

Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan

Cellulose Potential of Empty Fruit Bunches Waste as The Raw Material of Bioplastics Environmentally Friendly

DIAN PURWITASARI DEWANTI

Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Gedung 820 Geostek, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan
dianpurwitasari@gmail.com

ABSTRACT

Increase in extent tree crops palm oil and production raises the waste problem. Based on data BPS in 2015, palm oil production in Indonesia reach 31.07 million tons per annum. At 23 % of the palm oil production was Empty Fruit Bunches (EFB). Only 10 % of EFB already used for fuel of boilers and compost even though many once product that can made from the processing EFB. One of the use of EFB is to extract cellulose as raw material bioplastics environmentally friendly. This will help problem of environment posed by palm oil and the use of plastic is very much. The cellulose in EFB as much as 30 -40 % weight. Cellulose of the EFB extracted with two stages of the proceedings are delignification using sodium hydroxide (NaOH) 12 % for 3 hours continued Bleaching with hydrogen peroxide (H₂O₂) 10 % for 1.5 hours. From the extraction were obtained yield cellulose of 34 %. From the result has been concluded that cellulose has the potential very large for produced from EFB so meet the needs of raw materials bioplastics.

Keyword: oil palm, EFB, cellulose, bioplastics, delignification

ABSTRAK

Peningkatan luas lahan perkebunan kelapa sawit dan produksinya menimbulkan permasalahan sampah. Berdasarkan data BPS tahun 2015, produksi kelapa sawit di Indonesia mencapai 31,07 juta ton per tahun. Sebesar 23% dari total produksi kelapa sawit tersebut merupakan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Hanya 10% dari TKKS yang sudah dimanfaatkan untuk bahan bakar boiler dan kompos padahal banyak sekali produk yang bisa dibuat dari hasil pengolahan TKKS. Salah satu pemanfaatan TKKS adalah dengan mengekstraksi selulosa sebagai bahan baku bioplastik ramah lingkungan. Hal ini akan membantu permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh kelapa sawit dan pemakaian plastik sudah sangat banyak. Kandungan selulosa dalam TKKS sebesar 30-40% berat. Penelitian ini bertujuan menghitung potensi selulosa dari TKKS dengan mengekstraksi selulosa sehingga didapatkan *yield* selulosa yang terekstraksi. Selulosa dari TKKS tersebut diekstraksi dengan dua tahapan proses yaitu delignifikasi menggunakan natrium hidroksida (NaOH) 12% selama 3 jam dilanjutkan *bleaching* dengan hidrogen peroksida (H₂O₂) 10% selama 1,5 jam. Dari hasil ekstraksi tersebut didapatkan *yield* selulosa sebesar 34%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa selulosa memiliki potensi yang sangat besar untuk diproduksi dari TKKS sehingga memenuhi kebutuhan bahan baku bioplastik.

Kata kunci : kelapa sawit, TKKS, selulosa, bioplastik, delignifikasi

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data BPS tahun 2015, Indonesia memiliki luas perkebunan kelapa sawit sebesar 6.735.300 hektar yang tersebar di 22 propinsi dengan produksi kelapa sawit sebesar 31.070.000 ton per tahun. Sebanyak 25-26% dari total produksi kelapa sawit tersebut merupakan tandan kosong yang menjadi produk samping. Baru sebanyak 10% dari TKKS tersebut yang sudah dimanfaatkan untuk bahan bakar boiler maupun kompos, dan sisanya masih menjadi limbah⁽¹⁾. Tabel 1 menunjukkan sebaran produksi terbesar kelapa sawit beberapa propinsi di Indonesia.

Tabel 1. Sebaran produksi terbesar kelapa sawit beberapa propinsi di Indonesia

Propinsi	Produksi Tanaman Perkebunan (Ribu Ton)			
	2012	2013	2014	2015
SUMATERA UTARA	3975.43	4549.2	4870.2	5193.1
RIAU	6384.54	6647	6993.2	8059.8
JAMBI	1718.29	1749.62	1773.7	1794.9
SUMATERA SELATAN	2492.9	2690.62	2791.8	2821.9
KALIMANTAN TIMUR	1298.14	1349.78	1407.3	1586.6

TKKS tersusun dari beberapa zat penting yang dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi bahan lain yang lebih bernilai ekonomi. Komponen penyusunnya antara lain selulosa, lignin, holoselulosa, hemiselulosa, air dan zat ekstraktif lain. Komposisi zat penyusun TKKS dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi zat penyusun TKKS⁽²⁾

Komposisi	Kadar (%)
Kadar Air	8,56
Lignin	25,83
Holoselulosa	56,49
Selulosa	33,25
Hemiselulosa	23,24
Zat Ekstratif	4,19

Salah satu bahan yang sangat penting dari TKKS yang bisa dimanfaatkan menjadi produk lain yang bernilai tinggi adalah selulosa. Selulosa merupakan polimer alam yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan kain, bioetanol, dan bioplastik dengan mensintesisnya menjadi selulosa asetat. Selulosa yang terkandung dalam TKKS adalah 38,76%⁽³⁾ atau sekitar 37,50% dengan kandungan serat mencapai 72,67%⁽⁴⁾. Karena tingginya kandungan selulosa tersebut

menyebabkan TKKS potensial menjadi *raw material* untuk diambil selulosanya.

Selulosa menjadi penting untuk diekstraksi sebagai bahan baku pembuatan bioplastik karena pemakaian plastik yang semakin besar akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Bahan plastik akan mengganggu kesehatan manusia dan mencemari lingkungan karena plastik mempunyai sifat sulit terdegradasi dan membutuhkan waktu 100 hingga 500 tahun hingga dapat terdekomposisi dengan sempurna. Sedangkan bioplastik dari selulosa memiliki sifat *biodegradable* dan dapat terurai hingga 67% dalam waktu 2 - 3 minggu pada media *sludge* aktif pengolahan air limbah⁽⁵⁾.

Persiapan sebelum ekstraksi selulosa adalah mencuci bersih TKKS dan memotong-motong dengan ukuran 3 - 5 cm. Ekstraksi dilakukan dengan dua tahapan proses yaitu delignifikasi menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) 12% (b/v) dalam waktu 3 jam pada suhu 90 - 95 °C dan dilanjutkan dengan proses *bleaching* menggunakan larutan hidrogen peroksida (H₂O₂) 10% (b/v) dalam waktu 1,5 jam⁽⁶⁾.

Selulosa tidak dapat langsung diproses menjadi bioplastik. Hal ini disebabkan karena selulosa tidak dapat larut dalam kebanyakan pelarut⁽⁷⁾. Untuk membentuk bioplastik, selulosa diasetilasi dengan asetat anhidrat untuk menghasilkan selulosa asetat⁽⁸⁾. Selulosa bisa diproses dengan asetilasi⁽⁹⁾ menjadi selulosa ester seperti selulosa (di)asetat dan selulosa (tri)asetat yang selanjutnya dikonversi menjadi material termoplastik. Untuk tujuan pembuatan bioplastik yang berupa lembaran maka yang dikehendaki adalah selulosa diasetat⁽¹⁰⁾ atau selulosa sekunder dengan derajat substitusi 1,2 - 1,9. Proses konversi membutuhkan bahan tambahan seperti Poli Etilen Glikol (PEG) dan dilanjutkan proses fisika yang meliputi laminating, injeksi atau ekstrusi sehingga terbentuk lembaran⁽¹¹⁾.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan menghitung potensi selulosa dari TKKS dengan mengekstraksi selulosa sehingga didapatkan persen *yield*-nya. Analisa FTIR dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang selulosa hasil ekstraksi dan dilihat serapan gelombang pada gugus fungsi pembentuk selulosa untuk mengetahui bahwa yang diekstraksi adalah benar selulosa.

Dari *yield* yang didapat maka dapat dihitung potensi selulosa TKKS dari total produksi kelapa sawit di Indonesia sebagai bahan baku bioplastik yang ramah lingkungan menggantikan plastik yang selama ini berbahan baku dari minyak bumi.

2. BAHAN DAN METODE

Bahan yang akan diekstraksi untuk diambil selulosanya adalah TKKS dari pohon kelapa

sawit di Kompleks Perkantoran Puspipstek Serpong. TKKS dicuci bersih kemudian dikeringkan dalam oven dan dipotong-potong dengan ukuran 3 - 5 cm. TKKS kemudian *delignifikasi* menggunakan larutan NaOH 12% (b/v) selama 3 jam pada suhu yang dijaga 90 – 95 °C. Setelah itu larutan didinginkan dan disaring untuk mendapatkan selulosa yang terpisah dari NaOH dan komponen lain dari TKKS.

Proses selanjutnya adalah *bleaching* menggunakan larutan H₂O₂ 10% (b/v) selama 1,5 jam dengan suhu yang dijaga 80 - 90 °C. Selanjutnya selulosa dicuci bersih dengan akuades hingga pH netral dan didapatkan selulosa dengan kemurnian tinggi. Dari hasil ekstraksi tersebut, dapat dihitung persen *yield* selulosa yang terekstraksi. Untuk memastikan bahwa selulosa yang terekstraksi maka dilakukan analisa FTIR.

Dari persen *yield* selulosa yang didapat, potensi selulosa dari TKKS yang dapat dimanfaatkan untuk bioplastik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Potensi selulosa (ton)} = \text{jumlah produksi kelapa sawit (ton)} \times \% \text{ TKKS} \times \% \text{ selulosa} \times \text{yield selulosa} \dots (1).$$

$$\text{Potensi bioplastik yang dapat dibuat} = \text{potensi selulosa (ton)} \times \text{yield selulosa asetat} \dots (2).$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

TKKS merupakan hasil samping perkebunan kelapa sawit yang beratnya mencapai 23% dari berat tandan segar kelapa sawit. Selama ini baru 10% dari TKKS yang dimanfaatkan. Diantaranya adalah untuk bahan bakar ketel uap dan kompos. Sisa TKKS lain yang belum termanfaatkan menjadi masalah sampah. Dalam TKKS terdapat beberapa komponen penyusun yang dapat diekstraksi dan dimanfaatkan menjadi produk lain yang lebih berharga. Salah satu komponen TKKS tersebut adalah selulosa. Selulosa merupakan bahan penyusun TKKS dengan persentase paling besar yaitu sekitar 30 - 40%.

Selulosa dari TKKS dapat dimurnikan melalui dua tahap proses yaitu *delignifikasi* yang dilanjutkan dengan *bleaching*. *Delignifikasi* merupakan proses yang bertujuan melarutkan komponen lain dari TKKS selain selulosa. Dalam penelitian ini *delignifikasi* menggunakan NaOH 12% (b/v) pada suhu yang dijaga 90 – 95 °C selama 3 jam. Melalui *delignifikasi* diharapkan komponen seperti hemiselulosa, lignin, holoselulosa, dan komponen lain dapat larut. NaOH dipilih karena lignin lebih larut dalam kondisi alkali dan selulosa tidak⁽¹²⁾.

Konsentrasi NaOH yang digunakan pada proses *delignifikasi* tidak boleh melebihi 17% karena selulosa akan mengalami perubahan struktur yang sangat berbeda dari aslinya pada

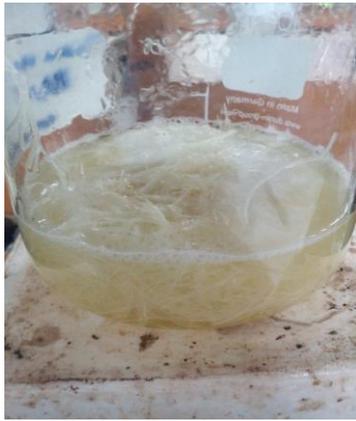
konsentrasi NaOH 15 - 20 %⁽¹³⁾. Selanjutnya selulosa yang didapat dari proses *delignifikasi* disaring untuk memisahkan dengan pelarutnya. Selulosa yang didapat masih berwarna cokelat gelap karena masih ada pigmen dan sisa lignin yang masih terikat dalam selulosa. Gambar 1 menunjukkan warna TKKS dalam larutan NaOH 12%.



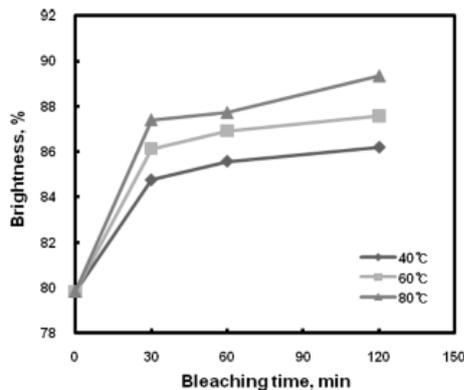
Gambar 1. TKKS yang sedang *delignifikasi*

Untuk menghilangkan pigmen dan sisa lignin, maka dilakukan proses lanjutan yaitu proses *bleaching* dengan hidrogen peroksida (H₂O₂). Pemilihan larutan H₂O₂ untuk *bleaching* karena H₂O₂ berbasis oksigen yang sangat efisien, *low cost*, dan sedikit menimbulkan pencemaran lingkungan⁽¹⁴⁾. Selulosa hasil ekstraksi yang akan di *bleaching* masih berwarna kuning terang⁽¹⁵⁾. H₂O₂ yang digunakan adalah larutan H₂O₂ 10% (b/v). *Bleaching* dilakukan dengan pemanasan pada suhu 85 – 90 °C selama 1,5 jam. *Bleaching* pada waktu kurang dari 1,5 jam akan menghasilkan tingkat kecerahan selulosa yang masih rendah, akan tetapi ketika *bleaching* lebih dari 1,5 jam, tingkat kecerahan selulosa cenderung konstan. Sehingga, waktu 1,5 jam dipilih karena kondisinya paling optimum. Begitu pula suhu yang digunakan untuk *bleaching*, suhu optimum adalah 80°C⁽¹⁴⁾. Kondisi selulosa ketika sedang di *bleaching* terlihat seperti gambar 2.

Setelah selesai *bleaching* didapatkan selulosa yang berwarna putih bersih/cerah. Warna putih cerah tersebut menunjukkan bahwa pigmen serta lignin sudah larut sehingga didapatkan selulosa dengan kemurnian tinggi. Gambar 3 menunjukkan pengaruh waktu dan suhu *bleaching* dengan tingkat kecerahan selulosa.



Gambar 2. Kondisi selulosa ketika proses *bleaching*



Gambar 3. Efek waktu dan suhu *bleaching* dengan tingkat kecerahan selulosa

Selulosa yang didapat kemudian dicuci bersih berulang-ulang menggunakan akuades hingga pH netral. Pemanasan dilakukan untuk menghilangkan sisa air yang masih tersisa dalam selulosa. Selulosa yang didapatkan setelah pemanasan seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Selulosa TKKS

Selanjutnya berat selulosa dihitung untuk mengetahui persen *yield* yang didapat. Dari hasil penelitian ini, dari 10 gram TKKS yang diekstraksi, didapatkan selulosa sebesar 3,4 gram. Sehingga persen *yield* selulosa yang diperoleh, dapat dihitung dengan rumus 1.

$$yield (\%) = \frac{\text{berat bahan mula} - \text{mula}}{\text{berat selulosa}} \times 100\% \quad \dots(1)$$

Hasil ekstraksi selulosa dengan NaOH 12% didapatkan *yield* selulosa sebesar 34%. Selulosa yang dapat diekstraksi dengan delignifikasi NaOH dan *bleaching* H₂O₂ ini mencapai 80% dari total selulosa yang terkandung dalam TKKS.

Pada penelitian sebelumnya dengan NaOH 10% pada suhu 60 °C selama 90 menit, didapatkan *yield* sebesar 43,22%⁽¹⁶⁾. Berdasarkan penelitian lain pada ekstraksi selulosa dengan *delignifikasi* NaOH 4% wt dan *bleaching* dengan H₂O₂ 7,2% wt *yield* selulosa yang didapat sebesar 8,35%⁽¹⁷⁾. Selulosa yang didapatkan dengan 500 ml larutan NaOH 2% pada suhu 80 °C selama 30 menit memiliki kadar kemurnian sebesar 94,26%⁽¹⁸⁾. Selulosa juga dapat diekstraksi dengan delignifikasi dengan 500 ml NaOH 17,5% pada suhu 80 °C selama 30 menit⁽¹⁹⁾.

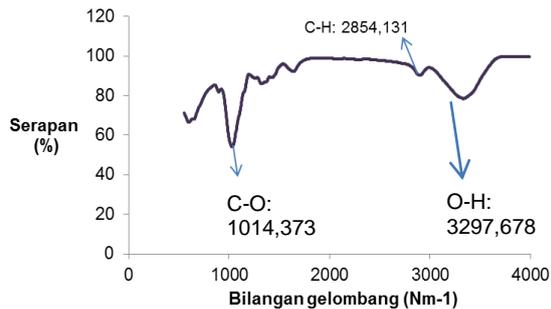
Banyak sedikitnya selulosa yang dapat diekstraksi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah konsentrasi NaOH, suhu, dan karakteristik dari TKKS yang menjadi bahan baku utamanya.

NaOH dalam proses delignifikasi berfungsi untuk melarutkan komponen lain selain selulosa dalam TKKS sehingga diharapkan akan didapat selulosa dengan kemurnian yang tinggi. Pada penelitian ini, NaOH sebesar 12% menghasilkan *yield* yang cukup tinggi yaitu mencapai 80% dari total selulosa yang terkandung dalam TKKS. Hal ini karena konsentrasi NaOH yang digunakan sudah cukup untuk mengekstraksi selulosa TKKS. Pada konsentrasi yang lebih rendah akan didapatkan *yield* selulosa yang rendah sedangkan pada konsentrasi yang terlalu tinggi akan menyebabkan *yield* selulosa yang didapat menurun⁽¹⁴⁾.

Selain pengaruh konsentrasi NaOH, faktor lain yang mempengaruhi adalah suhu operasi. Pada penelitian ini suhu dijaga kurang dari 100 °C dengan tujuan agar tidak banyak air yang menguap atau hilang selama proses, karena dengan berkurangnya jumlah air dalam larutan akan menyebabkan peningkatan konsentrasi NaOH sehingga menurunkan *yield* selulosa yang diharapkan.

Selain kedua faktor diatas, karakteristik TKKS yang menjadi bahan baku juga berpengaruh. Karena kandungan selulosa dari tiap TKKS juga berbeda yang dipengaruhi oleh distribusi nutrisinya. Sehingga, hasil selulosa yang didapatkan akan berbeda meskipun sumber TKKS adalah dari pohon kelapa sawit yang sama.

Untuk memastikan bahwa selulosa hasil ekstraksi dari penelitian ini adalah benar selulosa, maka dilakukan karakterisasi menggunakan analisa FTIR untuk melihat gugus fungsi pembentuk selulosa yang terdapat dalam sampel selulosa yang diuji. Gambar 5 menunjukkan hasil FTIR selulosa TKKS dari penelitian ini.



Gambar 5. Analisa FTIR selulosa TKKS

Berdasarkan hasil analisa FTIR didapatkan bilangan gelombang untuk gugus fungsi spesifikasi selulosa TKKS yaitu gugus O-H pada daerah 3297,678 cm^{-1} , C-H pada 2854,131 cm^{-1} dan C-O pada 1014,37 cm^{-1} . Hasil analisis FTIR dari penelitian ini menunjukkan hasil yang mendekati sama dengan penelitian sebelumnya yaitu gugus O-H pada daerah 3348 cm^{-1} , C-H pada 2901 cm^{-1} dan C-O pada 1065 cm^{-1} ⁽⁸⁾.

Berdasarkan hasil ekstraksi tersebut dapat dihitung berapa potensi selulosa yang dapat diekstraksi dari limbah TKKS yang ada di Indonesia saat ini. Berdasarkan neraca massa bahan, setiap tandan buah segar (TBS) sawit yang diolah di pabrik kelapa sawit akan menghasilkan 25 - 26% TKKS⁽⁴⁾. Perhitungan potensi pemanfaatan selulosa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total TKKS per tahun}^{(4)} \\ &= 25\% \times 31.070.000 \text{ ton} \\ &= 7.767.500 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TKKS yang sudah dimanfaatkan sebesar} \\ &= 10\% \times 7.767.500 \text{ ton} \\ &= 776.750 \text{ ton}^{(1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TKKS yang menjadi limbah} \\ &= 7.767.500 - 776.750 \\ &= 6.990.750 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potensi selulosa dengan kandungan } 37,5\% \text{ dari} \\ \text{TKKS}^{(4)} : \\ &= 2.621.531 \text{ ton} \end{aligned}$$

Apabila selulosa yang dapat diekstraksi adalah sebesar 80% dari total selulosa dalam TKKS, maka potensi selulosa sebesar 2.097.225 ton. Sehingga, dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa potensi selulosa yang dapat diekstraksi untuk kemudian diolah menjadi bahan baku bioplastik adalah 2.097.225 ton per tahun.

Data produksi plastik di Indonesia pada tahun 2015 adalah sebesar 2,6 juta ton. Plastik - plastik yang digunakan tersebut selanjutnya akan menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan. Hal ini karena sifat plastik yang tidak dapat diuraikan dengan cara alami oleh

lingkungan dan membutuhkan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk dapat terdegradasi dengan sempurna. Dengan melihat data tersebut, sangat mendesak untuk dilakukan produksi plastik yang berbasis bahan alam yang dapat dengan cepat terurai secara alami dengan ketersediaan bahan baku yang besar. Sehingga, selulosa TKKS sangat potensial untuk dimanfaatkan menjadi bahan baku bioplastik menggantikan plastik yang dibuat dari bahan fosil.

Selulosa yang nantinya disintesis menjadi selulosa asetat dan menjadi membran/bioplastik dapat dihidrolisis menggunakan cara kimiawi maupun hayati. Hidrolisis secara hayati dengan menggunakan enzim murni atau mikroorganisme penghasil enzim selulosa⁽²²⁾. Dengan metode penguburan dalam media tanah yang mengandung mikroorganisme, membran selulosa asetat dapat terdegradasi dalam waktu 5 minggu dengan melihat hasil analisa SEM yang terlihat lubang-lubang membran akibat degradasi⁽²³⁾. Sehingga, apabila selulosa diproses menjadi bioplastik untuk menggantikan plastik dari minyak bumi maka permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh lamanya proses penguraian bisa teratasi. Hal ini karena waktu degradasi bioplastik yang sangat cepat (5 minggu) dibandingkan plastik dari minyak bumi yang memerlukan waktu ratusan tahun agar bisa terdegradasi.

Proses sintesis bioplastik dengan bahan selulosa dimulai dengan sintesis selulosa dengan asam asetat anhidrat⁽²⁴⁾ sehingga membentuk selulosa asetat. Pada sintesis selulosa asetat dengan TKKS dan asam asetat anhidrat sebagai reaktan dan katalis H_2SO_4 ^(25,26) sebanyak 1% (v/v) menghasilkan *yield* sebesar 17,28%. Ini artinya, dari massa total selulosa yang direaksikan, didapatkan selulosa asetat sebesar 17,28%⁽²⁰⁾. Sintesis selulosa asetat dengan pelarut asam asetat anhidrat dengan katalis iodin dapat menghasilkan selulosa asetat dengan konversi sebesar 50-80%⁽²¹⁾.

Apabila potensi selulosa yang dapat diproduksi dari TKKS sebesar 2.097.225 ton dengan *yield* selulosa asetat yang dapat dihasilkan sebesar 17,28%, maka potensi bioplastik yang dapat diproduksi sebesar 362.400,48 ton. Sehingga dengan kebutuhan plastik per tahun yang mencapai 2,6 juta ton, maka plastik yang dapat disubstitusi dengan bioplastik berbahan baku selulosa TKKS adalah sebesar 17,3%.

4. KESIMPULAN

Potensi selulosa dari TKKS yang dapat dimanfaatkan untuk produksi bioplastik adalah 2.097.225 juta ton dengan asumsi *yield* bioplastik yang didapatkan sebesar 17,28% maka 17,3% plastik dapat digantikan dengan bioplastik. Sehingga, pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah plastik dapat dikurangi.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih diberikan kepada Ibu Dewi Tristatini, Ph.D dan Ibu Dr. Eny Kusriani selaku Dosen Teknik Kimia Universitas Indonesia serta Dr. M. Hanif, M. Eng yang telah membimbing penelitian ini sehingga didapatkan data hasil ekstraksi selulosa dari TKKS serta hasil karakterisasinya dengan analisa FTIR.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ngadi, N., & Lani, N. S. (2014). Extraction and Characterization of Cellulose Acetate from Empty Fruit Bunch (EFB) Fiber. *Jurnal Teknologi*, 35-36.
2. Sudiyani, Y. (2009). Utilization of Biomass Waste Empty Fruit Bunch Fiber of Palm Oil for Bioethanol Production. *Reasearch Workshop on Sustainable Biofuel*, (pp. 1-15). Jakarta.
3. Bahmid, N. A., Syamsu, K., & Maddu, A. (2014). Pengaruh Ukuran Serat Selulosa Asetat dan Penambahan Dietilen Glikol (DEG) terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Bioplastik. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 226-234.
4. Herawan, T., & Rivani, M. (2010). Produksi Aseton-Butanol-Etanol dari Hidrolisat Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Laporan Pnelitian Kerjasama PPKS-PTPN IV*, 16.
5. Puls, J. (2011). Degradation of Cellulose Acetate-Base Material. *Jpolumenviron*, 152-154.
6. Biswas, A., Selling, G., Appell, M., Woods, K., Willet, J., & Buchanan, C. (2007). Iodine Catalized Esterification of Cellulose Using Reduced Levels of Solvent. *Carbohydrat Polymers*, 555-560.
7. Rachmaniah, O., Febriyanti, L., & Lazuardi, K. (2009). Pengaruh Liquid Hot Water terhadap Perubahan Struktur Sel Bagas. *Prosiding Seminar Nasional XIV* (pp. 30-40). Surabaya: FTI-ITS.
8. Bahmid, N. A., Syamsu, K., & Maddu, A. (2013). Production of Cellulose Acecate from Oil Palm Empty Fruit BUnches Cellulose. *Chemical and Process Engineering Research*, 12-15.
9. Granstrom, M. (2009). *Cellulose Derivatives : Synthesis, Properties and Applications*. Finland: University of Helsinki.
10. Gaol, M. L., Sitorus, R., Surya, I., & Manurung, R. (2013). Pembuatan Selulosa Asetat dari Alfa-Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 33-39.
11. Jabeen, N., Majid, I., & Nayik, A. (2015). Bioplastics anf Food Packaging : A review. *Cogen, Food & Agriculture*, 1-6.
12. Herawan, T., & Rivani, M. (2010). Produksi Aseton-Butanol-Etanol dari Hidrolisat Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Laporan Pnelitian Kerjasama PPKS-PTPN IV*, 16.
13. Anonim. (2014). Chemical composition and Structure of NATural Lignocellulose. *Biotechnology of Lignocellulose*, 25-71.
14. Li, L., Lee, S., Lee, L. H., & Youn, J. H. (2011). Hydrogen Peroxide Bleaching of Hardwood Kraft Pulp with Adsorbed Birch Xylan and Its Effect on Paper Properties. *Bioreasources*, 721-736.
15. Nazir, M. S., Wahjoedi, B. A., Yussof, A. W., & Abdullah, M. A. (2013). Eco-Frinedly Extraction and Characterization of Cellulose from Oil Palm Empty Fruit Bunches. *BioResources*, 2161-2172.
16. Asri, M., & Ramli, S. (2015). Characterization of Cellulose Extracted from Oil Palm Empty Fruit Bunch. *AIP Conf.Proc.1687,050016*, 1-5.
17. Julianto, H., Farid, M., & Rasyida, A. (2017). Ekstraksi Nanoselulosa dengan Metode Hidrolisis Asam sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik ITS Vol.6, No.2*, 243-246.
18. Nurul, T. (2016). *Pengaruh Konsentrasi NaOH pada Karakterisasi Alfa-Selulosa dari Tandan Kosong Sawit (TKS)*. Bandar Lampung: Fakultas FMIPA Universitas Lampung.
19. Nosya, M. A. (2016). *Pembuatan Mikrokrystal Selulosa dari Tandan Kosong*

Kelapa Sawit. Bandar Lampung: Fakultas FMIPA Universitas Lampung.

20. Tristantini, D., Kusriani, E., & Dewanti, D. P. (2017). Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate from Natural Fiber as A Substitute Microbeads Polyethylene Environmentally Friendly. *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*.
21. Cheng, H., Dwod, M., Selling, G., & Biswas, A. (2010). Synthesis of Cellulose Acetate from Cotton Byproducts. *Carbohydrat POlymer*, 449-452.
22. Hardjo, S., Indrasti, N., & Bantacut, T. (1989). *Biokonversi Pemanfaatan Limbah Pertanian*. Bogorr: PAU PAngan dan Gizi IPB.
23. Istiqlalah, A. (2006). *Biodegradasi Membran Selulosa Asetat Berpori dari Limbah Kulit Nanas Menggunakan Bacillus subtilis*. Bogor: Departemen KImia FMIPA IPB.
24. Taubman, E. (1935). *Preparation of Cellulose Acetate with Acetic Acid*. Massachusetts Institute of Technology.
25. Bikales, N., & Segl, L. (1971). Cellulose and Cellulose derivatives. *High Polymers Series*.
26. Biswas, A., Selling, G., Appell, M., Woods, K., Willet, J., & Buchanan, C. (2007). Iodine Catalized Esterification of Cellulose Using Reduced Levels of Solvent. *Carbohydrat Polymers*, 555-560.

