

## Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Terhadap Modulus Elastisitas dan Penyerapan Air pada Selulosa Kristalin dari Batang Kelapa Sawit

Ria Amanda<sup>a</sup>, Boni Pahlano Lapanoro<sup>a</sup>, Mariana Bara'allo Malino<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Prodi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura,  
Universitas Tanjungpura, Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

\*Email : marianabarallomalino@physics.untan.ac.id

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi konsentrasi asam terhadap modulus elastisitas dan penyerapan air pada selulosa kristalin dari batang kelapa sawit. Isolasi selulosa dilakukan melalui 3 tahap, pertama ekstraksi sampel menggunakan air panas dengan suhu 80°-90°C, kedua tahap *bleaching* menggunakan hipoklorit 30%, dan terakhir tahap hidrolisis menggunakan HCl 37% dengan memvariasikan konsentrasi asam yaitu 2,17 M, 2,48 M, 2,79 M, 3,1 M dan 3,41 M. Modulus elastisitas optimum terdapat pada konsentrasi 3,41 M yakni sebesar 0,83 MPa. Daya serap air tertinggi juga terdapat pada konsentrasi 3,41 M yakni 1 jam 75 %, 3 jam 165%, 5 jam 275%, 7 jam 360% dan 10 jam 465%. Kadar air terendah terdapat pada konsentrasi 3,1 M yakni 25%. Secara umum modulus elastisitas meningkat dan penyerapan air selulosa kristalin menurun dibandingkan selulosa sebelum dihidrolisis. Selulosa sebelum dihidrolisis memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 0,61 MPa dan kadar air 60%. Daya serap air selulosa sebelum dihidrolisis yakni 1 jam 325%, 3 jam 415%, 5 jam 520%, 7 jam 585% dan 10 jam 620%.

**Kata Kunci** : *Selulosa kristalin, modulus elastisitas, daya serap air, kadar air*

### 1. Latar Belakang

Tahun 2014 di Kalimantan Barat terdapat perkebunan kelapa sawit dengan luas mencapai 1,06 juta Ha [1]. Kelapa sawit secara umum akan ditebang pada saat peremajaan. Peremajaan biasa dilakukan pada umur 25 tahun. Mengingat luas areal perkebunan kelapa sawit besar maka jumlah limbah batang sawit yang dihasilkan juga relatif besar.

Limbah batang kelapa sawit belum dimanfaatkan secara ekonomis karena memiliki kualitas sifat mekanis yang rendah, tidak homogen dan mudah rusak oleh pengaruh cuaca dan serangga [2]. Batang kelapa sawit mengandung 50,78 gram/100 gram selulosa dan mengandung lignin 17,87 gram/100 gram [3]. Kadar selulosa yang tinggi pada batang sawit sangat potensial untuk diolah menjadi selulosa kristalin. Selulosa kristalin dapat dimanfaatkan dalam beberapa produk sebagai pembungkus makanan, pengganti material *carbon black* sebagai *filler* pada ban kendaraan [4].

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya limbah batang kelapa sawit dimanfaatkan sebagai papan partikel [5] dan dimanfaatkan sebagai bahan baku papan plastik komposit [6]. Pemanfaatan batang kelapa sawit paling tepat adalah bagian bawah sampai ketinggian 2 m di atas tanah tepat untuk industri perkayuan sedangkan di atas 2 m dapat dimanfaatkan untuk bahan pembuatan papan partikel dengan memerlukan pengolahan lebih lanjut bila digunakan untuk industri kayu [7]. Monariqsa, *dkk* telah melakukan hidrolisis

selulosa dari kayu gelam dan kayu serbuk industri mebel dengan memvariasikan asam klorida sebagai katalis. Hasil optimum yang didapatkan terdapat pada konsentrasi 5%. Namun belum ada yang meneliti tentang pemanfaatan batang sawit sebagai sumber selulosa kristalin.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Michael, *dkk* tentang komposit poliester berpengisi serat tandan kosong sawit dan selulosa menunjukkan bahwa penyerapan air pada komposit memiliki beberapa pengaruh yang merugikan dalam sifat mekanis dan mempengaruhi kemampuan komposit dalam jangka waktu yang lama juga dapat menurunkan secara perlahan ikatan antar muka komposit dan modulus elastisitas [9]. Modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan suatu bahan untuk menentukan kualitas mekanis material [10].

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian yang dilakukan adalah tentang pemanfaatan batang kelapa sawit sebagai sumber selulosa kristalin. Pengolahan serbuk batang kelapa sawit sebagai sumber selulosa kristalin dapat meningkatkan nilai tambah bagi hasil sampingan dalam peremajaan kebun kelapa sawit. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi asam saat hidrolisis untuk mengetahui pengaruh beda konsentrasi asam pada modulus elastisitas dan penyerapan air selulosa kristalin dari serbuk batang kelapa sawit.

## 2. Metodologi

### Material dan peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk batang kelapa sawit p.a., air panas teknis, akuades teknis, *hipoklorit* (HClO) teknis, asam klorida (HCl) p.a., *natrium hidroksida* (NaOH) p.a., dan *natrium sulfida* (Na<sub>2</sub>S) p.a., Alat yang digunakan adalah ayakan 20 mesh, botol vial ukuran 150 mL, corong, gelas ukur, kertas saring, neraca digital, pengaduk gelas, pipet ukur, plastik *wrapping*, aluminium *foil*, sentrifugator dan *universal testing machine*.

### Ekstraksi serbuk batang kelapa sawit

Serbuk batang sawit yang sudah bersih digerus menggunakan *grindstone machine* hingga halus dan dipilih serbuk yang lolos ayakan 20 mesh. Serbuk diekstraksi dengan merendam serbuk dengan air panas dengan suhu 80 ° -90 °C. Setelah direndam serbuk disaring, proses tersebut dilakukan berulang kali sampai air rendaman berubah warna menjadi agak bening. Selanjutnya serbuk dilarutkan dengan NaOH dan Na<sub>2</sub>S selama 2 jam, setelah itu disaring dengan penyaring. Residu dilarutkan lagi dengan NaOH panas selama 1 jam, kemudian disaring kembali, lalu dikeringkan di bawah sinar matahari sampai kering.

### Pemutihan (*bleaching*)

Pemutihan (*bleaching*) dilakukan dengan merendam sampel ke dalam larutan hipoklorit 30% sama dengan proses *bleaching* yang dilakukan [11].

### Hidrolisis Selulosa

Selulosa dihidrolisis dengan variasi konsentrasi asam 2,17 M, 2,48 M, 2,79 M, 3,1 M dan 3,41 M menggunakan asam klorida (HCl) 37% proses selanjutnya sama dengan proses hidrolisis yang dilakukan [12].

### Karakterisasi Selulosa Kristalin

#### • Modulus elastisitas

Modulus elastisitas dihitung menggunakan Persamaan 1 [13].

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (1)$$

Tegangan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 [13].

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

dengan  $\sigma$  adalah tegangan rerata (N/m<sup>2</sup>) dan  $F$  adalah gaya beban (N)



Gambar 1. Sampel selulosa

Regangan atau *strain* adalah pertambahan panjang suatu benda persatuan panjang benda mula-mula akibat tegangan tarik.

Regangan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3)$$

dengan  $\varepsilon$  adalah tegangan rata-rata,  $\Delta L$  adalah deformasi atau perubahan panjang (m)  $L_0$  adalah panjang awal (m).

#### • Kadar air

Kadar air ditentukan dengan cara ditimbang 2 gram serbuk batang sawit dan selulosa kristalin, dimasukkan ke dalam oven selama 4 jam pada suhu 105°C kemudian ditimbang [14]. Kadar air dihitung menggunakan persamaan (4).

$$\text{Kadar air} (\%) = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (4)$$

dengan  $w_1$  adalah berat sebelum pengovenan (gram),  $w_2$  adalah berat setelah pengovenan (gram).

#### • Daya serap air

Daya serap air ditentukan berdasarkan berat spesimen setelah direndam selama 1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam dan 10 jam. Daya serap air dihitung menggunakan persamaan (5)

$$\text{DSA} = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100\% \quad (5)$$

dengan  $w_1$  adalah berat sebelum perendaman (gram),  $w_2$  adalah berat setelah perendaman (gram)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Modulus elastisitas

Modulus elastisitas dapat ditentukan dengan persamaan (1). Tabel 1 menunjukkan modulus elastisitas tertinggi terdapat pada konsentrasi 3,41 M dengan nilai 0,83 MPa. Nilai modulus elastisitas optimum pada sampel 3,41 M menunjukkan bahwa tingkat kekakuan tertinggi selulosa kristalin diperoleh dari hasil hidrolisis asam 3,41 M.

Bahan yang dihasilkan diduga berbentuk *lamella* dengan panjang yang beragam, yang mempengaruhi ragam panjang *lamella* adalah konsentrasi asam [15]. Bisa jadi pada konsentrasi 3,1 M selulosa yang dihasilkan relatif lebih panjang dari konsentrasi lain, sehingga menyebabkan selulosa yang berupa *lamella* pada konsentrasi 3,1 M menjadi lebih lentur atau elastis dibandingkan *lamella* hasil hidrolisis untuk konsentrasi yang lain.

**Tabel 1 Modulus elastisitas**

Konsentrasi Asam (mL/g)	Modulus Elastisitas (MPa)
Serat	0,61
2,17 M	0,46
2,48 M	0,57
2,79 M	0,69
3,1 M	0,41
3,41 M	0,83

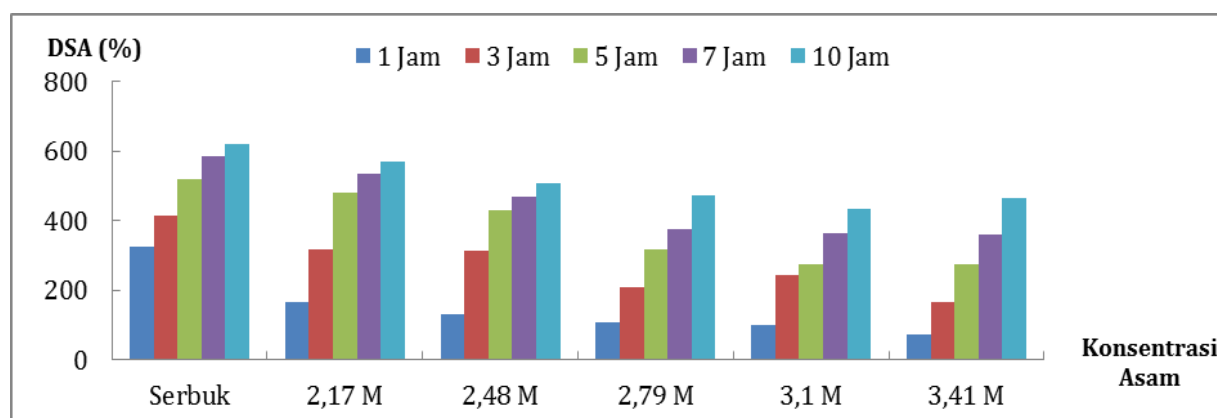
**Daya serap air dan kadar air**

Nilai daya serap air yang tertinggi terdapat pada serbuk batang kelapa sawit. Hal tersebut menunjukkan bahwa serbuk batang kelapa sawit memiliki sifat higroskopis yang tinggi sehingga menyebabkan serbuk batang kelapa sawit lebih banyak menyerap air dibandingkan serbuk batang kelapa sawit yang telah dibuat menjadi selulosa kristalin. Hasil pengujian daya serap air ditunjukkan pada Gambar 2.

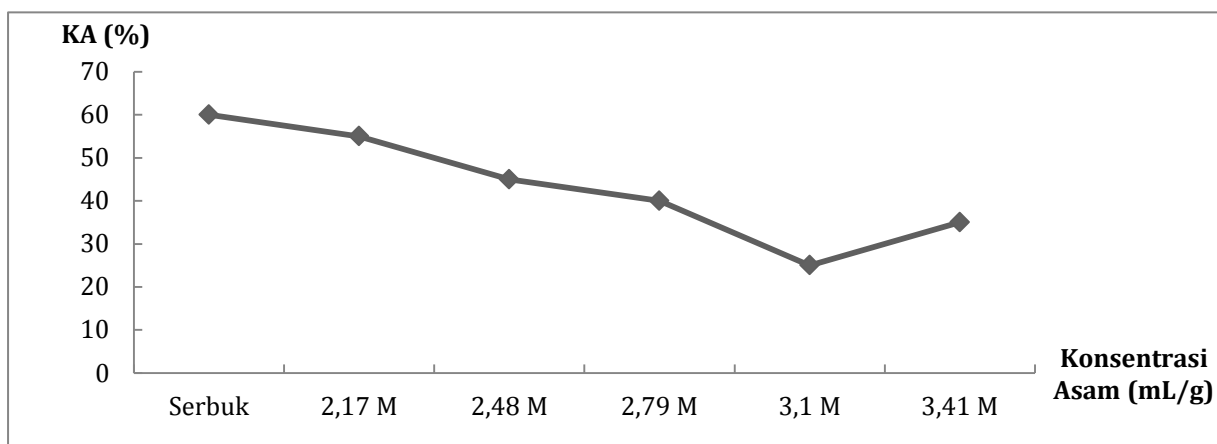
Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam klorida maka daya serap air

cenderung makin rendah. Hal tersebut dikarenakan asam klorida melepaskan atom hidrogen agar menjadi reaktif untuk dapat berikatan dengan gugus hidroksil selulosa sehingga terjadi proses esterifikasi yang menyebabkan perubahan gugus hidroksil menjadi gugus jaringan ester yang secara umum bersifat hidrofobik [16].

Kadar air perlu ditentukan dalam suatu bahan karena berkaitan dengan pemanfaatan bahan. Hasil pengujian kadar air seperti ditunjukkan pada Gambar 3 bahwa kadar air pada selulosa kristalin serbuk batang sawit lebih besar. Kadar air yang tinggi pada batang kelapa sawit disebabkan oleh kandungan selulosa yang tinggi [17]. Kadar air terendah terdapat pada konsentrasi 3,1 M yakni sebesar 25%. Kadar air yang tinggi pada serat yaitu sebesar 60% yang menunjukkan bahwa serat memiliki sifat higroskopis yang tinggi. Hidrolisis asam untuk menghasilkan selulosa kristalin untuk menurunkan sifat higroskopis selulosa seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 2. Daya serap air



Gambar 3. Kadar air

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa isolasi selulosa kristalin dari batang sawit dapat dilakukan dengan 3 tahap, pertama tahap ekstraksi, kedua *bleaching* dan terakhir hidrolisis. Modulus elastisitas tertinggi terdapat pada konsentrasi 3,41 M sebesar 0,83 MPa, daya serap air cenderung optimum di konsentrasi 3,41 M yakni 75% untuk 1 jam, 165% untuk 3 jam, 275% untuk 5 jam, 360% untuk 7 jam dan kadar air optimum terdapat pada konsentrasi 3,1 M yakni sebesar 25 %.

#### Daftar Pustaka

- [1] Statistik BP. Kalimantan Barat dalam Angka 2013. Kalimantan Barat; 2014.
- [2] Sukatik. Sifat Mekanis Kayu Kelapa Sawit Hasil Impregnasi dengan Poliropilena Bekas Hasil Modifikasi dengan Asam Akrilat. Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang. 2003; 3: p. 14-18.
- [3] Yuanisa A, Ulum K, Wardani AK. Pretreatment Lignoselulosa Batang Kelapa Sawit sebagai Langkah Awal Pembuatan Bioetanol Generasi Kedua: Kajian Pustaka. Jurnal Pangan dan Agroindustri. 2015; 3: p. 1620-1626.
- [4] Jimmy. Analisis Morfologi dan Kristalinitas Selulosa Kristalin dari Serbuk Gergaji Kayu Belian (*Eusideroxylon Zwageri*) Pontianak: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam; 2014.
- [5] Jufriah , Wagiman S, M. Sifat Fisika dan Mekanika Papan Partikel dari Batang Sawit (*Elaeis Gueneensis Jacq*) dengan Variasi Temperatur Kempa Panas. Jurnal RIMBA. 2007; 12: p. 106-114.
- [6] Wardani L, Massijaya MY, Machdie MF. Pemanfaatan Limbah Batang Kelapa Sawit dan Plastik Daur Ulang sebagai Bahan Baku Papan Plastik Komposit. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis. 2012; 10: p. 51-59.
- [7] Mawardi I. Mutu Papan Partikel dari Kayu Kelapa Sawit (KKS) Berbasis Perekat Polystyrene. Jurnal Teknik Mesin. 2009; 11: p. 91-96.
- [8] Monariqsa D, Oktora N, Azora A, Haloho DAN, Simanjuntak L, Musri A, et al. Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendrom Linn*) dan Kayu Serbuk Industri Mebel. Jurnal Penelitian Sains. 2012; 3: p. 96-101.
- [9] Michael , Surya E, Halimatuddahlia. Daya Serap Air dan Kandungan Serat (Fiber Content) Komposit Poliester Tidak Jenuh (Unsaturated Polyester) Berpengisi Serat Tandan Kosong Sawit dan Selulosa. Jurnal Teknik Kimia. 2013; 2: p. 17-21.
- [10] Lestari S. Analisis Sifat Mekanis dan Viskositas Mooney Komposit Karet Alam Selulosa Kristalin Pontianak: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura; 2011.
- [11] Arini NA, Malino MB, Wahyuni D. Analisis Pengaruh Waktu Hidrolisis Terhadap Sifat Mekanis Selulosa Kristalin dari Campuran Serbuk Gergaji Kayu Belian, Bengkirai, Jati dan Meranti. Positron. 2015; 5: p. 70-73.
- [12] Sumiati M, Malino MB, Wahyuni D. Analisis hubungan konsentrasi asam saat hidrolisis, derajat kristalinitas dan sifat mekanis selulosa kristalin dari serbuk gergaji kayu Pontianak: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam; 2016
- [13] Pratomo H, Rohaeti E. Bioplastik Nata De Cassava Sebagai Bahan Edible Film Ramah Lingkungan. Jurnal Penelitian Saintek. 2011; 16: p. 172-190.
- [14] Wijayani A, Ummah K, Tjahjani S. Karakterisasi Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms). Indo. J. Chem. 2005; 5: p. 228-231.
- [15] Bondeson D, Mathew A, Oksman K. Optimization of the isolation of nanocrystal from microcrystalline cellulose by acyd hydrolysis. Department of Engineering Design and Materials. 2006; 13: p. 171-180.
- [16] Januerty. Aplikasi Asam Maleat dalam Minyak Jarak pada Pembuatan Papan Partikel Berbasis Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit/Serbuk Sekam Padi Pontianak: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura; 2016.
- [17] Endi, Diba F, Hati M. Sifat Fisik dan Mekanik Batang Kelapa Sawit Berdasarkan pada Posisi Ketinggian Batang Pontianak: Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura; 2014.