



## **Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida pada Isolasi Selulosa dari Ampas Tebu**

### ***Effect of Sodium Hydroxide Concentration on Cellulose Isolation from Sugarcane Bagasse***

Simping Yuliatun<sup>1)</sup> dan Eileen Maretha Santoso<sup>2)</sup>

1) Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, Pasuruan

2) Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

Alamat korespondensi, Email : [simping7@gmail.com](mailto:simping7@gmail.com)

#### **ABSTRAK**

Lignoselulosa ampas tebu berpotensi besar untuk dimanfaatkan selulosanya sebagai pengembangan produk baru yang lebih bernilai ekonomi. Tujuan penelitian ini untuk mempelajari pengaruh konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) pada isolasi selulosa ampas tebu dan karakteristik fisika-kimianya. Penelitian dilakukan pada variasi konsentrasi larutan NaOH 2%, 6% dan 10% dalam isolasi selulosa dari ampas tebu. Semua perlakuan dilakukan dengan 3 kali ulangan. Kenampakan fisik, rendemen, viskositas dan gugus fungsional selulosa hasil isolasi dilakukan analisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar NaOH 2% menghasilkan rendemen dan viskositas paling tinggi berturut-turut sebesar 40,7% dan 28 cP. Hasil karakterisasi dengan menggunakan spektroskopi *near infrared* (NIR) menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH 2% diperoleh pola spektra absorbansi yang paling identik dengan selulosa teknis sebagai pembanding.

Kata kunci : ampas tebu, selulosa, NaOH

#### **ABSTRACT**

*Lignocellulosic of sugarcane bagasse have great potentials to be utilized for its cellulose for the development of new products with more economic value. The aims of this research was to study the effect of natrium hydroxide (NaOH) concentration on the isolation of bagasse cellulose and its physico-chemical characteristics. The study was conducted using variations in the concentration of 2%, 6% and 10% NaOH solution in the isolation of cellulose from sugarcane bagasse. All treatments were carried out with 3 replications. Physical appearance, yield, viscosity and functional groups of isolated cellulose were analyzed. The results showed that 2% NaOH concentration produced the highest yield and viscosity of 40.7% and 28 cP, respectively. The results of characterization using near infrared (NIR) spectroscopy showed that the treatment with 2% NaOH concentration obtained the most identical absorbance spectra pattern with technical cellulose as comparison.*

*Key words: sugarcane bagasse, cellulose, NaOH*

## PENDAHULUAN

Ampas tebu merupakan bahan lignoselulosa yang memiliki komponen utama berupa selulosa, hemiselulosa, lignin, air dan mineral abu. Potensi selulosa yang tinggi dapat dikembangkan menjadi produk lain yang lebih bernilai ekonomi. Pemisahan selulosa dari ampas tebu merupakan hal yang penting dilakukan dengan menghilangkan komponen lignin dan hemiselulosa.

Pemisahan selulosa dari bahan lignoselulosa memerlukan beberapa kondisi di antaranya ukuran bahan dibuat sekecil mungkin, perlakuan kondisi basa/alkalis, penambahan larutan asam kuat, dan perlakuan *bleaching* (Gupta *et al.*, 2019). Perlakuan kondisi basa/alkalis dimaksudkan untuk menghilangkan lignin atau delignifikasi. Penambahan larutan asam dilakukan untuk menghilangkan komponen hemiselulosa. Perlakuan *bleaching* pada lignoselulosa dimaksudkan untuk menyempurnakan penghilangan lignin juga untuk menghilangkan komponen warna sehingga warna selulosa yang dihasilkan lebih cerah.

Selulosa merupakan polisakarida tersusun dari bagian kristalin (struktur teratur) dan semi kristalin (struktur tidak teratur) (Fitriasari *et al.*, 2019). Susunan bagian kristalin dan bagian semi-kristalin ini tidak teratur dalam rentang 60 nm. Bagian kristalin memiliki struktur yang kuat, rapat dan ikatannya sukar dilepaskan. Struktur yang demikian ini disebabkan karena adanya ikatan hidrogen antar rantai selulosa dan adanya gaya *Van der Waals* antar sesama molekul selulosa. Bagian semi-kristalin memiliki struktur yang lebih tidak teratur (*amorf*) dan kurang kuat dibandingkan dengan struktur kristalin.

Selulosa merupakan polimer dari unit anhidroglukosa dengan ikatan  $\beta$ -1-4 glikosidik (Ambjornsson *et al.*, 2013).

Selulosa memiliki karakter kimia yang ditentukan oleh sensitivitas ikatan  $\beta$ -1-4 glikosidik terhadap serangan hidrolitik dan adanya gugus-gugus hidroksi bebas. Ada 3 gugus hidroksi bebas yaitu C2, C3 dan C6 pada unit anhidroglukan (Granstrom, 2009, Gautam *et al.*, 2010). Gugus-gugus tersebut dapat disubstitusi menghasilkan biomaterial baru dari selulosa. Mekanisme modifikasi selulosa dapat dilakukan dengan sulfonasi, oksidasi, eterifikasi, esterifikasi, sililasi, uretanisasi dan amidasi (Habibi, 2014; Isik *et al.*, 2014)

Kajian pengaruh konsentrasi NaOH pada isolasi selulosa telah banyak dilakukan (Vermaa *et al.*, 2020; Rashid *et al.*, 2019). Kondisi optimum pengambilan lignin, hemiselulosa dan selulosa dari sabut kelapa berturut-turut sebesar 70,03%, 59,89% dan 12,12% diperoleh pada suhu 79 °C, waktu 96 menit dan konsentrasi NaOH 10% (Vermaa *et al.*, 2020). Hasil tertinggi pemisahan selulosa dari biji lamtoro (*Leucana leucocephala*) sebesar 23,7% diperoleh pada penggunaan konsentrasi NaOH 4%. Menurut Prasetia *et al.*, (2018) konsentrasi NaOH hanya berpengaruh pada hasil selulosa namun tidak mempengaruhi karakter dari selulosa tersebut. Meskipun demikian, proses pemisahan selulosa tergantung dari asal sumber bahannya sebab terkait dengan interaksi ikatan polisakarida, komposisi lignoselulosa dan perbandingan bagian *amorf* dari bahan tersebut (Chargot *et al.*, 2017; Rashid *et al.*, 2019).

Ampas tebu memiliki pola struktur dinding sel yang tidak sama dengan lignoselulosa lainnya (de Souza *et al.*, 2012), sehingga akses penetrasi bahan kimia dalam isolasi selulosa akan berbeda pula. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui konsentrasi terbaik penggunaan NaOH dalam isolasi selulosa dari ampas tebu dan karakteristik selulosa yang diperoleh.

## METODE

### Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan pada tahun 2021 di Laboratorium Bagian Penelitian Pasca Panen Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI).

### Bahan dan Alat

Bahan utama penelitian berupa ampas tebu yang berasal dari Kebun Percobaan P3GI di Pasuruan. Bahan-bahan yang lain diantaranya ialah: selulosa teknis, NaOH (Merck), sodium hipoklorit, asam asetat glasial (Merck), asam sulfat (Merck). Alat-alat yang digunakan *hot plate*, *NIRS FOSS XDS Rapid Content Analyzer*, pH meter, saringan 30 *mesh*, dan alat gelas kimia seperti gelas ukur, tabung reaksi, labu ukur, gelas erlenmeyer dan lain-lain

### Prosedur penelitian

#### Persiapan sampel

Ampas tebu diperoleh dari ekstraksi nira di gilingan mini di Laboratorium Pasca-Panen Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia. Ampas tebu dikeringkan dengan panas matahari, selanjutnya digiling dan diayak dengan ayakan 30 *mesh*.

#### Penentuan komposisi ampas tebu

Komposisi ampas tebu meliputi kandungan air, hemiselulosa, selulosa dan lignin. Penentuan masing-masing komponen dilakukan dengan metode tertentu. Penentuan kadar air dilakukan dengan metode gravimetrik. Metode penentuan hemiselulosa, selulosa dan lignin menggunakan metode *Van Soest* (1963). Metode ini dilakukan dengan menggunakan pereaksi-pereaksi diantaranya larutan detergen netral (*neutral detergent solution/NDS*), larutan detergen asam (*acid detergent solution/ADS*) dan asam sulfat pekat.

Pada tahap awal bahan lignoselulosik ampas tebu direaksikan dengan larutan detergen netral pada suhu 100 °C selama satu jam. Tujuan pada tahap ini untuk melarutkan pektin polisakarida, senyawa-senyawa fenolat, protein dan gula yang terdapat pada ampas tebu. Sampel selanjutnya dicuci dengan air panas dan dilanjutkan dibilas dengan aseton dan akhirnya dikeringkan hingga diperoleh fraksi serat detergen netral atau fraksi *neutral detergent fiber* (mNDF).

Tahap kedua adalah memisahkan komponen hemiselulosa dengan menggunakan pereaksi detergen asam atau *acid detergent solution* (ADS). Larutan ADS terbuat dari cetyltrimethyl ammonium bromida dalam larutan asam sulfat 1N. Fraksi NDF yang diperoleh pada tahap awal ditambahkan larutan ADS dipanaskan pada suhu 100 °C selama satu jam, selanjutnya dicuci dengan air panas dan dilanjutkan dengan aseton. Residu selanjutnya dikeringkan dan ditimbang sebagai fraksi serat detergen asam atau fraksi *acid detergent fiber* (mADF).

Tahap ketiga dari rangkaian metode ini adalah melarutkan selulosa yaitu fraksi ADF ditambahkan asam sulfat 72% selama 3 jam. Selanjutnya residu dicuci dengan air panas dilanjutkan dengan aseton, kemudian dikeringkan hingga diperoleh lignin atau mADL .

Perhitungan :

$$\text{Hemiselulosa} \left( \frac{\text{g}}{100\text{g}} \right) = \frac{\text{mNDF} - \text{mADF}}{\text{m Sampel}} \times 100$$

$$\text{Selulosa} \left( \frac{\text{g}}{100\text{g}} \right) = \frac{\text{mADF} - \text{mADL}}{\text{m Sampel}} \times 100$$

$$\text{Lignin} \left( \frac{\text{g}}{100\text{g}} \right) = \frac{\text{mADL}}{\text{m Sampel}} \times 100$$

#### Isolasi selulosa dari ampas tebu

Isolasi selulose dari ampas tebu dimulai dengan menambahkan larutan NaOH (2%, 6% dan 10%) pada ampas tebu. Selanjutnya

ampas tebu dipanaskan pada suhu 80 °C selama 2,5 jam. Setelah dipanaskan, campuran disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH netral. Residu padatan dipisahkan dan ditambahkan larutan asam sulfat 4%, kemudian campuran dipanaskan 85°C selama 2,5 jam. Setelah itu, campuran disaring dan residu padatan dicuci dengan akuades. Pada residu padatan ampas tebu kemudian ditambahkan larutan hipoklorit 5% dan dipanaskan 80 °C selama 4 jam. Selanjutnya campuran disaring dan residu padatan dicuci dengan akuades sampai pH netral. Residu padatan yang berupa serat selulosa ini pada tahapan berikutnya di keringkan. Selulosa yang diperoleh selanjutnya dianalisis.

### Analisis dan karakterisasi selulosa

Karakterisasi selulosa hasil isolasi dari ampas tebu meliputi rendemen hasil, viskositas, dan pola serapan pada spektra *near infrared* (NIR). Rendemen selulosa yang dihasilkan ditentukan dengan gravimetri. Rendemen selulosa (%) dinyatakan sebagai massa selulosa hasil isolasi per massa awal ampas tebu yang digunakan dikalikan 100. Viskositas selulosa pada konsentrasi larutan 2% ditentukan dengan menggunakan Brookfield viscometer type R.V.F dengan spindel. Karakterisasi dari gugus-gugus fungsional selulosa diperoleh dari analisis menggunakan spektroskopi *near infrared* (NIR).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi kimia ampas tebu

Komposisi ampas tebu yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin dan air yang disajikan pada Tabel 1. Kandungan hemiselulosa pada ampas tebu sekitar 28,99% dan lignin 15,99%. Potensi selulosa dari ampas tebu cukup tinggi sekitar 41,03%. Selulosa ini merupakan bahan awal (*starting material*)

dalam beberapa proses kimia maupun biokimia untuk menghasilkan material baru (Jansen *et al.*, 2017). Selulosa merupakan sumber gula yang diperoleh dari proses sakarifikasi baik secara kimia maupun biokimia, dalam penggalian sumber-sumber energi terbarukan. Pemanfaatan selulosa secara langsung dapat digunakan di industri *pulp* dan kertas.

Modifikasi selulosa menjadi turunan-turunannya dapat dilakukan secara kimiawi menjadi bahan yang bernilai ekonomi tinggi untuk pangan, industri, farmasi dan sebagainya. Struktur kimia selulosa merupakan homopolimer yang cukup kaku dari unit D-anhidro-glukopiranos, yang mana tiap unit dihubungkan dengan ikatan glikosidik  $\beta$ -(1-4) antara C1 dan C4 dari bagian unit glukosa terdekat (Gambar 1). Tiap unit anhidro-glukopiranos memiliki 3 gugus hidroksil bebas pada posisi C2, C3 dan C6 yang sangat berperan dalam modifikasi menjadi turunan selulosa (Granstrom, 2009; Gautam, 2010; Habibi, 2014).

Tabel 1. Komposisi ampas tebu

Table 1. Sugarcane bagasse composition

Parameter <i>Parameter</i>	Komposisi (%) <i>Composition (%)</i>
Kadar air <i>Moisture</i>	8,61 ± 0,02
Selulosa <i>Cellulose</i>	41,03 ± 0,04
Hemiselulosa <i>Hemicellulose</i>	28,99 ± 0,09
Lignin <i>Lignin</i>	15,99 ± 0,15

### Kenampakan fisik ampas tebu dan selulosa hasil isolasi

Ampas tebu yang digunakan dan hasil isolasi selulosa secara fisik ditunjukkan pada Gambar 2. Selulosa dari ampas tebu diisolasi atau dipisahkan dari lignoselulosa dengan



senyawa fenolik yang terbentuk akibat degradasi lignin ( Harsem *et al.*, 2010; Gupta *et al.*, 2019; Luo *et al.*, 2020).

Tabel 2. Rendemen isolasi selulosa dari ampas tebu

Table 2. Yield of isolated cellulose from sugarcane bagasse

Perlakuan konsentrasi NaOH (%) <i>Various NaOH concentration treatments (%)</i>	Rendemen (%) <i>Yield (%)</i>
2	40,70
6	23,27
10	27,30

### Viskositas selulosa hasil isolasi

Viskositas selulosa merupakan parameter pengendali dalam penentuan kualitas *pulp* untuk memperkirakan tingkat degradasi yang disebabkan oleh tahap proses *pulping* dan *bleaching*. Semakin tinggi tingkatan proses maka semakin meningkat degradasi *pulp*, sehingga viskositasnya semakin rendah. Viskositas selulosa hasil isolasi ampas tebu disajikan pada Tabel 3..

Tabel 3. Viskositas isolasi selulosa dari ampas tebu

Table 3. Viscosity of isolated cellulose from sugarcane bagasse

Perlakuan konsentrasi NaOH (%) <i>Various NaOH concentration treatment (%)</i>	Viskositas (cP) <i>Viscosity (cP)</i>
2	28
6	20
10	20

Tabel 3 menunjukkan viskositas selulosa paling tinggi pada perlakuan konsentrasi NaOH 2% sebesar 28 cP,

sedangkan pada perlakuan konsentrasi NaOH 6% dan 10% diperoleh nilai viskositas yang sama yaitu 20 cP. Menurut Silveira *et al.* (2002), viskositas selulosa merupakan fungsi dari konsistensi dan panjang serat. Viskositas meningkat maka konsistensi dan panjang serat meningkat pula. Selulosa hasil pada perlakuan NaOH 2% dimungkinkan memiliki konsistensi dan panjang serat paling besar dibandingkan pada perlakuan NaOH 6% dan NaOH 10%. Semakin tinggi konsentrasi NaOH maka semakin tinggi pula kelarutan bahan lignoselulosa seperti hemiselulosa dan lignin (TAPPI, 1999). Kandungan selulosa dan kristalinitasnya tergantung dari tingkat pelepasan lignin dan hemiselulosa selama proses perlakuan. Viskositas selulosa meningkat maka kandungan selulosa dan indeks kristalinitas selulosa meningkat pula (Hai & Seo, 2018)

Viskositas selulosa yang rendah menunjukkan tingkat degradasi *pulp* yang tinggi akibat banyak molekul selulosa yang terdegradasi. Oleh karena itu selulosa dengan viskositas rendah akan banyak mengandung molekul-molekul dengan rantai pendek (Scatolino *et al.*, 2017). Viskositas selulosa merupakan parameter dalam pengendalian kualitas *pulp* untuk memperkirakan tingkat degradasi karbohidrat yang disebabkan oleh tahapan proses *pulping* dan pemucatan (*bleaching*).

### Karakterisasi selulosa hasil isolasi dengan spektrofotometri *near infra red* (NIR)

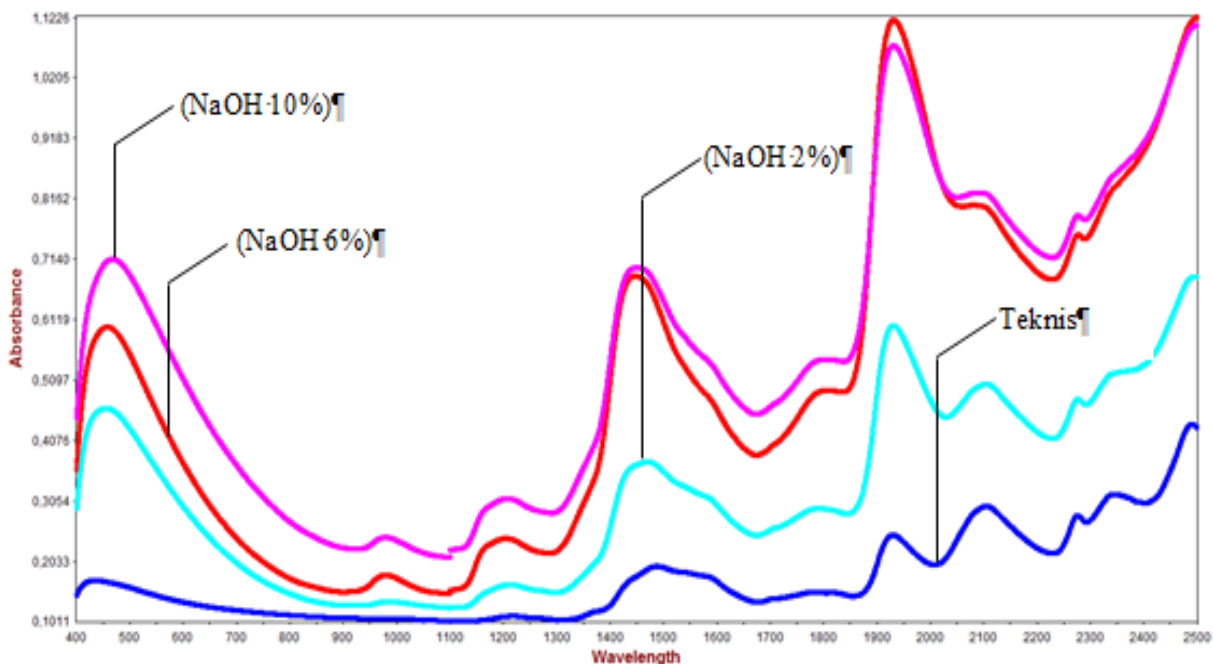
Pengaruh perlakuan variasi konsentrasi NaOH terhadap profil spektra serapan pada spektroskopi *near infrared* pada selulosa hasil isolasi dan selulosa teknis (pembanding) dilakukan pada rentang panjang gelombang 400-2500 nm ditunjukkan pada Gambar 3. Selulosa sebagai polimer linear dari unit glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1-4 memiliki ikatan-ikatan utamanya C-H, C-C, C-O, dan O-H. Gambar 3. menunjukkan puncak-puncak

serapan dari senyawa selulosa pada rentang panjang gelombang 400-500 nm, 1400-1550 nm, 1900-2000 nm, 2050-2150 nm, dan 2450-2500 nm. Karakteristik panjang gelombang, komponen, dan jenis vibrasi ikatan selulosa hasil isolasi dan selulosa teknis dijelaskan pada Tabel 4. Menurut Schwanninger (2011) dan Ying *et al.*, (2014), karakteristik selulosa dapat dibaca dari spektra NIR pada rentang lokasi panjang gelombang tertentu dimana ada interaksi ikatan-ikatan (Tabel 4).

Ketiga selulosa hasil isolasi menunjukkan serapan dari gugus fungsional yang identik pada bilangan-bilangan gelombang tertentu. Spektra selulosa teknis digunakan sebagai pembanding terhadap ketiga spektra selulosa hasil isolasi. Ketiga spektra selulosa hasil isolasi berbeda dalam intensitas serapan pada bilangan gelombang tertentu. Ketiga

sampel selulosa hasil isolasi menunjukkan perlakuan konsentrasi NaOH 2% memiliki pola spektra yang paling mendekati spektra selulosa teknis. Oleh karena itu perlakuan NaOH 2% pada tahap isolasi dipilih sebagai perlakuan terbaik.

Intensitas spektra menunjukkan konsentrasi atau juga kondisi fisik sampel yang dianalisis (Stuart, 2004). Ukuran sampel yang berbeda pada saat analisis akan mempengaruhi *baseline offset* yaitu tidak munculnya dasar pita akibat terhalangnya (tidak adanya) cahaya. Partikel yang kasar (*coarse*) menyebabkan pita absorbansi lebih besar. Dari ketiga sampel selulosa hasil isolasi tersebut dimungkinkan memiliki karakter fisik yang berbeda dalam hal bentuk dan ukuran sampel, sehingga intensitas absorbansi ketiga spektra tersebut juga berbeda.



Gambar 3. Data spektra selulosa hasil isolasi dari ampas tebu dan selulosa teknis (pembanding) dengan menggunakan spektroskopi *near infrared* (NIR)

Figure 3. Spectral data of isolated cellulose from sugarcane bagasse and technical cellulose (as reference) by *near infrared* spectroscopy

Tabel 4. Karakteristik lokasi panjang gelombang, komponen, dan jenis vibrasi ikatan selulosa hasil isolasi dan selulosa teknis

Table 4. Characteristics band wavelength location, components, and bond vibration types of isolated cellulose from sugarcane bagasse and technical cellulose

Lokasi panjang gelombang (nm) <i>Band wavelength location (nm)</i>	Komponen <i>Components</i>	Jenis vibrasi ikatan <i>Bond vibration types</i>	Keterangan <i>Remark</i>
1484-1493	Selulosa <i>Cellulose</i>	1 <sup>st</sup> O-H str	O-H selulosa <i>O-H cellulose</i>
1510	Selulosa <i>Cellulose</i>	1 <sup>st</sup> O-H str	O-H...O ikatan H antar molekul selulosa <i>O-H...O inter chain H bond of cellulose</i>
1916-1980	Air <i>Water</i>	O-H asym str+ O-H def dari H <sub>2</sub> O	Air <i>Water</i>
2080-2092	Selulosa <i>Cellulose</i>	O-H str, C-H def,	Selulosa <i>Cellulose</i>
2092	Selulosa <i>Cellulose</i>	O-H def & C-H def + O-H str	Selulosa dan xylan <i>Cellulose and xylan</i>
2491-2500	Selulosa <i>Cellulose</i>	C-H str C-C str C-O str	Selulosa <i>Cellulose</i>

## KESIMPULAN

Potensi selulosa dari ampas tebu cukup tinggi yaitu sebesar 41,03%. Isolasi selulosa dari ampas tebu dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH yang digunakan. Konsentrasi NaOH berpengaruh terhadap kenampakan warna, rendemen, dan viskositas selulosa. Konsentrasi NaOH 2% menunjukkan perlakuan paling baik dalam penelitian ini dengan diperoleh warna selulosa putih cerah, rendemen 40,7% dan viskositas 28 cP. Spektra absorbansi dari spektroskopi NIR pada selulosa dengan perlakuan variasi konsentrasi NaOH 2% memiliki pola yang paling mendekati terhadap pola spektra selulosa teknis yang digunakan sebagai pembanding.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim (2009) Pulp. Standar Nasional Indonesia (SNI). Cara uji kadar

selulosa alfa, beta, dan gamma. Jakarta: Badan Standardisasi Indonesia.

deSouza, AP., Leite, DCC., Pattathil, S., Hahn, MG. & Buckeridge, MS. (2012) Composition and Structure of Sugarcane Cell Wall Polysaccharides: Implications for Second-Generation Bioethanol Production. *Bioenergy Research*. 1-16. DOI 10.1007/s12155-012-9268-1

Fatriasari, W., Masruchin, N. & Hermiati, E. (2019). Selulosa: karakteristik dan pemanfaatannya. *LIPi Press*.

Gautam, S.P., Bundela, P.S., Pandey, A.K., Jamaluddin, M.K. Awasthi, M.K. & Sarsaiya, S (2010) A review on systematic study of cellulose. *Journal of Applied and Natural Science* 2 (2): 330-343.

Granstorm, M. (2009) Cellulose Derivatives: Synthesis, Properties and



- Applications. *Academic Dissertation*, Faculty of Science of the University of Helsinki.
- Gupta, H., Kumar, H., Kumar, M., Gehlout, A.K., Gaur, A., Sachan, S. & Jin-Won Park, J.W. (2020). Synthesis of biodegradable films obtained from rice husk and sugarcane bagasse to be used as food packaging material. *Environmental Engineering Research*. 25(4):506–514. doi: 10.4491/eer.2019.191.
- Habibi, Y. (2014) Key advances in the chemical modification of nanocelluloses. *Chemical Society Reviews*. 43, 1519–1542.
- Hai, LV. & Seo, Y.B. 2018. Properties of nanofibrillated cellulose prepared by mechanical means. *Cellulose Chemistry and Technology*. 52 (9-10): 741-747.
- Harmsen, P.F.H., Huijgen, W.J.J., Lopez L.M.B. & Bakker, R.R.C. 010. Literature review of physical and chemical pretreatment processes for lignocellulosic biomass. *Biosynergy Project* : 1-50.
- Isik, M., Sardon, H. & Mecerreyes, D. (2014) Ionic Liquids and Cellulose: Dissolution, Chemical Modification and Preparation of New Cellulosic Materials. *International Journal of Molecular Sciences*. 15: 11922-11940; doi:10.3390/ijms150711922.
- Jansen, R., Travisano, P., Madsen, L., Matis, N., Perry, R., Lawson, J.A., Lapidot, N., Bauer, T.A., Hallae, B. & Zviely, M. (2017) Methods for treating lignocellulosic materials. US Patent 9,657,146 B2
- Kennedy, J.K., Phillips, G.O., Williams, P.A. & Piculell, L. (1995) Cellulosa and cellulose derivatives: physico-chemical aspects and industrial applications. Cambridge.
- Mulyadi, I (2019) Isolasi dan karakterisasi selulosa : review. *Jurnal Saintika Unpam*: 1:(2), 177. doi: 10.32493/jsmu.v1i2.2381.
- Prasetia, IGNJA., Deviana, S, Damayanti, T., Cahyadi, A. & Wirasuta, IMAG. (2018) the Effect of NaOH concentration in delignification process on microcrystalline cellulose from green algae (*Cladophora sp.*) as the renewable marine product . *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*. 5(2): 68-71
- Rashid, N.A.N., Husin, M., Yury, N., Othman, M., Sharrif, Z.M., Kassim, H. & Li, A.R. (2019) Cellulose isolation from *Leacaena leucocephala* seed : Effect on concentration sodium hydroxide, *Journal of Academia UiTM Negeri Sembilan*. 7(2): 36-45.
- Scatolino, M.V., Silva, D.W., Bufalino, L., Tonoli, G.H.D. & Mendes, L.M. (2017). Influence of cellulose viscosity and residual lignin on water absorption of nanofibril films. *Procedia Engineering*. 3<sup>rd</sup> *International Conference on Natural Fibers : Advanced Materials for greener World, ICNF 2017*. 200:155-161.
- Schwanninger, M., Rodrigues, J.C. & Fackler, K. (2011) A review of band assignments in near infrared spectra of wood and wood components. *Journal Near Infrared Spectroscopy*. 19: 287–308.
- Silveira, M.T., Ferreira, A.G.M. & Lobo, L.Q. (2002) The viscosity of aqueous suspensions of cellulose fiber. Part 1. Influence of consistency and fiber length. *Silva Lusitana* 10(2): 171-178

- Stuart, B.H, (2004) *Infrared Spectroscopy. Fundamental and Application*. John Wiley and Sons. New York. USA.
- Van Soest, P.J.(1963) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 46: 829–835.
- Vermaa,S., Midhaa, V.K. & Choudharya, A.K. (2020) Optimization of Parameters for Alkali Pretreatment on Coir Fiber for Biomass Production Using TOPSIS. *Journal Of Natural Fibers.* 1-13
- Ying, Y., ChunFeng, S., Hongfu, Y., JinChun, X., Junqi, D & XiaoYu, L. (2014) Determination of degree of polimerization of natural cellulose pulp using near –infrared diffuse reflectance spectroscopy. *Spectroscopy and Spectral Analysis.* 34(9) : 2372-2376..