



Comparison of Fiber Characteristics of Emphy Fruit Bunches (EFB) after Steaming and Boiling Treatment in Pulp Synthesis

Lestari Hetalesi Saputri^{1*}, Muhammad Hafiz², Muhammad Fadli³
Politeknik LPP Yogyakarta

Corresponding Author: Lestari Hetalesi Saputri eta@polteklpp.ac.id

ARTICLE INFO

Keywords: Cellulose, Empty Palm Oil Bunches, Boiling, Steaming

Received : 20 November

Revised : 22 December

Accepted: 20 January

©2023 Saputri, Hafiz, Fadli: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

Emphy Fruit Bunches (EFB) is biomass from Palm Oil Mills with high cellulose content. Cellulose can be used for the manufacture of coatings, clothing fibers, bioplastics, papers and membranes. Obtaining pure cellulose for these products generally is begun with the stages of removing the following impurities, through steaming or boiling. This study aims to compare the characteristics of the EFB fiber from the two processes. Comparisons were made by steaming and boiling EFB fiber at 80°C for 30, 60, 90 and 120 minutes. The fibers was tested for water absorption, density and tensile strength. The test results showed that the boiling process produced brighter colored fibers, tensile strength and water absorption were also better with values of 107.40 kgf/cm² and 62.46%. Meanwhile, for the density value is is the same for each variation.

Perbandingan Karakteristik Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) setelah *Treatment* Pengukusan dan Perebusan dalam Sintesis Pulp

Lestari Hetalesi Saputri^{1*}, Muhammad Hafiz², Muhammad Fadli³

Politeknik LPP Yogyakarta

Corresponding Author: Lestari Hetalesi Saputri eta@polteklpp.ac.id

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Selulosa, Tandan Kosong Kelapa Sawit, Perebusan, Pengukusan

Received : 20 November

Revised : 22 Desember

Accepted: 20 Januari

©2023 Saputri, Hafiz, Fadli: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



ABSTRAK

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan biomassa Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dengan kandungan selulosa tinggi. Selulosa dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *coating*, serat pakaian, bioplastik, kertas dan membran. Perolehan selulosa murni untuk produk tersebut umumnya dimulai dengan tahapan penghilangan kotoran terikut, melalui pengukusan maupun perebusan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik serat TKSS dari kedua hasil proses tersebut. Perbandingan dilakukan dengan mengukus dan merebus serat TKKS pada suhu 80°C selama 30, 60, 90 dan 120 menit. Pada serat dilakukan pengujian daya serap air, densitas dan kekuatan tarik. Hasil pengujian diperoleh bahwa proses perebusan menghasilkan serat berwarna lebih cerah, kekuatan tarik dan daya serap air juga lebih baik dengan nilai 107,40 kgf/cm² dan 62,46%. Sementara untuk nilai densitas ialah sama untuk setiap variasi.

PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah kelapa sawit belum dilakukan secara maksimal hingga saat ini. Padahal bila limbah (biomassa) industri tersebut dikelola dengan baik, akan dapat meningkatkan kualitas lingkungan. Biomassa padat kelapa sawit mengandung banyak serat, seratnya dapat dimanfaatkan untuk pembuatan berbagai macam produk, seperti: pakaian, plastik (dalam hal ini bioplastic), kertas maupun membran. Setiap produk tersebut pastinya memiliki proses pengolahan yang berbeda, namun untuk *treatment* awal yaitu penghilangan kotoran yang terikut umumnya sama, hanya metodenya saja yang berbeda.

Biomassa sawit, termasuk Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), juga mengandung banyak serat. Biomassa ini kuantitasnya semakin melimpah dengan semakin besarnya kapasitas olah Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Setiap pengolahan 1 ton Tandan Buah Segar (TBS) dapat dihasilkan TKKS sebanyak 220-230 kg (Lubis & Siregar, 2022). Pada TKKS terkandung serat selulosa tinggi yang dapat digunakan untuk berbagai produk material. Selain serat, TKKS juga memiliki berbagai macam pengotor, baik pengotor *exherent* maupun *inherent*. Kandungan kedua jenis pengotor tersebut dapat berupa senyawa organik maupun senyawa anorganik. Pengotor *exherent* atau pengotor yang berada di permukaan TKKS lebih mudah dipisahkan dibandingkan pengotor *inherent*. Meskipun demikian, keberadaan pengotor belum tentu merugikan untuk semua proses pengolahan produk, misalnya beberapa pengotor anorganik seperti silika dan alumina pada TKKS justru bermanfaat sebagai *reinforcement* komposit. Silika dan alumina dapat mengikat serat selulosa dan bahan organik lainnya, sehingga sifat mekanis dan fisis produk menjadi lebih baik. Perlakuan fisis dapat mempermudah *treatment* kimia pada proses lanjutan untuk berbagai pembuatan produk-produk berbahan serat. Oleh karena pentingnya tahapan awal (*pretreatment*) pada serat, maka penelitian ini bertujuan untuk membandingkan *pretreatment* yang efisien dan efektif diantara pengukusan dan perebusan untuk memperoleh serat yang optimum dalam hal karakteristiknya, karena setiap produk memerlukan serat selulosa dengan karakteristik yang berbeda. Kedua *pretreatment* ini sering dilakukan guna menghilangkan pengotor-pengotor yang tidak diinginkan pada setiap proses pembuatan produk material. Lya *et al.* (2016) juga pernah meneliti hal yang sama terkait karakteristik serat TKKS dengan perlakuan pengukusan dan perebusan. Peneliti tersebut memvariasikan suhu proses perebusan dan pengukusan dengan waktu tetap, dan memprediksi potensi serat TKKS yang dihasilkannya untuk produk kertas dan *furniture*. Namun, penelitiannya tidak memvariasikan waktu perebusan ataupun waktu pengukusan yang kemungkinan besar dapat mempengaruhi sifat fisis maupun mekanis serat TKKS. Selain itu, para peneliti tersebut juga tidak mengkaji tentang pengaruh kedua *pretreatment* terhadap proses delignifikasi dan *bleaching* serat. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pabrik hilir sawit dalam pengembangan dan peningkatan produknya agar diperoleh serat berkualitas baik, sebelum dilakukan proses lanjutan untuk menghasilkan produk hilir yang siap pakai di masyarakat.

TINJAUAN PUSTAKA

TKKS mengandung serat selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif untuk pembuatan kertas, papan partikel, *furniture*, komposit, produk tekstil, membran, bioplastik dan beberapa produk lainnya. Kandungan serat selulosa dalam TKKS cukup tinggi yakni sekitar 41,3-46,5% (Saputri, 2020). Sebelumnya Andahera et al. (2019) juga telah meneliti kandungan selulosa pada TKKS. Berdasarkan penelitiannya, kuantitas selulosa murni yang dapat diperoleh dari TKKS yaitu sebanyak 45,85%. Selulosa memberikan peluang degradasi secara alami dan meningkatkan sifat mekanis pada produk yang dihasilkan.

Serat selulosa TKKS sebagai material penyusun produk perlu diekstrak terlebih dahulu agar lebih murni sebelum digunakan, karena pada TKKS mengandung pengotor, zat ekstraktif dan komponen lainnya (lemak, pati dan gula) yang tidak diinginkan dan dapat mengganggu proses sintesis produk material yang diharapkan. Zat ekstraktif, meskipun bukan pengotor, namun dapat menghambat proses perekatan pada pembuatan papan partikel (Rusdiani et al., 2019). Kandungan minyak sisa, pati dan gula pada TKKS bila tidak dihilangkan dapat menyebabkan bau kurang sedap pada serat, selain mengurangi kompatibilitas antara serat dan perekat pada saat pembuatan produk (Hermiati et al., 2003)

Perebusan dan pengukusan merupakan tahapan awal (*pretreatment*) persiapan serat sebelum proses ekstraksi serat selulosa. Hermiati et al. (2003) membandingkan hasil proses pencucian serat menggunakan air panas (perebusan) dengan air dingin. Proses pencucian dengan kedua cara tersebut dinilai efektif dalam mengurangi kotoran padat dan pasir yang menempel pada serat, namun untuk mengurangi kandungan lemak dan zat ekstraktif secara efektif adalah dengan proses perebusan. Selain proses perebusan, proses pengukusan juga berpengaruh terhadap karakteristik serat TKKS (Lya et al., 2016). Proses pengukusan dapat mengubah sifat mekanis maupun sifat fisis serat selulosa TKKS. Pilihan proses awal sangat menentukan keberhasilan proses lanjutan untuk pembuatan berbagai macam produk berbahan serat selulosa. Proses lanjutan yang dimaksud ialah delignifikasi dan *bleaching*. Kedua tahap ini tidak akan maksimal bila tidak didahului dengan proses penghilangan kotoran, baik dengan pencucian menggunakan air dingin, perebusan ataupun pengukusan.

Proses ekstraksi (delignifikasi dan *bleaching*) tidak dapat memisahkan selulosa secara maksimal dari bahan baku serat, baik itu dilakukan secara bersamaan (delignifikasi dan *bleaching*) ataupun terpisah antara tahapan delignifikasi dan *bleaching*-nya. Hal ini karena pengotor (*impurities*) pada serat menghalangi bahan kimia dalam proses ekstraksi serat selulosa. Delignifikasi adalah tahapan penguraian serat lignoselulosa) menjadi senyawa lignin, selulosa dan hemiselulosa. Sementara *bleaching* adalah tahapan pemisahan lignin dan hemiselulosa dari serat selulosa. Salah satu proses penggabungan delignifikasi dan *bleaching* adalah metode *pad-batch* (Kuntari, 2006). Metode ini menggunakan oksidator dalam suasana basa (alkali). Meskipun prosesnya relatif lebih singkat dibandingkan cara bertahap, namun hasil serat selulosa

kurang memuaskan, akibat penghilangan kotoran pada serat yang kurang maksimal dengan warna serat yang tidak rata pada setiap helainya. Pemaksimalan hasil juga telah dilakukan dengan menggunakan bahan kimia pengoksidasi (hydrogen peroksida) dan larutan alkali (NaOH) dalam jumlah berlebih, namun terjadi penurunan kekuatan serat akibat pembentukan senyawa hidroselulosa dan oksiselulosa. Kegagalan proses dapat diatasi dengan merebus serat sebelum tahap delignifikasi. Perebusan serat mampu menghilangkan lignin sekitar 30-60% (Galletti & Antonetti, 2011) terutama pada suhu kurang dari 100°C selama 2 jam (Momoh et al., 2020), sedangkan perlakuan alkali dengan NaOH mampu menghilangkan lignin sekitar 92,7% (Karp et al., 2013). Perebusan dengan air lebih menguntungkan karena inhibitor tidak terbentuk (Mosier et al., 2005), dan penyebab korosi di wadah ekstraksi juga dapat dihindari (Pérez et al., 2008). Selain itu, kristalinitas serat meningkat melalui proses perebusan dengan air (Costa Santos et al., 2018). Sifat kristalinitas diperlukan untuk keseragaman atom penyusun produk material yang berimbang pada peningkatan sifat mekanis dan fisis material. Keuntungan lainnya dari treatment awal menggunakan air ialah lebih ekonomis bila dibandingkan dengan treatment langsung menggunakan bahan kimia, selain itu juga lebih ramah lingkungan bila terkait dengan pengelolaan limbahnya.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan dari bulan Maret hingga Agustus 2022 di Laboratorium Teknologi pengolahan, Politeknik LPP Yogyakarta. Bahan utama yang digunakan ialah biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang diperoleh dari kebun percobaan, Politeknik LPP di Rangkas Bitung. Bahan pendukung yakni air dan resin. Alat-alat yang digunakan antara lain: timbangan digital, gelas beker, panci, kompor, tabung gas, pisau/parang, cetakan kaca dan gelas ukur.

Sebelum direbus/dikukus, TKKS dipersiapkan melalui pengecilan ukuran serat (dipotong) menggunakan parang. Selanjutnya serat TKKS dicuci menggunakan air mengalir sampai bersih agar kotoran yang menempel di bagian luar serat dapat dihilangkan. Kemudian serat dikeringkan di udara terbuka selama 3 hari. Apabila sudah kering, dilakukan *pretreatment* pengukusan dan pengeringan. Sebanyak 20 g serat TKKS ditimbang. Kemudian serat dikukus pada suhu 90°C selama variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit dengan perbandingan serat dan air sebesar 1:50 (w/v). Proses perebusan juga dilakukan pada suhu dan waktu yang sama, serta perbandingan bahan yang sama seperti pengukusan. Setelah perebusan ataupun pengukusan, serat didinginkan dan disaring, lalu dikeringkan di ruang terbuka selama 3 hari. Kemudian dilakukan uji sifat mekanis (uji kekuatan tarik), uji daya serap air, uji densitas dan pengamatan warna serat.

Uji Kekuatan Tarik

Pengujian dilakukan pada sampel serat TKKS yang telah dicetak. Metode pencetakan mengikuti metode hand lay up, seperti pada pembuatan komposit, yang dilakukan oleh Pramono *et al.* (2019). Serat TKKS sebanyak 3 g dimasukkan ke dalam alat cetak (arah serat acak) yang terbuat dari kaca

berbentuk balok dengan ukuran 10x1,5 cm dan ketebalan 9 mm. Sebelum digunakan, cetakan kaca dibersihkan terlebih dahulu. Pencetakan dilakukan untuk mempermudah pengujian. Setelah serat dimasukkan, perekat resin dituangkan hingga membasahi seluruh bagian serat. Kemudian lembaran kaca lainnya diletakkan di atasnya agar permukaan serat menjadi rata dan diberikan pula beban di atas kaca tersebut. Sampel lalu dikeringkan di ruang terbuka sampai benar-benar kering secara sempurna dengan waktu pengeringan sekitar 9 jam.

Uji kekuatan tarik ditujukan untuk mengetahui kekuatan serat yang telah dicetak untuk menahan beban sampai putus. Pengujian dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine* di Laboratorium Bahan, Program Studi Teknologi Mesin, Politeknik LPP Yogyakarta. Rumus uji tarik:

$$\text{kuat tarik} = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

F = beban maksimum yang diberikan ke sampel (kgf)

A = luas penampang (cm²)

Uji Densitas

Pengujian dilakukan dengan cara sampel serat TKKS yang sudah dikeringkan setelah melalui proses perebusan ataupun pengukusan, ditimbang sebanyak 3 g. Lalu serat dimasukkan ke dalam gelas beker yang telah diisi air sebanyak 300 mL. Akibat penambahan serat dalam air, terjadi kenaikan volume (V). Penentuan nilai densitas dilakukan dengan rumus perhitungan:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

ρ = densitas (g/mL)

m = massa serat TKKS (g)

V = kenaikan volume air (mL)

Uji Daya Serap Air

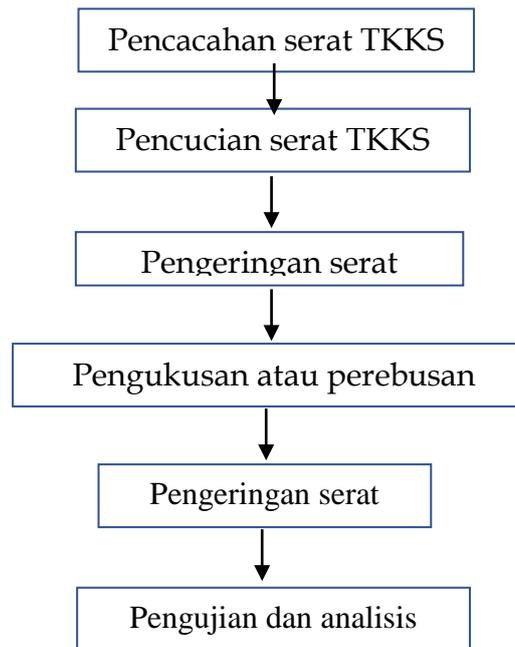
Uji daya serap air oleh serat TKKS dilakukan dengan menimbang serat TKKS kering yang telah dikukus ataupun direbus sebanyak 3 g di dalam wadah yang telah berisi air. Perendaman serat dilakukan selama 24 jam. Pada pengujian ini, serat mengalami penambahan berat karena penyerapan air. Perhitungan nilai daya serap air menggunakan rumus:

$$\text{Daya serap air} = \frac{W_c - W_o}{W_c} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

W_c = massa setelah perendaman serat dalam air (g)

W_o = massa sebelum perendaman dalam air (g)



Gambar 1. Digram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN

Proses perebusan ataupun pengukusan dilakukan pada sampel dengan berbagai variasi waktu proses yaitu 30, 60, 90 dan 120 menit. Setiap variasi minimal dibuat 4 sampel. Sebelum uji kekuatan tarik, uji densitas dan uji daya serap air, pada hasil masing-masing *pretreatment* diamati tampilan fisik (warna) seratnya. Hasil pengamatan terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Fisik (Warna) Serat TKKS, (a) TKKS Sebelum Pretreatment, (b) Serat TKKS Setelah Pengukusan, (c) Serat TKKS Setelah Perebusan

Perbedaan warna serat TKKS terlihat jelas pada Gambar 3. Serat sebelum *pretreatment* memiliki warna yang cenderung kecokelatan. Setelah melalui proses pengukusan dan perebusan, terjadi perubahan warna. Serat dengan perlakuan perebusan memiliki warna yang lebih terang (kekuningan) dibandingkan serat dengan perlakuan pengukusan dan sebelum *pretreatment*. Ini menandakan bahwa penghilangan kotoran, terutama zat ekstraktif, lebih baik melalui proses perebusan.

Serat yang telah diberi perlakuan perebusan atau pengukusan dianalisis karakteristik seratnya melalui uji kekuatan tarik, uji densitas dan uji daya penyerapan airnya. Hasil pengujian kekuatan tarik diperoleh sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Kekuatan Tarik Serat dengan Perlakuan Perebusan dan Pengukusan

Waktu Proses (menit)	Perebusan			Pengukusan		
	Beban Uji (kgf)	Luas Penampang (cm ²)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Beban Uji (kgf)	Luas Penampang (cm ²)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)
30	155	1,6	96,87	155	1,65	93,93
60	62,5	1,2	52,08	132,5	1,76	75,28
90	105	1,7	61,71	95	1,40	67,85
120	145	1,35	107,40	175	1,65	106,06

Keterangan: nilai yang tertera merupakan nilai rata-rata untuk setiap variasi.

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa serat TKKS yang direbus mengalami penurunan kekuatan tarik secara drastis pada menit ke 60, sedangkan pada serat TKKS yang dikukus baru terjadi penurunan kekuatan tarik pada menit ke 90. Perbedaan waktu penurunan kekuatan tarik ini mengindikasikan bahwa penghilangan kotoran lebih cepat terjadi melalui proses perebusan dibandingkan pengukusan.

Hasil uji densitas memberikan nilai yang konstan meskipun serat sudah direbus ataupun dikukus pada berbagai variasi waktu, seperti pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Densitas Serat TKKS Setelah Perlakuan Perebusan dan Pengukusan

Waktu Proses (menit)	Densitas Serat Hasil Perlakuan (g/mL)	
	Perebusan	Pengukusan
30	0,3	0,3
60	0,3	0,3
90	0,3	0,3
120	0,3	0,3

Nilai densitas atau kerapatan dengan perlakuan perebusan maupun pengukusan adalah sama, yaitu sebesar 0,3 g/mL. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan yang berbeda tidak mengubah nilai densitas, begitupun faktor lamanya waktu proses untuk setiap perlakuan.

Pengujian daya serap air dengan perlakuan perebusan dan pengukusan diperoleh hasil, antara lain:

Tabel 3. Hasil Uji Daya Penyerapan Air Serat TKKS Setelah Perlakuan Perebusan dan Pengukusan

Waktu Proses (menit)	Daya Serap Air Serat Hasil Perlakuan (g/mL)	
	Perebusan	Pengukusan
30	63,62	65,97
60	62,91	64,62
90	62,66	63,59
120	62,46	61,80

Hasil perebusan dan pengukusan memperlihatkan adanya penurunan nilai daya serap air. Perlakuan pengukusan dapat menurunkan nilai daya serap air

yang lebih besar dengan bertambahnya waktu proses dibandingkan dengan perlakuan perebusan.

PEMBAHASAN

Serat TKKS sama halnya seperti serat lainnya yang mengandung lignoselulosa. Lignoselulosa merupakan gabungan dari 3 (tiga) senyawa, yaitu lignin, selulosa dan hemiselulosa. Kebanyakan untuk produk-produk material berbahan serat, kandungan senyawa lignin perlu dihilangkan atau dikurangi. Pada produk kertas misalnya, kadar lignin terbaik untuk pulp kertas berbahan non-kayu harus berkisar 1,25-1,75% (Bahri, 2017). Namun untuk menghilangkan ataupun mengurangi kadar lignin, sering terhalang oleh kandungan-kandungan pengotor yang terdapat di permukaan dan di dalam serat. Pengotor tersebut dapat berupa pengotor organik maupun anorganik. Oleh karena itu, diperlukan *pretreatment* khusus seperti perebusan atau pengukusan agar proses penghilangan lignin dapat berlangsung sempurna. Dalam kata lain, proses perebusan atau pengukusan menjadi hal penting dalam penentu keberhasilan proses penghilangan lignin pada serat. Meskipun lignin dapat disintesis menjadi bahan perekat, namun di sisi lain dapat menyebabkan warna produk menjadi lebih gelap, apalagi untuk produk kertas. Kertas yang masih mengandung lignin dalam jumlah banyak, memiliki kualitas yang rendah (baik itu kualitas dari segi kecerahan warna, maupun sifat mekanisnya seperti kekuatan tarik dan kekuatan sobeknya). Kadar lignin tinggi pada pulp dapat menyebabkan kertas bersifat kaku dan warnanya menjadi lebih gelap (Nugroho *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan karakteristik (sifat) fisis dan mekanis pada serat yang diberi perlakuan perebusan maupun pengukusan. Bila ditinjau dari segi warna, serat yang diberi perlakuan perebusan berwarna kekuningan, terlihat bersih dengan warna yang lebih cerah (seperti pada Gambar 3c). Seiring dengan penambahan waktu, serat hasil perebusan memiliki warna yang semakin terang. Proses perebusan pada suhu 90°C dengan berbagai variasi waktu menyebabkan banyak kotoran yang larut dalam air, termasuk zat ekstraktif, lignin dan pigmen warna pada serat TKKS. Dengan proses perebusan, sebagian ikatan hidrogen yang menghubungkan antara lignin, selulosa dan hemiselulosa terputus, sehingga lignin larut dalam air, sedangkan hemiselulosa dan selulosa tetap dalam fase padat (Jasman & Ahmad, 2021). Warna coklat pada air rebusan menunjukkan bahwa lignin larut dalam air (Pramana *et al.*, 2020). Berbeda halnya dengan perlakuan pengukusan yang memiliki warna cenderung kecokelatan, namun warnanya lebih terang daripada warna serat yang tidak diberi perlakuan apapun. Pengukusan memanfaatkan uap air, tanpa adanya kontak langsung antara serat dengan air, sehingga proses pelarutan kotoran, pigmen, zat ekstraktif dan bahkan minyak tidak terjadi secara sempurna (maksimal) (Kurokochi & Sato, 2020). Hal ini yang menyebabkan

warna seratnya tidak terlalu jauh berbeda dengan serat yang tanpa perlakuan. Warna kecokelatan yang hampir sama dengan warna asli serat tanpa perlakuan menunjukkan adanya kemungkinan terserapnya lagi sebagian zat ekstraktif dan lignin ke dalam serat TKKS akibat kondisi wadah kukus yang tertutup. Sebelumnya kandungan zat tersebut larut dalam air ataupun terikut ke dalam uap air selama proses pengukusan. Warna kecokelatan menurut Hermiati *et al.* (2003) diakibatkan karena kandungan zat ekstraktif dalam jumlah yang cukup tinggi pada serat TKKS, yaitu berkisar 10,97-13,04%. Kandungan ini dapat dikurangi kadarnya melalui perlakuan perebusan dan pengukusan.

Pada serat hasil perebusan maupun pengukusan ditemukan adanya penurunan nilai kuat tarik pada menit ke 60. Fenomena ini terjadi kemungkinan besar karena serat kehilangan atau mengalami pengurangan pengotor termasuk zat ekstraktif dan sebagian lignin, sehingga mengalami perubahan susunan ikatan kimia. Bila pemanasan dilanjutkan, serat akan menyusun ikatannya yang baru, sehingga tercapai kestabilan kembali membentuk kerapatan tertentu. Pengurangan kadar zat ekstraktif dapat mengakibatkan kontak antar serat selulosa semakin rapat dan penetrasi perekat semakin baik, sehingga kekuatan tarik meningkat (Anggraini *et al.*, 2021). Bila diamati pada hasil uji kekuatan tarik di Tabel 1, nilai kekuatan tarik perlahan meningkat pada perlakuan perebusan setelah 1 jam pemanasan. Hal ini berbeda dengan perlakuan pengukusan yang peningkatan nilainya baru terjadi pada menit ke 120. Kedua hasil perlakuan ini memperlihatkan bahwa penghilangan atau pengurangan pengotor ataupun zat ekstraktif lebih cepat dilakukan dengan perlakuan perebusan, dibandingkan dengan perlakuan pengukusan. Adanya kontak tidak langsung dengan uap air, membuat proses pelarutan menjadi lebih lambat. Meskipun demikian, nilai kekuatan tarik pada menit ke 120 untuk perlakuan perebusan maupun pengukusan mencapai nilai yang hampir sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu proses *pretreatment* terbaik untuk memperoleh serat selulosa murni dari serat TKKS ialah selama 2 jam. Pada pemrosesan 2 jam, zat ekstraktif dan hemiselulosa semakin banyak yang berkurang, sehingga dampaknya terjadi peningkatan kekuatan tarik pada serat selulosa (Putra *et al.*, 2015).

Selain uji kekuatan tarik, pada serat TKKS yang telah diberi perlakuan perebusan maupun pengukusan, dilakukan uji sifat fisis yaitu uji densitas serat dan daya penyerapan air. Nilai densitas (kerapatan) serat pada berbagai waktu perebusan maupun pengukusan menunjukkan tidak adanya perubahan nilai (semua variasi memberikan nilai yang sama yaitu 0,3 g/cm³). Tidak adanya perbedaan hasil bisa disebabkan karena tingkat kekeringan serat TKKS yang cukup sempurna untuk semua variasi, sehingga diperoleh berat yang konstan. Hasil yang sama juga diperoleh oleh Lya *et al.* (2016) bahwa perlakuan perebusan dan pengukusan tidak berpengaruh terhadap densitas serat. Bila

terjadi perbedaan densitas pada serat, umumnya disebabkan karena faktor perbedaan kandungan *inherent moisture* (kandungan air terikat) (Lya *et al.*, 2016) dan faktor kandungan zat pengotor tersisa yang terdapat di dalam serat (Maulana & Susanto, 2015). Berbeda lagi dengan hasil uji daya serap air yang memiliki penurunan nilai dengan seiring waktu proses perebusan maupun pengukusan. Semakin lama waktu perebusan maupun pengukusan, peluruhan kotoran dan zat ekstraktif pada serat semakin optimal. Hilangnya kotoran dan zat ekstraktif menyebabkan serat semakin rapat dan ikatan antar molekulnya semakin kuat, sehingga daya serap terhadap air menjadi berkurang. Ini artinya sifat ketahanan air meningkat.

Pengujian-pengujian pada serat TKKS setelah *Pretreatment* tersebut dapat memberikan gambaran terkait langkah proses yang sebaiknya diambil pada tahap lanjutannya yaitu delignifikasi dan *bleaching* melalui pengujian-pengujian si, dalam upaya pemaksimalan produksi serat selulosa murni yang akan menjadi bahan baku untuk berbagai produk material. Semakin baik tahapan *pretreatment*, maka akan lebih ekonomis dan efisien untuk proses sintesis berbagai produk berbahan serat selulosa, hal ini karena dapat menghemat penggunaan bahan kimia dan mempersingkat tahapan deliginifikasi dan *bleching*, yang di industri umumnya dilakukan hingga 4-6 tahapan.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Pemilihan jenis perlakuan awal (*pretreatment*) menjadi hal penting dalam penentuan karakteristik serat, termasuk untuk serat TKKS. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan perebusan lebih baik dibandingkan dengan perlakuan pengukusan, karena warna serat yang dihasilkan lebih bersih dan nilai kekuatan tarik juga lebih tinggi. Namun waktu prosesnya harus dilakukan selama 120 menit. Untuk nilai densitas dan daya serap air, tidak terlalu banyak berbeda hasil antara perlakuan perebusan maupun pengukusan. *Pretreatment* perebusan sangat cocok untuk serat yang akan diaplikasikan pada produk-produk yang membutuhkan kualitas dari segi warna dan sifat mekanis. Sementara *pretreatment* pengukusan sebaiknya diterapkan untuk produk-produk material yang identik gelap dan membutuhkan bahan *adhesive* sebagai pemerkuat (*reinforcement*).

PENELITIAN LANJUTAN

Panjang dan diameter serat TKKS, kemungkinan besar dapat mempengaruhi hasil uji sifat mekanis dan sifat fisis yang diperoleh. Oleh karena itu, ukuran serat juga perlu diperhatikan untuk penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih untuk Politeknik LPP yang telah membantu dalam memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andahera, C., Sholikhah, I., Islamiati, D. A., & Pusfitasari, M. D. (2019). Pengaruh Penambahan Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 2(2), 46–54. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v2i2.36901>
- Anggraini, R., Khabibi, J., & Adelka, Y. F. (2021). Karakteristik Papan Partikel dari Campuran Limbah Akasia (*Acacia mangium* Willd.) dan Kulit Kelapa Muda (*Cocos nucifera* L.). *Jurnal Silva Tropika*, 366–381.
- Bahri, S. (2017). Pembuatan Pulp dari Batang Pisang. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 36–50. <https://doi.org/10.29103/jtku.v4i2.72>
- Costa Santos, E. B., Gomes Moreno, C., Pereira Barros, Janetty Jany Araújo de Moura, D. de C., Fim, F., Ries, A., Ramos Wellen, R. M., & Balbino da Silva, L. (2018). Effect of Alkaline and Hot Water Treatments on the Structure and Morphology of Piassava Fibers. *Materials Research*, 21(2), 1–10.
- Galleti, A. M. R., & Antonetti, C. (2011). *Lignocellulosic biomass*. Biomass Pre-Treatment: Separation of Cellulose, Hemicellulose and Lignin. Existing Technologies and Perspectives.
- Hermiati, E., Nurhayati, Suryanegara, L., & Gopar, M. (2003). Upaya Mengurangi Kotoran dan Kandungan Zat Ekstraktif Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Pencucian. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 1(1), 57–65.
- Jasman, & Ahmad, R. M. (2021). Pengaruh Jenis Perlakuan Awal terhadap Konsentrasi Bioetanol Hasil Hidrolisis dan Fermentasi Tongkol Jagung menggunakan *Trichoderma reesei* dan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Beta Kimia*, 1(2), 25–34.
- Karp, S. G., Woiciechowski, A. L., Soccol, V. T., & Soccol, C. R. (2013). Pretreatment Strategies for Delignification of Sugarcane bagasse: A Review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(4), 679–689. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132013000400019>
- Kuntari. (2006). Optimalisasi Proses Desizing, Scouring, Bleaching dan Causticizing Secara Simultan, Sistem Pad-Batch Pada Kain Rayon Viskosa. *Indonesian Journal of Materials Science*, 3(2), 118–123.
- Kurokochi, Y., & Sato, M. (2020). Steam Treatment to Enhance Rice Straw Binderless Board Focusing Hemicellulose and Cellulose Decomposition Products. *Journal of Wood Science*, 66(1), 1–8.

<https://doi.org/10.1186/s10086-020-1855-8>

- Lubis, R. M., & Siregar, D. (2022). Respon Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Terhadap Aplikasi Beberapa Limbah Pertanian Plus dan Pupuk Anorganik Response of Maize Plants (*Zea mays* L.) Towards Application of Several Agricultural Wastes Plus and Inorganic Fertilizers. *AGRILAND Jurnal Ilmu Pertanian*, 10(2), 178–182.
- Lya, A., Udiantoro, & Abdul, H. (2016). Karakteristik Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Perlakuan Perebusan dan Pengukusan. *Ziraa'Ah*, 41(1), 97–102.
- Maulana, A. F., & Susanto, W. H. (2015). Pengaruh Penyemprotan Larutan Kalsium Propionat dan Kalium Sorbat Pada Pasca Panen Kelapa Sawit (*Elais guineensis* Jacq) Terhadap Kualitas CPO. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 453–463.
- Momoh, E. O., Osofero, A. I., & Menshykov, O. (2020). Physicomechanical Properties of Treated Oil Palm-Broom Fibers for Cementitious Composites. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(10), 1–44. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0003412](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0003412)
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y. Y., Holtzapple, M., & Ladisch, M. (2005). Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. *Bioresource Technology*, 96(6), 673–686. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.06.025>
- Nugroho, P. B., Vania, S. N., & Fuadi, A. M. (2022). Pemanfaatan Batang Tanaman Talas (*Colocasia esculenta* L.) sebagai Bahan Pembuatan Pulp dengan Proses Soda. *Teknologi Kimia Unimal*, 11(1), 43–55.
- Pérez, J. A., Ballesteros, I., Ballesteros, M., Sáez, F., Negro, M. J., & Manzanares, P. (2008). Optimizing Liquid Hot Water Pretreatment Cnditions to Enhance Sugar Recovery from Wheat Straw for Fuel-Ethanol Production. *Fuel*, 87(17–18), 3640–3647. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.06.009>
- Pramana, A., Cahyanto, M. N., Adhianata, H., & Zalfiatri, Y. (2020). Karakteristik Fisik Lignin pada Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit PT. Tunggal Perkasa Plantataions Provinsi Riau Menggunakan Metode Organosolv. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(1), 43–49. <https://doi.org/10.35970/jppl.v2i1.153>
- Pramono, C., Widodo, S., & Ardiyanto, M. G. (2019). Karakteristik Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu Dengan Matriks Epoxy. *Journal of Mechanical Engineering*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.31002/jom.v3i1.1442>

- Putra, M. A., Fadli, A., & Bahruddin. (2015). Pengaruh Pretreatment Batang Sawit terhadap Sifat dan Morfologi Wood Plastic Composite (WPC). *JOM FTEKNIK*, 2(1), 1-8.
- Rusdiani, L., Wulandari, F. T., & Rini, D. S. (2019). Pengaruh Perlakuan Pendahuluan dan Perbandingan Partikel Terhadap Sifat Fisika Papan Semen Pelepah Lontar (*Borassus flabellifer* Linn). *Jurnal Silva Samalas*, 2(1), 33-38.
- Saputri, L. H. (2020). *Teknologi Hilir Sawit (Limbah Sawit untuk Bioplastik)*. Deepublish.