

Sifat-sifat Dasar Bambu Lapis (*Fundamental Properties of Ply Bamboo*)

Jajang Suryana¹⁾, Muhammad Y Massijaya²⁾, Yusuf S Hadi²⁾, Dede Hermawan²⁾

¹⁾ Mahasiswa Pascasarjana IPB/Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

²⁾ Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

Corresponding author: jayana58@gmail.com (Jajang Suryana)

Abstract

Physical and mechanical properties of ply bamboo made from various bamboo species and adhesive type were studied. Bamboo species used in this study were tali (*Gigantochloa apus*), andong (*Gigantochloa verticillata*), and betung (*Dendrocalamus asper*). Five types of adhesives were used for the experiment, namely methylene diphenyl isocyanate (MDI), phenol formaldehyde (PF), melamine formaldehyde (MF), urea formaldehyde (UF), and poly vinyl acetate (PVAc). Three layer of ply bamboo with $(40 \times 40 \times 0,4) \text{ cm}^3$ in size was made by weight spread of adhesive 200 g m^{-2} , compression temperature at 140°C for MDI and PF, 110°C for MF and UF, and room temperature for PVAc adhesives, with specific pressure of 15 kg cm^{-2} for five minutes. Especially for PVAc, cold compression was carried out using a clamp for 24 h. Fundamental properties of ply bamboo was tested according to SNI 01-5008.7-1999. The results showed that the development dimension of the ply bamboo from the largest to the smallest was in the side of thick, wide, and long, while for timber and plywood were in the side orientation of tangential (width), radial (thick), and longitudinal (long). The best physical and mechanical properties of ply bamboo were obtained from betung bamboo using MDI adhesive.

Key words: melamine formaldehyde, methylene diphenyl isocyanate, phenol formaldehyde, ply bamboo, poly vinyl acetate

Pendahuluan

Untuk mengatasi ketidakmampuan hutan dalam memenuhi kebutuhan kayu yang terus meningkat, perlu dilakukan tindakan-tindakan antisipasi dengan mencari bahan baku selain kayu yang dapat digunakan sebagai substitusi kayu dari hutan alam. Salah satunya dengan memanfaatkan hasil hutan bukan kayu berupa bambu. Keadaan ini ditunjang oleh kenyataan bahwa Indonesia kaya akan jenis bambu yang berpotensi ekonomi baik secara lokal, nasional, maupun untuk keperluan regional dan internasional. Potensi bambu di Indonesia meliputi lebih dari 143 jenis bambu dan 9 jenis diantaranya merupakan

bambu yang hidup endemik di Jawa (Widjaja 2001).

Bambu banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dan potensial dikembangkan untuk menjadi sumber pemasok bahan baku industri. Pemanfaatan bambu diantaranya untuk keperluan alat-alat rumah tangga, sebagai penghara industri sumpit, barang kerajinan, bilik, tanaman hias, dan lain sebagainya. Bambu juga merupakan bahan bangunan siap pakai, tergantung kebutuhan yang diinginkan sedangkan rebungya untuk jenis tertentu dapat dimanfaatkan sebagai sayuran.

Bambu memiliki berbagai keunggulan antara lain kuat, keras, ringan, mudah didapat, cepat tumbuh, mudah dalam pengerjaan, dan mempunyai sifat mekanis yang lebih baik pada arah sejajar serat. Melihat keunggulan-keunggulan tersebut memungkinkan berkembangnya produk-produk panel bambu sebagai wujud upaya diversifikasi produk panel kayu. Bentuk-bentuk diversifikasi dari bambu menghasilkan papan tiruan yang beragam bentuk meliputi papan partikel, papan serat, papan laminasi bambu ataupun bambu lapis (*ply bamboo*). Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan bambu tali, andong dan betung sebagai bahan baku bambu lapis serta mengetahui pengaruh jenis bambu dan jenis perekat terhadap sifat fisis dan mekanis bambu lapis.

Bahan dan Metode

Persiapan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian berupa bambu tali (*Gigantochloa apus* Kurz), bambu andong (*Gigantochloa verticillata* Munro), dan bambu betung (*Dendrocalamus asper* Backer ex Heyne) yang didapat dari wilayah Kecamatan Leuwiliang, Bogor. Ketiga jenis bambu tersebut dipilih yang sudah masak tebang. Perekat yang digunakan terdiri atas *methylen diphenyl isocyanate* (MDI), *phenol formaldehyde* (PF), *melamine formaldehyde* (MF), *urea formaldehyde* (UF), dan *poly vinyl acetate* (PVAc).

Batang bambu terlebih dahulu dipotong sepanjang 40 cm tanpa menyertakan buku bambu, selanjutnya dibuat menjadi bilah dengan cara dibelah. Bilah bambu kemudian diserut menggunakan alat serut dengan lebar 2 cm dan ketebalan yang berbeda, yaitu sebesar 1 mm, dan 2 mm. Ketebalan bilah bambu sebesar 2 mm digunakan sebagai lapisan inti (*core*) bambu lapis, sedangkan ketebalan 1 mm

digunakan sebagai lapisan muka dan belakang (*face-back*) panel bambu. Bambu kemudian dioven pada suhu 60-80 °C hingga mencapai kadar air 8-10%.

Pembentukan lembaran

Bilah bambu serutan yang telah dikeringkan disusun sedemikian rupa menurut ketebalannya masing-masing sehingga berukuran (40x40) cm². Susunan bilah bambu tersebut kemudian disatukan dengan cara merekat kedua ujungnya menggunakan lakban sehingga terbentuk suatu lembaran bilah bambu.

Pembuatan dan pengujian bambu lapis

Bambu lapis dibuat tiga lapis dengan ukuran (40x40x0,4) cm³. Berat labur perekat adalah 200 g m⁻². Suhu kempa untuk perekat MDI dan PF adalah 140 °C, perekat MF dan UF sebesar 110 °C, dan perekat PVAc pada suhu kamar. Pengempaan dilakukan selama lima menit dengan tekanan kempa spesifik sebesar 15 kg cm⁻². Khusus untuk bambu lapis yang menggunakan perekat PVAc, pengempaan dilakukan pada kondisi dingin dengan menggunakan klem selama 24 jam. Setelah proses pengempaan, bambu lapis dikondisikan pada kondisi ruangan selama dua minggu. Pengujian bambu lapis mengacu pada SNI 01-5008.7-1999.

Analisis data

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan faktorial acak lengkap dengan dua faktor, yaitu faktor A: jenis bambu (tiga jenis) dan faktor B: jenis perekat (lima jenis) dengan tiga ulangan. Respon yang diuji meliputi sifat fisis dan mekanis bambu lapis, yaitu kerapatan, kadar air, pengembangan dan penyusutan, MOE sejajar dan tegak lurus serat permukaan, MOR sejajar dan tegak lurus permukaan, serta keteguhan rekat sejajar dan tegak lurus serat permukaan.

Hasil dan Pembahasan

Sifat fisis bambu lapis

Kerapatan

Nilai kerapatan bambu lapis berkisar antara 0,63-0,78 g cm⁻³. Nilai kerapatan terendah terdapat pada bambu lapis yang berbahan baku bambu tali dengan perekat PVAc, sedangkan nilai kerapatan tertinggi terdapat pada bambu lapis yang berbahan baku bambu betung (Tabel 1).

Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa kerapatan bambu lapis dipengaruhi oleh jenis bambu dan jenis perekat. Jenis bambu yang digunakan secara alamiah mempunyai kerapatan yang berbeda. Bambu betung mempunyai kerapatan terbesar (0,66-0,86 g cm⁻³), diikuti oleh bambu andong (0,64-0,80 g cm⁻³) dan bambu tali (0,58-0,76 g cm⁻³) (Syafii 1984, Krisdianto *et al.* 2006, Suryana *et al.* 2009). Perekat yang digunakan dalam penelitian ini juga mempunyai berat jenis (BJ) yang berbeda, yaitu perekat MDI dengan kisaran BJ 1,15-1,20; perekat PF dengan kisaran BJ 1,22-1,25; perekat MF dengan kisaran BJ 1,10-1,20; perekat UF dengan kisaran BJ 1,15-1,20; dan perekat

PVAc dengan BJ 1,10-1,20 (Pizzi 1994, Frihart 2005, PAI 2007). Oleh sebab itu, kerapatan bahan baku bambu yang berbeda serta berat jenis perekat yang beragam akan menghasilkan kerapatan bambu lapis yang berbeda.

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan, bambu lapis yang berbahan baku bambu tali, andong dan betung menunjukkan kerapatan yang berbeda satu dengan yang lainnya. Mengacu pada jenis perekat yang digunakan, bambu lapis yang dibuat dengan perekat MDI, PF, dan MF tidak menunjukkan perbedaan, tetapi bambu lapis yang dibuat dengan perekat UF dan PVAc memberikan hasil yang berbeda dengan bambu lapis yang dibuat dengan perekat MDI dan PF.

Kadar air

Kadar air bambu lapis berkisar antara 7,34% dan 13,42%. Kadar air bambu lapis terendah terdapat pada bambu lapis yang berbahan baku bambu tali dengan menggunakan perekat PF, sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada bambu lapis berbahan baku bambu betung dengan menggunakan perekat PVAc (Tabel 2).

Tabel 1 Kerapatan bambu lapis

No.	Jenis Perekat	Nilai rata-rata kerapatan (g cm ⁻³)		
		tali	andong	betung
1	MDI	0,66 (0,030)	0,72 (0,030)	0,75 (0,031)
2	PF	0,67 (0,041)	0,73 (0,035)	0,78 (0,036)
3	MF	0,66 (0,021)	0,70 (0,036)	0,74 (0,030)
4	UF	0,64 (0,035)	0,71 (0,035)	0,75 (0,031)
5	PVAc	0,63 (0,025)	0,69 (0,035)	0,73 (0,035)

Keterangan : MDI = *methylene diphenyl isocyanate*, PF = *phenol formaldehyde*, MF = *melamine formaldehyde*, UF = *urea formaldehyde*, PVAc = *poly vinyl acetate*. Angka dalam kurung adalah nilai simpangan baku.

Tabel 2 Kadar air bambu lapis

No.	Jenis Perekat	Nilai rata-rata kadar air (%)		
		tali	andong	betung
1	MDI	8,20 (0,31)	8,75 (0,24)	8,84 (0,38)
2	PF	7,34 (0,11)	7,84 (0,22)	7,95 (0,41)
3	MF	8,90 (0,24)	9,29(0,30)	9,80 (0,47)
4	UF	11,28 (0,22)	12,63 (0,43)	12,49 (0,32)
5	PVAc	12,92 (0,27)	13,15 (0,33)	13,42 (0,38)

Berdasarkan sidik ragam, jenis perekat berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air, artinya tinggi rendahnya kadar air bambu lapis sangat ditentukan oleh faktor perekat, sedangkan jenis bambu tidak mempengaruhi kadar air bambu lapis. Bambu lapis yang berbahan baku bambu tali dan direkat dengan perekat PF menunjukkan nilai kadar air terendah, sedangkan bambu lapis yang berbahan baku bambu betung dan direkat dengan perekat PVAc menunjukkan nilai kadar air tertinggi. Perekat PF adalah perekat yang tahan terhadap air, tahan terhadap kelembaban dan temperatur tinggi, tahan terhadap bakteri, jamur, rayap, dan mikroorganisme serta tahan terhadap bahan kimia seperti minyak, basa, dan bahan pengawet kayu (Pizzi 1994, Ruhendi *et al.* 2007); sedangkan perekat PVAc lebih sensitif terhadap air, sehingga penggunaannya hanya untuk interior saja, kekuatan rekatnya menurun cepat dengan adanya panas dan air serta sifat visco-elastisitasnya tidak baik, sehingga *creep* besar dan ketahanan terhadap *fatigue* rendah (Ruhendi *et al.* 2007).

Meskipun secara statistik jenis bambu tidak berpengaruh terhadap kadar air, namun ada kecenderungan kadar air pada ke tiga jenis bambu tersebut menunjukkan perbedaan (Tabel 2), yaitu kadar air bambu lapis yang berbahan baku bambu tali cenderung lebih kecil dibandingkan dengan bambu andong dan bambu betung. Kerapatan bambu tali yang lebih rendah dibandingkan dengan bambu

andong dan bambu betung diduga sebagai penyebab dari kecenderungan tersebut, khususnya pada kondisi kadar air di bawah titik jenuh serat. Pada kondisi ini, tebal dan tipisnya dinding sel akan berpengaruh terhadap daya serap air. Bambu tali yang memiliki kerapatan paling kecil diantara ketiga jenis bambu yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai dinding sel yang paling tipis sehingga berpotensi menyerap air dan kelembaban pada kondisi kadar air di bawah titik jenuh serat yang paling kecil.

Faktor lainnya yang menentukan tinggi rendahnya kadar air adalah faktor pengeringan dan lingkungan seperti yang dijelaskan oleh Bowyer *et al.* (2003) yang menyatakan banyaknya air yang tetap tinggal di dalam dinding sel suatu produk akhir tergantung pada tingkat pengeringan selama pembuatan dan lingkungan tempat produk tersebut ditempatkan di kemudian hari. Secara keseluruhan, kadar air bambu lapis telah memenuhi standar SNI 01-5008.7-1999 dan JIS A 5980-2003 yang mensyaratkan kadar air masing-masing maksimal sebesar 14 % dan 13 %.

Pengembangan dimensi

Nilai rata-rata pengembangan panjang bambu lapis berkisar antara 0,27% sampai dengan 1,43% (Tabel 3). Nilai pengembangan panjang terendah terdapat pada bambu lapis berbahan baku bambu tali dengan menggunakan perekat MDI dan PF, sedangkan nilai pengembangan

panjang terbesar terdapat pada bambu lapis berbahan baku bambu betung dengan menggunakan perekat PVAc. Nilai Pengembangan lebar bambu lapis tidak berbeda jauh dengan nilai pengembangan panjang bambu lapis, yang nilainya berkisar antara 0,29% dan 1,49%.

Pengembangan tebal bambu lapis menunjukkan nilai yang jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai pengembangan panjang dan lebar bambu lapis. Nilai terendah pengembangan tebal bambu lapis adalah sebesar 2,55%, terdapat pada bambu lapis berbahan baku bambu tali dengan menggunakan perekat MDI, sedangkan nilai tertinggi pengembangan tebal bambu lapis adalah sebesar 20,28% terdapat pada bambu lapis berbahan baku bambu betung dengan menggunakan perekat PVAc.

Pada Tabel 3 juga terlihat bahwa urutan nilai pengembangan dimensi untuk ketiga jenis bambu dan kelima jenis perekat dari yang terbesar sampai terkecil berturut-turut tebal, lebar, dan panjang. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Nurfaridah (2002), dan Fadly (2006) yang menyatakan bahwa urutan besarnya nilai pengembangan bambu lapis berbeda dengan kayu lapis atau kayu utuh. Pengembangan dimensi pada kayu maupun kayu lapis dari yang terbesar sampai yang terkecil berturut-turut tangensial (lebar), radial (tebal), dan longitudinal (panjang), sedangkan urutan pengembangan dimensi pada bambu dari yang terbesar adalah bagian tebal, lebar, dan panjang.

Kecenderungan pengembangan tebal lebih besar dibandingkan pengembangan panjang dan lebar disebabkan oleh sifat anatomi bambu. Bambu tidak memiliki jari-jari pada arah radial (tebal) kecuali pada bagian yang berbuku sehingga penyerapan air pada bagian radial bambu

menjadi lebih mudah dan tidak terhambat oleh sel jari-jari sebagaimana halnya pada kayu. Ketidakadaan jari-jari pada bambu juga akan berakibat tidak adanya tahanan jari-jari untuk mengurangi pengembangan dan penyusutan ke arah radial (tebal) sesuai dengan teori tahanan jari-jari kayu (Mac Millen & Wengert 1978, Siau 1995, Bowyer *et al.* 2003). Tidak adanya jari-jari pada bambu juga dapat menyebabkan air dapat dengan mudah masuk melalui pori-pori dari bagian radial bambu sehingga pengembangan dan penyusutan pada arah ini lebih besar dibandingkan dengan arah panjang dan lebar bambu lapis (Fadly 2006, Suryana *et al.* 2009).

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pada bambu, perekat, dan interaksi antara perlakuan bambu dan jenis perekat tidak memberikan pengaruh yang nyata pada pengembangan panjang. Hal yang sama terjadi juga untuk pengembangan lebar. Sementara itu, pengembangan dimensi tebal bambu lapis dipengaruhi oleh jenis bambu dan jenis perekat. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa pengembangan tebal bambu tali berbeda dengan bambu andong dan betung, namun pengembangan tebal bambu andong dan bambu betung tidak berbeda. Perekat MDI, PF dan MF tidak memberikan perbedaan dalam hal pengembangan tebal bambu lapis. Namun perekat PVAc memberikan hasil yang berbeda dalam hal pengembangan tebal dibanding dengan ke tiga perekat tersebut, sedangkan perekat UF berada diantara kedua kondisi tersebut. Perekat MDI, PF, dan MF memberikan hasil pengembangan tebal bambu lapis yang lebih baik daripada perekat UF maupun PVAc. Hasil pengembangan tebal terbaik terdapat pada bambu lapis yang berbahan baku bambu tali yang direkat dengan menggunakan perekat MDI.

Tabel 3 Nilai pengembangan dimensi bambu lapis

Jenis bambu dan jenis perekat	Pengembangan dimensi (%) ke arah		
	Panjang	Lebar	Tebal
T MDI	0,27 (0,036)	0,29 (0,030)	2,55 (0,050)
A MDI	0,28 (0,021)	0,29 (0,025)	2,56 (0,030)
B MDI	0,28 (0,025)	0,30 (0,020)	3,13 (0,070)
T PF	0,27 (0,020)	0,28 (0,020)	3,33 (0,060)
A PF	0,28 (0,025)	0,29 (0,030)	3,41 (0,055)
B PF	0,36 (0,030)	0,38 (0,035)	3,66 (0,078)
T MF	0,53 (0,045)	0,57 (0,035)	5,09 (0,070)
A MF	0,58 (0,025)	0,61 (0,030)	6,14 (0,075)
B MF	0,65 (0,023)	0,66 (0,035)	7,71 (0,095)
T UF	0,73 (0,025)	0,76 (0,035)	14,20 (0,271)
A UF	0,75 (0,050)	0,77 (0,030)	15,47 (0,529)
B UF	0,86 (0,045)	0,87 (0,040)	16,31 (0,301)
T PVAc	1,22 (0,065)	1,27 (0,075)	18,1 (0,447)
A PVAc	1,25 (0,041)	1,29 (0,080)	18,67 (0,450)
B PVAc	1,43 (0,035)	1,49 (0,070)	20,28 (0,415)

Keterangan : T = tali, A = andong, B = betung, MDI = *methylene diphenyl isocyanate*, PF = *phenol formaldehyde*, MF = *melamine formaldehyde*, UF = *urea formaldehyde*, PVAc = *poly vinyl acetate*. Angka dalam kurung adalah nilai simpangan baku.

Sifat mekanis bambu lapis

Keteguhan rekat bambu lapis

Keteguhan rekat bambu lapis meliputi keteguhan rekat sejajar serat permukaan dan keteguhan rekat tegak lurus serat permukaan bambu lapis. Nilai keteguhan rekat sejajar serat permukaan bambu lapis berkisar antara 7,46 kgf cm⁻² sampai dengan 38,12 kgf cm⁻² (Tabel 4). Nilai terendah terdapat pada bambu lapis berbahan baku bambu andong yang direkat dengan perekat PVAc, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada bambu lapis berbahan baku bambu tali yang direkat dengan perekat MDI. Nilai keteguhan rekat tegak lurus serat permukaan bambu lapis berkisar antara 5,46 kgf cm⁻² sampai dengan 27,24 kgf cm⁻². Nilai terendah terdapat pada bambu lapis

berbahan baku bambu andong yang direkat dengan perekat PVAc, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada bambu lapis berbahan baku bambu tali yang direkat dengan perekat MDI.

Keteguhan rekat tegak lurus serat permukaan bambu lapis lebih rendah dibandingkan dengan keteguhan rekat sejajar seratnya, dengan nisbah yang berkisar 68,57-76,39%. Nilai nisbah ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nurfaridah (2002), Nugraha (2006), Suryana *et al.* (2009), Iriyanto (2012), Lestari (2012), dan Sembiring (2012). Nilai keteguhan rekat tegak lurus serat bambu lapis lebih rendah dibandingkan dengan nilai keteguhan rekat sejajar serat.

Tabel 4 Keteguhan rekat bambu lapis

Jenis bambu dan jenis perekat	Nilai rata-rata keteguhan rekat bambu lapis (kgf cm ⁻²)		Rasio a/b (%)
	Sejajar serat permukaan (a)	Tegak lurus serat permukaan (b)	
T MDI	36,12 (3,54)	25,81 (3,12)	71,46
A MDI	35,44 (3,28)	25,18 (3,22)	71,05
B MDI	34,48 (3,16)	24,58 (2,88)	71,29
T PF	27,42 (2,43)	19,54 (2,25)	71,26
A PF	24,45 (2,64)	17,48 (2,32)	71,49
B PF	25,28 (2,78)	17,78 (2,54)	70,33
T MF	25,32 (3,43)	18,34 (2,18)	72,43
A MF	23,48 (2,74)	16,10 (2,68)	68,57
B MF	21,46 (2,16)	15,36 (2,44)	71,58
T UF	16,34 (2,72)	11,73 (1,41)	71,79
A UF	15,32 (2,44)	10,88 (1,52)	71,02
B UF	14,74 (2,40)	10,56 (1,76)	71,64
T PVAc	9,32 (1,22)	7,12 (0,82)	76,39
A PVAc	8,46 (1,18)	6,19 (0,77)	73,17
B PVAc	8,54 (1,27)	6,18 (0,86)	72,37

Keterangan : T = tali, A = andong, B = betung, MDI = *methylene diphenyl isocyanate*, PF = *phenol formaldehyde*, MF = *melamine formaldehyde*, UF = *urea formaldehyde*, PVAc = *poly vinyl acetate*. Angka dalam kurung adalah nilai simpangan baku.

Berdasarkan analisis sidik ragam, nilai keteguhan rekat sejajar serat bambu lapis tidak dipengaruhi oleh jenis bambu, tapi lebih dipengaruhi oleh jenis perekat yang digunakan, serta dipengaruhi oleh kombinasi antara jenis bambu dan perekat yang ditunjukkan oleh interaksinya yang secara statistik berbeda nyata. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perekat PF dan MF tidak berbeda nyata, tapi ke dua jenis perekat ini berbeda dengan perekat MDI dan perekat PVAc. Berdasarkan data pada Tabel 4, keteguhan rekat sejajar serat permukaan terbaik terdapat pada bambu lapis yang dibuat dari bahan baku bambu tali dan perekat MDI, sedangkan keteguhan rekat sejajar serat terjelek terdapat pada bambu lapis yang berbahan baku bambu andong yang direkat dengan perekat PVAc.

Nilai keteguhan rekat tegak lurus serat permukaan bambu lapis lebih rendah dibandingkan dengan nilai keteguhan rekat sejajar seratnya karena konstruksi bambu lapis yang diuji keteguhan rekatnya terdiri dari tiga lapisan, terlepas apakah bambu lapis yang dibuat terdiri dari tiga lapisan atau lebih. Untuk bambu lapis yang terdiri dari tiga lapisan, proporsi tebal antara lapisan muka (*face*), lapisan tengah (*core*), dan lapisan belakang (*back*) adalah 1:2:1. Contoh uji untuk pengujian keteguhan rekat dibuat koakan dengan kedalaman dari bagian permukaan dan bagian dalam belakang dibuat sama, yaitu tiga per empat dari tebal bambu lapis. Pada waktu pengujian, gaya yang bekerja pada contoh uji adalah gaya geser pada kedua permukaan yang direkat.

Pada pengujian keteguhan rekat sejajar serat permukaan, gaya geser terjadi pada

dua bidang permukaan yang direkat. Bidang permukaan pertama yang mengalami gaya geser adalah antara permukaan lapisan tengah yang arahnya tegak lurus serat bambu dan lapisan belakang yang arahnya sejajar serat bambu, sedangkan bidang permukaan ke dua yang mengalami gaya geser adalah antara permukaan lapisan tengah yang arahnya tegak lurus serat bambu dan lapisan muka yang arahnya sejajar serat bambu. Meskipun lapisan tengah ini digeser atau ditarik ke arah tegak lurus serat, namun lapisan tengah ini lebih tebal sehingga mempunyai nilai keteguhan tarik yang cukup besar. Sebaliknya lapisan belakang maupun lapisan muka, walaupun lebih tipis dibandingkan dengan lapisan tengah, namun gaya yang bekerja pada lapisan ini adalah gaya tarik sejajar serat bambu yang nilainya jauh lebih besar daripada tarik tegak lurus serat. Pada waktu pengujian, gaya geser ini terjadi secara bersamaan pada ke dua bidang tersebut. Oleh karena lapisan muka dan lapisan belakang mempunyai nilai keteguhan tarik sejajar serat bambu yang sangat besar bahkan mempunyai keteguhan tarik yang hampir sama dengan baja, maka titik terlemah terdapat pada lapisan tengah yang digeser atau ditarik ke arah tegak lurus serat bambu yang nilainya jauh lebih kecil dibandingkan dengan tarik sejajar serat. Walaupun lapisan tengah ini mempunyai keteguhan tarik yang rendah, namun lapisan tengah umumnya dua kali lebih tebal daripada lapisan muka dan belakang, sehingga nilai keteguhan geser tariknya cukup besar.

Pada pengujian keteguhan rekat tegak lurus serat permukaan, juga terjadi gaya geser pada dua bidang permukaan yang direkat. Dalam hal ini, bidang pertama yang mengalami gaya geser adalah antara permukaan lapisan tengah yang arahnya sejajar serat bambu dan lapisan belakang

yang arahnya tegak lurus serat bambu, sedangkan bidang ke dua yang mengalami gaya geser adalah antara permukaan lapisan tengah yang arahnya sejajar serat bambu dan lapisan muka yang arahnya tegak lurus serat bambu. Lapisan tengah yang lebih tebal ini digeser atau ditarik ke arah sejajar serat bambu, sehingga lapisan tengah ini mempunyai nilai keteguhan tarik yang sangat tinggi. Hal yang sebaliknya terjadi pada lapisan muka dan belakang, yaitu kedua lapisan muka dan belakang ini ditarik ke arah tegak lurus serat. Bambu mempunyai nilai keteguhan tarik atau keteguhan belah yang rendah ($40-80 \text{ kgf cm}^{-2}$), sehingga yang menjadi titik lemah dari keadaan ini adalah lapisan muka dan belakang. Berdasarkan karakteristik yang dimiliki bambu sebagai bahan baku bambu lapis, nilai keteguhan rekat sejajar serat permukaan bambu lapis lebih tinggi dibandingkan dengan nilai keteguhan rekat tegak lurus lapisan permukaan.

Selain faktor bahan baku, keteguhan rekat bambu lapis ditentukan oleh faktor perekat dan faktor pengempaan. Jenis perekat yang digunakan sangat menentukan tinggi rendahnya nilai keteguhan rekat tersebut, baik ke arah sejajar serat permukaan maupun ke arah tegak lurus permukaan bambu lapis. Dalam penelitian ini perekat MDI diketahui mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan perekat PF, MF, dan jauh lebih baik dibandingkan dengan perekat UF dan PVAc.

Faktor lain yang menentukan sifat fisis dan mekanis bambu lapis pada umumnya adalah faktor pengempaan yang dilakukan pada waktu pembuatan bambu lapis. Faktor pengempaan tersebut terdiri atas suhu kempa, tekanan kempa, dan lamanya waktu kempa yang diaplikasikan pada waktu pembuatan bambu lapis. Suhu pengempaan sangat menentukan

keberhasilan proses perekatan bambu lapis. Jenis perekat yang biasa digunakan dalam pembuatan bambu lapis terdiri dari berbagai macam, ada yang memerlukan suhu yang tinggi, ada juga yang hanya memerlukan suhu kamar untuk terjadinya proses pengerasan. Perekat yang memerlukan suhu tinggi adalah UF (110 °C), PF dan MDI (140 °C), sedangkan perekat MF dapat digunakan pada suhu yang lebih rendah, yaitu sekitar 60 °C tergantung tipe dan karakteristiknya, bahkan perekat PVAc dapat digunakan dan berhasil dengan baik pada suhu kamar. Suhu tersebut diperlukan agar terjadi proses polimerisasi pada perekat. Menurut Pizzi (1994), perekat UF akan mengalami proses polimerisasi atau proses pengerasan dimulai pada suhu sekitar 104 °C, sehingga perekat UF jika ingin digunakan maka suhunya harus lebih tinggi dari 104 °C, dan biasanya digunakan pada suhu 110 °C.

Tekanan kempa diperlukan agar permukaan yang akan direkat betul-betul menyatu secara baik, sehingga tidak ada celah antara kedua bidang yang akan direkat. Waktu kempa diperlukan karena dalam proses pengempaan, proses polimerisasi perekat terjadi pada bagian dalam bambu lapis, dan panas dari alat kempa harus mencapai bagian dalam tersebut, yang untuk itu diperlukan waktu. Semakin tebal bambu lapis yang akan dibuat, maka waktu kempa yang diperlukan akan semakin lama.

Keteguhan patah (MOR) bambu lapis

Nilai keteguhan patah (MOR) sejajar serat permukaan bambu lapis yang diteliti berkisar antara 634 kgf cm⁻² sampai dengan 1520 kgf cm⁻². Nilai terendah terdapat pada bambu lapis yang berbahan baku bambu tali yang direkat dengan perekat UF, sedangkan nilai tertinggi

terdapat pada bambu lapis yang dibuat dari bambu betung dan perekat MDI (Tabel 5). Nilai keteguhan rekat tegak lurus serat permukaan bambu lapis menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan nilai sejajar seratnya, dengan kisaran nilai antara 425 kgf cm⁻² dan 1132 kgf cm⁻². Perbandingan antara nilai keteguhan patah tegak lurus serat bambu lapis dan sejajar serat berkisar 64,51-75,91%.

Berdasarkan hasil sidik ragam, jenis bambu sangat berpengaruh terhadap keteguhan patah bambu lapis. Jenis perekat juga berpengaruh terhadap keteguhan patah bambu lapis meskipun tidak sebesar pengaruh jenis bambu. Interaksi antara jenis bambu dan perekat berpengaruh terhadap keteguhan patah bambu lapis. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa bambu tali berbeda dengan bambu andong dan betung, begitu juga antara bambu andong dan bambu betung menunjukkan perbedaan. Perekat PF dan MF tidak berbeda satu dengan lainnya, tapi kedua perekat ini berbeda, baik dengan MDI maupun dengan UF dan PVAc. Dalam kaitannya dengan keteguhan patah bambu lapis, urutan perekat terbaik berturut-turut adalah MDI, PF, MF, UF, dan PVAc.

Jenis bambu yang memberikan nilai keteguhan rekat terbesar adalah bambu betung, diikuti oleh bambu andong, dan yang terkecil adalah bambu tali. Bambu andong sebagai bahan baku mempunyai berat jenis atau kerapatan terbesar dibandingkan dengan bambu andong dan bambu tali. Dengan berat jenis yang besar maka bambu andong mempunyai kekuatan mekanis yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedua jenis bambu lainnya, seperti dinyatakan oleh Bowyer *et al.* (2003) bahwa kerapatan yang tinggi akan menghasilkan kekuatan yang tinggi pula.

Tabel 5 Keteguhan patah (MOR) bambu lapis

Jenis bambu dan jenis perekat	Nilai rata-rata keteguhan patah (MOR) bambu lapis (kgf cm^{-2})		Rasio a/b (%)
	Sejajar serat permukaan(a)	Tegak lurus serat permukaan (b)	
T MDI	820 (83)	617 (54)	75,24
A MDI	1.052 (104)	783 (72)	74,29
B MDI	1.520 (160)	1.132 (98)	74,47
T PF	714 (63)	542 (56)	75,91
A PF	815 (75)	607 (56)	74,48
B PF	1.235 (134)	910 (78)	73,68
T MF	756 (73)	524 (61)	69,31
A MF	826 (76)	567 (58)	68,64
B MF	1.125 (116)	734 (72)	65,24
T UF	727 (62)	469 (38)	64,51
A UF	818 (74)	533 (44)	65,16
B UF	1.123 (116)	786 (76)	69,99
T PVAc	634 (52)	425 (39)	67,06
A PVAc	715 (64)	493 (40)	68,95
B PVAc	931 (102)	626 (55)	67,24

Keterangan : T = tali, A = andong, B = betung, MDI = methylene diphenyl isocyanate, PF = *phenol formaldehyde*, MF = *melamine formaldehyde*, UF = *urea formaldehyde*, PVAc = *poly vinyl acetate*. Angka dalam kurung adalah nilai simpangan baku.

Dari hasil penelitian sifat mekanis bambu lapis yang berkaitan dengan keteguhan patah bambu lapis, posisi contoh uji kayu lapis turut menentukan besar kecilnya nilai keteguhan patah bambu lapis. Pada pengujian keteguhan patah sejajar serat, panjang bentang contoh uji sejajar dengan permukaan kayu lapis baik bagian muka (*face*) maupun bagian belakang (*back*). Pada kondisi ini, ketiga lapisan bambu lapis mengalami tegangan yang berbeda. Pada lapisan atas akan terjadi tegangan tekan, pada lapisan bawah atau lapisan belakang bambu lapis akan terjadi tegangan tarik, sedangkan pada lapisan tengah netral. Kondisi kritis akan terjadi pada bagian yang mengalami tegangan tarik yaitu pada bagian bawah contoh uji. Pada kondisi pengujian seperti ini, pada bagian bawah akan terjadi gaya yang menarik bambu pada arah sejajar seratnya. Oleh karena bambu dikenal mempunyai kekuatan tarik sejajar serat yang tinggi,

maka bambu lapis tersebut akan memiliki keteguhan patah yang cukup tinggi pula. Hal yang sebaliknya terjadi jika arah pengujian diputar 90° , yang dalam kondisi ini bagian yang mengalami tegangan tarik adalah bambu yang tegak lurus arah seratnya yang mempunyai keteguhan yang rendah. Oleh karena itu, keteguhan bambu lapis ke arah tegak lurus serta bernilai lebih kecil dibandingkan dengan arah sejajar seratnya.

Nilai keteguhan patah bambu lapis ke arah sejajar permukaan lebih tinggi dibandingkan dengan ke arah tegak lurus serat. Jenis bambu dan perekat sangat menentukan tinggi rendahnya nilai tersebut. Kombinasi jenis bambu tali dan perekat PVAc menghasilkan bambu lapis dengan keteguhan patah terendah, sedangkan kombinasi antara bambu betung dan perekat MDI menghasilkan bambu lapis dengan keteguhan patah terbaik.

Kekakuan (MOE) bambu lapis

Nilai kekakuan (MOE) sejajar serat permukaan bambu lapis yang diteliti berkisar antara 17.453 kgf cm⁻² sampai dengan 62.578 kgf cm⁻². Nilai terendah terdapat pada bambu lapis berbahan baku bambu tali yang direkat dengan perekat UF, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada bambu lapis yang dibuat dari bambu betung dan perekat MDI (Tabel 6). Nilai keteguhan rekat tegak lurus serat permukaan bambu lapis lebih rendah dibandingkan dengan nilai sejajar seratnya, dengan kisaran nilai antara 425-1132 kgf cm⁻². Perbandingan antara nilai kekakuan tegak lurus serat bambu lapis dan sejajar serat berkisar antara 69,61-76,97%.

Berdasarkan analisis sidik ragam, jenis bambu sangat berpengaruh terhadap keteguhan patah bambu lapis, dan perekat juga berpengaruh terhadap keteguhan patah bambu lapis meskipun tidak sebesar pengaruh jenis bambu; begitu pula interaksi antara jenis bambu dan perekat berpengaruh terhadap keteguhan patah bambu lapis. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa bambu tali berbeda dengan bambu andong dan betung, begitu juga antara bambu andong dan bambu betung. Perekat PF dan MF tidak berbeda satu dengan lainnya, tapi kedua perekat ini berbeda baik dengan MDI maupun UF dan PVAc. Dalam kaitannya dengan keteguhan patah bambu lapis, urutan perekat terbaik berturutan adalah MDI, PF, MF, UF, dan PVAc.

Tabel 6 Kekakuan (MOE) bambu lapis

Jenis bambu dan jenis perekat	Nilai rata-rata kekakuan (MOE) bambu lapis (kgf cm ⁻²)		Rasio a/b (%)
	Sejajar serat permukaan (a)	Tegak lurus serat permukaan (b)	
T MDI	48348 (3654)	33654 (3022)	69,61
A MDI	53245 (5436)	37342 (4023)	70,13
B MDI	62578 (5534)	46872 (4236)	74,82
T PF	42386 (3934)	29542 (3062)	69,70
A PF	46342 (4432)	32543 (3120)	70,23
B PF	56635 (4932)	40348 (4287)	71,24
T MF	32765 (3067)	23327 (2054)	71,19
A MF	35245 (3488)	24673 (2541)	70,00
B MF	56763 (4944)	43098 (4764)	75,92
T UF	27786 (2543)	19342 (1834)	69,61
A UF	31872 (2984)	22547 (2432)	70,74
B UF	42983 (4032)	30563 (2953)	71,10
T PVAc	17453 (1534)	12547 (1156)	71,89
A PVAc	19329 (1834)	14064 (1398)	72,76
B PVAc	27853 (2523)	21439 (1845)	76,97

Keterangan : T = tali, A = andong, B = betung, MDI = *methylene diphenyl isocyanate*, PF = *phenol formaldehyde*, MF = *melamine formaldehyde*, UF = *urea formaldehyde*, PVAc = *poly vinyl acetate*. Angka dalam kurung adalah nilai simpangan baku. Angka dalam kurung adalah nilai simpangan baku.

Jenis bambu yang memberikan nilai terbesar pada keteguhan rekat adalah bambu betung, diikuti oleh bambu andong, dan yang terkecil adalah bambu tali. Bambu betung sebagai bahan baku mempunyai berat jenis atau kerapatan terbesar dibandingkan dengan bambu andong dan bambu tali. Dengan berat jenis yang besar maka bambu betung mempunyai kekuatan mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan kedua jenis bambu lainnya. Berdasarkan hasil penelitian ini, kombinasi dari jenis bambu tali dan perekat PVAc menghasilkan bambu lapis dengan kekakuan terendah, sedangkan kombinasi antara bambu betung dan perekat MDI menghasilkan bambu lapis yang mempunyai kekakuan terbaik.

Kesimpulan

Pengembangan dimensi pada bambu lapis dari yang terbesar sampai yang terkecil berturut-turut adalah bagian tebal, lebar, dan panjang, sedangkan urutan pengembangan dimensi pada kayu dan kayu lapis dari yang terbesar sampai yang terkecil berturut-turut tangensial (lebar), radial (tebal), dan longitudinal (panjang). Bambu lapis yang menghasilkan sifat fisis dan mekanis terbaik diperoleh dari bahan baku bambu betung dengan menggunakan perekat MDI. Hasil yang hampir sama diperoleh dengan menggunakan perekat MDI atau PF dari bahan baku bambu tali.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI yang telah mendanai penelitian ini.

Daftar Pustaka

Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen, JG. 2003. *Forest Products and Wood*

Science. An Introduction. Fourth Edition. Iowa: A Blackwell Publishing Company.

Frihart CR. 2005. Wood Adhesion and Adhesives. In: Rowel, R.M. (Ed.); *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composite*. Washington: CRC Press.

[JSA] Japanese Standard Association. 2003. *Japanese Industrial Standard (JIS) A 5980: 2003*. Tokyo: JSA.

Krisdianto, Sumarni G, Ismanto A. 2006. *Sari Hasil Penelitian Bambu*. <http://w.w.w.go.id/informasi/litbang/teliti/bambu.htm> [21 Nov. 2006].

Mc Millen JM, Wengert EM. 1978. *Drying Eastern Hardwood Lumber*. Madison: Forest Product Laboratory. US Department of Agriculture.

Nugraha PY. 2006. Studi Pembuatan Bambu Lapis dari Anyaman bambu Tali (*Gigantochloa apus* Kurz) dengan menggunakan perekat UF dan PF. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Nurfarah I. 2002. Studi pembuatan bambu lapis pola anyaman dan jahitan dengan menggunakan perekat UF dan PF. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

[PAI] Pamolite Adhesive Industry. 2007. *Technical Data Revisi: 3*. Jakarta: PT. Pamolite Adhesive Industry.

Pizzi A. 1994. *Advanced Wood Adhesive Technology*. New York: Marcell Dekker Inc.

Ruhendi S, Koroh DN, Syamani FA, Yanti H, Nurhaida, Saad S, Sucipto T. 2007. *Analisis Perekatan Kayu*. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB.

Siau JF. 1995. *Wood: Influence of Moisture on Physical Properties*.

Department of Wood Science and Forest Products. New York: Virginia Polytechnic and State University.

[SNI] Standar Nasional Indonesia. 1999. *Kayu Lapis Struktural SNI 01-5008.7-1999*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Suryana J, Massijaya MY, Kusumah SS. 2009. *Peningkatan Kualitas Bambu*

Lapis Unggulan Menggunakan Lima Jenis Perekat dari Tiga Jenis Bambu Indonesia. [Laporan penelitian]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Riwayat naskah (*article history*)

Naskah masuk (*received*): 7 September 2010

Diterima (*accepted*): 19 Februari 2011