkan dari buahnya sebanyak 100 gram dibersihkan menggunakan air bersih kemudian dipotong kecil-kecil ≤ 2 cm. Tahap preparasi sampel kulit matoa dilakukan melalui proses pengeringan didalam oven pada suhu 60 $^{\circ}C$ sampai berat dari sampel yang dikeringkan konstan. Sampel yang sudah kering digiling hingga menjadi bubuk kemudian diayak menggunakan ayakan 180 μ m [8].

2. Isolasi selulosa kulit matoa

Isolasi selulosa dilakukan dengan 4 tahap yaitu *boiling treatment*, *acid treatment*, *alkali treatment*, dan *bleaching treatment*. *Boiling treatment* dilakukan dengan memasukan 100 gram kulit matoa kedalam air aquades mendidih suhu 80 $^{\circ}C$ selama 60 menit. Kemudian residu diambil dibilas hingga pH netral dan dioven pada suhu 60 $^{\circ}C$. *Acid treatment* dilakukan dengan memasukan residu hasil *boiling treatment* dan ditambahkan HCL 1 M sebanyak 1 liter dipanaskan selama 60 menit dengan suhu 80 $^{\circ}C$. Proses ini dilakukan sebanyak 2 kali, residu diambil dibilas hingga pH netral dan dioven pada suhu 60 $^{\circ}C$.

Alkali treatment dilakukan dengan memasukan residu hasil *acid treatment* kemudian ditambahkan NaOH 17,5% sebanyak 1 liter dipanaskan pada suhu 80 selama 60 menit. Proses ini dilakukan sebanyak 2 kali, residu diambil dibilas hingga pH netral dan dioven pada suhu 60 $^{\circ}C$. *Bleaching treatment* dilakukan dengan memasukan residu hasil alkali treatment kemudian ditambahkan NaOCl 5% sebanyak 1 liter dipanaskan pada suhu 80 $^{\circ}C$ selama 60 menit. Perlakuan diulang dengan menggunakan H_2O_2 10%. Residu hasil *bleaching treatment* diambil dibilas dengan aquades hingga pH netral [9]. Kadar selulosa yang didapat dihitung dengan cara [10] :

$$\% \text{ Rendemen selulosa} = \frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

D. Uji Iodium

Ekstrak selulosa diambil 0,1 gram dimasukan ke tabung reaksi kecil dan ditambah 1 mL larutan iodium kemudian dikocok. Diamati perubahan warna yang terjadi saat penambahan iodium. Apabila terjadi perubahan warna larutan menjadi coklat menandakan reaksi positif mengandung selulosa [11].

E. Penentuan kadar α -Selulosa Kulit Matoa

Ditimbang sebanyak 0,15 gram sampel, ditambahkan NaOH 17% sebanyak 7,5 mL dan diaduk selama 30 menit. Ditambah NaOH 17 % sebanyak 2,5 mL dan aquades 10 mL kemudian diaduk selama 30 menit. Selama proses pengadukan dilakukan merata dan gelembung udara tidak ada terbentuk. Setelah pengadukan selesai suspensi disaring, filtrat pertama dibuang sebanyak 1 mL dan filtrat setelahnya diambil 10 mL.

Filtrat yang telah di tampung dipipet 2,5 mL dan ditambahkan larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,5 N didalam erlenmeyer 100 mL. Ditambahkan H_2SO_4 pekat sebanyak 5 mL dan dibiarkan panas selama 15 menit. Ditambahkan 5 mL aquades dan didinginkan pada suhu ruang dengan membilas erlenmeyer menggunakan air mengalir. Ditambahkan 3 tetes indikator ferroin kemudian dititrasi dengan larutan $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 0,1 N yang telah di standardisasi. Catat volume $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 0,1 N yang dibutuhkan ketika terjadi perubahan warna. Titrasi ini diulangi sebanyak 5 kali. Untuk titrasi blanko filtrat diganti dengan 12,5 mL larutan NaOH 17% dan 12,5 mL aquades.

Rumus yang digunakan untuk menentukan kadar kemurnian α -selulosa yaitu [12] :

$$C \text{ sampel } (\%) = 100 - \frac{6,85 (V_1 (mL) - V_2 (mL)) \times N \times 20}{A (mL) \times W (g)}$$

Keterangan :

- C : kadar α -selulosa (%)
 6,85 : 1 miliekivalen $K_2Cr_2O_7$ setara dengan 6,85 mg selulosa dan karbohidrat terlarut lainnya
 V_1 : volume titrasi blanko (mL)
 V_2 : volume titrasi filtrat sampel (mL)
 N : normalitas larutan ferro ammonium sulfat
 A : volume filtrat sampel yang dianalisa (mL)
 W : berat kering oven sampel uji (g)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi dan Isolasi Kulit Matoa

Preparasi kulit matoa dilakukan dengan cara dehidrasi. Kulit matoa yang sudah dipisahkan dari buahnya dilakukan pencucian agar bersih dari kotoran yang melekat pada kulit matoa. Kulit matoa juga di dehidrasi dengan cara dikeringkan didalam oven untuk mengurangi dan menguapkan air yang terkandung didalam kulit matoa. Tujuan pengeringan kulit matoa ini agar kadar air yang didalam kulit matoa berkurang

dan kulit matoa ini bisa digiling menjadi serbuk yang digunakan untuk tahap selanjutnya yaitu isolasi selulosa.

Proses isolasi dilakukan bertahap mulai dari *boiling treatment* atau hidrolisis serbuk kulit matoa menggunakan pemanasan dihotplate yang bertujuan untuk menghilangkan pentosan [13], pati dan senyawa fenolik didalam sampel. Senyawa pentosan, pati, dan fenolik yang terkandung didalam sampel kulit matoa akan larut didalam air apabila dipanaskan pada suhu tinggi sehingga larutan hasil pemanasan akan berwarna kuning [14]

Proses *Acid treatment* atau hidrolisis asam dilakukan setelah proses boiling, tujuan proses ini menghilangkan pektin yang terkandung didalam sampel. Residu kulit matoa setelah proses *acid* berubah warna menjadi kuning dan larutan yang dihasilkan ketika proses ini berwarna kuning pekat, ini menandakan bahwa pektin yang terkandung didalam sampel larut menggunakan larutan HCL [9]. Asam kloria juga menghilangkan hemiselulosa yang terkandung didalam sampel karena senyawa hemiselulosa berantai pendek dan mudah dihidrolisis sehingga bisa memecah polimer hemiselulosa menjadi monomer yang lebih sederhana [15].

Proses *alkali treatment* atau delignifikasi dilakukan menggunakan NaOH 17,5% yang bertujuan untuk menghilangkan lignin yang terkandung didalam sampel. Lignin dalam sampel bisa dihilangkan dengan larutan NaOH karna lignin didalam larutan NaOH membentuk suatu garam fenolat yang larut dengan air. Apabila garam ini terbentuk maka lignin yang melekat pada selulosa akan terlepas sehingga selulosa akan bebas dari lignin [14]. Residu kulit matoa setelah proses alkali berubah warna coklat dan larutan yang dihasilkan ketika proses ini berwarna coklat tua, ini menandakan bahwa hemiselulosa dan lignin yang terkandung didalam sampel larut menggunakan larutan NaOH. Kemudian proses terakhir yaitu proses *bleaching* atau pemutihan menggunakan NaOCL dan H₂O₂ yang bertujuan menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa yang masih tersisa setelah proses alkali sekaligus memutihkan sampel kulit matoa. Dalam tiap-tiap tahap seperti alkali, acid, dan *bleaching* residu hasil penyaringan dilakukan pembilasan menggunakan aquades guna menghilangkan sisa-sisa larutan yang masih menempel pada residu saat proses isolasi dilakukan dan menetralkan ph dari residu, sehingga tidak ada pengotor yang melekat pada selulosa kulit matoa yang diekstrak.

Berdasarkan penelitian isolasi selulosa kulit matoa yang dilakukan didapatkan data uji kualitatif sebagai berikut :

Tabel 2 Kadar Rendemen Selulosa Kulit Matoa Hasil Isolasi

Sampel	Selulosa (%)
Kulit buah matoa	41,3

Kadar rendemen selulosa yang dihasilkan dari proses isolasi kulit matoa sebesar 41,3%. Hasil dari penelitian ini hampir mendekati penelitian [3] sebelumnya dari yang menghasilkan kadar selulosa kulit matoa sebesar 50,6%. Perbedaan hasil selulosa yang didapatkan dapat dipengaruhi oleh lokasi

geografis, umur panen, musim, kondisi lingkungan tempat tumbuhan tumbuh [16] dan pengaruh yang disebabkan serangkaian proses selama isolasi dilakukan [17].

TABEL 3
UJI KUALITATIF SELULOSA KULIT MATOA

Sampel	Hasil tes Iodium
Ekstrak selulosa kulit matoa	Positif (terbentuk warna coklat)

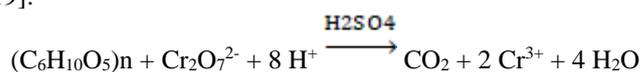
Hasil isolasi selulosa kulit matoa di uji secara kualitatif dengan menggunakan pereaksi iodium, menurut [11] polisakarida bisa diidentifikasi dengan uji iodium karena polisakarida dengan iodin akan menghasilkan reaksi poliodida yang membentuk rantai melingkar (heliks) sehingga dapat berikatan dengan iodin. Uji iodium menghasilkan berbagai warna coklat-merah pertanda adanya glikogen, biru-ungu pertanda adanya amilum, dan coklat pertanda adanya selulosa. Dari penelitian ini didapatkan perubahan warna coklat saat penambahan larutan iodium. Ini menandakan bahwa sampel positif mengandung selulosa.

B. Penentuan α -Selulosa Kulit Matoa

Penentuan kadar α -selulosa dalam sampel kulit matoa menggunakan titrasi titrimetri. Penentuan kadar α -selulosa berdasarkan SNI 0444:2009. Sampel ditimbang 0,15 gram dimasukan kedalam larutan NaOH 17% yang bertujuan memisahkan komponen lignin yang terkandung didalam sampel. Lignin yang terkandung didalam sampel akan terdegradasi menggunakan larutan NaOH sehingga menghasilkan reaksi degradasi lignoselulosa.

Dalam degradasi lignin ion OH dari NaOH melakukan penyerangan ke atom H yang ada pada gugus OH fenolik sampel. Atom O yang memiliki keelektronegatifan yang besar menyebabkan pelepasan elektron di atom H sehingga atom H lepas menjadi ion H⁺. [18]. Ion OH yang menyerang lignin akan memutuskan ikatan dasar lignin dan mengikat Na⁺ membentuk natrium fenolat. Proses ini membutuhkan waktu 60 menit dengan pengadukan merata dan nantinya filtrat akan diuji secara titrimetri.

Titrasi yang dilakukan adalah titrasi redoks. Filtrat ditambahkan larutan K₂Cr₂O₇ dan larutan H₂SO₄ pekat yang berlangsung selama 15 menit bertujuan menjadi katalis mempercepat reaksi dengan membuat larutan mendidih sehingga selulosa bisa teroksidasi dan mempertahankan zat organik dalam sampel. Reaksi yang dihasilkan sebagai berikut [19]:



Dalam titrasi terjadi perubahan warna yang mulanya kuning menjadi hijau karna didalam larutan K₂Cr₂O₇ mulanya berlebih berwarna kuning ketika dititrasi dengan (NH₄)₂Fe(SO₄)₂·6H₂O berubah menjadi warna hijau. Titrasi ini adalah titrasi langsung dengan dengan Fe²⁺ dioksidasi menjadi Fe³⁺ dan CrO₇²⁻ direduksi menjadi Cr³⁺. Sehingga reaksi yang terjadi [20]:



Penambahan indikator ferroin dalam titrasi ini bertujuan untuk menentukan titik akir titrasi yang nantinya ditandakan perubahan warna menjadi merah kecoklatan[19]. Titrasi untuk menentukan kadar selulosa dalam sampel kulit matoa diulang sebanyak 5 kali agar hasilnya lebih akurat dan juga untuk mengetahui kestabilan kadar selulosa pada sampel kulit matoa. Hasil titrasi menggunakan metode SNI 0444:2009 :

TABEL 4
VOLUME TITRASI UJI KADAR SELULOSA

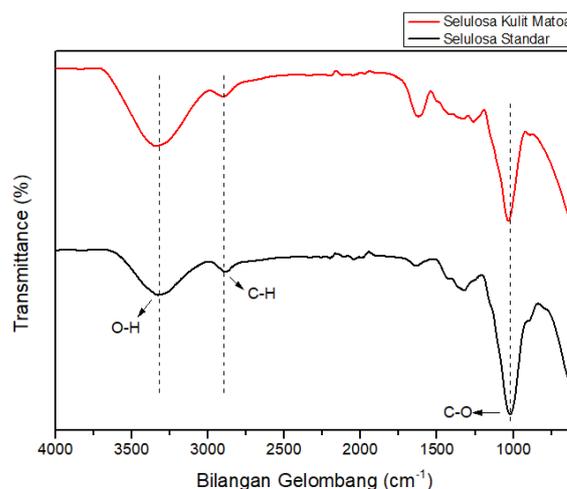
Volume Titrasi (mL)	Persentase (%)
3,1	48,8
3	45,2
3,1	48,8
3,1	48,8
3	45,2
Rata-rata	47,36

C. Karakterisasi FTIR

Karakterisasi selulosa kulit matoa menggunakan FTIR dilakukan pada bilangan gelombang 4000-600 cm⁻¹. Kulit matoa yang di FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan selulosa yang nantinya akan dibuktikan dengan teridentifikasinya gugus hidroksil dan karbonil pada sampel sampel yang diujikan dan juga membandingkan selulosa kulit matoa dengan selulosa standar. Sampel yang akan diidentifikasi seperti berikut :

TABEL 5
DAERAH SERAPAN INFRA MERAH KULIT MATOA

Daerah serapan (cm ⁻¹)		Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
Selulosa Standar	Isolasi Selulosa	
3328,19	3326,09	O-H stretching
2886,04	2894,11	C-H stretching
-	1607,14	Absorbed Water
1322,80	1365,94	CH bending
1021,72	1032,90	C-O stretching



Selulosa standar dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk menjadi pembanding antara selulosa standar dengan selulosa kulit buah matoa. Hasil identifikasi terdapat O-H stretching pada bilangan gelombang 3328,19 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang 2886,04 cm⁻¹ menandakan adanya gugus fungsi C-H stretching dan pada bilangan gelombang 1322,80 cm⁻¹ menandakan adanya ikatan C-H bending. Selanjutnya gugus C-O stretching yang muncul pada bilangan gelombang 1021,72 cm⁻¹. Gugus fungsi yang muncul seperti O-H, C-H, dan C-O merupakan gugus utama untuk selulosa

Berdasarkan hasil analisis dapat diidentifikasi pada isolasi selulosa kulit matoa adanya gugus fungsi O-H stretching yang muncul pada bilangan gelombang 3326,09 cm⁻¹. Serapan pada bilangan gelombang 2894,11 cm⁻¹ adanya gugus fungsi C-H stretching. Bilangan gelombang 1607,14 cm⁻¹ adanya air yang terserap [21] dan pada puncak serapan gugus C-H bending terjadi vibrasi ulur pada bilangan gelombang 1365,94 cm⁻¹. Serta gugus fungsi C-O berada pada bilangan gelombang 1032,90 cm⁻¹. Dari beberapa gugus fungsi yang ada pada selulosa matoa mengindikasikan bahwa terdapat senyawa yang terkandung dalam selulosa standart. Gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O yang merupakan gugus utama untuk selulosa dimiliki oleh selulosa hasil isolasi.

Gugus fungsi yang menandakan masih adanya senyawa lain yang terikat seperti lignin dapat ditandainya dengan adanya gugus C=C dari senyawa aromatik. Bilangan gelombang 1500 cm⁻¹ menandakan adanya ikatan rangkap dua (C=C) yang masih tersisa [14]. Pada bilangan gelombang 1740 cm⁻¹ merupakan gugus fungsi untuk C=O stretching yang menandakan adanya senyawa hemiselulosa [22]. Tetapi dari hasil isolasi ini tidak ditemukan bilangan gelombang yang menandakan bahwa senyawa lignin dan hemiselulosa pada sampel sudah hilang karena larut oleh pelarut yang digunakan dalam isolasi selulosa.

IV. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa kulit matoa yang telah diisolasi diidentifikasi mengandung gugus aktif yang terdapat pada selulosa standar yaitu -OH, -CH, dan C-O. Rendemen selulosa dari kulit matoa yang didapatkan setelah diisolasi sebesar 41,3% dengan kadar kemurnian α-selulosa sebesar 47,36%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas lancarnya pelaksanaan penelitian ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak/Ibu tenaga akademik maupun non akademik Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] I. Anggrestina, *Uji Efek Antioksidan Estrak Etanol Daun Matoa (Pometia pinnata) Terhadap Kadar Malondialdehid Mencit Yang Diinduksi Karbon Tetraklorida*. 2018.
- [2] S. dan S. K. Raodah Garuda, *Buku Seri Matoa*, no. 49. 2014.
- [3] H. Kurniawan, C. H. Garchia, A. Ayucitra, and Antaresti, "Pemanfaatan Kulit Buah Matoa Sebagai Kertas Serat Campuran Melalui Proses Pretreatment Dengan Bantuan Gelombang Mikro dan Ultrasonik," *Ilm. widya Tek.*, vol. 16, no. 1, pp. 26–31, 2017.
- [4] K. Sumada, P. Erka Tamara, and F. Alqani, "Kajian Proses Isolasi A - Selulosa Dari Limbah Batang Tanaman Manihot Esculenta Crantz Yang Efisien," *J. Tek. Kim.*, vol. 5, no. 2, pp. 434–438, 2011.
- [5] H. Purwaningsih, "Rekayasa Biopolimer Dari Limbah Pertanian Berbasis Selulosa Dan Aplikasinya Sebagai Material Separator," 2012.
- [6] Jufrinaldi, "Isolasi Selulosa Dari Bagas Tebu Melalui Pemanasan Iradiasi Gelombang Mikro," *J. Ilm. Tek. Kim.*, vol. 2, no. 2, p. 83, 2018, doi: 10.32493/jitk.v2i2.1683.
- [7] I. Mulyadi, "Isolasi Dan Karakteristik Selulosa," *J. Sainika Unpam*, vol. 1, no. 2, pp. 177–182, 2019.
- [8] E. Nasra, D. Kurniawati, and Bahrizal, "Biosorption of Cadmium and Copper Ions from Aqueous Solution using Banana (Musa paradisiaca) Shell as Low-Cost Biosorbent," *Int. Conf. Chem. Eng. Agroindustry*, pp. 33–36, 2017.
- [9] N. S. Prasanna and J. Mitra, "Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from Cucumis sativus peels," *Carbohydr. Polym.*, p. 116706, 2020, doi: 10.1016/j.carbpol.2020.116706.
- [10] F. G. Tarigan, *Penentuan Kadar Selulosa Dan Lignin Dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Melalui Pembuatan Pulp Menggunakan Proses Soda Berdasarkan Lama Waktu Pemanasan*, vol. 1, no. 3. 2017.
- [11] N. L. M. Desyanti, "Metode Analisis Kualitatif Dan Kuantitatif Karbohidrat," *Politek. Kesehat. Denpasar*, vol. 2, no. 2, pp. 1–23, 2013.
- [12] I. S. Nurhamidah, "Isolasi Dan Karakterisasi A-Selulosa Dari Tumbuhan Alang-Alang (Imperata cylindrical) Sebagai Bahan Mikrofilter," 2020.
- [13] H. Rianto and Y. Padil, "Proses Pemutihan Selulosa Pelepah Sawit Sebagai Bahan Baku Nitro-selulosa Dengan Variasi pH dan Konsentrasi H₂O₂," 2019.
- [14] B. Yusuf, Allimuddin, C. Saleh, and D. R. Rahayu, "Pembuatan Selulosa dari kulit Singkong Termodifikasi 2-Merkaptobenzotiazol Untuk Pengendalian Pencemaran Logam Kadmium (II)," *Carbohydr. Polym.*, vol. 247, no. 2, pp. 169–173, 2020, doi: 10.1016/j.carbpol.2020.116706.
- [15] L. W. N. Setyaningsih, T. Mutiara, C. Y. Hapsari, N. Kusumaningtyas, H. Munandar, and R. J. Pranata, "Karakteristik dan Aplikasi Selulosa Kulit Jagung Pada Pengembangan Hidrogel," *J. Sci. Appl. Technol.*, vol. 4, no. 2, p. 61, 2020, doi: 10.35472/jsat.v4i2.252.
- [16] J. Ortiz, C. Bozzo, E. Navarrete, A. Osorio, and A. Rios, "Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*," *Food Chem.*, vol. 99.1, pp. 98–104, 2000.
- [17] E. Purwanti and S. Dampang, "The Effect of Hydrolysis Condition Differences on Isolation Results of Nanocrystalline Cellulose From Corn-cob," *Indo. J. Chem. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 424–428, 2017.
- [18] M. D. Lestari, J. Kimia, F. Matematika, P. Alam, and U. N. Semarang, "Ekstraksi Selulosa dari Limbah Pengolahan Agar Menggunakan Larutan NaOH sebagai Prekursor Bioetanol," *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 7, no. 3, pp. 236–241, 2018.
- [19] A. Dwinovantyo, "Verifikasi Metode Chemical Oxygen Demand (ASTM D-1252, Photometri SQ 118 dan EPA 410.3), Salinitas (Standard Method 16th Edition dan Horiba U-10), dan Dissolved Oxygen (Metode titrasi yodometri SNI 06-6989.14-2004) pada Air Tawar dan Air Laut," *Indones. Inst. Sci.*, no. March, pp. 1–54, 2016, doi:10.13140/RG.2.1.1595.5606.
- [20] A. N. Hasanah, I. Elyani, Sriwidodo, Muchtaridi, A. Muhtadi, and I. Musfiroh, "Epichlorohydrin as crosslinking agent for synthesis of carboxymethyl cellulose sodium (Na-CMC) as pharmaceutical excipient from water hyacinth (*Eichornia Crassipes* L.)," *Int. J. Chem. Sci.*, vol. 13, no. 3, pp. 1227–1237, 2015.
- [21] L. Szcześniak, A. Rachocki, and J. Tritt-Goc, "Glass transition temperature and thermal decomposition of cellulose powder," *Cellulose*, vol. 15, no. 3, pp. 445–451, 2008, doi: 10.1007/s10570-007-9192-2.
- [22] L. Lismeri, P. M. Zari, T. Novarani, and Y. Darni, "Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Batang Ubi Kayu," *J. Rekayasa Kim. Lingkung.*, vol. 11, no. 2, p. 82, 2016, doi: 10.23955/rkl.v11i2.5407.