

SIFAT PAPAN PARTIKEL TANPA PEREKAT DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)

PROPERTIES OF BINDERLESS PARTICLEBOARDS FROM OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCH (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Ratri Yuli Lestari

Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru, Kementerian Perindustrian
Jalan Panglima Batur Barat No. 2, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70711
Pos-el: ra3_yl@yahoo.com

ABSTRACT

The objective of this investigation was to evaluate the properties of binderless particleboard from oil palm empty fruit bunches (OPEFB). The pretreatment was boiling in water for 60 minutes and then dried. The dried OPEFB was shredded into fibers and cut into particles (1–5 cm and 6–10 cm). The particles were formed on alluminium foil and then pressed at temperature of 150°C for 10 minutes using pressure of 25 kgf/cm², 30 kgf/cm², and 35 kgf/cm². Particleboard samples were made with a target density of 0.7 g/cm³. The value of density, moisture content, modulus of rupture (MOR), and modulus of elasticity (MOE) were determined based on Japan Industrial Standard (JIS) A 5908: 2003. The particleboards density were 0.566~0.636g/cm³ and the moisture content were 5.17~7.13%. The highest value of MOR and MOE were 2.52 N/mm² and 223.29 N/mm². It's from particleboards with the particle size of 6-10 cm and the pressure of 35 kgf/cm². The physical properties of particleboards were met the JIS standards while the mechanical properties were not met the standard.

Keywords: binderless, oil palm empty fruit bunch, particle size, pressure

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisika dan mekanika papan partikel tanpa perekat dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS diberi perlakuan pendahuluan dengan perebusan dalam air mendidih selama 60 menit kemudian dikeringkan. TKKS yang sudah kering diuraikan menjadi serat dan dibuat menjadi partikel dengan ukuran 1-5 cm dan 6-10 cm. Partikel disusun ke dalam *mat* yang dilapisi aluminium kemudian dipres pada suhu 150°C selama 10 menit dengan tekanan 25 kgf/cm², 30 kgf/cm², dan 35 kgf/cm². Papan partikel dibuat dengan target kerapatan sebesar 0,7g/cm³. Papan diuji nilai kerapatan, kadar air, *modulus of rupture* (MOR), dan *modulus of elasticity* (MOE) berdasarkan Japan Industrial Standard (JIS) A 5908: 2003 untuk papan partikel tipe 8. Papan partikel yang dihasilkan mempunyai kerapatan 0,566~0,636g/cm³ dan kadar air 5,17~7,13%. Nilai MOR dan MOE terbesar diperoleh dari papan dengan ukuran partikel 6-10 cm dan tekanan 35kgf/cm² yaitu sebesar 2,52 N/mm² dan 223,29 N/mm². Nilai kerapatan dan kadar air memenuhi standar JIS sedangkan nilai MOR dan MOE belum memenuhi standar.

Kata kunci: papan partikel tanpa perekat, tandan kosong kelapa sawit, ukuran partikel, tekanan kempa

PENDAHULUAN

Industri yang bergerak dalam pengolahan hasil hutan kayu mengalami kendala dalam memenuhi pasokan bahan baku. Oleh karena itu dikembangkan produk komposit yang ramah lingkungan

dan mampu menjadi alternatif bahan baku kayu sehingga meningkatkan nilai tambah dan keuntungan.

Papan partikel merupakan produk papan komposit yang banyak dikembangkan dan cukup

efisien dalam penggunaan bahan baku. Papan partikel juga dapat dibuat menggunakan bahan baku berupa limbah kayu, kayu dengan kualitas rendah, dan bahan berlignoselulosa lainnya. Proses pembuatan papan partikel biasanya menggunakan perekat sintetis seperti urea formaldehida, phenol formaldehida, dan melamine formaldehida. Penggunaan perekat sintetis tersebut dapat menghasilkan emisi formaldehida yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Beberapa penyakit yang telah terdeteksi sebagai akibat dari emisi formaldehida yang berlebih antara lain iritasi mata, penyakit saluran pernapasan bagian atas, gangguan pencernaan, dan sakit kepala. Bahan baku yang dapat digunakan di antaranya berasal dari limbah pengolahan kelapa sawit yaitu tandan kosong kelapa sawit. Indonesia memiliki potensi limbah TKKS yang sangat besar. Sebuah pabrik kelapa sawit (PKS) dengan kapasitas olah 30 ton tandan buah segar (TBS)/jam dan secara rata-rata beroperasi 20 jam/hari maka setiap harinya akan dihasilkan 120 ton tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan 360 ton limbah cair PKS.¹ Limbah TKKS dapat mencapai 230 kg dari setiap ton TBS yang diolah. Pada tahun 2009 potensi limbah TKKS dapat mencapai lebih dari 2 juta ton. Limbah TKKS dicacah sebelum diolah lebih lanjut. TKKS ada yang dibakar langsung di insinerator atau dijadikan kompos. Pengelolaan limbah TKKS ini menjadi masalah tersendiri bagi PKS.²

Shen diacu dalam Widyorini *et al.*³ mengungkapkan bahwa pecahan-pecahan dasar kayu dapat dikonversi menjadi papan dengan melakukan penguapan atau pemanasan tanpa menggunakan berbagai perekat, fenomena ini disebut dengan pengikatan sendiri (*self bonding*). Selama perlakuan pemanasan akan mengaktifkan komponen kimia yang akan meningkatkan kekuatan papan partikel tanpa bahan perekat sintetis.

Okuda dan Sato⁴ mengungkapkan bahwa bahan berlignoselulosa dapat dibentuk menjadi papan hanya dengan kempa panas, tanpa tambahan perekat ataupun resin. Hal ini berarti terjadi perubahan komponen kimia seperti hidrolisis hemiselulosa dan pelarutan lignin.

Lignin merupakan komponen penyusun kayu selain selulosa dan hemiselulosa. Ia terdiri

dari molekul-molekul senyawa polifenol yang berfungsi sebagai pengikat sel-sel kayu satu sama lain, sehingga menjadi keras dan kaku. Lignin juga mengakibatkan kayu dapat meredam kekuatan mekanis yang dikenakan terhadapnya. Oleh karena itu, memungkinkan untuk memanfaatkan lignin sebagai perekat dan bahan pengikat papan partikel, kayu lapis, atau produk kayu lainnya.⁵

Secara ilmiah, pembentukan ikatan selama perlakuan masih belum jelas antara ikatan hidrogen dan ikatan kovalen yang berperan penting dalam pengikatan sendiri (*self bonding*). Pengaruh perlakuan pemanasan bergantung pada beberapa variabel seperti lama waktu pengempaan, suhu, komposisi kimia dari lignoselulosa, dan kemungkinan faktor lainnya yang masih belum dimengerti.³

Tanaman kelapa sawit mengandung komposisi kimiawi seperti pada kayu atau tanaman lainnya. Menurut Law *et al.*,⁶ tandan kosong kelapa sawit mempunyai kandungan abu $1,3 \pm 0,2\%$, lignin $18,8 \pm 0,3\%$, selulosa $62,9 \pm 1,4\%$, holoselulosa $82,4 \pm 1,4\%$, kelarutan 1% NaOH $14,5 \pm 2,7\%$, kelarutan air panas $7,5 \pm 0,8\%$ dan hemiselulosa 28,0%.

Hashim⁷ menyatakan bahwa dalam pembuatan papan partikel tanpa perekat dari kelapa sawit menunjukkan bahwa ukuran partikel, bentuk partikel, dan bagian dari kelapa sawit memengaruhi sifat-sifat dari papan partikel yang dihasilkan. Parameter lain adalah perlakuan pendahuluan pada partikel, kerapatan, dan lama waktu pengepresan berpengaruh terhadap sifat fisika dan mekanika papan partikel tanpa perekat.⁸ Menurut Hashim,⁹ meningkatkan suhu pengepresan akan meningkatkan sifat-sifat papan partikel tanpa perekat secara nyata.

Penelitian ini mencoba untuk memanfaatkan limbah kelapa sawit berupa TKKS yang kurang dimanfaatkan sebagai bahan baku papan partikel tanpa perekat sintetis (*binderless particleboards*) yang tidak menimbulkan emisi formaldehida. Papan partikel yang dihasilkan diharapkan dapat memenuhi standar JIS.¹⁰ Tujuan penelitian ini adalah mengetahui sifat fisika dan mekanika papan partikel tanpa perekat dari limbah kelapa sawit.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang berasal dari Pabrik Minyak Sawit PTPN XIII (Persero) Pelaihari. TKKS utuh (Gambar 1a) lebih dulu direbus dalam air mendidih selama 60 menit. TKKS yang sudah direbus kemudian dikeringkan dengan dijemur di bawah sinar matahari selama 7–10 hari. TKKS yang sudah kering diuraikan menjadi serat (Gambar 1b) dengan gergaji mesin model RS-415. Serat TKKS kemudian dicacah dengan gunting menjadi partikel (*strands*) dengan ukuran 1–5 cm dan 6–10 cm (Gambar 1c) dan partikel siap dicetak. Partikel yang siap dicetak lebih dulu diukur kadar airnya dengan dioven pada suhu 105°C selama 3 jam. Kadar air partikel sebelum dicetak adalah 4,66%. Partikel kemudian ditimbang sesuai dengan berat partikel yang dibutuhkan. Berat partikel yang dibutuhkan untuk membuat papan dengan ukuran (25 x 25 x 1) cm³ dan target kerapatan sebesar 0,7 g/cm³ adalah 437,5 g. Jumlah papan yang dibuat sebanyak 18 helai, sehingga berat total partikel yang dibutuhkan adalah 7.875 g. Partikel yang sudah ditimbang kemudian disusun ke dalam cetakan yang sudah dilapisi kertas aluminium (*aluminium foil*) dan dikempa awal atau kempa dingin untuk pembentukan awal papan sehingga diperoleh ketebalan yang diinginkan. Papan kemudian dikempa panas dengan *hydraulic press* manual pada suhu 150°C selama 10 menit dengan tiga variasi tekanan yaitu 25 kgf/cm², 30 kgf/cm², dan 35 kgf/cm².

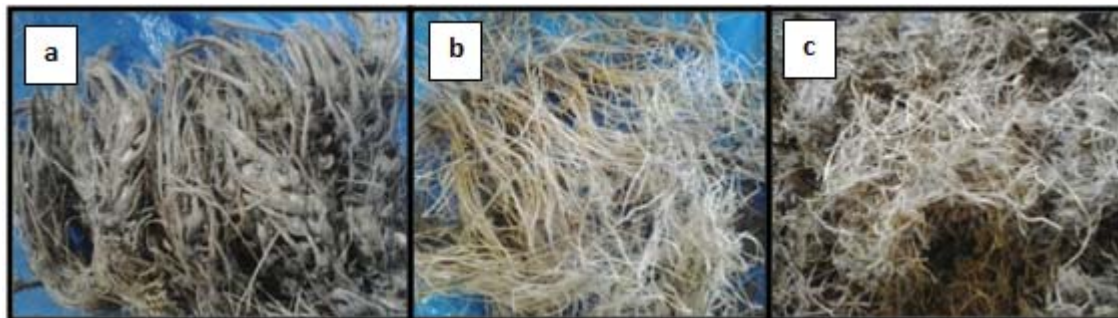
Papan hasil pengempaan panas kemudian dikondisikan selama ± satu minggu pada kondisi kering udara. Papan yang sudah dikondisikan lalu dibuat contoh uji sesuai dengan standar JIS.¹⁰ Papan kemudian diuji untuk mengetahui nilai kerapatan, kadar air, MOE, dan MOR sesuai dengan standar JIS untuk papan partikel tipe 8.¹⁰ Contoh papan partikel tanpa perekat dari TKKS dapat dilihat pada Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisika

Hasil pengujian papan partikel tanpa perekat dari TKKS untuk nilai kerapatan dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai kerapatan yang diperoleh lebih rendah daripada target kerapatan yang diharapkan. Kerapatan yang diharapkan adalah 0,7 g/cm³ sedangkan kerapatan yang dihasilkan adalah 0,566~0,636 g/cm³. Walaupun kerapatan yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang ditargetkan, kerapatan yang diperoleh masih memenuhi standar JIS.¹⁰ Standar kerapatan yang ditetapkan oleh JIS adalah 0,4–0,9 g/cm³.¹⁰ Kerapatan papan partikel lebih rendah 9,14~19,14% dari target kerapatan yang diharapkan.

Penurunan kerapatan dapat terjadi karena papan partikel yang dihasilkan mengalami penambahan ketebalan dari target yang ditetapkan. Target ketebalan yang diharapkan adalah 1 cm sedangkan ketebalan papan yang diperoleh rata-rata adalah 1,08 cm. Perbedaan ketebalan



Gambar 1. (a) TKKS utuh kering; (b) serat TKKS; dan (c) partikel TKKS.



Gambar 2. Papan partikel dari TKKS dengan ukuran partikel 1-5 cm (kiri) dan papan partikel dari TKKS dengan ukuran partikel 6-10 cm (kanan).

Tabel 1. Nilai kerapatan dan kadar air papan partikel tanpa perekat dari TKKS.

Parameter Uji	Perlakuan					
	1-5 cm			6-10 cm		
	25 kgf/cm ²	30 kgf/cm ²	35 kgf/cm ²	25 kgf/cm ²	30 kgf/cm ²	35 kgf/cm ²
Kerapatan (gr/cm ³)	0,556	0,622	0,562	0,589	0,636	0,564
Kadar air (%)	7,04	6,78	5,35	7,13	5,17	5,81

Sumber: Data yang Diolah

yang ditargetkan dan hasil yang diperoleh mengakibatkan kerapatan papan berkurang. Proses pengepresan dengan suhu tinggi menyebabkan terbakarnya partikel-partikel TKKS yang sudah kering dan mudah terbakar. Partikel-partikel halus TKKS yang terbakar menyebabkan berat papan berkurang. Pengurangan berat papan menurunkan nilai kerapatan.

Hasil pengujian papan partikel tanpa perekat dari TKKS untuk nilai kadar air dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai kadar air yang dihasilkan adalah 5,17~7,13%. Kadar air yang diperoleh telah memenuhi standar JIS. Standar kadar air yang ditetapkan oleh JIS⁸ adalah 5–13%.¹⁰

Papan partikel yang dihasilkan mempunyai kerapatan yang lebih rendah daripada target sedangkan kadar air justru mengalami kenaikan dibandingkan dengan kadar air TKKS sebelum dilakukan pengepresan. Hal seperti ini dapat terjadi karena selama proses pengepresan, penguapan air dan degradasi bahan kimia yang terjadi besar sehingga banyak rongga sel yang kosong. Dengan demikian, pada saat pengondisian, kadar air kesetimbangan yang dicapai menjadi lebih tinggi.

Sifat Mekanika

Hasil pengujian nilai MOR dari papan partikel tanpa perekat dari TKKS dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai MOR tertinggi sebesar 2,52 N/mm². Nilai tersebut diperoleh pada papan partikel tanpa perekat dengan perlakuan ukuran partikel 6-10 cm dan tekanan kempa 35 kgf/cm². Standar yang ditetapkan oleh JIS untuk nilai MOR minimal 8 N/mm².¹⁰ Nilai MOR yang diperoleh dari papan partikel tanpa perekat dari TKKS belum memenuhi standar JIS.¹⁰

Menurut Hashim,⁹ nilai MOR tertinggi dicapai dengan pengempaan pada suhu 200°C. Proses degradasi lignoselulosa dan hemiselulosa membutuhkan suhu lebih dari 170°C sedangkan pada penelitian ini pengepresan dilakukan pada suhu 150°C. Pada suhu tersebut proses *selfbonding* belum terjadi secara optimal sehingga papan yang dihasilkan tidak memenuhi standar.

Hasil pengujian nilai MOE dari papan partikel tanpa perekat dari TKKS dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai MOE tertinggi sebesar 223,29 N/mm². Nilai tersebut diperoleh pada papan partikel tanpa perekat dengan perlakuan ukuran partikel

6-10 cm dan tekanan kempa 35 kgf/cm². Hasil ini masih sangat jauh dari standar JIS, yaitu minimal 2.000 N/mm².¹⁰ Papan partikel dengan nilai MOE yang rendah akan mengakibatkan papan mudah berubah bentuk dalam penggunaannya. Papan akan mudah melengkung atau bahkan patah. Menurut Subiyanto,¹¹ nilai MOR dan MOE ini dipengaruhi oleh nilai kerapatan. Semakin tinggi kerapatan papan, semakin tinggi keteguhan patahnya. Pada penelitian ini kerapatan papan partikel tanpa perekat yang diperoleh lebih rendah daripada yang diharapkan, maka keteguhan patahnya menjadi rendah.

Faktor lain yang menyebabkan sifat fisika dan mekanika papan partikel tanpa perekat dari TKKS lebih rendah daripada papan dengan bahan lain karena masih adanya residu minyak sawit pada serat TKKS meskipun setelah ekstraksi minyak di pabrik. Dalam hal ini, serat TKKS tidak boleh mengandung kadar minyak melebihi 3% agar dapat diproduksi menjadi produk hilir. Namun, perlakuan perebusan pada TKKS mampu membantu menghilangkan lapisan lilin dan pektin dari permukaan serat TKKS.¹²

Jika nilai MOR dan MOE papan partikel dari TKKS dibandingkan dengan papan yang menggunakan perekat urea formaldehida (UF), diperoleh perbedaan yang cukup besar. Perbandingan nilai MOR dan MOE antara papan partikel tanpa perekat dari TKKS dan yang menggunakan perekat UF dapat kita lihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Nilai MOR dan MOE papan partikel tanpa perekat dari TKKS.

Parameter Uji	Perlakuan					
	1–5 cm			6–10 cm		
	25 kgf/cm ²	30 kgf/cm ²	35 kgf/cm ²	25 kgf/cm ²	30 kgf/cm ²	35 kgf/cm ²
Modulus of Rupture (N/mm ²)	100,57	96,80	116,77	128,25	163,33	223,29
Modulus of Elasticity (N/mm ²)	1,80	2,21	1,45	1,85	1,67	2,52

Sumber: Data yang Diolah

Perbandingan nilai MOR antara papan partikel tanpa perekat dari TKKS dan yang menggunakan perekat UF 10% adalah sebesar 1 : 2,6 sedangkan perbandingan nilai MOE antara papan partikel tanpa perekat dari TKKS dan yang menggunakan perekat UF 10% adalah 1 : 10,5. Perbandingan ini cukup besar, artinya penambahan perekat meningkatkan sifat fisika dan mekanika papan partikel. Akan tetapi, pengembangan produk papan partikel tanpa perekat dari TKKS masih mempunyai peluang yang besar untuk dikembangkan.

Menurut Law *et al.*,⁷ sifat TKKS yang memiliki kandungan silika dan logam lainnya menambah sulit dalam membuat papan partikel tanpa perekat. Bahrin *et al.*¹³ menyatakan bahwa TKKS yang diberi perlakuan menggunakan uap super panas pada suhu 140°C masih belum menghasilkan energi yang cukup untuk menghilangkan badan silika dari material. Penghilangan badan silika dari TKKS sangat penting artinya karena dapat menghambat aksesibilitas enzim ke lapisan dalam dari struktur TKKS. Pada suhu 180°C, badan silika dapat dihilangkan. Ketika suhu dinaikkan menjadi 210°C, sebagian besar badan silika dapat dihilangkan yang ditandai dengan banyaknya lubang bekas badan silika yang ditemukan pada saat pengamatan mikroskop.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat mekanika papan partikel tanpa perekat dari TKKS belum memenuhi standar JIS.¹⁰ Bahan baku

Tabel 3. Perbandingan nilai MOR dan MOE antara papan partikel tanpa perekat dari TKKS, papan partikel yang menggunakan perekat UF 10%, dan standar JIS.¹⁰

MOR (N/mm ²)			MOE (N/mm ²)		
Tanpa perekat	UF 10% ¹¹	JIS ¹⁰	Tanpa perekat	UF 10% ¹¹	JIS ¹⁰
1,92	5,00	>8	138,17	1.450,51	>2.000

Sumber: Data yang Diolah

limbah TKKS yang melimpah merupakan suatu potensi untuk mengembangkan produk papan partikel tanpa perekat dari TKKS. Penelitian ini masih membutuhkan kajian yang lebih dalam lagi. Proses pengolahan papan partikel tanpa perekat dari TKKS dapat dikembangkan dengan melakukan berbagai perlakuan pendahuluan. Perlakuan pendahuluan yang dapat dikembangkan di antaranya dengan uap super panas atau dengan oksidasi. Menurut Suhasman,¹⁴ karakteristik papan partikel tanpa perekat yang dibuat dengan perlakuan pendahuluan berupa oksidasi menghasilkan papan partikel dengan stabilitas dimensi dan modulus elastisitas yang tinggi.

Nilainya bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan papan partikel konvensional yang dibuat dengan menggunakan perekat MF. Meskipun demikian, dalam hal keteguhan patah dan *internal bond* nilainya masih lebih rendah dibandingkan dengan papan partikel konvensional. Perlakuan oksidasi membantu mengaktifkan komponen kimia yang terdapat dalam bahan lignoselulosa.

Bahrin *et al.*¹³ memberikan perlakuan penguapan dengan suhu super panas (*superheated steam*) pada TKKS. Bahrin *et al.*¹³ menyimpulkan bahwa suhu optimal untuk perlakuan pendahuluan pada TKKS adalah pada suhu 180°C dan penguapan selama 60 menit. Pada suhu tersebut, hidrolisis enzim yang didapatkan dapat ditingkatkan secara optimal. Oleh karena itu, dalam penelitian selanjutnya perlu dilakukan pembuatan papan partikel tanpa perekat dari TKKS dengan menggunakan perlakuan oksidasi hidrogen peroksida atau uap super panas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Papan partikel yang dihasilkan mempunyai kerapatan 0,566~0,636 g/cm³ dan kadar air 5,17~7,13%. Nilai MOR dan MOE terbesar diperoleh dari papan dengan ukuran partikel 6-10 cm dan tekanan 35 kgf/cm² yaitu sebesar 2,52 N/mm² dan 223,29 N/mm². Nilai kerapatan dan kadar air memenuhi standar JIS sedangkan nilai MOR dan MOE belum memenuhi standar.

Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan variasi perlakuan pada suhu dan kadar air sehingga dapat diperoleh papan dengan kualitas yang memenuhi standar JIS. Pemberian suhu

yang lebih tinggi dibutuhkan untuk membantu proses degradasi lignoselulosa. Penambahan kadar air juga membantu aktivasi *self bonding* karena *heat-steam press* menghasilkan sifat fisika dan mekanika yang lebih baik. Penelitian juga dapat dilanjutkan dengan memberikan perlakuan pendahuluan oksidasi sebelum pengepresan atau dengan penguapan pada suhu super panas (*superheated steam*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Prof. Subyakto yang membimbing dalam penyusunan tulisan ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Ir. Masyamah, Rina Apriani, A.Md., Budi Tri Cahyana, S.T., Muhammad Ridwan, A.Md., Miyono, S.P., Ir. Suroto, Saibatul Hamdi, S.Hut., M.P., dan Dwi Harsono, S.Hut. yang telah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian ini, serta kepada PTPN XIII (Persero) Pelaihari.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Wahyuni, Mardiana. 2008. *Laju Dekomposisi Aerob dan Mutu Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Penambahan Mikroorganisme Selulolitik, Amandemen dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Tesis, MT Agronomy. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- ²Limbah Pabrik Kelapa Sawit. 2008. (<http://isroi.com/2008/06/19/limbah-pabrik-kelapa-sawit/>, diakses 24 September 2012).
- ³Widyorini, R., T. Higashihara, J. Xu, T. Watanabe dan S. Kawai. 2005. Self Bonding Characteristics of Binderless Kenaf Core Composites. *Wood Science and Technology Journal*. 39(8): 651-662.
- ⁴Okuda, N. dan M. Sato. 2004. Manufacture and Mechanical Properties of Binderless Boards from Kenaf Core. *J. Wood Science*. 50: 53-61.
- ⁵Santoso, A. Jasni. 2003. The LRF Glue Line Durability of Manii Laminated Wood Against Dry Wood Termite. *Journal of Tropical Wood Science and Technology* 1: 1-11.
- ⁶Law, K. N., W. R. W. Daud, dan A. Ghazali. 2007. Morphological and Chemical Nature of Fiber strands of Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB). *Bioresources* 2(3): 351-362.
- ⁷Hashim R., N. Saari, O. Sulaiman, T. Sugimoto, S. Hiziroglu, M. Sato, dan R. Tanaka. 2010. Effect of Particle Geometry on The Properties of Binderless Particleboard manufactured from

Oil palm Trunk. *Materials and Design* 31: 4.251-4.257.

⁸Angles, M.N., J. Reguant, D. Montane, F. Ferrando, X. Farriol, dan J. Salvado. 1999. Binderless Composite from Pretreated Residual Softwood. *Journal of Applied Polymer Science* 73(12): 2.485-2.491.

⁹Hashim R., N. Said, J. Lamaming, O. Sulaiman, M. Sato, S. Hiziroglu, dan T. Sugimoto. 2011. Influence of Press Temperature on The Properties of Binderless Particleboard Manufactured from Oil Palm Trunk. *Materials and Design* 31: 2.520-2.525.

¹⁰JIS-A 5908. 2003. *Particleboards*. Japanese Standard Association. 1-24 Akasaka, 4-Minato-ku, Tokyo 107, Jepang.

¹¹Subiyanto, B., Subyakto, Sudijono, M. Gopar, dkk. Pembuatan Papan Partikel Berukuran Komersial dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Perekat Urea Formaldehida. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 3(1): 9-14.

¹²Izani, M. A. N., M. T. Paridah, A. A. Astimar, dkk. 2012. Mechanical and Dimensional Stability Properties of Medium Density Fibreboard Produced from Treated Oil Palm Empty Fruit Bunch. *Journal of Applied Science* 12(6): 561-567.

¹³Bahrin, E. K., A. S. Baharuddin, M. F. Ibrahim, M. N. A. Razak, dkk. 2012. Psychochemical Property Changes and Enzymatic Hydrolysis Enhancement of Oil Palm Empty Fruit Bunches Treated with Superheated Steam. *Bioresources* 7(2): 1.784-1.801.

¹⁴Suhasman, M. Y. Massijaya, Y. S. Hadi, dan A. Santoso. 2010. Karakteristik Papan Partikel dari Bambu Tanpa Menggunakan Perekat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 3(1): 30-43.

