

## EMPTY FRUIT BUNCHES AS PACKAGING PAPERS RAW MATERIAL

Lies Indriati<sup>1)\*</sup>, Nina Elyani<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru

<sup>2)</sup>Balai Besar Pulp dan Kertas

\* E-mail corresponding author: liesinag@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i>            Received: 03-09-2018            Received in revised form: 10-09-2018            Accepted: 20-09-2018            Published: 06-10-2018</p> <p><i>Keywords:</i>            OPEFB            Pulp            Paper            Paperboard            Packaging</p>	<p><i>Due to the scarcity availability of wood as fiber source for papermaking process, the use of non-wood materials as an alternative fiber source is become more attractive. One of the potential non-wood fiber sources is oil palm empty fruit bunches (OPEFB) which is a biomass waste from CPO (Crude Palm Oil) production process. The OPEFB paper and pulp making processes have been widely investigated, either using chemical pulping process and semi-chemical mechanical pulping process. Generally, the OPEFB chemical pulping processes were done by alkaline process using 10-20% of NaOH (dry basis of OPEFB) with the yield range of 45-50%. The quality of pulp produced is better compared to semi-chemical mechanical process. The deficiency of printing and writing paper quality made from OPEFB chemical pulp is primarily caused by the extractives content that can raise a risk to papermachine runnability as well as hole defects in paper produced. The semi-chemical mechanical pulping process is more environmentally friendly compared to the chemical process due to its' lower chemical usage, i.e. 1-5% of NaOH. However, it's more energy intensive for mechanical defiberization process. With an abundant availability of OPEFB, the usage of OPEFB as fiber source in packaging paper industry is one of potential alternatives to fulfill the industry needs to packaging made from paper/paperboard.</i></p>

## TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKU KERTAS KEMASAN

**Abstrak:** Dengan semakin terbatasnya ketersediaan kayu sebagai bahan baku kertas maka penggunaan bahan baku non kayu sebagai alternatif semakin menarik perhatian. Salah satu bahan baku non kayu yang cukup potensial adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang merupakan limbah biomasa dari proses produksi CPO (Crude Palm Oil). Penelitian pembuatan pulp TKKS untuk kertas telah banyak dilakukan, baik dengan proses kimia maupun proses mekanis semi-kimia. Proses pulping kimia untuk TKKS umumnya menggunakan proses basa dengan penambahan NaOH 10-20% dari berat kering serat TKKS dengan rendeman berkisar 45-50%. Kualitas pulp yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan proses mekanis semi-kimia. Kelemahan lembaran kertas tulis-cetak yang dibuat dari pulp kimia TKKS adalah masih mengandung ekstraktif yang berpotensi menimbulkan masalah pada proses pembuatan kertas di mesin kertas serta menyebabkan cacat hole (lubang halus) pada lembaran kertas yang dihasilkan. Penggunaan proses pulping mekanis semi-kimia, ditinjau dari sisi lingkungan memiliki kelebihan dikarenakan penggunaan bahan kimia yang lebih rendah, yaitu NaOH 1-5% namun dibarengi dengan penggunaan energi yang intensif untuk membantu penguraian serat secara mekanis. Kualitas kertas yang dihasilkan dari proses pulping mekanis semi-kimia ini cukup bersaing dengan pulp hasil daur ulang kotak karton bekas (OCC atau Old Corrugated Container). Serat hasil proses daur ulang OCC umumnya digunakan sebagai bahan baku kertas kemasan untuk pembuatan kotak karton gelombang (KKG). Dengan ketersediaan TKKS yang melimpah, penggunaan TKKS sebagai sumber serat dalam industri kertas kemasan merupakan salah satu alternatif potensial untuk memenuhi kebutuhan industri akan kemasan yang terbuat dari kertas / karton.

**Kata kunci:** TKKS, pulp, kertas, karton, kemasan

## PENDAHULUAN

Industri pulp dan kertas merupakan salah satu industri non-migas yang penting dalam mendukung perekonomian nasional. Hal ini terbukti dengan ditetapkannya industri pulp dan kertas sebagai salah satu industri prioritas dalam Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) 2015-2035 (Kemenperin, 2015).

Menurut Kemenperin (2016), pada tahun 2015 industri kertas dan barang dari kertas, percetakan dan reproduksi media rekaman menyumbang PDB (Pendapatan Domestik Bruto) nasional sebesar Rp. 87,7 triliun. Selain itu, industri pulp dan kertas memberikan kontribusi terhadap devisa negara sebesar USD 1,73 miliar untuk pulp dan USD 3,57 miliar untuk kertas. Industri pulp dan kertas juga menyerap sekitar 260 ribu orang tenaga kerja langsung dan 1,1 juta tenaga kerja tidak langsung. Di dunia, Indonesia menempati peringkat ke-6 sebagai produsen kertas dan peringkat ke-9 sebagai produsen pulp.

Berdasarkan data APKI (Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia) (2018), saat ini tercatat 62 industri pulp dan kertas anggota APKI yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia terutama di Pulau Jawa dan Sumatera. Disamping itu, diperkirakan masih ada lagi beberapa industri kertas yang belum terdaftar sebagai anggota APKI.

Perkembangan industri kertas dalam beberapa tahun terakhir mengalami pergeseran dikarenakan pesatnya perkembangan teknologi informasi yang berdampak pada menurunnya penggunaan kertas sebagai media tulis-cetak. Berdasarkan data RISI atau *Resource Information Systems Inc.* (2016), pada tahun 2013 dan 2014 terjadi penurunan produksi dan konsumsi kertas budaya yaitu dalam hal ini adalah kertas koran dan kertas tulis-cetak (Tabel 1).

**Tabel 1.** Pertumbuhan produksi dan konsumsi kertas dunia (%)

Jenis Kertas	Produksi		Konsumsi	
	2013	2014	2013	2014
Total	0,8	1,0	0,9	0,7
Kertas budaya				
- Kertas koran	-4,9	-6,4	-4,8	-7,4
- Kertas tulis-cetak	-1,4	-1,6	-1,1	-1,5
Kertas industri				
- Kertas/karton kemasan	2,4	2,8	2,4	2,8
Kertas <i>housesold</i>				
- Kertas tisu	3,6	3,2	3,3	3,2
Kertas lainnya	-0,3	1,7	-0,2	0,6

Sumber : RISI (2016)

**Tabel 2.** Pertumbuhan produksi dan konsumsi kertas Indonesia (%)

Jenis Kertas	Produksi		Konsumsi	
	2013	2014	2013	2014
Total	2,6	3,4		3,5
Kertas budaya				
- Kertas koran	0,4	-7,8		-10,4
- Kertas tulis-cetak	-1,5	2,9		5,1
Kertas industri				
- Kertas/karton kemasan	6,1	3,8	3,2	2,7
Kertas <i>housesold</i>				
- Kertas tisu	7,3	10,2	7,4	27,1
Kertas lainnya	10,3	13,7	5,0	2,7

Sumber : RISI (2016)

Dilain pihak terlihat pertumbuhan produksi dan konsumsi pada jenis kertas industri dan kertas untuk keperluan rumah tangga (*household*). Khususnya di Indonesia (Tabel 2), hampir seluruhnya mengalami pertumbuhan positif kecuali kertas koran.

Salah satu jenis kertas yang tergolong kedalam kertas industri adalah kertas liner dan kertas medium, yang merupakan bahan baku untuk pembuatan kotak karton gelombang (KKG). Selain itu adalah kertas pembungkus (*wrapping paper*) yang digunakan untuk pembuatan kantong kemasan untuk mengemas produk industri seperti semen, teh, atau untuk pembuatan kantong belanja dan keperluan lainnya.

Pertumbuhan industri yang meningkat secara umum akan meningkatkan kebutuhan akan kemasan untuk transportasi produk. Salah satunya adalah kemasan yang terbuat dari kertas/karton. Pada periode tahun 2010-2015, kebutuhan kertas kemasan meningkat sebesar 2,5 persen dan untuk mencukupi kebutuhan tersebut, industri pulp dan kertas memanfaatkan kertas yang didaur ulang (*recycled paper*) sebagai bahan bakunya (Kurniawan, 2018).

Produksi kertas kemasan di Indonesia, hampir seluruhnya berbasis pada proses daur ulang kertas bekas dengan proporsi terbesar adalah dari jenis kotak karton bekas atau OCC (*Old Corrugated Container*). Kertas kemasan industri merupakan jenis kertas coklat yang dibuat dari pulp coklat atau *unbleached pulp* dimana saat ini di Indonesia tidak ada produsennya, sehingga kebutuhan bahan baku serat untuk kertas kemasan hanya bisa diperoleh dari hasil daur ulang kertas bekas dan sebagian kecil berasal dari impor pulp coklat.

Menurut RISI (2016), produksi serat daur ulang Indonesia tahun 2013 dan 2014 mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 14,0% dan 5,4% sedangkan konsumsinya juga mengalami peningkatan yaitu sebesar 6,9% dan 4,7%. Hal ini

menunjukkan meningkatnya penggunaan serat daur ulang sebagai bahan baku kertas.

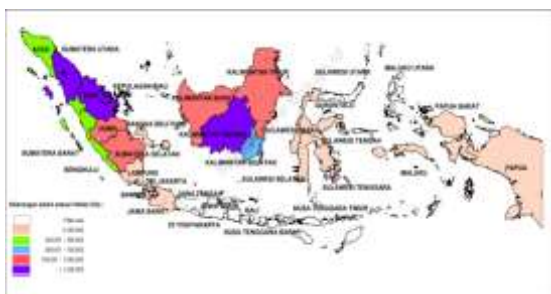
Kualitas serat hasil daur ulang pada umumnya mengalami penurunan terutama dalam hal kekuatannya dikarenakan berkurangnya kemampuan serat untuk membentuk ikatan antar serat (Wirawan et.al, 2015). Beberapa cara untuk memodifikasi kualitas serat hasil dari proses daur ulang telah diteliti, diantaranya melalui penambahan bahan aditif seperti CMC atau xylan (Wirawan, 2015). Pada kenyataannya, penggunaan serat hasil daur ulang sulit untuk memperoleh kualitas yang stabil dikarenakan sulitnya untuk mengetahui berapa kali suatu serat telah mengalami proses daur ulang. Untuk itu perlu adanya alternatif sumber serat lain sebagai bahan baku kertas kemasan.

Bahan baku serat non-kayu merupakan alternatif sumber serat yang perlu dipertimbangkan sebagai bahan baku kertas, khususnya untuk kertas kemasan. Bahan serat non-kayu yang telah digunakan secara komersial sebagai bahan baku pulp antara lain adalah jerami, bagas, kenaf, flaks, jute, abaca dan kapas. Menurut Hurter (2007), tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan sumber serat non-kayu yang diperkirakan akan sangat potensial di masa yang akan datang.

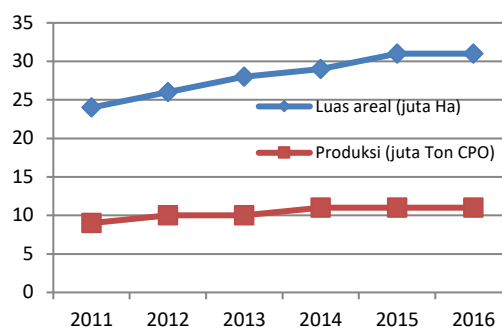
Makalah ini membatasi pembahasan pada penggunaan TKKS untuk pembuatan kertas kemasan, yaitu kertas liner dan kertas medium, sebagai alternatif pengganti atau pensubstitusi serat daur ulang OCC yang selama ini digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan KKG.

### Potensi TKKS

Perkebunan kelapa sawit di Indonesia tersebar di 25 provinsi di Pulau Sumatera, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Maluku dan Papua (BPS, 2017). Pada Gambar 1 dapat dilihat penyebaran area kebun kelapa sawit di Indonesia. Terlihat bahwa Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan memiliki lahan perkebunan kelapa sawit yang sangat luas (BPS,2017)



**Gambar 1.** Penyebaran areal kebun kelapa sawit di Indonesia (BPS, 2017 hal. xiii)



**Gambar 2.** Perkembangan luas areal dan produksi perkebunan kelapa sawit Indonesia 2011-2016 (BPS, 2017 hal. 5)

Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2016), luas areal perkebunan kelapa sawit Indonesia dari tahun 2011 sampai dengan 2015 mengalami peningkatan dengan kisaran sebesar 5,38%-10,96% per tahunnya (lihat Gambar 2).

GAPKI (Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia) (2018) menyatakan bahwa kinerja industri CPO Indonesia tahun 2017 cukup baik dimana produksi CPO mengalami peningkatan dari 35,57 juta ton pada tahun 2016 menjadi 41,98 juta ton pada tahun 2017. Peningkatan ini diperkirakan akan terus berlanjut sampai dengan tahun 2018, yaitu sebesar 10%. Peningkatan produksi CPO sudah dapat dipastikan akan meningkatkan jumlah tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan sebagai limbah biomasa.

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah biomasa yang dihasilkan dari proses produksi CPO (*Crude Palm Oil*). Menurut Herawan & Rivani (2013), dari setiap satuan jumlah tandan buah segar (TBS) kelapa sawit yang diolah menghasilkan 25%-26% tandan kosong kelapa sawit. Sedangkan menurut Erwinsyah & Beus, 2007 di dalam Erwinsyah & Afriani (2014), dari setiap satuan TBS yang diolah akan dihasilkan 20%-22% tandan kosong kelapa sawit, hampir sama dengan rendemen CPO. Jika demikian, berdasarkan data GAPKI (2018) yang memperkirakan produksi CPO tahun 2018 meningkat sebesar 10% dari tahun 2017, maka tahun 2018 akan tersedia TKKS dengan jumlah yang hampir sama dengan produksi CPO tahun 2018, yaitu sekitar 46 juta ton. Jumlah ini merupakan potensi yang cukup besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan baku pulp untuk kertas kemasan.

### Karakteristik Serat TKKS

Di dalam kertas atau karton, serat merupakan komponen utama dengan jumlah yang paling besar, yaitu berkisar antara 65% untuk jenis kertas berbahan pengisi tinggi seperti kertas sigaret

dan kertas tulis-cetak, sampai dengan 100% untuk jenis kertas dengan kandungan selulosa tinggi seperti kertas saring bebas abu. Komponen lain dari kertas adalah bahan kimia penolong (aditif) dan air. Karena itu maka karakteristik suatu jenis kertas atau karton sangat ditentukan oleh karakteristik serat yang digunakan sebagai bahan bakunya.

Serat TKKS tergolong ke dalam serat pendek sampai sedang, dengan panjang serat berkisar 1-2 mm. Diameter seratnya tergolong kedalam diameter kecil sampai sedang, yaitu 2-2,5  $\mu\text{m}$  (Risdiyanto, *et.al.*, 2016; Erwinsyah, *et.al.*, 2014; Erwinsyah, *et.al.*, 2015). Sementara itu pada publikasi lainnya, Erwinsyah, *et.al.* (2012) menyebutkan bahwa serat TKKS memiliki panjang serat rata-rata 1,11 mm, termasuk kedalam kelompok serat pendek (<1,44 mm), dengan diameter luar 10,34  $\mu\text{m}$  dan tebal dinding serat 5,66  $\mu\text{m}$ . Pada Tabel 3 dapat dilihat panjang serat rata-rata TKKS yang berbeda-beda berdasarkan proses pulpingnya (Gonzalo, *et.al.*, 2007; Harsono, *et.al.*, 2015).

**Tabel 3.** Panjang serat TKKS vs proses pulping

Proses pulping	Panjang serat (mm)
Pulping semi-kimia (NaOH 10%, suhu 92°C, 3 jam) <sup>a)</sup>	0,87
Pulping kimia-mekanis (NaOH 2%, pre-treatment 3 jam, celah refiner 0,1 mm) <sup>b)</sup>	0,676
Pulping kimia (soda-AQ dengan prehidrolisa, pulp larut, rendemen 31,1%, Bilangan Kappa 9,6) <sup>b)</sup>	0,556
Pulping termo-mekanis (166 °C, <i>hot air-dried</i> , celah refiner 0,15 mm) <sup>b)</sup>	1,023
Pulping termo-mekanis (140 °C, <i>warm air-dried</i> , celah refiner 0,15 mm) <sup>b)</sup>	0,737

Sumber : <sup>a)</sup> Gonzalo, *et.al.* (2007)

<sup>b)</sup> Harsono, *et.al.* (2015)

Dibandingkan dengan serat hasil daur ulang OCC, panjang serat TKKS sedikit lebih pendek dengan jumlah fraksi serat 0,1 mm lebih banyak, serta fraksi serat 1-2 mm dan 2-7 mm lebih sedikit (Tabel 4).

**Tabel 4.** Distribusi panjang serat TKKS dan OCC

	TKKS	OCC
Panjang serat rata-rata,mm	0,87	1,10
% fraksi serat 0-1 mm	91,17	87,53
% fraksi serat 1-2 mm	7,73	9,92
% fraksi serat 2-7 mm	1,10	2,55

Sumber : Gonzalo, *et.al.* (2007)

Menurut Gonzalo *et.al.* (2007), proporsi serat halus (*finer*) dengan panjang 0-0,2 mm pada pulp hasil daur ulang OCC 10% lebih banyak dibandingkan dengan pulp TKKS. Ini menunjukkan

bahwa serat dalam kertas yang menyusun OCC telah mengalami proses daur ulang.

Hidayat & Setiawan (2015) juga menyatakan bahwa panjang rata-rata serat hasil daur ulang OCC adalah 1,10 mm.

Panjang serat merupakan salah satu karakteristik morfologi serat yang penting karena mempengaruhi kualitas kertas atau karton yang dihasilkan, terutama dalam hal karakteristik kekuatannya. Sifat kekuatan kertas merupakan parameter yang sangat penting untuk menjaga kelancaran proses di mesin kertas atau proses converting selanjutnya serta pada penggunaannya.

Berdasarkan panjang seratnya, serat dibagi kedalam 3 kelompok, yaitu serat pendek, serat sedang dan serat panjang. Pada Tabel 5 dapat dilihat klasifikasi panjang serat menurut IAWA (*International Association of Wood Anatomy*) yang dipublikasikan pada tahun 1932.

**Tabel 5.** Klasifikasi panjang serat sesuai IAWA

Kelas	Sub kelas	Panjang serat (mm)
Pendek	<i>Extremely very short</i>	0-0,5
	<i>Very short</i>	0,5-0,7
	<i>Fairly short</i>	0,7-0,9
Sedang	-	0,9-1,6
	<i>Fairly long</i>	1,2-2,2
Panjang	<i>Very long</i>	2,2-3,0
	<i>Extremely very long</i>	>3,0

Sumber : Nurrahman & Silitonga di dalam Aprianis (2009)

Berdasarkan klasifikasi panjang serat yang disajikan pada Tabel 5, serat TKKS tergolong kedalam serat pendek dengan sub kelas *very short* (sangat pendek) sampai dengan sedang. Sedangkan serat hasil daur ulang OCC tergolong ke dalam serat pendek sub kelas *fairly short* (cukup pendek) sampai dengan sedang.

Meskipun karakteristik serat TKKS sedikit lebih rendah dibandingkan dengan serat hasil daur ulang OCC, namun serat TKKS diperoleh dari pulp asli (*virgin pulp*) dengan kualitas yang lebih stabil dan dapat dikembangkan/ditingkatkan lebih lanjut secara mekanis melalui proses penggilingan sebelum serat dibentuk menjadi lembaran kertas atau karton. Sebaliknya, serat hasil daur ulang pada umumnya sulit untuk memperoleh sifat lembaran yang stabil dan tidak memungkinkan lagi untuk dilakukan pengembangan secara mekanis.

Banyak publikasi yang menyatakan bahwa penggunaan serat daur ulang dapat mengatasi masalah lingkungan akibat sampah serta dapat meningkatkan nilai tambah sampah kertas/karton. Namun perlu diingat bahwa mendaur ulang kertas bekas, terutama yang telah mengalami proses pencetakan dapat menimbulkan masalah lingkungan lainnya, yaitu potensi pencemaran

lingkungan akibat limbah cair yang mengandung logam-logam berat yang berasal dari tinta yang dipisahkan dari serat pada saat pelaksanaan proses daur ulang kertas bekas.

Penelitian penggunaan serat TKKS sebagai bahan baku alternatif untuk pembuatan kertas/karton sudah banyak dilakukan. Penggunaan serat TKKS untuk pembuatan kertas tulis-cetak masih terkendala pada kualitas kertas yang dihasilkan, yaitu adanya noda yang berasal dari sisa minyak yang masih terbawa bersama pulp TKKS. Menurut Indriati, *et.al* (1998), pemanfaatan pulp TKKS sebagai pengganti serat pendek pada pembuatan kertas terkendala kandungan *pitch* yang cukup tinggi yang dapat menimbulkan masalah pada jalannya proses pembuatan kertas dan kualitas kertas yang dihasilkan. Kandungan *pitch* dalam pulp TKKS ditunjukkan oleh kadar sari (ekstrak alkohol-benzena) yang tinggi, yaitu 6,37%; lebih tinggi dibandingkan kayu *Pinus merkusii* (4,33%), bambu (1,72%-3,22%), dan *Acacia mangium* (1,67%). Selain itu, pulp TKKS memiliki sifat kelarutan dalam air dingin, air panas dan NaOH 1% yang juga relatif tinggi.

Pada berbagai publikasi tentang pemanfaatan TKKS sebagai bahan baku kertas, pada umumnya mengarahkan penggunaannya sebagai bahan baku kertas liner dan medium untuk pembuatan kotak karton gelombang. Dalam penelitian-penelitian tersebut, serat TKKS baik secara keseluruhan atau dicampur dengan serat hasil daur ulang OCC, dibandingkan dengan kertas yang sama yang berasal dari 100% serat daur ulang OCC (Erwinsyah, *et.al.*, 2012, 2014, 2015; Erwinsyah & Afriani, 2014; Gonzalo, *et.al.*, 2007; Rushdan, 2003).

Menurut Risdianto, *et.al.* (2016), pulp TKKS dapat menggantikan pulp serat pendek komersial berbahan baku kayu; namun karena tergolong kedalam serat pendek, maka pulp TKKS harus dicampur dengan pulp OCC untuk pembuatan kertas yang tepat seperti kertas medium. Pada uraian berikut ini disajikan beberapa hasil penelitian tersebut.

### Kertas Kemasan dari TKKS

Sebelum diolah menjadi kertas, TKKS harus melalui proses pembuatan pulp (*pulping*) terlebih dahulu untuk mendapatkan pulp TKKS yang akan digunakan sebagai bahan baku kertas. Secara umum proses *pulping* terbagi kedalam 3 jenis yaitu proses kimia, proses mekanis, dan proses gabungan antara keduanya yang bisa disebut proses mekanis semi-kimia. Pada intinya, proses *pulping* merupakan suatu proses untuk mendapatkan serat selulosa individu dari bahan baku pulp, dan memisahkannya dari lignin serta komponen kimia lainnya. Lignin merupakan komponen kimia perekat antar selulosa

di dalam tanaman berlignoselulosa. Pada Tabel 6 dapat dilihat kisaran komposisi kimia tandan kosong kelapa sawit yang dirangkum dari berbagai sumber.

Empat komponen utama dalam TKKS adalah selulosa  $\alpha$ , hemiselulosa, pentosan dan lignin. Kandungan hemiselulosa dan pentosan yang tinggi menunjukkan kemampuan penyerapan air yang tinggi sehingga dapat mempermudah proses fibrilasi serat pada saat penggilingan (Anggraini & Roliadi, 2011). Kadar holoselulosa yang tinggi sangat diperlukan dalam proses pembuatan pulp untuk mendapatkan rendemen dan kualitas pulp yang tinggi (Erwinsyah, *et.al.*, 2014).

**Tabel 6.** Komposisi kimia TKKS

Komponen kimia	Kandungan (%)
Selulosa $\alpha$	27-41
Hemiselulosa	23-28
Holoselulosa	60-69
Lignin	17-21
Pentosan	27-29
Sari (ekstraktif)	5-8
Kelarutan dalam NaOH 1%	24-30
Abu	2-6

Sumber : Erwinsyah & Afriani (2014); Gonzalo, *et.al.* (2007); Risdianto, *et.al.* (2016); Anggraini & Roliadi (2011)

Pulp yang dihasilkan dari proses *pulping* masih memiliki kandungan lignin yang menyebabkan pulp berwarna coklat. Untuk mendapatkan pulp putih dengan tingkat kecerahan (*brightness*) yang tinggi, pulp coklat tersebut harus melalui proses pemutihan (*bleaching*) terlebih dahulu. Pada proses pemutihan, gugus berwarna pada senyawa lignin yang masih tersisa dalam pulp hasil pemasakan diubah menjadi tidak berwarna sehingga pulp menjadi lebih cerah/putih yang merupakan warna asli dari selulosa. Pulp yang telah melalui proses pemutihan ini disebut *bleached pulp*, sedangkan pulp coklat yang belum atau tidak mengalami proses pemutihan disebut *unbleached pulp*.

Proses *pulping* yang dilakukan terhadap suatu jenis bahan baku sangat tergantung pada jenis produk akhir yang akan dibuat dari pulp tersebut. Untuk pembuatan kertas liner dan kertas medium yang berwarna coklat cukup digunakan pulp coklat atau *unbleached pulp*.

Erwinsyah, *et.al.* (2014) meneliti pembuatan pulp *unbleached* TKKS menggunakan proses soda dengan penambahan NaOH sebanyak 15% dari berat kering serat. Proses dilakukan di salah satu pabrik kertas di Padalarang, Jawa Barat dengan urutan sebagai berikut : pemotongan serat TKKS menjadi ukuran kecil, proses pemasakan, penguraian serat hasil pemasakan dilanjutkan dengan pencucian dan penyaringan. Dari proses

tersebut diperoleh rendemen pulp sebesar 53%, lebih rendah dibandingkan dengan rendemen pulp semi-kimia umumnya, yaitu 60-80%. Pulp yang dihasilkan memiliki Bilangan Kappa rata-rata 51 dengan *freeness* 500-550 mlCSF. Pulp yang dihasilkan dari proses ini secara umum belum sesuai dengan harapan karena pulp masih mentah dan keras sehingga sulit untuk diuraikan pada tahap penguraian serat. Pada percobaan pembuatan lembaran kertas liner dan kertas medium, dilakukan pencampuran dengan serat hasil daur ulang OCC dengan proporsi OCC sebanyak 50% untuk kertas liner dan 30% untuk kertas medium. Secara umum kertas liner 125 g/m<sup>2</sup> yang dihasilkan sudah memenuhi standar kualitas yang dipersyaratkan dalam SNI kecuali untuk sifat ketahanan retaknya. Sementara itu, kertas medium 112 g/m<sup>2</sup> yang dihasilkan telah memenuhi syarat mutu SNI kertas medium. Pada percobaan tersebut juga dilakukan pembuatan KKG dari kertas liner dan medium yang dihasilkan.

Pada penelitian lainnya, Gonzalo *et al.*, (2007) juga membuat kertas dari pulp semi-kimia TKKS yang proses *pulping*-nya merupakan paten dari perusahaan *Straw Pulping Engineering S.L.* Proses *pulping* diawali dengan pemotongan biomasa TKKS untuk memperoleh ukuran yang lebih kecil, kemudian dimasak dalam digester kontinu berkapasitas 4 kg pulp per jam dengan waktu retensi selama 3 jam. Larutan pemasak yang digunakan adalah NaOH konsentrasi 50% sebanyak 10% dari berat kering serat. Pemasakan dilakukan pada suhu 92°C dengan cara pemanasan tidak langsung menggunakan uap jenuh bertekanan 2 bar. Tahap selanjutnya setelah pemasakan dalam digester adalah pencucian, pengeluaran air menggunakan *hand press* dan selanjutnya digiling dalam *disc refiner*. Pulp yang dihasilkan kemudian dicampur dengan pulp hasil daur ulang OCC pada berbagai komposisi campuran pulp TKKS 0-100%. Pembuatan lembaran kertas dilakukan pada mesin kertas skala pilot selebar 500 mm dengan kecepatan 10 meter per menit (mpm). Lembaran dari 100% OCC memiliki pori-pori yang lebih rendah dibandingkan dengan lembaran dengan penambahan pulp TKKS. Hal ini dikarenakan fraksi serat halus (*finer*) pada pulp hasil daur ulang OCC jumlahnya cukup tinggi, yang menutupi pori-pori kertas sehingga udara sulit untuk menembus kertas. Kekuatan tarik lembaran yang dihasilkan dari 100% TKKS lebih rendah dibandingkan dengan yang dengan penambahan serat daur ulang OCC. Namun

kekuatan sobek dan kekuatan retak lembaran yang mengandung pulp TKKS sedikit lebih baik dibandingkan dengan lembaran dari 100% OCC, bahkan sifat ketahanan tekan datar kertas bergelombangnya lebih tinggi (>10%). Sifat yang terakhir ini merupakan sifat yang cukup penting pada kertas medium agar lapisan bergelombang pada KKG yang dihasilkan tidak mudah rusak (*collapse*).

Gonzalo, *et al.* (2007) juga melakukan percobaan untuk melihat pengaruh daur ulang kertas TKKS 100% setelah disimpan selama 4 minggu. Hasilnya menunjukkan bahwa sifat lembaran hasil daur ulang relatif tidak berubah kecuali ketahanan tekan datar kertas bergelombang yang mengalami penurunan signifikan.

Pada penelitian lainnya telah dilakukan pencampuran pulp kimia TKKS dengan beberapa jenis kertas bekas, salah satunya adalah dengan OCC (Rushdan, 2003). Pada penelitian ini TKKS dimasak menggunakan proses soda-antrakinon (soda-AQ) dalam digester berputar dengan kondisi sebagai berikut :

- NaOH 20% dari berat kering serat
- Antrakinon 0,1% dari berat kering serat
- Suhu maksimum 190°C
- Waktu tuju sampai suhu maksimum 90 menit
- Waktu pada suhu maksimum 90 menit
- Rasio TKKS:cairan pemasak adalah 1:8

Pulp hasil pemasakan selanjutnya didisintegrasi dalam hidropulper selama 5 menit kemudian dicuci dan disaring. Pada Tabel 7 dapat dilihat sebagian data hasil uji pulp coklat TKKS, pulp daur ulang OCC, dan campuran keduanya. Terlihat sifat lembaran dari 100% TKKS lebih unggul dibandingkan dengan lembaran 100% OCC.

Menurut Rushdan (2003), penambahan pulp TKKS kedalam pulp daur ulang meningkatkan densitas, indeks tarik, indeks retak dan ketahanan lipat lembaran daur ulang, namun memberikan pengaruh yang berlawanan terhadap sifat kecerahan dan opasitas cetak lembaran. Pulp *unbleached* soda-AQ TKKS dapat digunakan untuk meningkatkan sifat struktural dan mekanik kertas daur ulang.

Percobaan produksi kertas medium dari pulp TKKS skala komersil telah dilakukan (Rushdan, 2007). Dalam percobaan tersebut proses *pulping* TKKS dilakukan secara kimia menggunakan NaOH. Sebelum proses *pulping*, TKKS dipotong-potong menjadi ukuran lebih kecil kemudian dicuci dan diberi pemanasan awal

**Tabel 7.** Karakteristik pulp TKKS, pulp daur ulang OCC, dan campurannya

	100%	75%	50%	25%	100%
	TKKS	TKKS	TKKS	TKKS	OCC

Densitas, g/cm <sup>3</sup>	0,67	0,54	0,48	0,48	0,48
Indeks tarik, Nm/g	44,95	35,44	37,40	36,06	31,08
Indeks retak, kPa.m <sup>2</sup> /g	4,14	3,03	2,36	2,70	1,96
Indeks sobek, mN.g/m <sup>2</sup>	6,82	7,17	7,50	8,84	8,56
Ketahanan lipat	455,00	28,00	25,43	20,00	12,86
Kecerahan, %	37,27	32,31	32,71	28,46	26,17
Opasitas cetak, %	97,00	98,79	98,79	98,84	99,34

Sumber : Rushdan (2003)

menggunakan uap (*pre-steamed*). Proses pulping dilakukan dalam digester kontinyu dengan laju 1,5 ton/jam dengan laju penambahan larutan NaOH (130 g/l berbasis Na<sub>2</sub>O) 2,2 m<sup>3</sup>/jam, selama 45 menit pada 0,40 Mpa. Setelah itu, pulp dicuci dan dibentuk lembaran pulp. Pulp yang dihasilkan memiliki pH 13 dan Bilangan Kappa 47 dengan kandungan *shives* yang masih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pulp tersebut belum dimasak dengan sempurna.

Percobaan pembuatan kertas medium skala komersial dilakukan dengan mencampurkan pulp TKKS ke dalam pulp daur ulang OCC. Menurut Rushdan (2007), penambahan pulp TKKS dapat memperbaiki sifat kekuatan kertas, yaitu ketahanan retak, ketahanan tekan medium bergelombang, ketahanan tekan lingkaran, indeks tarik dan ketahanan lipat; tetapi menurunkan ketebalan, keruahan (*bulkiness*) dan indeks sobek.

Nilai indeks sobek merupakan hasil pembagian nilai kekuatan sobek kertas dengan gramaturnya. Sifat kekuatan sobek kertas (dalam mN atau gf) dipengaruhi oleh panjang serat dan komposisi serat dalam lembaran kertas. Semakin panjang serat dan semakin banyak kandungan serat panjang dalam kertas, maka kekuatan sobeknya akan semakin tinggi. Gramatur, dalam g/m<sup>2</sup>, merupakan berat dasar kertas, dimana semakin tinggi gramatur kertas maka semakin banyak kandungan serat selulosa dalam kertas. Dengan demikian pada bahan baku kertas dan kondisi proses yang sama, perbedaan gramatur kertas akan berpengaruh pada kekuatan sobek lembaran kertas yang dihasilkan. Pulp TKKS secara umum tergolong ke dalam serat pendek. Penggunaan pulp TKKS sebagai substitusi pulp daur ulang OCC, akan meningkatkan proporsi fraksi serat pendek dalam bahan baku kertas sehingga kekuatan sobek (indeks sobek) kertas mengalami penurunan.

Dalam lembaran kertas, serat pendek bersifat fleksibel dan akan mengisi ruang-ruang kosong di antara serat dalam lembaran kertas, sehingga lembaran menjadi lebih mudah ditekan. Hal ini menyebabkan lembaran menjadi lebih tipis dan lebih padat.

Percobaan pembuatan karton dari pulp TKKS untuk usaha kecil telah dilakukan oleh Anggraini dan Roliadi (2011). Proses *pulping* dilakukan secara semi-kimia menggunakan NaOH 10% dari berat kering serat, selama 2 jam pada suhu

maksimum 120 °C dengan rasio TKKS terhadap larutan pemasak adalah 1:5,5. Pemasakan dilakukan dalam ketel tertutup sederhana dengan kapasitas 50 kg TKKS kering pada tekanan 1,2-1,5 atm. Sebelum dimasak, TKKS yang telah dibersihkan dari kotoran dipotong-potong menjadi potongan berukuran panjang 5 cm, lebar 4 cm dan tebal 1-2 cm. Setelah dimasak, pulp dicuci sampai bebas dari larutan pemasak kemudian diuraikan dalam *Hollander beater* pada konsistensi 2-2,5% dilanjutkan dengan stone refiner sebanyak 2 kali sampai derajat giling 400 mL CSF (*Canadian Standard Freeness*). Pembuatan karton skala usaha kecil dilakukan dengan peralatan sederhana yang biasa digunakan oleh usaha kecil karton. Lembaran karton dengan gramatur 300-350 g/m<sup>2</sup> dibuat dari 100% pulp TKKS, dan campurannya dengan bahan baku yang biasa digunakan oleh usaha kecil. Hasilnya dibandingkan dengan karton yang biasa diproduksi oleh usaha kecil yang menggunakan bahan baku berupa campuran 50% serat daur ulang kertas bekas dan 50% limbah padat industri kertas). Hasil percobaan menunjukkan bahwa kualitas karton dari 100% TKKS lebih baik dibandingkan produk karton dari 50% kertas bekas + 50% limbah padat, dan campuran 50% pulp TKKS dengan 25% kertas bekas + 25% limbah padat.

Suatu teknologi *pulping* baru untuk bahan baku non-kayu seperti jerami padi, jerami gandum, dan TKKS, telah dipublikasikan oleh suatu perusahaan permesinan di Jepang (Anonim-2 & Anonim-3, 2017). Proses tersebut telah dipatenkan dan diklaim lebih ramah lingkungan karena merupakan proses *pulping* semi-kimia dengan penggunaan sedikit bahan kimia, serta sedikit air untuk pencucian pulp hasil proses *pulping*. Berikut ini adalah tahapan proses tersebut.





**Gambar 3.** Teknologi proses pulping non-kayu Gimmick (Anonim-2 & Anonim-3, 2017)

Pada penggunaan TKKS sebagai bahan bakunya, proses *crushing* merupakan tahap awal dimana TKKS dihancurkan menjadi serpihan berukuran kecil, 20-50 mm dengan bentuk yang seragam. Selanjutnya, pada proses *mashing/washing*, TKKS yang telah dihancurkan dalam *crusher* dicuci dengan sedikit air untuk mengeluarkan kotoran seperti pasir, lumpur dan kotoran lainnya. Tahapan ini sangat penting untuk efektifitas proses *pulping* yang berlangsung pada tahap selanjutnya (*kneading*).

Metode *pulping* Gimmick dilaksanakan secara mekanis dalam *kneader* dengan penambahan sedikit NaOH, yaitu 1-5% terhadap berat kering TKKS. Proses ini berlangsung pada suhu sekitar 100°C yang dihasilkan dari proses gesekan yang terjadi dalam *kneader*; jadi tidak ada penambahan panas dari luar. Selanjutnya pulp yang dihasilkan memasuki proses penguraian serat dalam *refiner* dan atau *beater*, penyaringan menggunakan *screen* atau proses lainnya sesuai dengan penggunaan akhir pulp. Pulp yang dihasilkan disebut sebagai CKnP dimana C adalah kimia, Kn adalah *kneading cook*, P adalah pulp; yaitu proses pemasakan pulp dengan cara diuleni/diremas dalam mesin pengulenan (*kneading machine*) dengan penambahan sedikit bahan kimia (alkali). Secara umum proses ini tergolong ke dalam proses *pulping* mekanis-semi kimia. Gambar 4 memperlihatkan perubahan bentuk fisik serat TKKS pada tiap tahap proses.



**Gambar 4.** Produk hasil pengolahan TKKS (Anonim-4, 2015)

Rendemen pulp dari proses pulping Gimmick mencapai 65-75%; cukup tinggi dibandingkan dengan proses kimia kraft (45-50%) (Anonymous-2, 2017). Pada proses ini, serat tidak mengalami pemotongan sehingga sifat kekuatannya dapat dipertahankan.

Menurut Hidayat (2008), KKG berfungsi sebagai alat pembungkus dan alat pelindung bagi produk yang dikemas. Untuk produk yang tidak memiliki kemampuan *self supporting*, KKG yang digunakan merupakan alat pelindung yang harus cukup kuat sehingga produk yang dikemas tidak mengalami kerusakan selama transportasi atau penyimpanan di gudang.

Berdasarkan karakteristik itulah, pulp CKnP dapat digunakan sebagai sumber serat untuk pembuatan kertas medium untuk lapisan bergelombang dalam KKG (kotak karton bergelombang), bahan baku karton, serta untuk pulp cetakan (*molded pulp*) (Anonim-2, 2017).

## KESIMPULAN

Berdasarkan ketersediaannya yang cukup besar, penggunaan TKKS sebagai bahan baku kertas merupakan salah satu alternatif sumber serat non-kayu yang potensial untuk mengatasi kelangkaan sumber serat di Indonesia yang berasal dari bahan baku kayu. Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa serat TKKS lebih tepat untuk digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan pulp coklat (*unbleached pulp*) dengan teknologi proses *pulping* mekanis semi-kimia yang penggunaan sedikit bahan kimia sehingga lebih ramah lingkungan. Penggunaan pulp coklat TKKS atau campurannya dengan pulp daur ulang kertas bekas, khususnya jenis OCC, untuk kertas medium menunjukkan hasil yang cukup baik. Penggunaan lainnya yang dapat dikembangkan lebih lanjut adalah sebagai bahan baku karton, dan bahan pembuatan pulp cetakan (*molded pulp*).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pimpinan dan Rekan-rekan di Balai Besar Pulp dan Kertas yang telah membantu Penulis dalam memperoleh literatur yang terkait dengan hasil-hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

## DAFTAR SIMBOL

- TKKS : Tandan Kosong Kelapa Sawit  
 OPEFB : *Oil Palm Empty Fruit Bunches*  
 CPO : *Crude Palm Oil*  
 OCC : *Old Corrugated Container*  
 KKG : Kotak karton Gelombang  
 KG : Karton Gelombang



APKI : Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia  
 RISI : Resource Information Systems Inc.  
 CMC : Carboxy Methyl Cellulose  
 GAPKI : Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia  
 BPS : Badan Pusat Statistik  
 TBS : Tandan Buah Segar  
 IAWA : International Association of Wood Anatomy  
 CSF : Canadian Standard Freeness  
 SNI : Standar Nasional Indonesia  
 Soda-AQ: Soda-Antrakinon (*Sodium hydroxide-Anthraquinone*)

#### DAFTAR PUSTAKA

- ANGGRAINI, D. & ROLIADI, H. 2011. Pembuatan pulp tandan kosong kelapa sawit untuk karton pada skala usaha kecil. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29 (3), hal.211-225. Available at: <<http://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/index.php/JPHH/article/view/755/3908>> [diakses 7 Agustus 2018]
- ANONIM-1. 2017. Ringkasan proyeksi produksi minyak sawit 2017 dan segi trend kondisi iklim Indonesia. [online]. (diupdate 21 Mei 2018). <https://agroklimatologiipks.files.wordpress.com/2017/01/proyeksi-produksi-ks-indonesia-2017.pdf> [diakses 10 Agustus 2018]
- ANONIM-2. 2017. *New pulping method for non-wood resources for the purpose of lightening the loading to environment*. [online]. Tersedia di: <<http://www.taizen-co.jp/EG/catalogue%20jap%20new.pdf>> [diakses 7 Agustus 2018]
- ANONIM-3. 2017. *New machinery for non-wood resources*. [online]. Tersedia di: <<http://www.taizen-co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2017/01/catalogue-eng.pdf>> [diakses 30 Agustus 2018]
- ANONIM-4. 2015. Profil proyek pabrik pulp tandan kosong sawit. Bandung : Balai Besar Pulp dan Kertas
- APRIANIS, Y. & RAHMAYANTI, S. 2009. Dimensi serat dan nilai turunannya dari tujuh jenis kayu asal Propinsi Jambi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 26(1). Hal.11-20. Available at <http://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/index.php/JPHH/article/view/1390/3983>
- ASOSIASI PULP DAN KERTAS INDONESIA. 2018. *List of Members*. [online] (diupdate 19 Juli 2018). <http://www.apki.net> [diakses 4 Agustus 2018]
- BPS. 2017. *Statistik kelapa sawit Indonesia 2016*. Jakarta : Badan Pusat Statistik
- DIREKTORAT JENDERAL PERKEBUNAN. 2016. *Statistik perkebunan Indonesia 2015-2017*. Jakarta : Direktorat Jenderal Perkebunan
- ERWINSYAH, AFRIANI, A. & KARDIANSYAH, T. 2015. Potensi dan peluang tandan kosong sawit sebagai bahan baku pulp dan kertas: Studi kasus di Indonesia. *Jurnal Selulosa*, 5 (2), hal.79-88
- ERWINSYAH, AFRIANI, A. 2014. *Tandan kosong sawit : Karakteristik dan potensinya sebagai bahan baku pulp*. Prosiding Seminar Teknologi Pulp dan Kertas 2014. Bandung 22 Oktober 2014 : Balai Besar Pulp dan Kertas, Hal.23-32
- ERWINSYAH 2014. *Produksi kotak karton gelombang dari tandan kosong sawit skala pabrik*. Prosiding Seminar Teknologi Pulp dan Kertas 2014. Bandung 22 Oktober 2014 : Balai Besar Pulp dan Kertas, ISBN 978-602-17761-2-4. Hal.33-42
- ERWINSYAH, SUGESTY, S. & HIDAYAT, T. 2012. Pembuatan pulp mekanis tandan kosong sawit untuk kertas liner dan medium. *Jurnal Selulosa*, 2 (1), hal.8-13
- GAPKI. 2018. *Refleksi industri kelapasawit 2017 dan prospek 2018*. [online]. (diupdate 2 Februari 2018). <https://gapki.id/news/4140/refelksi-industri-kelapa-sawit-2017-dan-prospek-2018> [diakses 23 Mei 2018]
- GONZALO, A. 2007. *Pulp and paper production from EFB using a semichemical process*. 2007 Engineering, Pulping & Environmental Conference. TAPPI. Florida, USA
- GULSOY, S.K., KUSTAS, S. & ERENTURK, S. 2013. The effect of old corrugated container (OCC) pulp addition on the properties of paper made with virgin softwood kraft pulps. *BioResources*, 8(4),p.5842-5849. Available at [https://bioresources.cnr.ncsu.edu/BioRes\\_08/BioRes\\_08\\_4\\_5842\\_Gulsoy\\_Effects\\_OC\\_Pulp\\_Softwood\\_Kraft\\_4538.pdf](https://bioresources.cnr.ncsu.edu/BioRes_08/BioRes_08_4_5842_Gulsoy_Effects_OC_Pulp_Softwood_Kraft_4538.pdf)
- HARSONO. 2015. Properties of fibers prepared from oil palm empty fruit bunch for use as corrugating medium and fibreboard. *Japan Tappi Journal*, 69(12). p.1349-1359
- HERAWAN, T. & RIVANI, M. 2013. *Pemanfaatan limbah padat kelapa sawit untuk produksi green product*. Prosiding Pertemuan Kelapa Sawit 2013. JCC Jakarta 7-9 Mei 2013. ISBN 978-602-7539-16-7. Hal.181-190

- HIDAYAT, T. & MASRIANI, R. 2009. Pengembangan metode pengukuran kemampuan daur ulang kertas. *Berita Selulosa*, 44(2), hal.66-75
- HIDAYAT, T. & SETIAWAN, Y. 2015. Pemanfaatan rejeck hidropulper untuk meningkatkan nilai kertas bekas sebagai bahan baku industri kertas. *Jurnal Selulosa*, 5(2). Hal.59-68
- HIDAYAT, T. 2012. Analisis kinerja ketahanan tekan lingkaran sebagai parameter mutu kertas liner dan medium. *Jurnal Selulosa*, 2(1), hal.1-7
- HIDAYAT, T. MASRIANI, R. & ASID, D.S. 2008. Prediksi dampak substitusi kertas liner oleh kertas medium pada karton gelombang menggunakan persamaan empiris. *Berita Selulosa*, 43(1), hal.19-28
- HURTER, R.W. 2007. *Non-Wood Fibre – 2010 and Beyond – Prospect for non-wood paper production in Asia Pacific*. 61<sup>st</sup> APPITA Annual Conference and Exhibition, Gold Coast – Australia : Technical Association of the Australian and New Zealand Pulp and Paper Industry Inc.
- INDRIATI, L., SIDDIQ, A.Z., & SUSILO. 1998. Pengendalian pitch pulp tandan kosong sawit menggunakan alum dan talk. *Berita Selulosa*, 34(4). Hal.108-113
- KEMENPERIN, 2018. *Analisis perkembangan industri Edisi II-2018*. Jakarta: Pusdatin, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- KEMENPERIN. 2015. *Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015-2035*. Jakarta: Pusat Komunikasi Publik - Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- KEMENPERIN. 2016. *Industri pulp dan kertas berpotensi tumbuh signifikan*. [online] (diupdate 5 Agustus 2018). <http://www.kemenperin.go.id/artikel/16331/Industri-Pulp-dan-Kertas-Berpotensi-Tumbuh-Signifikan--> [diakses 6 Agustus 2018]
- KURNIAWAN, A. 2018. Potensi tandan kosong jadi bahan baku kertas. [online]. (diupdate 27 Maret 2018). <https://ekbis.sindonews.com/read/1292925/34/potensi-tandan-kosong-sawit-jadi-bahan-baku-kertas-1522073758> [diakses 6 Agustus 2018]
- RAHMASITA, M.E., FARID, M. & ARDHYANANTA, H. 2017. Analisa morfologi serat tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan penguat komposit absorpsi suara. *Jurnal Teknik ITS*, 6 (2), hal.A584-A588. Available at: <http://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/viewFile/24332/4679>
- RISDIANTO, H., KARDIANSYAH, T. & SUGIHARTO, A. 2016. Empty fruit bunches for pulp and paper production : The current state in Indonesia. *Journal of Korea TAPPI*, 48(6).p.25-31
- RISI, 2016. *RISI Annual Review 2015*. Amerika : Resource Information Systems Inc.
- RUSHDAN, I. 2003. Structural, mechanical and optical properties of recycled paper blended with oil palm empty fruit bunch pulp. *Journal of Oil Palm Research*, 15(2).p.29-35
- RUSHDAN, I., 2007. Commercial-scale production of soda pulp and medium paper from oil palm empty fruit bunches. *Journal of Tropical Forest Science*, 19(3), p.121-126. Available at <https://www.frim.gov.my/v1/JTFOnline/jtfs/v19n3/121-126.pdf>
- SINGH, P., 2013. Using biomass residues from oil palm industry as a raw material for pulp and paper industry: Potential benefits and threat to the environment. *Environment Development and Sustainability*, 15(2), p.367-383. Available at [https://www.researchgate.net/publication/236109302\\_Using\\_biomass\\_residues\\_from\\_oil\\_palm\\_industry\\_as\\_a\\_raw\\_material\\_for\\_pulp\\_and\\_paper\\_industry\\_Potential\\_benefits\\_and\\_threat\\_to\\_the\\_environment](https://www.researchgate.net/publication/236109302_Using_biomass_residues_from_oil_palm_industry_as_a_raw_material_for_pulp_and_paper_industry_Potential_benefits_and_threat_to_the_environment)
- SYAMSU, K., HADITJAROKO, L., PRADIKTA, G.I. & ROLIADI, H. 2014. Campuran pulp tandan kosong kelapa sawit dan selulosa mikroba nata de cassava dalam pembuatan kertas. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 19 (1), hal.14-21. Available at: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI/article/viewFile/8401/6547>
- WIRAWAN, K.W., ELYANI, N. & ROSTIKA, I. 2015. Peningkatan mutu serat daur ulang kotak karton gelombang bekas menggunakan CMC. *Jurnal Selulosa*, 2(1), hal.33-38
- WIRAWAN, S.K., PURWITA, C.A. & ELYANI, N. 2017. Peningkatan mutu kertas daur ulang menggunakan xylan. *Jurnal Selulosa*, 7(1), hal.33-38