

## 1. PENDAHULUAN

Masalah polusi yang meningkat pesat memotivasi pemanfaatan polimer alami untuk menciptakan bahan baru yang fungsional. Kebutuhan polimer alam untuk bahan serat, film, komposit maupun kemasan mendorong pengembangan material yang dapat terbiodegradasi baru yang terbuat dari sumber alam, terutama produk samping pertanian. Salah satu produk samping hasil pertanian adalah ampas batang tebu. Penggunaan ampas tanaman tebu sebagai bahan baku material selulosa belum banyak dilakukan. Beberapa bahan alternatif yang mulai diteliti sebagai bahan baku selulosa baik sebagai film maupun serat adalah penggunaan serat bambu, batang tanaman sawit maupun sabut kelapa[1].

Pemilihan ampas batang tebu sebagai bahan baku alternatif selulosa regenerasi dengan pertimbangan, bahan baku ampas batang tebu cukup melimpah baik di Indonesia maupun di dunia. Menurut sumber dari Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian RI, produksi tanaman tebu di Indonesia lima tahun terakhir berada pada urutan keempat tanaman perkebunan terbesar di Indonesia setelah sawit kelapa dan karet [2]. Produksi lima tahun terakhir rata-rata 2,6 ribu ton pertahun. Rendemen gula hasil perkebunan tergantung daerah perkebunannya, namun demikian secara umum rendemen berkisar antara 40 – 50 %, sisanya berupa ampas batang tebu. Dengan demikian sumber ampas batang tebu di Indonesia cukup melimpah. Ampas batang tebu adalah limbah padat selulosa dari industri gula, umumnya digunakan sebagai sumber bahan bakar utama untuk pabrik gula, sumber pakan ternak, pupuk, dan dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA).

Komposisi ampas batang tebu seperti halnya material lignoselulosa lainnya terdiri dari tiga unsur utama yaitu selulosa, lignin dan hemi selulosa, sisanya berupa zat ekstraktif lainnya yang larut dalam air panas [3,4]. Komposisi ampas batang tebu berbeda – beda di setiap tempat tumbuhnya. Secara garis besar komposisi ampas batang tebu disajikan pada Table 1 berikut.

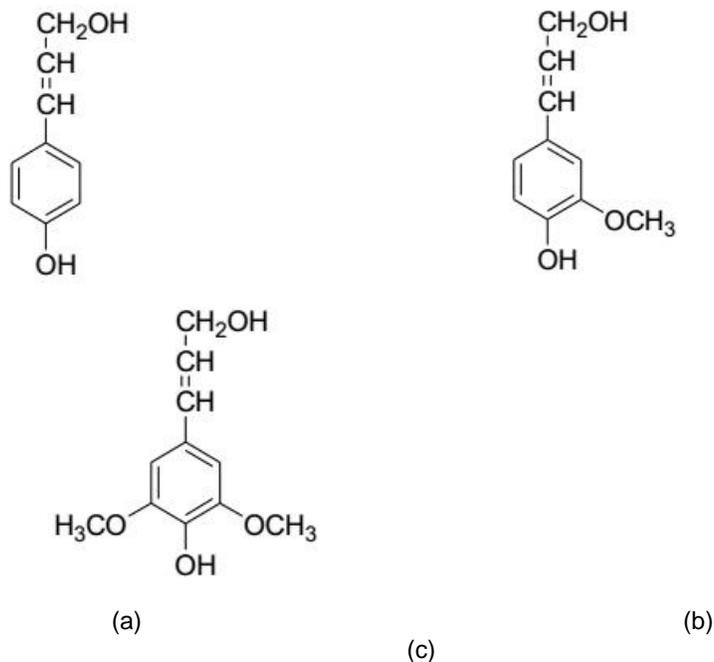
**Tabel 1.** Komposisi ampas batang tebu<sup>[5]</sup>

Jenis Komponen	%
Selulosa	45 - 55
Hemi selulosa	20 - 25
Lignin	20 - 34
Zat ekstraktif lainnya	2 - 6

Selulosa merupakan polimer linier dari glukosa yang memiliki kecenderungan membentuk ikatan ikatan hidrogen antra dan inter molekuler. Adanya ikatan hidrogen dan massa molekuler yang tinggi menyebabkan selulosa tidak larut dalam kebanyakan pelarut, tidak meleleh ketika dipanaskan dan terdekomposisi pada temperatur diatas 260 °C. Selulosa dapat terhidrolisis oleh asam mineral pada konsentrasi tinggi. Apabila tingkat hidrolisisnya belum terlalu tinggi selulosa dapat diendapkan kembali pada penetrasi menghasilkan polimer terdegradasi dengan derajat polimerisasi yang relatif lebih pendek [6].

Hemi selulosa termasuk kelompok polisakarida heterogen. Monomer hemiselulosa terdiri dari komponen D-glukosa, d-manosa, D- galaktosa, D-xilosa, L-arabinosa dan sejumlah kecil senyawa lainnya. Hemi selulosa merupakan polimer dengan rantai polimer yang relatif pendek dan membentuk susunan amorf sehingga lebih mudah dihidrolisis oleh asam encer menjadi monomer yang larut dalam air [7].

Lignin merupakan suatu polimer yang kompleks dan memiliki massa molekuler relatif tinggi, tersusun dari beberapa turunan fenilpropan. Lignin bukan suatu karbohidrat melainkan suatu fenol. Lignin memiliki bentuk bermacam-macam dengan susunan yang tidak pasti, namun studi dengan karbon <sup>14</sup>C radioaktif menunjukkan komponen pembentuk lignin terdiri dari tiga jenis senyawa yaitu p-koumaril alkohol, koniferil alkohol dan sinapil alkohol. Struktur ketiganya disajikan pada gambar berikut [4].



**Gambar 1.** komponen dasar pembentuk lignin (a) p-kumaril alkohol, (b) koniferil alkohol dan (c) sinapil alkohol [4] .

Ekstraksi selulosa dapat dilakukan melalui proses Kraft [8] Untuk lebih meminimumkan efek terhadap lingkungan ekstraksi selulosa pada penelitian ini dilakukan menggunakan larutan alkali dengan memodifikasi dari proses yang telah dipatentkan oleh Collier [8,9]. Ekstraksi dilakukan dalam beberapa variasi proses, untuk mendapatkan hasil ekstraksi berupa polimer selulosa yang memenuhi persyaratan sebagai bahan baku serat selulosa. Hasil ekstraksi berupa selulosa yang terpisahkan dari lignin dan hemi selulosa. Hasil ekstraksi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku serat selulosa, baik yang berbentuk serat teknis maupun bahan baku pembuatan serat selulosa regenerasi.

## 2. METODA PENELITIAN

Percobaan dilakukan dalam skala laboratorium di Laboratorium Evaluasi Kimia Politeknik STTT Bandung. Karakterisasi bahan hasil percobaan dilakukan di beberapa tempat yaitu di Laboratorium Evaluasi Kimia dan Laboratorium Pengujian Politeknik STTT Bandung, dan Balai Besar Tekstil

### 2.1. Bahan dan Alat

Ampas batang tebu diambil dari tebu dari perkebunan di Jawa Timur daerah Tulung Agung. Zat kimia (NaOH, HCl, CH<sub>3</sub>COOH) yang digunakan untuk isolasi memiliki grade *pro analisa.*, Alat yang digunakan berupa *Glass Lab Set* skala laboratorium

### 2.2. Metoda

Isolasi selulosa dari limbah ampas batang tebu dilakukan dengan cara ekstraksi metoda perendaman, Hasil ekstraksi dilakukan pengujian dengan metoda yang sesuai dengan masing-masing standar pengujian terkait.

#### ) Pengeringan Ampas batang tebu

- Z Batang tebu yang telah diperas airnya dipotong-potong kecil kecil kemudian ditimbang, lalu dikeringkan sampai berat tetap dan dilakukan penghitungan rendemen ampas batang tebu kering.

### J Ekstraksi Selulosa dari Ampas batang tebu

- Z Sejumlah ampas batang tebu kering ditimbang kemudian dimasukkan dalam piala gelas 1000 mL di tambahkan larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,5;1;1,5 dan 2,0 N dengan perbandingan larutan 1: 20 kemudian dilakukan pemanasan pada 100°C selama 2 jam. Selanjutnya dicuci bersih dan dinetralkan dalam larutan asam asetat 0,1 N.
- Z Material yang tidak larut kemudian dikeringkan dan ditimbang sampai berat tetap.
- Z Ampas batang tebu hasil penghilangan lignin, kemudian ditambahkan larutan HCl 0,5 N dengan perbandingan larutan 1: 20 kemudian dipanaskan pada 100°C selama 1 jam lalu dicuci bersih dan dikeringkan pada oven dengan temperatur 100°C selama 1 jam.
- Z Selulosa yang dihasilkan ditimbang sampai berat tetap

### J Pengujian Hasil Ekstraksi Selulosa dari Ampas batang tebu

Pengujian serat selulosa yang dihasilkan dari proses ekstraksi ampas batang tebu dilakukan pengujian meliputi pengujian komposisi, sifat fisik dan mekanik serat teknis. Pengujian yang dilakukan adalah komposisi kimia dari hasil ekstraksi berupa kadar lignin, selulosa alpha dan selulosa gamma, pengujian fisik dan mekanik serat meliputi morfologi, kehalusan serat teknis, tenacity serat teknis, kandungan kelembaban.

Pengujian komposisi limbah ampas batang tebu metoda hidrolisis alkali dan asam

Pengujian kandungan lignin dilakukan menurut metoda klason

Pengujian alpha , betha dan gama selulosa dilakukan sesuai SNI 0444, 2009, Pulp

Pengujian kehalusan dan tenacity serat dilakukan sesuai SNI ISO 5079:2016, Tekstil

Pengujian Kadar Kelembaban dilakukan sesuai SNI 8100:2015, Tekstil

Pengujian morfologi dilakukan menggunakan SEM

## 3. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Komposisi Ampas batang tebu

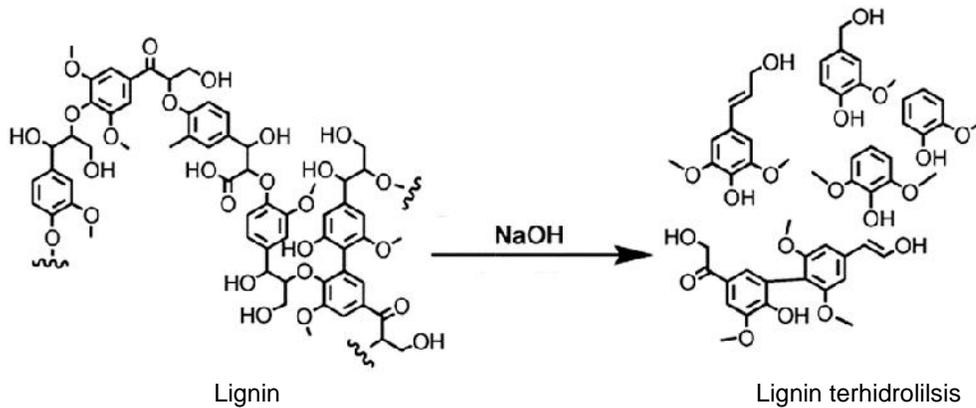
Pengujian komposisi ampas batang tebu dilakukan dengan pengujian kadar lignin dengan metoda klason dan pengujian kadar gama selulosa yang merupakan hemi selulosa dengan SNI 0444, 2009. Komposisi ampas batang tebu contoh uji disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Komposisi Ampas batang tebu

Komponen	%
Selulosa	42,26
Hemi selulosa	23,24
Lignin	32,4
Zat ekstraktif lain	2,1

### 3.2. Ekstraksi Selulosa Dari Ampas Batang Tebu

Ekstraksi selulosa dari ampas batang tebu dilakukan menggunakan larutan alkali yang dapat menghidrolisis lignin menjadi senyawa yang larut. Dilanjutkan proses hidrolisis hemi selulosa oleh asam klorida. Lignin merupakan polimer yang memiliki masa molekul besar. Keberadaannya pada tumbuhan menjadi perekat dari selulosa dan hemi selulosa. Perlakuan lignoselulosa dengan alkali akan melarutkan sebagian besar lignin yang ada. Alkali akan menghidrolisis senyawa lignin menjadi senyawa yang larut dalam air [10]. Pengurangan berat yang terjadi setelah perlakuan alkali menunjukkan hilangnya senyawa lignin. Gambar berikut menunjukkan mekanisme hidrolisis lignin oleh alkali menjadi senyawa yang lebih sederhana dan larut dalam air.

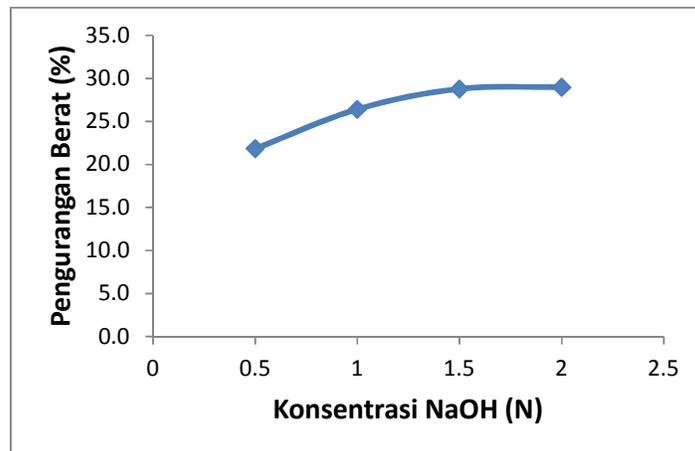


**Gambar 2.** Hidrolisis lignin dalam suasana alkali <sup>[10]</sup>

Proses alkali yang melarutkan lignin belum dapat melarutkan hemi selulosa, untuk penghilangan hemi selulosa dilakukan melalui proses hidrolisis hemi selulosa oleh HCl 0,5 N menjadi senyawa yang larut dalam air. Dengan demikian setelah proses penghilangan lignin dengan NaOH dan penghilangan hemi selulosa dengan HCl 0,5 N dapat dihasilkan selulosa dengan kemurnian yang lebih tinggi. Tabel dan Gambar berikut menunjukkan pengurangan berat setelah proses alkali dan setelah hidrolisis asam.

**Tabel 3.** Pengurangan Berat akibat perlakuan dengan alkali (NaOH)

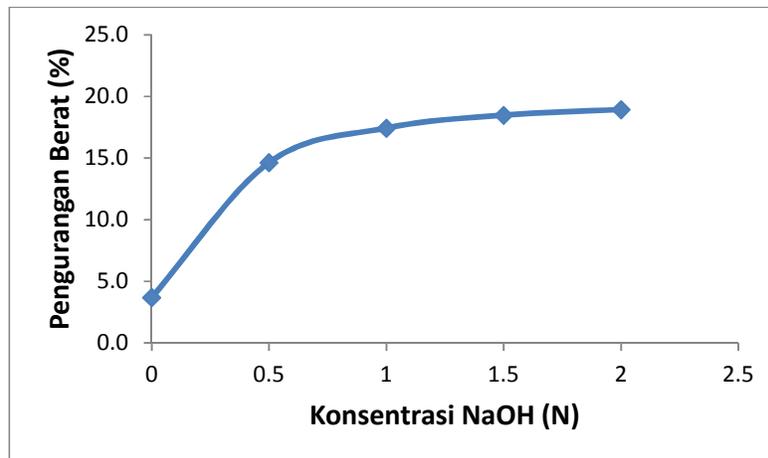
Konsentrasi NaOH (N)	% Pengurangan Berat
0	0
0.5	21,8600
1	26,4200
1.5	28,7700
2	28,9800



**Gambar 3.** Pengurangan berat setelah proses dengan alkali

**Tabel 4.** Pengurangan Berat akibat perlakuan dengan HCl 0,5N pada bahan yang telah diproses dengan alkali (NaOH)

Konsentrasi NaOH (N)	% Pengurangan Berat
0	3,6850
0.5	14,6400
1	17,4300
1.5	18,4800
2	18,9300



**Gambar 4.** Pengurangan Berat akibat perlakuan dengan HCl 0,5N pada bahan yang telah diproses dengan alkali (NaOH)

Pengurangan berat hasil ekstraksi selulosa dari ampas batang tebu menunjukkan semakin tinggi konsentrasi NaOH semakin banyak pengurangan berat yang terjadi. Pengurangan berat yang terjadi disebabkan oleh larutnya sebagian besar lignin yang dikandung ampas batang tebu. Pengurangan berat pada penggunaan NaOH 2N tidak terlalu berarti perbedaannya dengan penggunaan NaOH 1,5 N, karena lignin yang larut sudah mendekati optimal. Dengan demikian dapat dinyatakan penggunaan NaOH 1,5 N merupakan kondisi optimal untuk proses ekstraksi. Pada perlakuan dengan HCl 0,5 N, pengurangan berat disebabkan terhidrolisisnya hemi selulosa menjadi senyawa yang larut. Selulosa maupun hemi selulosa keberadaannya dalam material lignoselulosa dikelilingi oleh lignin sebagai "perekat". Keberadaan lignin melindungi selulosa dan hemi selulosa dari reaksi kimia [6]. Hal ini dapat dilihat dari gambar pengurangan berat. Pada proses hidrolisis ampas batang tebu yang tidak mengalami perlakuan alkali, pengurangan berat hasil hidrolisis hemi selulosa hanya sekitar 3,7 %, hal ini disebabkan hemi selulosa masih terikat oleh adanya lignin. Ketika proses hidrolisis dengan asam dilakukan pada ampas batang tebu yang telah mengalami perlakuan alkali pengurangan berat akibat hidrolisis hemi selulosa meningkat cukup berarti, karena pada kondisi tersebut lignin yang terdapat pada ampas batang tebu telah hilang atau larut dengan adanya perlakuan alkali. Semakin banyak lignin yang hilang dalam proses alkali, semakin tinggi pengurangan berat akibat proses hidrolisis hemi selulosa oleh HCl.

### 3.3. Serat Ampas Batang Tebu

Hasil ekstraksi selulosa dari ampas batang tebu menghasilkan serat berupa serat teknis, hal ini disebabkan masih adanya sisa lignin dan hemi selulosa yang terdapat dari serat yang dihasilkan. Gambar berikut menunjukkan ampas batang tebu sebelum dan sesudah proses ekstraksi serta morfologi serat yang dihasilkannya.

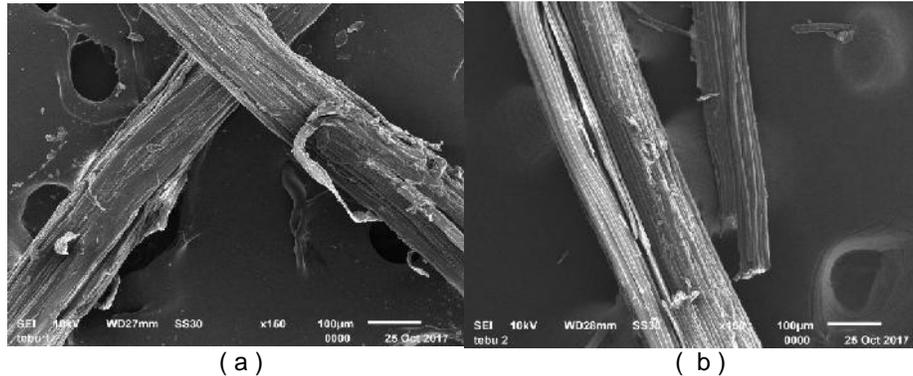


**Gambar 5.** Ampas Batang Tebu



**Gambar 6.** Serat Ampas Batang Tebu setelah ekstraksi dengan (a) larutan NaOH 0,5 N dan (b) larutan NaOH 1,5 N

Gambar 5 menunjukkan ampas batang tebu yang telah dicuci bersih dan gambar 6 menunjukkan ampas tebu setelah melalui proses ekstraksi dengan larutan NaOH 0,5 N (a) dan larutan NaOH 1,5 N (b) pada gambar tersebut tampak serat yang dihasilkan berwarna putih kekuningan, hal ini menunjukkan masih adanya kandungan lignin dalam serat tersebut. pada serat yang dihasilkan dari perlakuan dengan larutan NaOH 1,5 N dihasilkan serat yang lebih kecil dan berwarna lebih pucat, hal ini disebabkan kandungan lignin yang lebih sedikit dibandingkan serat yang diproses dengan larutan NaOH 0,5 N. Gambar 7 berikut menunjukkan morfologi kedua serat yang diamati menggunakan mikroskop elektron. Gambar 7.a menunjukkan gambar dengan diameter serat lebih besar dibandingkan gambar b, yang dikonfirmasi oleh nilai kehalusan yang dicantumkan pada tabel 5. hal ini disebabkan semakin banyak lignin sebagai perekat yang hilang dalam proses ekstraksi. Pengujian sifat fisik dan mekanik dari serat teknis yang dihasilkan disajikan pada Tabel 5.



**Gambar 7.** Morfologi serat hasil ekstraksi menggunakan (a) Larutan NaOH 0,5 N dan (b) Larutan NaOH 1,5 N

**Tabel 5.** Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Sifat Mekanik Serat Ampas Batang Tebu

Konsentrasi NaOH (N)	Tex	Td	Mulur (%)	Tenacity (g/tex)	Tenacity (g/den)
0,5	71,10	639,93	2,1	13,48	1,50
1	45,69	411,25	2,1	15,28	1,70
1,5	31,23	281,04	2,1	19,66	2,18
2	31,09	279,82	2,1	19,75	2,19

Pada tabel 5 yang disajikan tersebut dapat dilihat jika konsentrasi NaOH proses alkali mempengaruhi kehalusan serat yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan semakin kecil serat yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pengurangan berat yang terjadi akibat hilangnya lignin yang dikandungnya, seperti yang telah disajikan pada gambar 3. Pada penggunaan konsentrasi NaOH 1,5 N dan 2 N tidak terdapat perbedaan terlalu signifikan dari kehalusan serat maupun tenacity serat yang dihasilkan. Dengan demikian dapat dinyatakan penggunaan larutan NaOH 1,5 N merupakan konsentrasi optimal yang dapat digunakan untuk mengekstraksi selulosa dari ampas batang tebu. Pada Kondisi tersebut sifat batang tebu yang dihasilkan disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 6.** Sifat Fisik dan Mekanik Serat Ampas Batang Tebu

Parameter	Serat Hasil ekstraksi
Kehalusan (Tex)	31,23
Tenacity (g/Tex)	19,66
Mulur (%)	2,1
MR (%)	8,62

Ditinjau dari sifat mekanik serat, untuk dapat digunakan sebagai serat tekstil persyaratan minimum kekuatan tarik /tenacity serat adalah 1,2 gr/denier atau 11 g/tex dengan mulur minimal 2 %. Dengan demikian serat teknis hasil ekstraksi ampas batang tebu termasuk serat dengan tenacity yang cukup tinggi, sehingga dapat dipertimbangkan untuk penggunaan pada keperluan serat teknis, diantaranya sebagai bahan serat penguat pembuatan komposit [11].

### 3.4. Kandungan Selulosa Alfa

Serat hasil ekstraksi ampas batang tebu, apabila hendak digunakan sebagai bahan baku pulp selulosa untuk pembuatan serat rayon regenerasi, menurut persyaratan harus memiliki kandungan alpha selulosa minimal 94 % [12,13,14]. Oleh karena itu pada serat teknis hasil ekstraksi dilakukan pengujian kadar selulosa alfa, beta dan gamma. Selulosa (*Alpha Cellulose*) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat

memiliki derajat polimerisasi (DP) lebih besar dari 600. Selulosa dipakai sebagai penduga dan atau penentu tingkat kemurnian selulosa. Selulosa (*Betha Cellulose*) adalah selulosa yang terdegradasi berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% dengan DP 15 - 90, dapat mengendap bila dinetralkan, sedangkan selulosa (*Gamma cellulose*) keberadaannya sebagai hemi selulosa memiliki DP nya kurang dari 15, bersifat larut dalam larutan NaOH 17,5% dan tidak mengendap ketika dinetralkan. Kandungan selulosa alfa, beta dan gamma disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 7.** Komposisi Selulosa Alfa, Beta Dan Gamma Pada Serat Hasil Ekstraksi

Parameter	Komposisi (%)	
	Hasil percobaan	Standar Mutu Pulp
selulosa alfa	90,45	Minimum 94
selulosa beta	5,24	Maksimum 4,9
selulosa gamma	4,31	Maksimum 7,9

Dengan kandungan alpha selulosa lebih dari 94% maka ampas batang tebu belum dapat dipertimbangkan untuk digunakan bahan baku serat rayon regenerasi, karena kandungan selulosa gamma sebagai hemi selulosa masih terlalu tinggi, oleh karena itu diperlukan proses pengerjaan lanjut untuk menghilangkan sisa lignin dan hemi selulosa yang masih terdapat pada serat teknisnya sehingga dapat menaikkan kadar selulosa alfa.

#### 4.1 KESIMPULAN

- Z Proses isolasi/ ekstraksi selulosa dapat dilakukan dengan perlakuan menggunakan larutan NaOH 1,5 N yang dilanjutkan dengan hidrolisis dengan HCl 0,5 N.
- Z Proses isolasi/ ekstraksi selulosa menghasilkan serat teknis dengan kekuatan tarik yang memenuhi persyaratan untuk serat tekstil.
- Z Serat teknis yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk serat penguat material komposit
- Z Kandungan alpha selulosa dari hasil ekstraksi sebesar 90,45 % belum memungkinkan digunakan bahan baku serat rayon regenerasi.

#### 4.2 SARAN

Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut mengenai karakteristik lain untuk menentukan kemampuan pinal (*spinnability*) dari serat hasil ekstraksi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada:

- Politeknik STTT Bandung, atas support finansialnya
- Hariyadi, Perajin gula merah tebu Tulung Agung, atas support bahan baku ampas tebu
- Ryan Rudi, Tjiptodi, Laboratoium Evaluasi Fisika Politeknik STTT Bandung, atas bantuan pengujiannya

## DAFTAR PUSTAKA

1. Miyamoto, H., Schnupf, U., Ueda, K., Yamane, C., (2015). "Cellulose Disolution and Regeneration, System and Interaction" *Nordic Pulp & Paper Research Journal* 30 (1) 67 – 78
2. Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian RI. (2016), *Statistik Perkebunan Di Indonesia Komoditas Tebu 2011 – 2016*
3. Collier, J.R., and Collier J.B. (1998). "Process for Obtaining Cellulosic Fibre Bundles" *US Patent 5718802*
4. Yadav, S., Gupta, G., Bhatnagar R., (2015). "A Review on Composition and Properties of Bagasse" *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6 (5).
5. Sabiha, S., H., Siti, A. M., (2012). "Physical properties of hemicellulose films from sugarcane bagasse", *Procedia Engineering*, 42. 1390 – 1395
6. Phinichka N, Kaenthong S. (2017). "Regenerated cellulose from high alpha cellulose pulp of steam-exploded sugarcane bagasse". *J Mater Res Technol.* 7, 249 - 260
7. Haygreen JG, Bowyer JL. (1996). *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu Suatu Pengantar*, Terjemahan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
8. Pereira, P.F., Voorwald, H.C.J., Cioffi, M.O.H., (2012). "Sugarcane Bagasse Pulping and Bleaching, Thermal and Chemical Characterization" *BioResources Journal* 6(3) 2471 - 2482
9. Michel, D., Bachelier, B., Drean, J.Y., Harzallah, O., (2013). "Preparation of Cellulose Fibres from Sugarcane" *Conference Papers in Materials Science*, Article ID 651787
10. Sunit K. Singh and Jayant D. Ekhe, (2014). Towards effective lignin conversion: HZSM-5 catalyzed one-pot solvolytic depolymerization/hydrodeoxygenation of lignin into value added compounds *Royal Society of Chemistry Advance*, 2(7). 27971-27978
11. Asagekar, S.D., and Joshi, A.V. (2014). "Characteristics of Sugarcane Fibres" *Indian Journal of Fibre & Textile Research* 39(6): 180 – 184
12. Roder, T., Johann, M., Kliba, G., Schlader, S., 2009 "Comparative Characterization of Man Made Regeneration Cellulose Fibres" *Lenzing Berichte* (87) 98 – 105
13. ----- SNI 0444, 2009, Pulp, Cara Uji Selulosa Alfa, Beta dan Gamma, BSN
14. ----- SNI 0938, 2017, Pulp Rayon, BSN
15. ----- SNI ISO 5079:2016, Tekstil – Serat – Cara uji kekuatan tarik dan mulur saat putus serat per helai
16. ----- SNI 8100:2015, Tekstil - Cara uji kadar lembab (moisture content atau moisture regain)