

PENGEMBANGAN PRODUK PANEL SANDWICH DARI BAMBU

DEVELOPMENT OF PANEL SANDWICH PRODUCTS MADE FROM BAMBOO

Naresworo Nugroho, Jajang Suryana, Febriyani, dan Hady Ikhsan

Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor,
Kampus IPB Darmaga Bogor 16680 Indonesia, Telp/Fax: +62-251-8621285
E-mail : naresworo@yahoo.com; nares@ipb.ac.id

ABSTRACT

Composite panel products such as sandwich panel can be used in building construction. The purpose of the first research is to find out the physical and mechanical properties of sandwich panel made from three bamboo species. The species of bamboo used were tali (*Gigantochloa apus*), ampel (*Bambusa vulgaris*) and hitam (*Gigantochloa atroviolaceae*). Those bamboo were used as core, whereas plywood was used as face and back. Part of core represented by pieces of bamboo which was cutting along 4 cm with three compilation patterns of bamboo, those were full circular bamboo pattern, bamboo cleave pattern and the mixed of them. Materials that used in second research were tali bamboo used as core with thickness of 3 cm, 4 cm, and 5 cm and three synthetic adhesives (epoxy, polyurethane, iso-cyanate). The physical and mechanical properties tested of sandwich panel were moisture meter, density, modulus of elasticity (MOE), modulus of rupture (MOR) and internal bond strength. The testing results of the panel were compared to JIS A 5908-2003 standard. The result of physical properties testing from the first research indicated that all of the density of sandwich panel met in the range required by JIS A 5908 standard. The result of mechanical properties showed that sandwich panel made from full circular bamboo pattern raced the best MOE and MOR value. Mean while the species of bamboo did not affect significantly to the mechanical properties of the sandwich panel. Result of second research showed that moisture content and density of sandwich panel has fulfilled the standard limit of JIS A 5890-2003. In mechanical characteristic testing for MOE value passed the standard limit, but MOR value of panel does not fulfill the standard of JIS A 5890-2003. It is expected by off-bonding of adhesive between bamboo and plywood. It can be concluded that combination of sandwich panel with core 3 cm and epoxy resin had the best of physical and mechanical properties.

Keywords: bamboo sandwich panel, adhesives, physical properties, mechanical properties.

PENDAHULUAN

Kondisi dan luas hutan saat ini yang semakin menurun menyebabkan ketersediaan kayu di hutan semakin berkurang, sementara kebutuhan masyarakat terhadap kayu untuk bahan bangunan dan *furniture* terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Oleh karena itu perlu adanya alternatif bahan lain yang dapat mengatasi keadaan tersebut dan kelestarian hutan bisa tetap terjaga. Bambu merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan karena termasuk tumbuhan yang sangat terkenal di Indonesia khususnya di pedesaan (Sastrapraja *et al.*, 1980).

Bambu merupakan tumbuhan yang telah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia karena manfaatnya sangat luas, antara lain untuk bahan konstruksi pemukiman, pembuatan alat-alat perabot rumah tangga, dan hasil-hasil lain dari bambu yang dapat diperdagangkan. Penggunaan bambu sangat baik sebagai bahan konstruksi/bahan bangunan apabila memiliki diameter buluh yang besar, berinding tebal dan beruas pendek (Dransfield dan Widjaya, 1995; Wijaya, 2001). Masih banyak lagi manfaat dari tumbuhan ini, seperti untuk bahan baku industri kertas, pembuatan arang aktif dari bambu, papan partikel bambu dan produk komposit lainnya (Sulthoni, 1994; Surjokusumo dan Nugroho, 2004).

Beberapa pengusaha sudah memanfaatkan bambu dengan membuatnya menjadi panel. Dengan mengubah penampilan bambu menjadi panel, diharapkan nilainya akan meningkat dan pemanfaatan bahan ini semakin berkembang sebagai bahan alternatif, dalam rangka mengantisipasi kelangkaan kayu (Purwito, 2005; Setyo, 2006). Panel *sandwich* dapat dijadikan komponen dalam rumah pra-pabrikasi terutama untuk dinding, sekat maupun lantai karena sesuai dengan prinsip dasar bangunan tahan gempa yaitu harus diusahakan seringan mungkin maka penggunaan bahan dari bambu sangat memenuhi persyaratan ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik mekanik dan menentukan panel *sandwich* terbaik dari tiga jenis bambu yang digunakan dengan pola peletakan bambu yang berbeda; tujuan selanjutnya adalah melihat pengaruh ketebalan inti (*core*) serta penggunaan jenis perekat yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Penelitian pertama menggunakan bahan dari bambu tali (*Gigantochloa apus*), bambu hitam (*Gigantochloa atroviolaceae*) dan bambu ampel (*Bambusa vulgaris*) yang diperoleh dari daerah Gunungputri, Bogor, kayu lapis (*plywood*) dari jenis meranti dengan ketebalan 8 mm, dan perekat epoksi. Untuk penelitian kedua, selain bambu tali, kayu lapis

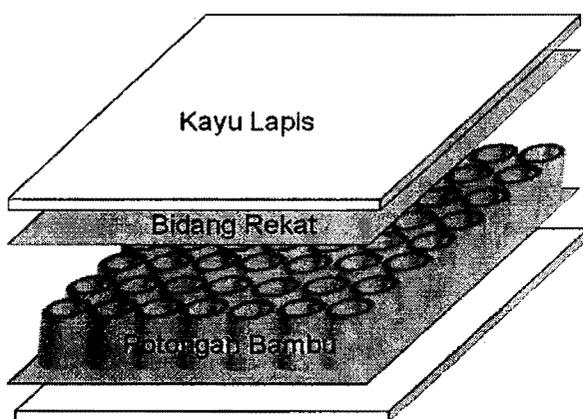
dan perekat epoksi, digunakan pula perekat poliuretan dan isosianat dari PT. Polychemie Asia Pasific

Peralatan yang digunakan antara lain gergaji tangan, golok, mesin *circular saw*, kaliper, mesin ampelas, oven, timbangan, desikator, gelas plastik, pengaduk, alat kempa, alat tulis dan *Universal Testing Machine (UTM)* merek Instron.

Pembuatan Panel Sandwich

Bambu yang berumur sekitar 3 tahun dan berdiameter sekitar 5 cm dikeringkan secara alami. Setelah mencapai kadar air seimbang, bambu dipotong dengan panjang 4 cm tanpa memperhatikan keberadaan buku dan besar diameter yang bervariasi. Pemotongan bambu dilakukan dengan dua cara, yaitu bulat utuh dan belah. Pemotongan bambu dilakukan secara teliti agar didapatkan tinggi bambu yang seragam.

Sebagai pelapis digunakan kayu lapis meranti dengan ketebalan 8 mm. Potongan bambu dan kayu lapis kemudian direkatkan menggunakan perekat epoksi dengan berat labur 175 g/m². Potongan bambu digunakan sebagai inti (*core*) dan kayu lapis sebagai lapisan atas dan bawah (*face and back*) seperti terlihat pada Gambar 1. Pada penelitian pertama, penempatan ketiga jenis bambu dilakukan dalam 3 pola yaitu: pola bambu bulat utuh, pola bambu belah dan pola campuran utuh dan belah. Pada penelitian kedua, digunakan tiga jenis ketebalan potongan bambu (3, 4 dan 5 cm) sebagai *core* serta tiga jenis perekat (epoksi, poliuretan dan isosianat). Kayu lapis dengan potongan bambu dikempa selama 24 jam dengan tekanan kempa sekitar 10 kg/cm². Pemasangan alat kempa dilakukan pada seluruh permukaan plat besi dengan jarak antar alat kempa berkisar 10-15 cm. Kemudian alat kempa dilepas dan produk dikondisikan selama 1 minggu.



Gambar 1. Struktur produk panel *sandwich* dari bambu

Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik

Pengujian panel *sandwich* terdiri dari pengujian kadar air dan kerapatan. Contoh uji kadar air dan kerapatan panel *sandwich* di ambil dari bagian ujung dengan ukuran (5 x 5) cm. Pengujian

untuk sifat mekanik dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)* merek Instron yang bentang dan pembebanan pada contoh ujinya di modifikasi. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan besar *Modulus of Elasticity (MOE)* dan *Modulus of Rupture (MOR)*. Pengujian keteguhan geser rekat hanya dilakukan pada pola peletakan bulat utuh untuk masing-masing jenis bambu. Perhitungan besarnya MOE, MOR dan keteguhan rekat mengacu pada modifikasi ASTM D-198 (2000), selanjutnya sifat fisik mekanik hasil pengujian dibandingkan dengan standar JIS A 5908-2003.

Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan dua faktor (A x B). Pada penelitian pertama faktor A adalah 3 jenis bambu (bambu hitam, ampel dan tali) dan faktor B adalah 3 pola peletakan (pola bulat utuh, belah dan campuran). Pada penelitian kedua faktor A adalah 3 macam ketebalan *core* (3, 4 dan 5 cm) dan faktor B adalah 3 jenis perekat (epoksi, poliuretan dan isosianat); dimana tiap perlakuan diulang 5 kali. Data hasil penelitian diolah menggunakan program SAS (*Statistic Analysis System*) dan uji lanjutan Duncan untuk melihat perbedaan pengaruh tiap faktor maupun kombinasi perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Jenis Bambu dan Pola Peletakan

Hasil pengujian sifat fisis dan mekanis panel *sandwich* dari tiga jenis bambu tecantum dalam Tabel 1. Untuk mengetahui pengaruh jenis bambu dan pola peletakan bambu terhadap sifat panel *sandwich* dilakukan analisis keragaman dan hasilnya disajikan pada Tabel 2, sedangkan hasil uji beda nyata untuk kerapatan dapat dilihat pada pada Tabel 3 dan untuk MOE serta MOR pada Tabel 4.

Besarnya nilai kadar air panel bambu yang dihasilkan berkisar dari 6% hingga 8%, Nilai rata-rata kadar air panel lebih rendah daripada nilai rata-rata kadar air bambu maupun kayu lapis yang digunakan yaitu berkisar dari 12% hingga 15%.

Menurunnya nilai kadar air panel dipengaruhi oleh perekat dan teknik perekatannya, karena pori-pori atau sel-sel bambu menyerap perekat sehingga menyebabkan kemampuan bambu dalam menyerap uap air menurun. Besarnya nilai kadar air bahan baku yang digunakan yaitu bambu dan kayu lapis mempengaruhi nilai kadar air panel bambu yang dihasilkan. Jika dibandingkan dengan standar JIS A 5908-2003, nilai kadar air tersebut memenuhi standar. Kadar air yang diperkenankan oleh JIS A 5908-2003 adalah 6% hingga 13%.

Kerapatan panel yang dihasilkan berkisar dari 0,40 g/cm³ hingga 0,62 g/cm³, Nilai rata-rata kerapatan panel tidak jauh berbeda dengan nilai rata-rata kerapatan jenis bambu maupun nilai kerapatan kayu lapis yang digunakan. Jika dibandingkan dengan standar JIS A 5908-2003, nilai kerapatan

tersebut memenuhi standar karena berada diantara 0,4 g/cm³ hingga 0,9 g/cm³.

Hasil pengujian sifat mekanis diperoleh nilai MOE berkisar dari 12614 kgf/cm² sampai 20574 kgf/cm². Jika dibandingkan dengan standar JIS A 5908-2003, nilai MOE panel bambu yang dihasilkan tidak seluruhnya memenuhi *standard base particleboard* tipe 24-10. Pada Tabel 1 di atas terlihat bahwa nilai rata-rata MOE terendah adalah panel dengan pola peletakan bambu belah yaitu sebesar 12614 kgf/cm² pada bambu hitam, 14877 kgf/cm² pada bambu ampel dan 14049 kgf/cm² pada bambu tali. Hal ini disebabkan karena bagian inti panel dengan pola peletakan bambu belah memiliki ikatan potongan bambu yang kurang kompak sehingga menurunkan ketahanan panel terhadap deformasi (kekakuan).

Nilai MOR panel yang dihasilkan berkisar dari 19,57 kgf/cm² sampai 50,05 kgf/cm², nilai MOR panel bambu yang dihasilkan tidak memenuhi standar JIS A 5908-2003. Rendahnya nilai MOR yang dihasilkan disebabkan lepasnya ikatan rekat antara kayu lapis dan bambu. Nilai keteguhan geser rekat terbesar adalah pada panel dari bambu ampel yaitu sebesar 27,21 kgf/cm². Hal ini disebabkan karena dinding bambu ampel lebih tebal, sehingga luas bidang rekatnya juga lebih besar daripada bambu hitam dan bambu tali, akibatnya kekuatan rekat dari bambu ampel menjadi lebih baik.

Berdasarkan sidik ragam menunjukkan bahwa jenis bambu dan pola peletakan bambu serta interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air sedangkan untuk kerapatan menunjukkan bahwa jenis bambu dan pola peletakan bambu serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata. Selain itu pada Tabel 2 memperlihatkan pula bahwa pola

peletakan bambu berpengaruh sangat nyata terhadap MOE dan MOR panel. Tetapi jenis bambu dan interaksi kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap nilai MOE dan MOR panel. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pola peletakan bambu sebagai inti mempengaruhi besarnya nilai MOE dan MOR panel yang dihasilkan.

Hasil uji beda rata-rata Duncan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai kerapatan panel sandwich dari tiga jenis bambu tersebut berbeda nyata dengan nilai rata-rata paling tinggi adalah panel dari bambu ampel dengan pola peletakan bambu campuran sebesar 0,61 g/cm³ dan rata-rata terendah adalah panel dari bambu tali dengan pola peletakan bambu campuran sebesar 0,40 g/cm³.

Pada Tabel 3 di atas terlihat bahwa adanya nilai kerapatan pada bambu ampel yang tidak berbeda nyata dengan kerapatan bambu hitam, hal ini disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan pada berbagai posisi batang bambu. Pada bambu ampel rata-rata seluruh bagian batang bambu digunakan untuk pembuatan panel sedangkan pada bambu lainnya rata-rata hanya digunakan batang bagian ujung.

Hasil uji beda rata-rata Duncan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai MOE dan MOR panel *sandwich* dengan tiga pola peletakan bambu berbeda nyata, nilai MOE terbesar yaitu pada panel dengan pola peletakan bambu bulat utuh sebesar 18619 kgf/cm² dan nilai MOE terkecil panel dengan pola peletakan bambu belah sebesar 13847 kgf/cm². Untuk nilai MOR terbesar yaitu pada panel dengan pola peletakan bambu bulat utuh sebesar 40,08 kgf/cm² dan nilai MOE terkecil panel dengan pola peletakan bambu belah sebesar 23,32 kgf/cm².

Tabel 1. Nilai rata-rata beberapa sifat panel *sandwich* berdasarkan jenis bambu dan pola peletakan

Sifat	Jenis bamboo								
	Bambu Hitam			Bambu Ampel			Bambu Tali		
	Bulat utuh	Belah	Campur an	Bulat utuh	Belah	Campur an	Bulat utuh	Belah	Campur an
Kadar Air (%)	6,85	6,48	7,89	7,68	8,09	8,12	7,71	7,26	8,61
Kerapatan (g/cm ²)	0,42	0,48	0,41	0,42	0,56	0,62	0,40	0,46	0,44
MOE (kgf/cm ²)	20574	12614	16052	16369	14877	13737	18912	14049	17442
MOR (kgf/cm ²)	48,63	19,58	34,21	34,49	30,19	50,05	37,14	20,21	34,07
Keteguhan geser rekat (kgf/cm ²)	21,01	-	-	27,21	-	-	22,60	-	-

Tabel 2. Nilai F-hitung pengaruh jenis bambu dan pola peletakan bambu terhadap sifat panel *sandwich*

Sifat	Jenis bambu			Pola peletakan			Interaksi		
	F _{hit}	F _{tabel}		F _{hit}	F _{tabel}		F _{hit}	F _{tabel}	
		α = 5%	F _{hit}		α = 5%	α = 1%		α = 5%	α = 1%
Kadar Air (%)	1,37 ^{tn}	3,27	5,26	1,46 ^{tn}	3,27	5,26	0,3 ^{tn}	2,64	3,91
Kerapatan (g/cm ²)	27,72 ^{**}	3,27	5,26	20,14 ^{**}	3,27	5,26	8,04 ^{**}	2,64	3,91
MOE (kgf/cm ²)	0,14 ^{tn}	3,27	5,26	10,06 ^{**}	3,27	5,26	2,34 ^{tn}	2,64	3,91
MOR (kgf/cm ²)	1,8 ^{tn}	3,27	5,26	10,75 ^{**}	3,27	5,26	2,6 ^{tn}	2,64	3,91

Tabel 3. Hasil perbandingan rata-rata perlakuan terhadap kerapatan pada panel *sandwich* dari tiga jenis bambu

Perlakuan	Kerapatan (g/cm ³)	Jumlah contoh uji	Uji wilayah berganda Duncan ($\alpha=0,05$)
A2B3	0,61	5	a
A2B2	0,56	5	b
A1B2	0,48	5	c
A3B2	0,46	5	dc
A3B3	0,44	5	dce
A2B1	0,42	5	de
A1B1	0,42	5	de
A1B3	0,41	5	de
A3B1	0,40	5	e

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda

Tabel 4. Hasil perbandingan rata-rata perlakuan pola peletakan bambu terhadap MOE dan MOR pada panel *sandwich*

Perlakuan	MOE (kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)	Jumlah Contoh Uji	Uji Wilayah Berganda Duncan ($\alpha=0,05$)
B1	18619	40,08	15	a
B3	17744	39,44	15	a
B2	13847	23,32	15	b

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda

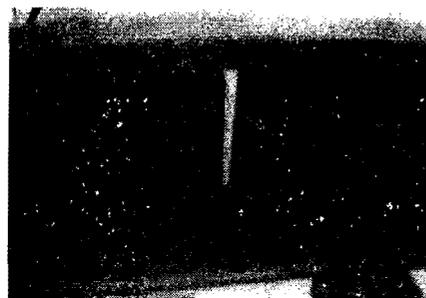
Dari Tabel 4, terlihat bahwa panel *sandwich* dengan pola peletakan bambu bulat utuh tidak berbeda nyata dengan panel *sandwich* pola peletakan bambu campuran. Hal ini disebabkan karena panel dengan pola peletakan bambu bulat utuh dan campuran memiliki ikatan potongan bambu yang lebih kompak dibandingkan panel dengan pola bambu belah. Selain itu, panel dengan pola peletakan bambu bulat utuh dan campuran memiliki luas bidang rekat yang lebih baik dibandingkan panel dengan pola peletakan bambu belah sehingga kekuatan rekat antara bagian *face* dan *core* menjadi lebih baik dan kerusakan yang terjadi pada saat pengujian menjadi lebih kecil (Gambar 2).

Pengaruh Ketebalan Inti (Core) dan Jenis Perekat

Kadar air adalah banyaknya air yang mampu diikat oleh bahan terhadap berat kering tanurnya yang dinyatakan dalam persen (%). Besarnya kadar air panel *sandwich* berkisar antara 6,10% sampai 7,42% seperti yang terlihat dalam Gambar 3.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kadar air tertinggi yaitu pada ketebalan bambu 5 cm dengan perekat epoksi sebesar 7,42% dan terendah pada ketebalan 3 cm dengan perekat epoksi sebesar

6,10%. Nilai rata-rata kadar air panel *sandwich* dengan perlakuan ketebalan 5 cm memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan ketebalan lainnya. Hal ini terlihat dimana kadar air cenderung naik dengan semakin tebalnya bambu.



a

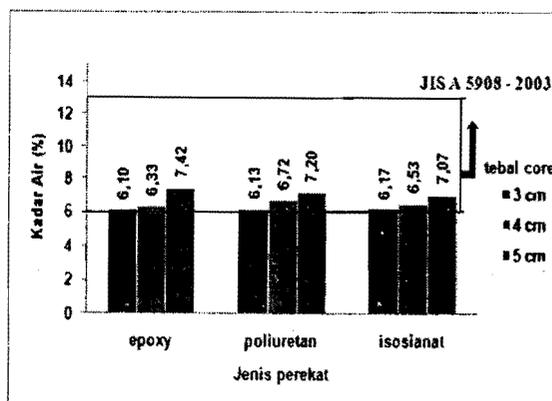


b



c

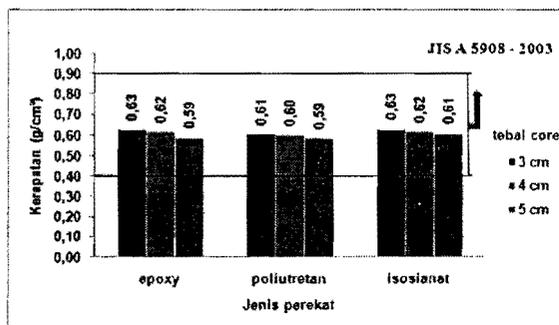
Gambar 2. Contoh kerusakan panel *sandwich* pada saat pengujian lentur pada (a) pola peletakan bambu bulat utuh, b) pola bambu belah dan c) pola campuran



Gambar 3. Nilai rata-rata kadar air panel *sandwich*

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan variasi ketebalan bambu mempunyai pengaruh yang sangat nyata. Sedangkan jenis perekat dan interaksi antara kedua perlakuan memiliki pengaruh tidak nyata. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa nilai kadar air dengan perlakuan tebal bambu 5 cm memiliki kadar air tertinggi sebesar 7,23%. Sedangkan tebal bambu 4 cm dan 3 cm, nilainya tidak terlalu berbeda jauh, dimana nilai rata-rata kadar air dengan tebal 4 cm sebesar 6,53% dan tebal 3 cm sebesar 6,13%.

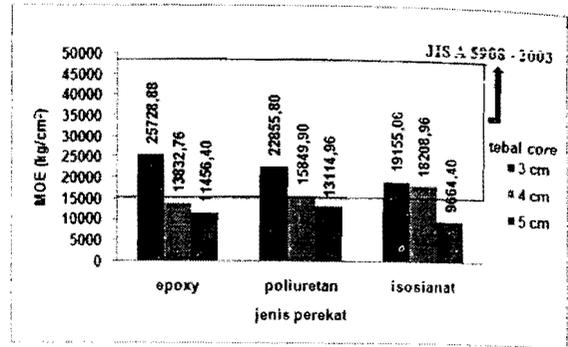
Nilai kerapatan yang diperoleh mulai dari yang terendah 0,59 g/cm³ sampai yang tertinggi 0,63 g/cm³. Nilai rata-rata kerapatan ini disajikan dalam Gambar 4. Jika dibandingkan dengan standar JIS A 5908-2003, nilai kerapatan tersebut memenuhi standar. Secara umum nilai kerapatan tidak ada perbedaan yang signifikan. Hal ini diduga karena tebal dinding masing-masing bambu yang hampir sama. Sel yang tebal dan lumen yang tipis memiliki kerapatan yang tinggi, sebaliknya dinding yang tipis dan lumen yang besar memiliki kerapatan yang rendah (Ruhendi *et al.*, 2007). Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, ternyata semua faktor perlakuan yang diberikan tidak memiliki pengaruh terhadap nilai kerapatan. Hal ini salah satunya disebabkan oleh jenis bambu yang dipakai adalah sama. Jadi, nilai kerapatan yang diperoleh hampir seragam.



Gambar 4. Nilai rata-rata kerapatan panel sandwich

Dari hasil pengujian diperoleh nilai MOE panel sandwich yang beragam, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai MOE berkisar antara 9664 kgf/cm² sampai dengan 25728 kgf/cm². Nilai MOE tertinggi terdapat pada ketebalan bambu 3 cm dengan menggunakan perekat epoksi dan terendah pada ketebalan bambu 5 cm dengan perekat isosianat.

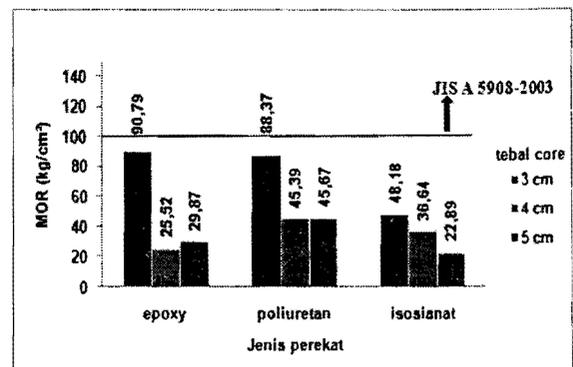
Berdasarkan standar JIS A 5908-2003 tentang *base particleboard* tipe 24-10, hampir sebagian nilai hasil pengujian tidak memenuhi standar. Hasil analisis sidik ragam pada selang kepercayaan 95% dan 99% pada menunjukkan bahwa perlakuan ketebalan bambu memiliki pengaruh yang sangat nyata terhadap modulus elastisitas (MOE) panel sandwich. Sedangkan interaksi antara ketebalan bambu dengan jenis perekat berpengaruh nyata terhadap modulus lentur (MOE) panel sandwich.



Gambar 5. Nilai rata-rata MOE panel sandwich

Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan nilai rata-rata MOE terbesar pada ketebalan bambu 3 cm sebesar 22580 kgf/cm² dan terendah pada ketebalan bambu 5 cm sebesar 11412 kgf/cm². Hal ini diduga semakin rendah potongan bambu maka semakin tinggi tingkat kekakuan panel sandwich untuk menahan lendutan. Menurut Tsoumis (1991) mendefinisikan bahwa elastisitas akan terjadi bila hubungan antara tegangan dan regangan bersifat linear. Semakin tinggi nilai MOE maka bahan semakin kaku (sulit dilenturkan). Untuk hasil interaksi kedua faktor menunjukkan bahwa nilai rata-rata MOE tertinggi pada interaksi antara ketebalan bambu 3 cm dengan perekat epoksi sebesar 25728 kgf/cm², sedangkan nilai terendah pada interaksi ketebalan bambu 5 cm dengan perekat isosianat sebesar 9664 kgf/cm². Hal ini dikarenakan perekat epoksi memiliki daya rekat kontak antara perekat dan adheren yang baik serta daya rekatnya permanen dan kuat (Myal, 1989) dalam (Sudarno, 2003).

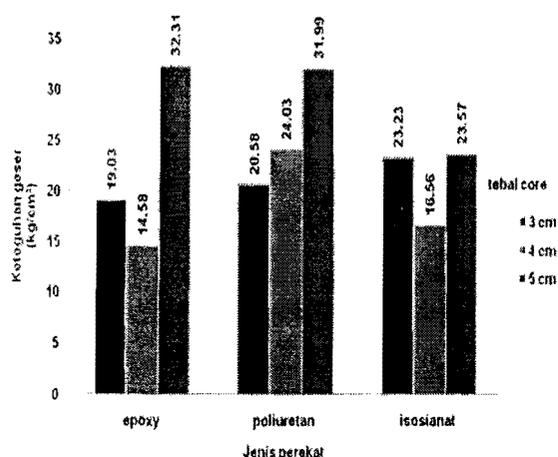
Dari hasil pengujian, maka diperoleh nilai rata-rata MOR panel sandwich mulai dari 25,52 kgf/cm² sampai 90,79 kgf/cm². Nilai rata-rata MOR ini disajikan pada Gambar 6. Berdasarkan standar JIS A 5908-2003 tentang *base particleboard* tipe 24-10, nilai rata-rata MOR tidak memenuhi standar. Rendahnya nilai MOR panel disebabkan karena panel yang diuji rusak hanya pada garis rekatnya saja, namun bahan tidak sampai mengalami kerusakan baik bambu maupun kayu lapisnya.



Gambar 6. Nilai rata-rata MOR panel sandwich

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan perlakuan ketebalan bambu dan jenis perekat memiliki pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai MOR panel *sandwich*. Sedangkan nilai interaksi keduanya memiliki pengaruh yang nyata. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa nilai MOR panel *sandwich* tertinggi pada ketebalan bambu 3 cm dengan nilai rata-rata 75,78 kgf/cm². Untuk jenis perekat, perekat poliuretan memiliki nilai MOR tertinggi yaitu sebesar 59,81 kgf/cm². Sedangkan nilai interaksi kedua faktor diperoleh nilai tertinggi sebesar 90,79 kgf/cm² pada interaksi antara tebal bambu 3 cm dengan perekat epoksi.

Pengujian keteguhan geser rekat dilakukan menggunakan uji geser tekan dengan memberikan beban pada arah sejajar serat. Pembebanan dilakukan secara perlahan sampai terjadi kerusakan pada contoh uji. Dari pengujian diperoleh kisaran nilai keteguhan geser rekat antara 14,58 kgf/cm² sampai 32,31 kgf/cm². Nilai rata-rata tertinggi yaitu pada interaksi antara bambu tebal 5 cm dengan perekat epoksi sebesar 32,31 kgf/cm². Untuk nilai yang terendah pada interaksi tebal bambu 4 cm dengan perekat epoksi sebesar 14,58 kgf/cm². Nilai rata-rata keteguhan geser rekat panel *sandwich* ini disajikan dalam bentuk histogram pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai rata-rata keteguhan geser rekat panel *sandwich*

Panel bambu yang memiliki tebal bambu 3 cm dengan perekat epoksi menghasilkan nilai sifat mekanis yang paling baik dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Karena aplikasi pembuatan panel *sandwich* ini untuk dinding, sekat, ataupun lantai dimana sangat membutuhkan kekuatan dalam menahan beban, maka sifat mekanis yang tinggi sangat diperlukan untuk produk ini.

Jika dibandingkan dengan penelitian pertama, maka pola peletakan bambu utuh dengan menggunakan perekat epoksi lebih baik kualitasnya terutama pada sifat mekanis yang dihasilkan. Hal ini karena epoksi merupakan tipe perekat eksterior yang tahan terhadap air dan panas (Vick, 1999). Umumnya panel *sandwich* tidak mengalami

kerusakan baik pada bambu maupun pada kayu lapisnya. Kerusakan banyak terjadi pada ikatan garis rekat antar bambu dan kayu lapis. Kerusakan dimulai dari bagian ujung panel kemudian ikatan rekat antara bambu dan kayu lapis lepas. Kerusakan berlanjut ke bagian tengah panel. Hal ini diduga akibat perbedaan ketinggian inti panel (bambu) antara satu dengan yang lainnya. Selain itu teknik perekatan yang tidak sempurna misalnya dalam pelaburan perekat pada permukaan kedua sirekat serta persiapan bahan juga mempengaruhi ikatan garis rekatnya (Ruhendi *et al.*, 2007).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Panel *sandwich* dari kombinasi tiga jenis bambu dan berbagai pola peletakan memiliki dari kadar air dan kerapatan yang telah memenuhi standar JIS A 5908-2003, dimana kadar air berkisar dari 6% sampai 8%, sedangkan kerapatan berkisar dari 0,4 g/cm³ sampai 0,6 g/cm³.
2. MOE panel *sandwich* yang dihasilkan adalah berkisar dari 12614 kgf/cm² sampai 20574 kgf/cm², nilai MOE yang dihasilkan tidak seluruhnya memenuhi standar *base particleboard* tipe 24-10, hanya panel dengan pola peletakan bambu belah yang tidak memenuhi standar; sedangkan MOR panel *sandwich* yang dihasilkan adalah berkisar 19,57 kgf/cm² sampai 50,05 kgf/cm², nilai MOR yang dihasilkan belum memenuhi standar JIS A 5908-2003.
3. Nilai keteguhan geser rekat panel *sandwich* yang dihasilkan adalah 21,01 kgf/cm² untuk panel dari bambu hitam, 27,21 kgf/cm² untuk panel dari bambu ampel dan 22,60 kgf/cm² untuk panel dari bambu tali.
4. Panel *sandwich* dengan pola peletakan bambu bulat utuh memiliki kualitas yang lebih baik karena nilai MOE dan MOR yang dihasilkan lebih besar daripada panel dengan pola peletakan bambu lainnya.
5. Hasil pengujian sifat fisis dengan perlakuan tebal *core* dan jenis perekat menghasilkan nilai kadar air yang berkisar antara 6,10%-7,42%, sedangkan kerapatan berkisar dari 0,59 g/cm³ sampai 0,63 g/cm³ dimana kisaran nilai ini telah memenuhi standar JIS A 5908-2003.
6. Nilai MOE berkisar antara 9664 kgf/cm²-25728 kgf/cm², MOR 22,89 kgf/cm²-90,79 kgf/cm². Nilai mekanis yang diperoleh masih belum seluruhnya memenuhi batasan standar; sedangkan nilai keteguhan geser rekat berkisar antara 14,58 kgf/cm² sampai 32,31 kgf/cm².
7. Tebal bambu sebagai inti (*core*) mempunyai pengaruh yang sangat nyata terhadap sifat fisis dan mekanis panel *sandwich*, sedangkan perekat mempunyai pengaruh yang nyata terhadap sifat mekanis yang dihasilkan.

8. Kombinasi antara ketebalan bambu 3 cm dengan perekat epoksi menghasilkan panel *sandwich* paling baik, sedangkan bambu dengan ketebalan 5 cm memiliki keteguhan rekat yang paling baik.

Saran

1. Perlu dilakukan pemberian alat sambung pada bagian tepi panel *sandwich* pada saat pengujian untuk meningkatkan nilai mekanis panel dan perlu dilakukan analisis perekatan antar susunan bambu
2. Perlu dilakukan penelitian pembuatan panel *sandwich* dengan menggunakan *face*, *back*, dan *core* yang berbeda serta aplikasi *pre-treatment* dengan menggunakan bahan pengawet.

DAFTAR PUSTAKA

- [ASTM] American Society for Testing Material. 2000. Annual Book of ASTM Standars, Section Four: Construction. Volume 04.10: Wood. Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. Designation D 143-94 (Reapproved 2000). ASTM International. Philadelphia.
- [BSN] Badan Standar Nasional. 2003. Kayu Lapis Struktural. Dewan Standar Nasional. Jakarta.
- Dransfield S., E.A. Widjaya (editors). 1995. Plant Resources of South-East Asia No. 7 : Bamboos. Yayasan PROSEA. Bogor.
- Idris A.A., A. Firmanti, Purwita. 1994. Penelitian Bambu untuk Bangunan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Bandung. Yayasan Bambu Lingkungan Lestari.
- [JIS] Japanese Industrial Standard. 2003. JIS A 5908-2003 Particleboards. JSA. Japan.
- Krisdianto, S. Ginuk, I. Agus. 2006. Sari Hasil Penelitian Bambu. <http://www.dephut.go.id> [12 Mei 2008].
- Purwito 2005. Panel Bambu Multi Fungsi. *Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Perbambuan di Indonesia*; Yogyakarta. 17 Januari 2005. pp. 125-140.
- Ruhendi S., D.N. Koroh, F.A. Syamani, H. Yanti, Nurhaida, S. Saad S, T. Sucipto. 2007. Analisis Perekatan Kayu. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sastrapraja S.A., Widjaja, S. Prawiroatmojo, S. Soenarko. 1980. Beberapa Jenis Bambu. Balai Pustaka. Jakarta.
- Sudarno. 2004. Sifat fisis dan mekanis balok laminasi bambu andong (*Gigantochola verticillata* Munro) bebas buku. [Skripsi]. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setyo N. 2006. Pemanfaatan bambu apus pada batang komposit sengon-bambu terhadap kuat tekan dan lentur. *Kumpulan abstrak seminar nasional teknologi bambu terkini*. Yogyakarta. 12 Juli 2006.
- Sulthoni A. 1994. Permasalahan sumber daya bambu di Indonesia. Strategi penelitian bambu Indonesia. *Sarasehan Penelitian Bambu Indonesia*. Jakarta. 21-22 Juni 1994. pp. 21-22.
- Surjokusumo S., N. Nugroho. 1994. Pemanfaatan bambu sebagai bahan bangunan. Strategi penelitian bambu indonesia. *Sarasehan penelitian bambu Indonesia*. Jakarta. 21-22 Juni 1994. pp. 82-87.
- Vick C.B. 1999. Adhesive Bonding of Wood Material. dalam: Wood Handbook, Wood as an Engineering Material. Madison, WI: USDA, Forest Product Service, Forest Products Laboratory.
- Widjaja E.A. 2001. Identifikasi jenis-jenis bambu di Jawa. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi-LIPI dan Balai Penelitian Botani, Herbarium Bogoriense.
- Yuming Y., Z.H. Jian. 1991. Prospect for bamboo-based products as replacement for Wood in Yunan. *Proceeding 4-th International Bamboo Workshop*, Thailand. pp. 273-277.