

**SIFAT FISIS DAN MEKANIS PAPAN UNTAI BERARAH
DARI BAMBUN TALII (*Gigantochloa apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurz)
(*Physical and Mechanical Properties of Oriented Strand Board Made of Tali
Bamboo* (*Gigantochloa apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurz)**

**I.M. Sulastiningsih, Dian Anggraini Indrawan, Jamal Balfas, Adi Santoso &
Mohammad Isa Iskandar**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610
Telp. (0251) 8633378 ; Fax. (0251) 8633413.
E-mail : tsulastiningsih@yahoo.co.id

Diterima 2 Februari 2017, Direvisi 10 Agustus 2017, Disetujui 6 September 2017

ABSTRACT

*Bamboo is potential as an alternative material to substitute wood. This paper examines the effects of using different resin contents and strand dimensions on the properties of its oriented strand board (bamboo OSB). Tali bamboo (*Gigantochloa apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurz) was used as raw material in manufacturing the bamboo OSB. Laboratory scale oriented bamboo strand boards were fabricated using each bamboo strand length (7.5, 10, and 15 cm) and glued with liquid phenol formaldehyde adhesive at various resin contents (6, 7 and 8%) of the bamboo strands dry weight. Results show that the average density of fabricated bamboo OSB was 0.75 g/cm³. Physical and mechanical properties of bamboo OSB were significantly affected by resin content, except the modulus of elasticity (MOE). Higher resin content gave better physical and mechanical properties of the boards. MOE of bamboo OSB was also significantly affected by the strand length. The longer strand dimension produces boards with higher MOE values. All oriented bamboo strand boards studied meet the Indonesian and Japanese Standard requirements of type 24 particleboard and also meet the British Standard requirements of both Type OSB/2 and Type OSB/3.*

Keywords: Bamboo OSB, phenol formaldehyde, resin content, strand length, physical and mechanical properties

ABSTRAK

Bambu merupakan sumber daya potensial sebagai bahan alternatif untuk substitusi kayu. Tulisan ini mempelajari pengaruh kadar perekat dan ukuran untaian bambu terhadap sifat papan untaian bambu berarah (OSB atau *oriented strand Board*). Bambu yang digunakan adalah bambu tali (*Gigantochloa apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurz), sedangkan perekatnya adalah fenol formaldehida cair. Papan OSB skala laboratorium dibuat dari masing-masing ukuran panjang untaian (7,5, 10, dan 15 cm) dengan kadar perekat bervariasi yaitu 6, 7, dan 8% dari berat kering partikel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa OSB bambu tali yang dibuat memiliki kerapatan rata-rata 0,75 g/cm³. Sifat fisis dan mekanis OSB bambu sangat dipengaruhi oleh kadar perekat yang digunakan, kecuali modulus elastisitas. Semakin tinggi kadar perekat semakin baik sifat OSB bambu yang dihasilkan. Modulus elastisitas OSB bambu sangat dipengaruhi oleh ukuran untaian. Semakin panjang ukuran untaian semakin tinggi nilai MOE OSB bambu yang dihasilkan. OSB bambu tali yang dibuat dengan berbagai perlakuan semuanya memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia, Standar Jepang untuk papan partikel tipe 24 dan memenuhi persyaratan Standar Inggris untuk OSB penggunaan struktural yang digunakan pada kondisi kering (Tipe OSB/2) maupun kondisi lembap (Tipe OSB/3).

Kata kunci: OSB bambu, fenol formaldehida, kadar perekat, panjang untaian, sifat fisis dan mekanis

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan kayu untuk bahan mebel dan bangunan di Indonesia terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan untuk mengganti mebel dan komponen bangunan yang rusak akibat serangan organisme perusak kayu. Sementara itu kemampuan pasokan kayu tidak bisa memenuhi permintaan yang ada. Oleh karena itu perlu dicari bahan alternatif sebagai substitusi kayu untuk memenuhi kebutuhan kayu pertukangan berkualitas. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai substitusi kayu adalah bambu. Penelitian pemanfaatan bambu sebagai substitusi kayu telah banyak dilakukan dengan jalan membuat produk bambu lamina (Rittironk & Elnieiri, 2008; Correal & Lopez, 2008; Sulastiningsih & Nurwati, 2009; Mahdavi, Clouston, & Arwade, 2011; Sulastiningsih & Santoso, 2012; Sulastiningsih, Santoso, & Krisdianto, 2016).

Konversi bambu bulat menjadi produk bambu lamina (papan atau balok bambu) dimana elemen penyusunnya berupa bilah bambu masih menyisakan beberapa bagian batang bambu yang tidak dimanfaatkan karena produk bambu lamina hanya memanfaatkan bambu yang berdiameter besar, dindingnya tebal dan batangnya lurus. Dalam proses pembuatan bilah bambu dihasilkan limbah berupa bilah dengan ukuran yang tidak teratur sehingga tidak bisa digunakan untuk membuat bambu lamina. Sebagai contoh pada bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea* (Steud.) Widjaja) bagian batang bambu yang digunakan untuk menghasilkan bilah bambu sekitar 6 – 7 m dengan diameter minimum 8 cm, sehingga bagian ujung batang bambu dengan diameter kurang dari 8 cm dan dindingnya tipis tidak dimanfaatkan. Oleh karena itu untuk meningkatkan efisiensi pengolahan bambu maka limbah hasil pengolahan bambu untuk bambu lamina tersebut dan jenis bambu yang berdiameter kecil dapat diolah lebih lanjut menjadi produk yang lebih fleksibel dalam penggunaannya. Untuk tujuan tersebut maka pembuatan produk komposit berbasis bambu berupa papan partikel merupakan salah satu pilihan yang dapat diterapkan.

Papan partikel adalah hasil pengempaan panas campuran partikel kayu atau bahan

berlignoselulosa lainnya dengan perekat organik serta bahan lain (SNI 03-2105, 2006). Berdasarkan penggunaannya papan partikel digolongkan menjadi papan partikel penggunaan umum dan papan partikel struktural. Papan partikel yang dibuat di industri yang ada di Indonesia pada umumnya adalah papan partikel penggunaan umum yang dalam penggunaannya tidak menahan beban. Papan partikel struktural dalam penggunaannya menahan beban misalnya untuk peti kemas, komponen dinding dan lantai pada bangunan bertingkat. Perkembangan papan partikel struktural berupa papan untai berarah (*oriented strand board* atau OSB) dan papan wafer (*waferboard*) di beberapa negara menunjukkan kecenderungan meningkat karena menurunnya produk kayu lapis (Sylviani, Sulastiningsih, & Sutigno, 2002). Tulisan ini mempelajari pembuatan papan untai bambu berarah yang dibuat dari bambu tali (*Gigantochloa apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurz) menggunakan perekat fenol formaldehida cair dengan variasi kadar perekat dan panjang untai bambu karena panjang untai berpengaruh terhadap sifat OSB yang dihasilkan (Maloney, 1993; Febrianto et al., 2012), demikian juga kadar perekat berpengaruh terhadap sifat OSB yang dihasilkan (Malanit, Frühwald, & Barbu, 2011).

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan utama bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu tali (*Gigantochloa apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurz) yang diperoleh dari daerah Sukabumi, Jawa Barat. Perekat yang digunakan adalah fenol formaldehida cair dan pengerasnya para formaldehida dengan kadar padat perekat (*solid content*) 43,5%.

B. Metode Penelitian

1. Pembuatan partikel bambu

Bambu tali yang digunakan untuk penelitian ini dipotong sesuai dengan target ukuran panjang partikel yang dikehendaki. Bambu tersebut kemudian dibuat partikel berbentuk untai atau *strand* dengan target ukuran/dimensi yaitu: tebal sekitar 0,5 – 0,8 mm, lebar sekitar 2 – 2,5 cm dan

panjangnya 3 macam yaitu 7,5, 10 dan 15 cm. Penentuan panjang untaian sesuai dengan pernyataan Thoemen, Irle, dan Sernek (2010) yaitu pada umumnya ukuran untaian adalah lebar 15 - 25 mm, panjang 75 - 150 mm dan tebal 0,3 - 0,7 mm. Partikel bambu yang dihasilkan selanjutnya dikeringkan dalam oven hingga kadar airnya mencapai $\pm 4\%$.

2. Pembuatan papan untaian bambu berarah (OSB bambu)

Papan yang dibuat berupa papan untaian bambu berarah atau *oriented strand board* (OSB). Papan untaian bambu berarah tersebut memiliki ukuran 30 x 30 x 1,2 cm dengan target kerapatan 0,7 g/cm³. Papan untaian bambu berarah (OSB bambu) yang dibuat merupakan papan untaian berlapis 3 (tiga) dimana lapisan tengah atau lapisan 2 disusun tegak lurus atau menyilang terhadap lapisan luar (lapisan 1 atau atas dan lapisan 3 atau bawah).

OSB bambu homogen dibuat dari masing-masing untaian atau *strand* dengan ukuran panjang yang sama (7,5, 10 dan 15 cm) menggunakan 3 macam kadar perekat padat yaitu 6%, 7%, dan 8% dari berat kering untaian. Sejumlah *strand* bambu yang sudah kering dan ditimbang sesuai dengan perlakuan yang diberikan, dicampur dengan sejumlah perekat fenol formaldehida cair sesuai dengan kadar perekat padat yang telah ditentukan. Kadar padat (*solid content*) dan kekentalan (viskositas) perekat fenol formaldehida cair yang digunakan berturut-turut 43,5% dan 1,2 poise. Ke dalam perekat fenol formaldehida ditambahkan para formaldehida sebanyak 1% dari berat perekat yang digunakan.

Untaian bambu yang sudah dicampur perekat dibagi menjadi 3 bagian, satu bagian untuk lapisan tengah, 1 bagian untuk lapisan atas dan satu bagian untuk lapisan bawah. Untaian bambu tersebut disusun sedemikian rupa dalam satu cetakan sehingga diperoleh hamparan yang terdiri atas 3 lapisan dimana lapisan tengah tegak lurus atau menyilang terhadap lapisan atas dan lapisan bawah. Hamparan tersebut dikeluarkan dari cetakan dan selanjutnya dikempa panas pada suhu 160°C dengan tekanan spesifik 25 kg/cm² selama 6 menit. Papan yang dihasilkan selanjutnya dikondisikan selama minimal 1 minggu sebelum dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanisnya. Untuk setiap perlakuan dibuat papan untaian bambu berarah (OSB bambu) sebanyak 4 papan.

3. Pengujian

Pengujian sifat fisis dan mekanis papan untaian bambu berarah (OSB bambu) meliputi kadar air, kerapatan, pengembangan tebal, pengembangan lebar, keteguhan rekat internal, kuat pegang sekrup, dan keteguhan lentur dilakukan menurut Standar Jepang JIS 5908:2003 (Japanese Industrial Standard (JIS), 2003).

C. Analisis Data

Data hasil pengujian sifat fisis dan mekanis OSB bambu kemudian dianalisis secara statistik dengan menggunakan rancangan percobaan faktorial 3 x 3. Faktor pertama ukuran panjang untaian (A) yang terdiri atas 3 taraf yaitu 7,5 cm (A¹), 10 cm (A²), dan 15 cm (A³), dan faktor kedua adalah kadar perekat (B) yang terdiri atas 3 taraf yaitu kadar perekat 6% (B¹), 7% (B²), dan 8% (B³). Banyaknya ulangan 4 buah papan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Fisis

Hasil pengujian sifat fisis papan untaian bambu berarah disajikan pada Tabel 1 dan hasil analisa keragamannya disajikan pada Tabel 2. Kadar air rata-rata papan untaian bambu berarah yang dibuat dari bambu tali dengan berbagai perlakuan adalah 8,3%. Secara keseluruhan, kadar air papan untaian bambu berarah ini telah memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia untuk produk papan partikel (SNI 03-2105, 2006), karena nilainya tidak lebih dari 14%, memenuhi persyaratan Standar Jepang untuk papan partikel JIS A 5908: 2003 (Japanese Industrial Standard (JIS), 2003), karena nilainya tidak lebih dari 13%, dan memenuhi Standar Inggris untuk OSB BS EN 300: 2006 (British Standard, 2006) karena nilainya tidak lebih dari 12%. Sedangkan hasil penelitian Hidayat, Carolina, dan Febrianto (2013) menunjukkan bahwa kadar air OSB dari jenis kayu sengon, manii, dan mangium yang direkat menggunakan perekat isosianat (MDI – methylene diphenyl isocyanate) dengan kadar perekat 7% berkisar antara 6,15% hingga 8,89%. Sementara itu hasil penelitian Saad dan Hilal (2012) menunjukkan bahwa kadar air OSB campuran bambu (lapisan luar) dan eceng gondok

(lapisan inti atau *core*) yang dibuat menggunakan perekat isosianat berkisar antara 13,78% hingga 18,36%.

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kerapatan OSB bambu yang dibuat dengan berbagai perlakuan berkisar antara 0,74 g/cm³ hingga 0,76 g/cm³ dengan rata-rata 0,75 g/cm³. Secara keseluruhan, kerapatan papan untai bambu berarah ini telah memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2105, 2006) untuk produk papan partikel dan memenuhi persyaratan Standar Jepang (JIS A 5908 : 2003) untuk papan partikel (Japanese Industrial Standard (JIS), 2003), karena nilainya berada dalam kisaran 0,40 – 0,90 g/cm³. Hasil analisa keragaman pada Tabel 2 menunjukkan bahwa ukuran untai dan kadar perekat tidak berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan untai bambu berarah yang dihasilkan.

Menurut Maloney (1993) nisbah kompresi (*compression ratio*) yang merupakan perbandingan antara kerapatan atau berat jenis papan partikel yang dibuat dengan kerapatan atau berat jenis bahan baku yang digunakan, merupakan faktor penting yang sangat menentukan kualitas papan

yang dihasilkan. Agar diperoleh papan partikel dengan kualitas yang bagus maka nilai nisbah kompresi minimum adalah 1,3. Sedangkan menurut Kelly (1977) nilai nisbah kompresi minimum tersebut adalah 1,2. Kerapatan rata-rata bambu tali yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,60 g/cm³, sedangkan kerapatan rata-rata OSB bambu yang dibuat adalah 0,75 g/cm³ sehingga rata-rata nilai rasio kompresinya adalah 1,2.

Ibrahim dan Febrianto (2013) telah melakukan penelitian mengenai OSB bambu yang dibuat dari campuran untai bambu betung, bambu andong dan bambu tali dengan menggunakan perekat isosianat (*Methylene Diphenyl Diisocyanate*, MDI) 5% dari berat partikel atau untai bambu. Kerapatan OSB bambu tersebut berkisar antara 0,67 g/cm³ hingga 0,79 g/cm³. Penelitian mengenai OSB bambu juga telah dilakukan oleh Sumardi, Ono, dan Suzuki (2007), Sumardi et al. (2007) menggunakan jenis bambu moso (*Phyllostachys pubescens*) dan perekat fenol formaldehida dengan 5 macam target kerapatan papan (0,49; 0,57; 0,65; 0,73; dan 0,81 g/cm³). Sementara itu hasil penelitian Saad dan Hilal (2012) menunjukkan

Tabel 1. Sifat fisis papan untai bambu berarah
Table 1. Physical properties of the oriented bamboo strand board

Sifat (<i>Properties</i>)	Kadar perekat (<i>Resin content</i>)	Panjang untai (<i>Strand length</i>)		
		A1	A2	A3
Kadar air (<i>Moisture content</i> , %)	B1	8,6 (0,3)	7,7 (0,3)	8,2 (0,3)
	B2	8,7 (0,1)	7,8 (0,2)	8,4 (0,1)
	B3	8,8 (0,3)	8,3 (0,3)	8,5 (0,2)
Kerapatan (<i>Density</i> , g/cm ³)	B1	0,74 (0,03)	0,76 (0,02)	0,74 (0,05)
	B2	0,75 (0,02)	0,76 (0,04)	0,75 (0,02)
	B3	0,74 (0,02)	0,76 (0,02)	0,74 (0,02)
Pengembangan tebal (<i>Thickness swelling</i> , %)	B1	15,6 (0,5)	13,5 (1,2)	13,4 (1,6)
	B2	14,0 (2,1)	13,9 (1,3)	12,0 (1,6)
	B3	11,8 (1,9)	12,7 (1,2)	11,4 (0,7)
Pengembangan lebar (<i>Width expansion</i> , %)	B1	1,38 (0,3)	1,39 (0,2)	1,90 (0,4)
	B2	1,25 (0,2)	1,30 (0,1)	1,24 (0,1)
	B3	1,21 (0,1)	1,26 (0,2)	1,17 (0,1)

Keterangan (*Remarks*): Angka dalam kurung adalah standar deviasi (*Numbers in parentheses represent standard deviation*); A = Panjang untai (*strand length*): A1 = 7,5 cm; A2 = 10 cm; A3 = 15 cm; B = Kadar perekat (*Resin content*): B1= 6%; B2= 7%; B3= 8%.

Tabel 2. Nilai F hitung pengaruh perlakuan terhadap sifat fisis papan untai bambu berarah
Table 2. Calculated F values of treatment effects on physical properties of the oriented bamboo strand board

Sifat (<i>Properties</i>)	F hitung (<i>F calculated</i>)		
	Sumber keragaman (<i>Source of variation</i>)		
	A	B	Interaksi AB
Kadar air (<i>Moisture content</i>)	24,98**	6,39**	1,36 ^{tn}
Kerapatan (<i>Density</i>)	0,17 ^{tn}	0,28 ^{tn}	0,27 ^{tn}
Pengembangan tebal (<i>Thickness swelling</i>)	2,87 ^{tn}	6,08**	0,96 ^{tn}
Pengembangan lebar (<i>Width expansion</i>)	1,82 ^{tn}	9,26**	3,22*

Keterangan (*Remarks*): A= Panjang untai (*Strand length*); B= Kadar perekat (*Resin content*); tn = Tidak nyata (*Not significant*); * = Nyata pada taraf $p \leq 0,05$ (*Significant at $p \leq 0.05$*); ** = Nyata pada taraf $p \leq 0,01$ (*Significant at $p \leq 0.01$*)

bahwa kerapatan OSB campuran bambu (lapisan luar) dan enceng gondok (lapisan inti atau *core*) yang dibuat menggunakan perekat isosianat dengan kadar perekat 6% berkisar antara 0,48 g/cm³ hingga 0,66 g/cm³.

Pengembangan tebal OSB bambu yang dibuat dengan berbagai perlakuan berkisar antara 11,4% sampai 15,0% dengan rata-rata 13,07%. Bambu yang merupakan bahan berlignoselulosa seperti kayu, memiliki sifat higroskopis yaitu mudah menyerap dan mengeluarkan air dengan adanya perubahan suhu dan kelembapan lingkungan. Oleh karena itu sifat pengembangan tebal OSB bambu sangat penting untuk diketahui karena berpengaruh terhadap kestabilan dimensi OSB bambu pada saat digunakan.

Hasil analisa keragaman pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar air OSB bambu sangat dipengaruhi oleh panjang untai dan kadar perekat. OSB dengan panjang untai 15 cm dan kadar perekat 8% memiliki kadar air tertinggi. Pengembangan tebal OSB bambu sangat dipengaruhi oleh kadar perekat, sedangkan ukuran untai tidak memberikan pengaruh yang nyata. Semakin tinggi kadar perekat semakin kecil nilai pengembangann tebal OSB bambu yang dihasilkan. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Febrianto et al. (2015) yang menunjukkan bahwa pengembangan tebal OSB bambu yang dibuat dari bambu andong (*Gigantochloa verticillata*), betung (*Dendrocalamus*

asper) dan ampel (*Bambusa vulgaris*) yang direkat dengan perekat isosianat (*Methylene Diphenyl Diisocyanate*), semakin kecil nilainya dengan meningkatnya kadar perekat.

OSB bambu yang dibuat dari campuran/kombinasi untai bambu betung (*Dendrocalamus asper*), bambu andong (*Gigantochloa verticillata*) dan bambu tali (*Gigantochloa apus*), direkat dengan perekat isosianat memiliki nilai pengembangan tebal berkisar antara 13% hingga 21% (Ibrahim & Febrianto, 2013). Sementara itu hasil penelitian Sumardi, Suzuki, dan Ono (2006) menunjukkan bahwa papan untai dari bambu moso yang direkat dengan perekat fenol formaldehida memiliki nilai pengembangan tebal berkisar antara 10% hingga 18% tergantung dari kadar perekat yang digunakan dan kerapatan papan untai yang dibuat. Dikemukakan pula bahwa kerapatan dan struktur lapisan berpengaruh terhadap pengembangan tebal papan untai bambu (Sumardi & Suzuki, 2014).

Hasil uji beda pada Tabel 4 menunjukkan bahwa penggunaan kadar perekat 6% tidak berbeda nyata dengan kadar perekat 7%. Secara keseluruhan, pengembangan tebal OSB bambu hasil penelitian ini memenuhi persyaratan produk papan partikel menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2105, 2006), dan Standar Jepang untuk papan partikel tipe 24 JIS A 5908 : 2003 (Japanese Industrial Standard (JIS), 2003), karena nilainya tidak lebih dari 25%. Persyaratan

pengembangan tebal OSB menurut Standar Inggris BS EN 300:2006 (British Standard, 2006) untuk OSB tebal lebih dari 10 mm dan kurang dari 18 mm, berturut-turut adalah 20% (OSB penggunaan struktural dan digunakan pada kondisi kering), dan 15% (OSB penggunaan struktural dan digunakan pada kondisi lembap).

Seperti halnya sifat pengembangan tebal maka sifat pengembangan lebar OSB bambu juga sangat penting untuk diketahui karena sangat berpengaruh terhadap kestabilan dimensi OSB bambu tersebut khususnya yang digunakan sebagai dinding yang berhubungan langsung dengan kondisi lingkungan. Perubahan suhu dan kelembapan lingkungan dimana OSB bambu digunakan sangat berpengaruh terhadap perubahan dimensi OSB tersebut. Pengembangan lebar OSB bambu yang dibuat dengan berbagai perlakuan berkisar antara 1,17% hingga 1,90% dengan rata-rata 1,34%. Hasil analisa keragaman pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar perekat berpengaruh nyata terhadap pengembangan lebar OSB bambu. Terdapat kecenderungan semakin tinggi kadar perekat semakin kecil pengembangan lebar OSB bambu. Hasil uji beda pada Tabel 5 menunjukkan bahwa penggunaan kadar perekat 7% tidak berbeda nyata pengaruhnya terhadap pengembangan lebar papan untai bambu berarah dengan kadar perekat 8%. Dalam standar papan partikel nilai pengembangan lebar tidak dipersyaratkan.

B. Sifat Mekanis

Keteguhan rekat internal atau *internal bond* merupakan indikator baik tidaknya ikatan antar partikel dalam OSB bambu. Semakin tinggi nilai *internal bond* semakin bagus dan kuat ikatan antar partikel yang terjadi dalam OSB bambu. Keteguhan rekat internal (*internal bond*) OSB bambu yang dibuat dengan berbagai perlakuan (Tabel 3) serta direkat dengan perekat fenol formaldehida berkisar antara 3,11 kg/cm² hingga 4,28 kg/cm² dengan rata-rata 3,62 kg/cm².

Hasil analisa keragaman pada Tabel 4 menunjukkan bahwa keteguhan rekat internal OSB bambu sangat dipengaruhi oleh kadar perekat, sedangkan ukuran untai tidak memberikan pengaruh yang nyata. Semakin tinggi kadar perekat maka semakin tinggi keteguhan rekat internal OSB bambu yang dihasilkan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Sulastiningsih, Novitasari, dan Turoso (2006), Sulastiningsih et al. (2006), Sumardi et al. (2006) dan Febrianto et al. (2015) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar perekat yang digunakan dalam pembuatan papan partikel bambu atau papan untai bambu berarah, semakin tinggi nilai keteguhan rekat internal papan partikel bambu atau papan untai bambu berarah yang dihasilkan. Sedangkan hasil penelitian Ibrahim dan Febrianto (2013) menunjukkan bahwa keteguhan rekat internal OSB bambu campuran bambu betung, andong dan tali berkisar antara 1,7 kg/cm² hingga 4,2 kg/cm². Hasil uji beda pada Tabel 5 menunjukkan bahwa penggunaan kadar perekat 7% tidak berbeda nyata pengaruhnya terhadap keteguhan rekat internal papan untai bambu berarah dengan kadar perekat 8%.

Menurut Maloney (1993) geometri untai sangat berpengaruh terhadap sifat OSB yang dihasilkan. Nisbah kelangsingan (*slenderness ratio*) merupakan perbandingan antara panjang dan tebal untai. Semakin tinggi nilai nisbah kelangsingan untai semakin mudah diatur arahnya dan semakin tinggi kekuatan papan yang dihasilkan. Nilai rata-rata nisbah kelangsingan untai bambu tali yang digunakan dalam penelitian ini adalah 74,6 (panjang untai 7,5 cm), 115,7 (panjang untai 10 cm) dan 150,2 (panjang untai 15 cm).

Faktor lain dari geometri untai yang berpengaruh terhadap sifat papan yang dihasilkan adalah perbandingan antara panjang dan lebar untai yang dikenal dengan istilah *aspect ratio*. Orientasi untai yang bagus dalam OSB dapat dicapai dengan nilai *aspect ratio* minimum 3 (Maloney, 1993). Dalam penelitian ini nilai *aspect ratio* untai bambu tali yang digunakan dalam pembuatan OSB berkisar antara 3 hingga 7,5. Secara keseluruhan, keteguhan rekat internal OSB bambu hasil penelitian ini memenuhi persyaratan produk papan partikel menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2105, 2006), dan Standar Jepang JIS A 5908 : 2003 (Japanese Industrial Standard (JIS), 2003), karena nilainya tidak kurang dari 3,1 kg/cm². Persyaratan *internal bond* OSB menurut Standar Inggris BS EN 300:2006 (British Standard, 2006) untuk OSB tebal lebih dari 10 mm dan kurang dari 18 mm, adalah 0,32 N/mm² atau 3,26 kg/cm² (OSB struktural dan digunakan pada kondisi kering maupun kondisi lembap).

Tabel 3. Sifat mekanis papan untai bambu berarah
Table 3. Mechanical properties of the oriented bamboo strand board

Sifat (<i>Properties</i>)	Kadar perekat (<i>Resin content</i>)	Panjang untai (<i>Strand length</i>)		
		A1	A2	A3
Keteguhan rekat internal (<i>Internal bond</i> , kg/cm ²)	B1	3,17 (0,61)	3,11 (0,43)	3,14 (1,03)
	B2	4,02 (0,53)	3,26 (0,36)	4,14 (0,25)
	B3	4,28 (0,32)	3,42 (0,80)	4,07 (0,60)
Kuat pegang sekrup (<i>Screw holding power</i> , kg)	B1	85,9 (9,4)	82,4 (20,6)	90,0 (5,5)
	B2	77,0 (6,4)	82,6 (18,3)	82,3 (9,9)
	B3	92,1 (4,0)	94,1 (15,1)	93,7 (4,7)
Modulus patah sejajar (<i>MOR</i> , <i>parallel</i> , kg/cm ²)	B1	446,1 (79)	451,9 (67)	479,0 (50)
	B2	431,5 (45)	450,4 (32)	500,3 (73)
	B3	479,0 (67)	500,3 (71)	518,0 (77)
Modulus elastisitas sejajar (<i>MOE</i> , <i>parallel</i> , kg/cm ²)	B1	92.405 (7.898)	88.178 (3.555)	120.532 (16.173)
	B2	88.093 (12.803)	91.354 (7.835)	120.544 (20.722)
	B3	108.034 (8.731)	87.998 (6.488)	129.384 (12.796)
Modulus patah tegak lurus (<i>MOR</i> , <i>perpendicular</i> , kg/cm ²)	B1	168,9 (19,9)	156,2 (27)	185,9 (32,4)
	B2	161,9 (12,3)	160,7 (21,4)	216,2 (16,4)
	B3	178,8 (8,3)	163,9 (27,2)	220,6 (54,6)
Modulus elastisitas tegak lurus (<i>MOE</i> , <i>perpendicular</i> , kg/cm ²)	B1	12.097 (2.759)	12.423 (2.860)	15.884 (2.424)
	B2	13.683 (3.515)	13.639 (4.198)	15.231 (2.770)
	B3	13.450 (3.392)	11.096 (401)	16.465 (3.190)

Keterangan (*Remarks*): Angka dalam kurung adalah standar deviasi (*Numbers in parentheses represent standard deviation*); A = Panjang untai (*strand length*): A1 = 7,5 cm; A2 = 10 cm; A3 = 15 cm; B = Kadar perekat (*Resin content*): B1 = 6%; B2 = 7%; B3 = 8%

Dalam penggunaannya papan untai bambu berarah tidak pernah berdiri sendiri tetapi selalu digabungkan dengan papan atau komponen lain sehingga memerlukan bahan pengikat. Salah satu bahan pengikat yang digunakan adalah sekrup. Oleh karena itu sifat kuat pegang sekrup OSB bambu perlu diketahui. Nilai rata-rata hasil pengujian kuat pegang sekrup OSB bambu dengan berbagai perlakuan tercantum dalam Tabel 3, sedangkan hasil analisa keragamannya tercantum dalam Tabel 4. Kuat pegang sekrup OSB bambu hasil penelitian ini yang dibuat dengan berbagai perlakuan serta direkat dengan

perekat fenol formaldehida berkisar antara 79,4 kg hingga 94,1 kg dengan rata-rata 86,7 kg. Sementara itu Ibrahim dan Febrianto (2013) melaporkan bahwa kuat pegang sekrup OSB bambu campuran bambu betung, andong dan tali yang direkat dengan perekat isosianat berkisar antara 40,9 kgf hingga 70,8 kgf. Sedangkan nilai kuat pegang sekrup OSB dari kayu sengon, manii, dan mangium yang dibuat dengan perekat isosianat dengan kadar perekat 7% berturut-turut adalah sebesar 87 kg, 118 kg dan 86 kg (Hidayat, Syabani, Purwawangsa, & Febrianto, 2011).

Tabel 4 Nilai F hitung pengaruh perlakuan terhadap sifat mekanis papan untai bambu berarah

Table 4. Calculated F values of treatment effects on mechanical properties of the oriented bamboo strand board

Sifat (<i>Properties</i>)	F hitung (<i>F calculated</i>)		
	Sumber keragaman (<i>Source of variation</i>)		
	A	B	Interaksi AB
Keteguhan rekat internal (<i>Internal bond</i>)	3,29 ^{tn}	6,09**	0,79 ^{tn}
Kuat pegang sekrup (<i>Screw holding power</i>)	0,29 ^{tn}	3,38*	0,21 ^{tn}
Modulus patah sejajar (<i>MOR, parallel</i>)	0,83 ^{tn}	3,57*	0,28 ^{tn}
Modulus elastisitas sejajar (<i>MOE, paralel</i>)	27,87**	1,94 ^{tn}	1,00 ^{tn}
Modulus patah tegak lurus (<i>MOR, perpendicular</i>)	9,87**	1,20 ^{tn}	0,57 ^{tn}
Modulus elastisitas tegak lurus (<i>MOE, perpendicular</i>)	4,50*	0,18 ^{tn}	0,52 ^{tn}

Keterangan (*Remarks*) : A= Panjang untai (*Strand length*); B= Kadar perekat (*Resin content*); tn = Tidak nyata (*Not significant*); * = Nyata pada taraf $p \leq 0,05$ (*Significant at $p \leq 0.05$*); ** = Nyata pada taraf $p \leq 0,01$ (*Significant at $p \leq 0.01$*)

Hasil analisa keragaman pada Tabel 4 menunjukkan bahwa kuat pegang sekrup OSB bambu dipengaruhi oleh kadar perekat sedangkan ukuran partikel atau untai (*strand*) tidak memberikan pengaruh yang nyata. Secara keseluruhan, kuat pegang sekrup OSB bambu ini memenuhi persyaratan produk papan partikel menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2105, 2006), dan Standar Jepang JIS A 5908 : 2003 (Japanese Industrial Standard (JIS), 2003), karena nilainya tidak kurang dari 51 kg. Kuat pegang sekrup OSB bambu hasil penelitian ini jauh lebih tinggi dibanding kuat pegang sekrup OSB campuran bambu dan eceng gondok (37,39 – 46,91 kgf) hasil penelitian (Saad & Hilal, 2012).

Keteguhan lentur dalam hal ini modulus patah (MOR) merupakan salah satu sifat yang sangat penting dari OSB bambu. Modulus patah (MOR) merupakan kemampuan OSB bambu menahan beban maksimum. MOR OSB bambu diuji dalam posisi sejajar serat dan tegak lurus serat papan. Nilai rata-rata hasil pengujian MOR OSB bambu dengan berbagai perlakuan tercantum dalam Tabel 3, sedangkan hasil analisa keragamannya tercantum dalam Tabel 4. Nilai MOR sejajar serat OSB bambu hasil penelitian ini berkisar antara 431,5 kg/cm² hingga 524,8 kg/cm² dengan rata-rata 479,6 kg/cm², sedangkan nilai MOR tegak lurus serat berkisar antara 156,2 kg/cm² hingga 220,6 kg/cm² dengan rata-rata 179,2 kg/cm². OSB bambu hasil penelitian ini memiliki nilai MOR lebih tinggi dibanding MOR papan partikel

bambu betung hasil penelitian Sulastiningsih et al. (2006), MOR OSB campuran kayu *Calophyllum inophyllum* dan *Paulownia coreana* hasil penelitian Oh dan Kim (2015), dan MOR OSB campuran bambu dan eceng gondok hasil penelitian Saad dan Hilal (2012).

Hasil analisa keragaman pada Tabel 4 menunjukkan bahwa MOR sejajar serat OSB bambu dipengaruhi oleh kadar perekat sedangkan ukuran untai tidak memberikan pengaruh yang nyata. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Sulastiningsih et al. (2006), Sumardi et al. (2006), Oh dan Kim (2015) dan Febrianto et al. (2015) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar perekat yang digunakan dalam pembuatan papan partikel atau OSB semakin tinggi nilai MOR papan partikel atau OSB yang dihasilkan.

Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata MOR sejajar OSB bambu yang dibuat dengan kadar perekat fenol formaldehida 6% meningkat 3,4% dibanding dengan OSB bambu yang dibuat dengan kadar perekat 7% dan meningkat 13,2% dibanding dengan OSB bambu yang dibuat dengan kadar perekat 8%. Nilai MOR OSB campuran kayu *Calophyllum inophyllum* dan *Paulownia coreana* yang direkat dengan perekat fenol formaldehida dengan kadar perekat 3,5% adalah 25,6 MPa atau 261,1 kg/cm² sedangkan yang dibuat dengan kadar perekat 4,5% adalah 26,5 MPa atau 270,3 kg/cm² (Oh & Kim, 2015). Sementara itu Febrianto et al. (2015) mengemukakan hasil penelitian pengaruh jenis bambu dan kadar

perekat terhadap sifat OSB bambu dengan menerapkan perlakuan pendahuluan uap panas selama satu jam pada untaian bambu yang digunakan. Jenis bambu yang digunakan adalah andong, betung dan ampel. MOR terendah (21 N/mm^2 atau 214 kg/cm^2) dimiliki oleh OSB bambu yang dibuat dari untaian bambu ampel menggunakan perekat isosianat dengan kadar perekat 3% dan MOR tertinggi (65 N/mm^2 atau 663 kg/cm^2) dimiliki oleh OSB yang dibuat dari untaian bambu betung menggunakan perekat isosianat dengan kadar perekat 5%. Hasil uji beda pada Tabel 5 menunjukkan bahwa penggunaan kadar perekat 6% tidak berbeda nyata dengan kadar perekat 7% tetapi berbeda nyata dengan kadar perekat 8%.

Secara keseluruhan, modulus patah sejajar serat OSB bambu yang dibuat dengan berbagai perlakuan memenuhi persyaratan produk papan partikel tipe 24 menurut SNI 03-2105 (2006), JIS A 5908:2003 (Japanese Industrial Standard, 2003), karena nilainya tidak kurang dari 245 kg/cm^2 dan BS EN 300:2006 (British Standard, 2006) untuk OSB tebal lebih dari 10 mm dan kurang dari 18 mm, karena nilainya tidak kurang dari 20 N/mm^2 atau 205 kg/cm^2 (OSB penggunaan struktural dan digunakan pada kondisi kering maupun kondisi lembap).

Berdasarkan hasil analisa keragaman pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa MOR tegak lurus serat OSB bambu sangat dipengaruhi oleh ukuran untaian sedangkan kadar perekat tidak memberikan pengaruh yang nyata. Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata MOR tegak lurus serat OSB bambu yang dibuat dari untaian panjang 7,5 cm meningkat 6% dibanding dengan OSB bambu yang dibuat dari untaian panjang 10 cm dan meningkat 29,5% dibanding dengan OSB bambu yang dibuat dari untaian panjang 15 cm.

Seperti diungkapkan oleh Maloney (1993) bahwa geometri untaian sangat berpengaruh terhadap sifat OSB yang dihasilkan. Nisbah kelangsingan dan *aspect ratio*, adalah parameter geometri untaian yang sangat berpengaruh terhadap sifat OSB bambu yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai nisbah kelangsingan dan *aspect ratio* untaian semakin mudah diatur arahnya dan semakin tinggi kekuatan papan yang dihasilkan. Orientasi untaian yang baik dalam OSB dapat dicapai dengan nilai

aspect ratio minimum 3. Dalam penelitian ini nilai *aspect ratio* untaian bambu tali yang digunakan dalam pembuatan OSB berkisar antara 3 hingga 7,5. Hasil uji beda pada Tabel 5 menunjukkan bahwa panjang untaian 7,5 cm tidak berbeda nyata pengaruhnya terhadap MOR tegak lurus serat OSB bambu dengan panjang untaian 10 cm tetapi berbeda nyata dengan panjang untaian 15 cm.

Secara keseluruhan, modulus patah tegak lurus serat OSB bambu yang dibuat dengan berbagai perlakuan memenuhi persyaratan produk papan partikel tipe 24 menurut SNI 03-2105 (2006), JIS A 5908:2003 (Japanese Industrial Standard (JIS), 2003), dan BS EN 300:2006 (British Standard, 2006) untuk OSB tebal lebih dari 10 mm dan kurang dari 18 mm, karena nilainya tidak kurang dari 10 MPa atau 102 kg/cm^2 .

Sifat kekakuan atau modulus elastisitas (MOE) sama halnya dengan modulus patah (MOR) merupakan salah satu sifat mekanis yang sangat penting dari OSB bambu. Nilai MOE sejajar serat OSB bambu hasil penelitian ini berkisar antara 87.997 kg/cm^2 hingga 129.384 kg/cm^2 dengan rata-rata 102.947 kg/cm^2 , sedangkan nilai MOR tegak lurus serat berkisar antara 11.096 kg/cm^2 hingga 16.465 kg/cm^2 dengan rata-rata 13.774 kg/cm^2 . Nilai MOE OSB bambu hasil penelitian ini baik sejajar serat maupun tegak lurus serat lebih tinggi dibanding MOR OSB campuran bambu dan enceng gondok hasil penelitian Saad dan Hilal (2012). Sementara itu Suzuki dan Takeda (2000) mengemukakan MOE OSB dari kayu sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) yang dibuat menggunakan perekat fenol formaldehida dengan kadar perekat 6% berkisar antara 4,31 GPa atau 43.962 kg/cm^2 hingga 8,56 GPa atau 87.312 kg/cm^2 (sejajar serat) dan antara 1,91 GPa atau 19.482 kg/cm^2 hingga 3,09 GPa atau 31.518 kg/cm^2 (tegak lurus serat).

Hasil analisa keragaman pada Tabel 4 menunjukkan bahwa MOE OSB bambu baik sejajar serat maupun tegak lurus serat dipengaruhi oleh ukuran untaian sedangkan kadar perekat tidak memberikan pengaruh yang nyata. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Suzuki dan Takeda (2000) dan Febrianto et al. (2012) yang menyatakan bahwa keteguhan lentur OSB sangat dipengaruhi oleh panjang untaian. Semakin panjang ukuran untaian semakin tinggi nilai MOE OSB yang dihasilkan.

Tabel 5. Hasil uji BNJ beberapa sifat papan untai bambu berarah
Table 5. HSD results on some properties of the oriented bamboo strand board

Sifat (<i>Properties</i>)	Perlakuan (<i>Treatment</i>)	Nilai rata-rata yang dibandingkan (<i>Comparison of the mean values</i>)		
Pengembangan tebal (<i>Thickness swelling, %</i>)	B	B3 11,96	B2 13,26	B1 13,97
Pengembangan lebar (<i>Linear expansion, %</i>)	B	B3 1,21	B2 1,26	B1 1,55
Keteguhan rekat internal (<i>Internal bond, kg/cm²</i>)	B	B1 3,14	B2 3,81	B3 3,92
Kuat pegang sekrup (<i>Screw holding power, kg</i>)	B	B2 80,63	B1 86,07	B3 93,28
Modulus patah sejajar (<i>MOR, parallel, kg/cm²</i>)	B	B1 452,2	B2 467,5	B3 512,1
Modulus elastisitas sejajar (<i>MOE, parallel, kg/cm²</i>)	A	A2 89.176	A1 96.177	A3 123.486
Modulus patah tegak lurus (<i>MOR, perpendicular, kg/cm²</i>)	A	A2 160,3	A1 169,9	A3 207,6
Modulus elastisitas tegak lurus (<i>MOE, perpendicular, kg/cm²</i>)	A	A2 12.386	A1 13.076	A3 15.860

Keterangan (*Remarks*): A = Panjang untai (*strand length*); A1= 7,5 cm; A2= 10 cm; A3= 15 cm; B= Kadar perekat (*Resin content*); B1= 6%; B2= 7%; B3= 8%; _____ = Tidak berbeda nyata (*Not significant difference*)

Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata MOE sejajar dan tegak lurus serat OSB bambu yang dibuat dari untai panjang 7,5 cm berturut-turut meningkat 7,8% dan 5,6% dibanding dengan OSB bambu yang dibuat dari untai panjang 10 cm dan berturut-turut meningkat 38,5% dan 28% dibanding dengan OSB bambu yang dibuat dari untai panjang 15 cm. Hasil uji beda pada Tabel 5 menunjukkan bahwa panjang untai 7,5 cm tidak berbeda nyata pengaruhnya terhadap MOE OSB bambu dengan

panjang untai 10 cm tetapi berbeda nyata dengan panjang untai 15 cm.

Secara keseluruhan, MOE sejajar serat dan tegak lurus serat OSB bambu yang dibuat dengan berbagai perlakuan memenuhi persyaratan produk papan partikel tipe 24 menurut SNI 03-2105, (2006), dan JIS A 5908:2003 (Japanese Industrial Standard (JIS), 2003) karena nilainya berturut-turut tidak kurang dari 40.800 kg/cm² dan 13.260 kg/cm², serta memenuhi persyaratan produk OSB menurut BS EN 300:2006 (British

Standard, 2006) untuk OSB tebal lebih dari 10 mm dan kurang dari 18 mm (OSB penggunaan struktural dan digunakan pada kondisi kering maupun kondisi lembab) karena nilainya berturut-turut tidak kurang dari 3.500 N/mm^2 atau 102 kg/cm^2 dan 1.400 N/mm^2 atau 14.280 kg/cm^2 .

Menurut Firhart (2015) perekat telah berperan dan akan terus berperan dalam pemanfaatan sumber daya kayu secara efisien. Saat ini perekat telah berperan sangat penting sehingga hampir semua jenis dan ukuran kayu dapat dikonversi menjadi suatu produk yang fungsional. Sementara itu Sellers (2001) menyatakan bahwa dalam industri kayu komposit, persentase biaya perekat bervariasi mulai dari sangat kecil sampai 32% dari total biaya produksi yang diperlukan untuk membuat produk komposit dalam berbagai bentuk dan jenis. Oleh karena itu salah satu pertimbangan dalam memilih suatu jenis perekat yang akan digunakan untuk membuat produk komposit adalah harganya. Dalam penelitian ini penggunaan perekat yang lebih sedikit lebih disukai. OSB bambu yang memiliki nilai MOR tertinggi (524 kg/cm^2) dalam penelitian ini adalah OSB yang dibuat dari untai bambu tali panjang 15 cm dan kadar perekat 7%.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Bambu tali dapat digunakan sebagai sumber bahan baku dalam pembuatan produk bambu komposit berupa papan untai bambu berarah (*oriented bamboo strand board*, atau OSB bambu). OSB bambu tali yang dibuat memiliki kerapatan rata-rata $0,75 \text{ g/cm}^3$. Sifat fisis dan mekanis OSB bambu sangat dipengaruhi oleh kadar perekat yang digunakan, kecuali modulus elastisitas. Semakin tinggi kadar perekat semakin baik sifat OSB bambu yang dihasilkan. Modulus elastisitas OSB bambu sangat dipengaruhi oleh ukuran untai. Semakin panjang ukuran untai semakin tinggi nilai MOE OSB bambu yang dihasilkan. OSB bambu tali yang dibuat dengan berbagai perlakuan semuanya memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia, Standar Jepang untuk papan partikel tipe 24 dan memenuhi persyaratan Standar Inggris untuk OSB struktural

yang digunakan pada kondisi kering maupun kondisi lembab. OSB bambu yang memiliki kekuatan tertinggi dalam penelitian ini adalah OSB yang dibuat dari untai bambu tali dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 2 - 2,5 cm, tebal 0,5 - 0,8 mm dan kadar perekat fenol formaldehida 7%.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka perlu dilakukan penggunaan emulsi parafin dan variasi tekanan dalam pembuatan OSB bambu guna memperbaiki kualitas OSB bambu.

DAFTAR PUSTAKA

- British Standard. (2006). *Oriented strand boards (OSB) - Definitions, classification and specifications* (BS EN 300:2006). British Standard Institution, London.
- Correal, J., & Lopez, L. (2008). Mechanical properties of colombian glued laminated bamboo. Dalam Xiao et al. (Ed.) *Proceedings of First International Conference on Modern Bamboo Structures (ICBS-2007)* (pp. 121-127). Changsa, China.
- Febrianto, F., Jang, J. H., Lee, S. H., Santosa, I. A., Hidayat, W., Kwon, J. H., & Kim, N. H. (2015). Effect of bamboo species and resin content on properties of oriented strand board prepared from steam-treated bamboo strands. *BioResources*, 10(2), 2642-2655. doi: 10.15376/biores.10.2.2642-2655
- Febrianto, F., Sahroni, Hidayat, W., Bakar, E. S., Kwon, G. J., Kwon, J. H., ... Kim, N. H. (2012). Properties of oriented strand board made from betung bamboo (*Dendrocalamus asper* (Schultes.f) Backer ex Heyne). *Wood Science and Technology*, 46 (1-3), 53-62. doi: 10.1007/s00226-010-0385-8
- Firhart, C. R. (2015). Introduction to special issue. Wood adhesives: Past, present, and future. *Forest Products Journal*, 65(1/2), 4-8. doi: 10.13073/65.1-2.4

- Hidayat, W., Carolina, A., & Febrianto, F. (2013). Physical, mechanical, and durability properties of OSB prepared from CCB treated fast growing tree species strands. *Journal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 11(1), 55-61.
- Hidayat, W., Sya'bani, M. I., Purwawangsa, H., & Febrianto, F. (2011). Effect of wood species and layer structure on physical and mechanical properties of strand board. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 9(2), 134-140.
- Ibrahim, M.A., & Febrianto, F. (2013). Properties of Oriented Strand Board (OSB) Made from mixing bamboo. *ARPN Journal of Science and Technology*, 3(9), 937-962.
- Japanese Industrial Standard (JIS). (2003). *Particleboards (JIS A 5908:2003)*, Japanese Standards Association, Tokyo.
- Kelly, M.W. (1977). Critical literature review of relationships between the processing parameters and physical properties of particleboard. *General Technical Report FPL-10*. Madison, WI.
- Mahdavi, M., Clouston, P. L., & Arwade, S. R. (2011). Development of laminated bamboo lumber: Review of processing, performance, and economical considerations. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23(7), 1036-1042. doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000253
- Malanit, P., Frühwald, A., & Barbu, M. C. (2011). Physical and mechanical properties of oriented strand lumber made from an Asian Bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer). *European Journal of Wood and Wood Products*, 69(1), 27-36. doi: 10.1007/s00107-009-0394-1
- Maloney, T. . (1993). *Modern particleboard and dry process fibreboard manufacturing*. San Francisco, USA: Miller Freeman Publications, Inc.
- Oh, Y. S., & Kim, J. M. (2015). Properties of oriented strandboard bonded with phenol-urea-formaldehyde resin. *Journal of Tropical Forest Science*, 27(2), 222-226.
- Rittironk, S., & Elnieiri, M. (2008). Investigating laminated bamboo lumber as an alternate to wood lumber in residential construction in the United States. Dalam Y. Ylao, M. Inove, S.K. Paudel (Eds.) *Proceedings of First International Conference on Modern Bamboo Structures (ICBS-2007)* (pp. 83-96). Changsa, China.
- Saad, S., & Hilal. (2012). Pengaruh komposisi face-core terhadap sifat fisik dan mekanis oriented strand board dari bambu dan eceng gondok. *Jurnal Perennial*, 8(2), 75-79.
- Sellers, T. J. (2001). Wood adhesive innovations and applications in North America. *Forest Products Journal*, 51(6), 12-22.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2006). *Papan partikel (SNI 03-2105-2006)*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Sulastiningsih, I.M., Novitasari, & Turoso, A. (2006). Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel bambu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 24(1), 1-8.
- Sulastiningsih, I.M., & Nurwati. (2009). Physical and mechanical properties of laminated bamboo board. *Journal of Tropical Forest Science*, 21(3), 246-251.
- Sulastiningsih, I.M., & Santoso, A. (2012). Pengaruh jenis bambu, waktu kempa dan perlakuan pendahuluan bilah bambu terhadap sifat papan bambu lamina. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 30(3), 199-207. doi: 10.20886/jpjh.2012.30.3.199-207.
- Sulastiningsih, I. M., Santoso, A., & Krisdianto. (2016). Karakteristik balok bambu lamina susun tegak dari bilah bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea* (Steud.) Widjaja). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 34(3), 167-177. doi: 10.20886/jpjh.2016.34.3.167-177
- Sumardi, I., Ono, K., & Suzuki, S. (2007). Effect of board density and layer structure on the mechanical properties of bamboo oriented strandboard. *Journal of Wood Science*, 53(6), 510-515. doi: 10.1007/s10086-007-0893-9.

- Sumardi, I., & Suzuki, S. (2014). Dimensional stability and mechanical properties of strandboard made from bamboo. *BioResources*, 9(1), 1159-1167.
- Sumardi, I., Suzuki, S., & Ono, K. (2006). Some important properties of strandboard manufactured from bamboo. *Forest Products Journal*, 56(6), 59-63.
- Suzuki, S., & Takeda, K. (2000). Production and properties of Japanese oriented strand board I: Effect of strand length and orientation on strength properties of sugi oriented strand board. *Journal of Wood Science*, 46(4), 289-295. doi: 10.1007/BF00766219.
- Sylviani, Sulastiningsih, I. M., & Sutigno, P. (2002). Kemungkinan pendirian industri papan partikel struktural di Indonesia. Dalam B. Subyanto, P. Permadi, O. Rachman, I.M. Sulistianingsih, Jasni, C. Hadiana (Eds.) *Prosiding Seminar Nasional MAPEKI V* (pp. 731-737). Bogor.
- Thoemen, H., Irle, M., & Sernek, M. (2010). *Wood-based panels an introduction for specialists*. (H. Thoemen, M. Irle, & M. Sernek, Eds.). London: Brunel University Press.