



## Fabrikasi Material Bioplastik Dari Selulosa Hasil Ekstraksi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Hendra Saputra<sup>1\*</sup>, Wiranda Panggabean<sup>1</sup>, Dimas Frananta Simatupang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pengolahan Hasil Perkebunan Kelapa Sawit, Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Indonesia

\*Korespondensi: endsaputra11@gmail.com

### Info Artikel

Diterima 16  
Januari 2023

Disetujui 02  
Februari 2023

Dipublikasikan 09  
Februari 2023

**Keywords:**  
Bioplastik;  
Selulosa; Tandan  
Kosong Kelapa  
Sawit.

© 2023 The  
Author(s): This is  
an open-access  
article distributed  
under the terms of  
the Creative  
Commons  
Attribution  
ShareAlike (CC BY-  
SA 4.0)



### Abstrak

Limbah kelapa sawit merupakan bagian tersisa dari hasil tanaman kelapa sawit yang bukan tergolong ke dalam produk utama ataupun hasil dari bagian proses pengolahan kelapa sawit. Setiap tahunnya produksi kelapa sawit semakin meningkat yang mengakibatkan kemungkinan juga terjadi peningkatan pada limbah kelapa sawit. Pemanfaatan limbah tanda kosong kelapa sawit (TKKS) mencapai 22-23% saat ini. Salah satu cara untuk memanfaatkan TKKS adalah dengan mengekstraksi selulosa sebagai bahan baku fabrikasi bioplastik yang ramah lingkungan. Hal ini mampu mengurangi permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh limbah kelapa sawit dan limbah plastik yang sulit terurai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan selulosa yang ada pada TKKS yang berpotensi sebagai bahan baku fabrikasi bioplastik. Selulosa yang diekstraksi melalui proses delignifikasi NaOH 12% mendapatkan perolehan selulosa rata-rata 44,70% terhadap TKKS dan berwarna hitam. Untuk memastikan kandungan selulosa maka dilakukan pengujian metode SNI dan diperoleh hasil rata-rata 90,33% dan berwarna krem. Untuk menghilangkan sisa pigmen dilakukan bleaching dan diperoleh persen rendemen rata-rata 71% dengan warna krem cerah. Perolehan selulosa di pengaruhi oleh konsentrasi larutan, waktu dan suhu. Dengan persen perolehan selulosa yang tinggi pada ekstraksi TKKS maka dapat diolah menjadi bahan baku bioplastik yang lebih ramah lingkungan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengganti plastik.

### Abstract

Palm oil waste is the remaining part of the palm oil crop that is not classified as the main product or the result of the palm oil processing process. Every year the production of palm oil is increasing which results in the possibility that there will also be an increase in palm oil waste. Utilization of palm empty fruit bunch (PEFB) reaches 22-23% at present. One way to utilize PEFB is by extracting cellulose as a raw material for bioplastic fabrication that is environmentally friendly. This is able to reduce environmental problems caused by palm oil waste and plastic waste which are difficult to decompose. This study aims to determine the cellulose content in PEFB which has the potential as a raw material for bioplastic fabrication. The cellulose extracted through the 12% NaOH delignification process obtained an average cellulose recovery of 44.70%

of PEFB and was black in color. To ensure the cellulose content, the SNI method was tested and the average yield was 90.33% and the color was cream. To remove the remaining pigment, bleaching was carried out and an average yield percent was obtained of 71% with a bright beige color. The cellulose yield was influenced by the concentration of the solution, time and temperature. With a high percentage of cellulose recovery in PEFB extraction, it can be processed into bioplastic raw materials that are more environmentally friendly so that they can be used as a substitute for plastic.

## 1. Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan komoditas penghasil kelapa sawit terbesar di dunia dan tentunya memunculkan potensi limbah sawit yang juga sangat besar. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) di negara Indonesia merupakan limbah dari pabrik kelapa sawit (PKS) yang totalnya sangat banyak. Dalam pengolahan 1 ton Tandan Buah Segar (TBS) maka akan dihasilkan TKKS yang mencapai 22–23% atau berkisar antara 220–230 kg TKKS (Dewanti, 2018). Kenyataannya limbah ini belum didaur ulang atau dimanfaatkan dengan baik oleh mayoritas PKS dan masyarakat di Indonesia. Pengolahan atau pemanfaatan TKKS oleh PKS masih dikategorikan sangat terbatas. Fakta dilapangan mengungkapkan bahwa kebanyakan PKS di Indonesia masih menggunakan cara kuno yaitu dengan membakar TKKS dalam *incinerator* yang walaupun teknik ini sudah dilarang oleh pemerintah setempat. Beberapa alternatif pengolahan TKKS adalah dengan menimbun (*open dumping*), kemudian dibuat mulsa di perkebunan kelapa sawit, atau diolah lebih lanjut menjadi kompos. TKKS merupakan limbah yang banyak mengandung selulosa dan penggunaannya masih sekitar 10% dimanfaatkan oleh industri, sehingga masih dapat di dimanfaatkan sebagai bahan baku bagi produk-produk yang berbasis selulosa (Wahyudi et al., 2020). Zat penting yang terkandung dalam TKKS dapat dimanfaatkan dan diolah lebih lanjut menjadi bahan-bahan lainnya yang nilai ekonomi yang tinggi. Komponen penyusunnya antara lain selulosa, lignin, holoselulosa, hemiselulosa, air dan zat ekstraktif lain. Kandungan selulosa yang cukup tinggi menjadi potensi besar untuk di dimanfaatkan menjadi bahan dasar plastik *biodegradable*. Ditinjau dari neraca massa bahan maka setiap tandan dari buah segar sawit yang diolah di PKS akan menghasilkan 25-26% TKKS (Permadani & Silvia, 2022).

Plastik *biodegradable* atau yang dapat didaur ulang secara alami merupakan jenis plastik yang dapat digunakan seperti plastik konvensional pada umumnya tetapi memiliki kemampuan untuk terurai secara alami atau terdegradasi dengan adanya aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan air dan senyawa tidak berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan (Rinaldi Febrianto Sinaga et al., 2014). Selulosa yang pada dasarnya tidak memiliki sifat plastis sehingga belum bisa digunakan langsung sebagai plastik *biodegradable* atau dikenal dengan bioplastik. Fabrikasi bioplastik dari selulosa TKKS harus melalui beberapa tahapan proses. Teknik alternatif yang paling sederhana adalah melalui modifikasi selulosa TKKS. Modifikasi dapat dilakukan dengan mengubah struktur selulosa atau dengan menambahkan beberapa gugus fungsional (Pradana et al., 2017).

Untuk mengetahui karakterisasi dari bioplastik yang dibuat maka bisa dilakukan beberapa pengujian. Pengujian biodegradasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan degradasi bioplastik menggunakan media tumbuh PDA dengan jamur *Aspergillus Niger*. Umumnya akan dicari berapa laju penurunan berat molekul dalam waktu tertentu sehingga akan diketahui waktu yang dibutuhkan sampel bioplastik terdekomposisi secara alami. Proses ini dilakukan menggunakan uji viskositas. Teknik lainnya menggunakan teknik *soil burial test* (Subowo & Pujiastuti, 2003) yaitu dengan metode penanaman bioplastik kedalam tanah. Sampel berbentuk film bioplastik dimasukkan kedalam tanah yang ditempatkan dalam pot dan dilakukan pengamatan per harinya (pengamatan degradasi secara sempurna atau tidak). Proses degradasi film bioplastik dalam tanah atau analisis *biodegradable* plastik dilakukan melalui pengamatan secara visual. Pengujian kuat tarik adalah salah satu sifat mekanik film bioplastik yang sangat penting dikarenakan film bioplastik yang memiliki kemampuan akan kekuatan tarik tinggi maka akan mampu melindungi produk yang dikemasnya dari gangguan mekanis. Kekuatan tarik merupakan tegangan maksimum yang mampu ditahan oleh sebuah material ketika diregangkan atau ditarik dan sebelum material tersebut patah. Beberapa material bisa patah secara spontan tanpa mengalami deformasi, yang berarti benda tersebut bersifat rapuh atau getas (*brittle*) (Mandasari et al., 2018; Wahyuni, 2001).

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan pembuatan bioplastik menunjukkan perhatian yang signifikan dalam pemanfaatan berbagai limbah sebagai sumber selulosa. Salah satu limbah dalam PKS adalah TKKS yang berasal dari Pulau Bangka Indonesia dan memiliki potensi dalam pembuatan bioplastik. Selulosa yang terdapat pada TKKS tersebut berkisar 30% (Isroi et al., 2017). TKKS lainnya diperoleh dari PKS Banyu Asin Indonesia dengan membuat campuran dengan *white rice* dan *plasticizer* untuk fabrikasi bioplastik dengan studi pendahuluan (Husaini et al., 2021). Selanjutnya dengan adanya penambahan terhadap jenis dan konsentrasi dari *plasticizer* dapat meningkatkan kualitas bioplastik dari TKKS Kalimantan (Andahera et al., 2019) dan dengan penambahan *pulp* TKKS dan diaktivasi dengan asam sitrat (Widyaningrum et al., 2020). Untuk menambah kajian literatur dan penelitian mengenai pembuatan bioplastik dari limbah TKKS maka diperlukan riset menggunakan TKKS dalam fabrikasi bioplastik dengan ekstraksi selulosa dari TKKS, proses *bleaching* dan pembuatan bioplastik dengan penambahan pati dan sorbitol.

## 2. Metode Penelitian

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *hot plate* (pemanas), corong, gelas beaker, labu ukur, erlenmeyer, kertas saring, wadah, *magnetic stirrer*, tabung *centrifuge*, *tube centrifuge*, timbangan analitik, buret, pipet tetes, spatula, oven, termometer, cawan petri, pH meter, gelas ukur, dan batang pengaduk. Adapun bahan yang digunakan meliputi sampel Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), asam asetat glasial, natrium hidroksida (NaOH), larutan peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), pati, sorbitol dan akuades.

### Tahap *Pretreatment*

Pemotongan dan pencacahan TKKS sesuai variasi 0,5-3 cm. Sampel TKKS yang telah disiapkan kemudian dikeringkan dengan oven bersuhu 105°C selama 1

hari (24 jam). Sampel selanjutnya ditimbang sebanyak  $\pm 10$  g untuk dijadikan sampel pada proses selanjutnya.

### **Tahap Delignifikasi**

Larutan NaOH konsentrasi 12% (b/v) ditambahkan pada sampel dan diaduk pada *magnetic stirrer* pada suhu 90-95°C selama 3 jam. Larutan didinginkan kemudian disaring sampai pH netral dengan disiram air panas. Larutan dikeringkan dalam oven dan dihitung rendemen selulosa.

### **Tahap Uji Selulosa**

Pada tahap ini menggunakan uji selulosa menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 14-0444-1989 dan 0444-2009 (BSN, 2009). Sebanyak 3 gram selulosa ditimbang dan dimasukkan ke gelas beaker. Selulosa dibasahkan menggunakan larutan NaOH 17,5% (b/v) sebanyak 15 mL dan diaduk selama 60 detik. Lalu ditambahkan larutan NaOH 17,5% (b/v) sebanyak 10 mL dan diaduk selama 45 detik. Dilanjutkan dengan penambahan sebanyak 10 mL larutan NaOH 17,5% (b/v) berikutnya dengan pengadukan 15 detik. Campuran tersebut didiamkan selama 3 menit. Selanjutnya larutan 10 mL NaOH 17,5% (b/v) diaduk selama 10 menit. Penambahan 3x dengan larutan NaOH 17,5% (b/v) sebanyak 10 mL setelah 2,5-7,5 menit kemudian dibiarkan selama 30 menit pada keadaan tertutup. Ditambahkan akuades sebanyak 100 mL dan didiamkan selama 30 menit. Campuran tersebut lalu disaring dengan kertas saring dan diambil endapannya. Kemudian endapan tersebut dicuci menggunakan akuades 50 mL sebanyak 5 kali. Lalu, ditambahkan larutan asam asetat glasial 2N sebanyak 12,5 mL dan diaduk selama 5 menit. Kemudian dicuci dengan akuades sampai bebas asam dan diuji pH dengan kertas lakmus. Endapan lalu dikeringkan menggunakan oven bersuhu 105°C selama 1 jam dan kemudian didinginkan dalam desikator lalu ditimbang sampai beratnya konstan. Kadar selulosa dihitung dengan rumus standar perhitungan kadar.

### **Tahap Bleaching**

Selulosa *dibleaching* menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsentrasi 10% (b/v) selama 90 menit pada rentang suhu 80-90°C. Kemudian selulosa dicuci bersih sampai mencapai keadaan pH netral dan dikeringkan di oven. Berat selulosa dihitung menggunakan rumus standar rendemen.

### **Tahap Pembuatan Bioplastik**

Selulosa hasil *bleaching* direndam dalam larutan asam asetat glasial konsentrasi 10% (v/v) selama 2 jam pada rentang suhu 60-90°C. Tujuan proses ini adalah untuk memodifikasi selulosa agar memiliki serat yang halus dan berwarna bening. Selanjutnya selulosa disaring dan dicuci bersih kemudian dikeringkan didalam oven. Kemudian pati dan selulosa kering dibuat dengan perbandingan berat pati dengan selulosa kering (1,5:1). *Plasticizer* juga ditambahkan sesuai variasi sorbitol (7 mL, 11 mL, 15 mL, 19 mL, 23 mL, 30 mL) kedalam larutan pati dan selulosa. Larutan ini diaduk dan dipanaskan selama 10-15 menit dengan suhu 90°C dan dilakukan percetakan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Analisis Ekstraksi TKKS

Massa TKKS menjadi berkurang setelah proses delignifikasi terlihat. Semakin besar konsentrasi larutan yang digunakan maka menyebabkan semakin banyak lignin yang terikat. Pemasakan dengan larutan NaOH berpengaruh ke perolehan massa TKKS yang dapat melarutkan komponen lain seperti lignin, senyawa grup asetil dan hemiselulosa. Perlakuan dengan larutan NaOH dapat mengakibatkan terjadinya pengembangan pada selulosa karena selulosa tidak larut dengan larutan NaOH dimana kandungan lain akan larut dan berwarna hitam (Muryanto et al., 2016).

Semakin lama waktu dan semakin tinggi suhu akan menghasilkan sedikit massa TKKS (Sindhuwati et al., 2021). Semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan semakin banyak selulosa yang akan terlepas dari lignin dan semakin banyak lignin yang akan terurai dan semakin sedikit lignin yang akan tersisa (Permatasari et al., 2014). Namun dalam waktu proses dari 1,5 jam hingga 2,5 jam relatif cukup konstan sehingga disimpulkan bahwa waktu sudah tidak terlalu berpengaruh terhadap proses transfer masa lignin dari bahan ke pelarut NaOH. Hal ini disebabkan karena masa sudah mencapai keseimbangan atau pelarut sudah mengalami kejenuhan terhadap kadar lignin (Fatimah et al., 2018). Selulosa yang didapatkan masih berwarna coklat karena masih ada pigmen dan sisa lignin yang terikat dalam selulosa. Perolehan selulosa dapat diamati pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Hasil Ekstraksi Selulosa dari TKKS

#### Analisis Kadar Selulosa dan *Bleaching*

Uji SNI dilakukan untuk menunjukkan kandungan selulosa yang terdapat pada TKKS yang telah didelignifikasi, hasil dari uji SNI di dapatkan rata-rata 90,33% dan berwarna krem. Warna krem menandakan masih ada kandungan lain yang masih terikat sehingga untuk mendapatkan selulosa dengan kemurnian tinggi maka di lakukan bleaching.

Proses *bleaching* menggunakan larutan peroksida ( $H_2O_2$ ) 10% dan diperoleh rendemen sebanyak 71% dengan warna putih dan krem cerah. Warna putih merupakan sampel dari kebun setu yang diambil langsung kemudian di *pretreatment* dimana tandan kosong yang ada di kebun setu tersebut belum terjadi pengolahan apapun. Sedangkan yang berwarna krem merupakan sampel yang diambil dari PT. Condong Garut. Perbedaan warna ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi larutan NaOH, suhu, dan karakteristik dari TKKS yang menjadi bahan baku (Dewanti, 2018). Proses *bleaching* selama waktu kurang dari 1,5 jam akan menghasilkan tingkat selulosa yang rendah dan jika lebih dari 1,5 jam

maka tingkat kecerahan selulosa cenderung konstan. Dengan demikian, waktu yang optimal yaitu 1,5 jam dan suhu yang digunakan juga akan mempengaruhi warna selulosa. Pemakaian larutan natrium hidroksida menghasilkan anion perhidroksil ( $\text{HOO}^-$ ) sebagai ion aktif yang sangat berperan dalam proses *bleaching*. Anion perhidroksil memiliki kemampuan untuk mengoksidasi unit non-fenolik lignin melalui pelepasan satu elektron dan membentuk radikal kation yang kemudian terurai secara kimiawi. Unit non-fenolik adalah penyusun sekitar 90% struktur lignin. Hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) berperan dalam memutus ikatan C $\alpha$ -C $\beta$  molekul lignin dan mampu membuka cincin lignin dan reaksi lain (Jayanudin, 2009).

### Analisis Perolehan Selulosa

Pada perolehan selulosa yang ditunjukkan pada Tabel 1, didapatkan hasil rata-rata yaitu dari proses delignifikasi NaOH 12% sebesar 44,70%, analisa metode SNI sebesar 90,33%, kemudian *bleaching* menggunakan larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  10% sebesar 71%. Tahapan tersebut menandakan selulosa dengan perolehan kemurnian tinggi, karena sisa lignin yang terikut telah berkurang. Dari proses *bleaching* diharapkan bisa memperbaiki kecerahan warna, meningkatkan kemurnian selulosa dan serat selulosa yang didegradasi seminimal mungkin.

**Tabel 1.** Perolehan Selulosa dengan Berbagai Metode

Variasi Sampel	% selulosa dengan delignifikasi NaOH 12%	% selulosa dengan Uji SNI %	% selulosa dengan Bleaching
1	41,41	81,39	84,71
2	45,37	97,68	64,87
3	41,9	87,08	55,83
4	47,45	93,02	79,74
5	45,67	92,05	67
6	46,35	90,75	79,55
Rata-rata	44,70	90,33	71

### Analisis Fabrikasi Bioplastik



**Gambar 2.** Hasil Bioplastik Selulosa dari TKKS

**Tabel 2.** Analisis Fabrikasi Bioplastik

Variasi Sampel	Selulosa (gr)	Pati (gr)	Sorbitol (mL)	Analisis
1	2,21	3,16	30	Masih lengket
2	2,23	3,36	11	Masih lengket
3	2,25	3,4	15	Masih lengket
4	3,16	4,76	19	Masih lengket
5	2,5	3,79	7	Kering
6	3,57	5,36	23	Masih lengket

Hasil fabrikasi bioplastik ditunjukkan pada Tabel 2. Selulosa yang telah direndam dalam larutan asam asetat 10% (v/v) selama 2 jam dengan suhu 60-90 °C diperoleh tekstur selulosa yang halus tetapi dengan penambahan pati dan sorbitol selama 10-15 menit yang tidak rata diaduk menggunakan *magnetic stirrer* saat di cetak menghasilkan bentuk yang menjadi tebal dan ada yang menggumpal. Penambahan sorbitol 30% sebanyak 30 mL, 11 mL, 15 mL, 19,7 mL dan 23 mL diperoleh hasil yang masih lengket dan tebal saat dicetak seperti pada Gambar 2. Dengan adanya penambahan sorbitol dengan konsentrasi tinggi maka akan semakin besar pula ketebalan film sehingga butuh waktu lama dalam pengeringan. Semakin besar konsentrasi pati yang digunakan dalam fabrikasi bioplastik maka semakin besar pula jumlah bahan padat terlarut yang digunakan sehingga ketebalan bioplastik juga akan meningkat (Warkoyo et al., 2014).

#### 4. Kesimpulan

Ekstraksi selulosa dari sampel TKKS menggunakan larutan NaOH 12% dengan suhu 90-95°C selama 3 jam didapatkan perolehan selulosa rata-rata 44,70%. Dan melalui uji SNI diperoleh kandungan sebesar 90% dari selulosa yang didelignifikasi. Proses *bleaching* menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10% dengan suhu 90-95°C selama 1,5 jam didapatkan hasil rata-rata 71%. Dan hasil yang berwarna putih dan krem karena adanya perbedaan pengaruh dari karakteristik TKKS. Fabrikasi bioplastik dengan jumlah pati berbanding selulosa 1,5:1 dan penambahan sorbitol 30% (30 mL, 11 mL, 15 mL, 19 mL, 7 mL, 23 mL) didapatkan hasil yang kurang optimal. Hal ini dikarenakan waktu pengeringan yang cukup lama dan tekstur bioplastik yang dihasilkan tebal dan menggumpal serta adanya pengaruh konsentrasi sorbitol.

#### 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. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v2i2.36901>
- BSN. (2009). Pulp – Cara Uji Kadar Selulosa Alfa, Beta, dan Gamma. In *Standar Nasional Indonesia 044:2009*.
- Dewanti, D. P. (2018). Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 81. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i1.2644>
- Fatimah, H., Handayani, S. S., & Darmayanti, M. G. (2018). *Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH, Kecepatan Pengadukan, Temperatur, Dan Waktu Pemasakan Terhadap Kualitas Pulp Dari Batang Tembakau (Nicotiana Tabacum)*. Universitas Mataram.

- Husaini, A., Zaman, M., Chodijah, S., Hilwatullisan, & Ibrahim. (2021). Oil Palm Empty Bunches as an Alternative Raw Material for Making Bioplastics. *Proceedings of the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020)*, 7, 103–106. <https://doi.org/10.2991/ahe.k.210205.019>
- Isroi, Cifriadi, A., Panji, T., Wibowo, N. A., & Syamsu, K. (2017). Bioplastic production from cellulose of oil palm empty fruit bunch. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 65(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012011>
- Jayanudin. (2009). Pemutihan Daun Nanas Menggunakan Hidrogen Peroksida. *J. Rek. Pros.*, 3(1), 10–14.
- Mandasari, A., Safitri, M. F., Perangin-angin, E. R., Sunarwati, D., Safitri, W. D., & Nasution, H. I. (2018). Karakterisasi Uji Kekuatan Tarik (Tensile Strenght) Film Plastik Biodegradable Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Penguat Zink Oksida Dan Gliserol. *Jurnal Einstein*, 5(2). <https://doi.org/10.24114/einstein.v5i2.11835>
- Muryanto, M., Sudiyani, Y., & Abimanyu, H. (2016). Optimasi Proses Perlakuan Awal NaOH Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk menjadi Bioetanol. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 18(01), 27–35. <https://doi.org/10.14203/jkti.v18i01.37>
- Permadani, R. L., & Silvia. (2022). Sintesis Bioplastik dari Selulosa Asetat Tandan Kosong Kelapa Sawit: Sebuah Kajian. *Jurnal Integrasi Proses*, 11(2), 47–58.
- Permatasari, H. ., Fakhili, G., & Bety, L. (2014). *Pengaruh Konsentrasi H2SO4 dan NaOH terhadap Delignifikasi Serbuk Bambu (Gigantochloa apus)*. Universitas Sriwijaya.
- Pradana, M. A., Ardhyanta, H., & Farid, M. (2017). Pemisahan Selulosa dari Lignin Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Alkalisasi untuk Penguat Bahan Komposit Penyerap Suara. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 413–416. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24559>
- Rinaldi Febrianto Sinaga, Gita Minawarisa Ginting, M. Hendra S Ginting, & Rosdanelli Hasibuan. (2014). Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Kekuatan Tarik Dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik Dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2), 19–24. <https://doi.org/10.32734/jtk.v3i2.1608>
- Sindhuwati, C., Mustain, A., Rosly, Y. O., Aprijaya, A. S., Mufid, M., Suryandari, A. S., Hardjono, H., & Rulianah, S. (2021). Review: Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol dengan Metode Fed Batch pada Proses Hidrolisis. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(2), 128. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v5i2.224>
- Subowo, W. S., & Pujiastuti, S. (2003). Plastik Yang Terdegradasi Secara Alami Terbuat dari LDPE dan Pati Jagung Terlapis. *Prosiding Simposium Nasional Polimer IV*, 203–208.
- Wahyudi, B., Bahrul, M., Kasafir, H., Rokhmat, M., & Hidayat, T. (2020). Sintesis dan karakterisasi bioplastik dari pati talas dengan selulosa tandan kosong kelapa sawit. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XVI, September*, 1–12.

- Wahyuni, S. (2001). *Mempelajari karakteristik fisik dan kimia edible film dari gelatin tulang domba dengan plasticizer gliserol*. Institut Pertanian Bogor.
- Warkoyo, W. (Warkoyo), Rahardjo, B. (Budi), Marseno, D. W. (Djagal), & Wahyu Karyadi, J. N. (2014). Sifat Fisik, Mekanik dan Barrier Edible Film Berbasis Pati Umbi Kimpul (*Xanthosoma Sagittifolium*) yang Diinkorporasi dengan Kalium Sorbat. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*, 34(1), 72–81. <https://www.neliti.com/publications/97887/>
- Widyaningrum, B. A., Kusumaningrum, W. B., Syamani, F. A., Pramasari, D. A., Kusuma, S. S., Akbar, F., Ermawati, R., & Cahyaningtyas, A. A. (2020). Karakteristik Sifat Mekanik Bioplastik Pati Singkong/Pva Dengan Penambahan Pulp Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Asam Sitrat Teraktivasi. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 42(2), 46. <https://doi.org/10.24817/jkk.v42i2.6130>