

PENGARUH JUMLAH LAPISAN TERHADAP SIFAT BAMBU LAMINA (Effect of varying number of layers on the laminated bamboo properties)

Oleh/By :

I.M.Sulastiningsih, Nurwati dan Paribotro Sutigno

Summary

Bamboo is one of non wood forest product which is well known and multi purpose. To improve the quality and utilization of bamboo, research on laminated bamboo from betung (*Dendrocalamus asper*) with varying number of layers (2, 3, 4 and 5) glued with urea formaldehyde was carried out. The results showed that the physical and mechanical properties of laminated bamboo were not affected by the number of layers except its bonding strength based on tensile shear strength in dry test (the tensile shear strength of laminated bamboo increased with increase in number of layers). The bonding properties of laminated bamboo was good enough and met the Japanese Standard requirements for delamination test. Based on the density, static bending strength and compression strength values, the laminated bamboo produced was equal to the wood belongs to strength class II.

Key words : laminated bamboo, urea formaldehyde glue, physical and mechanical properties, bonding strength.

Ringkasan

Bambu merupakan hasil hutan non kayu, banyak dijumpai dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Dalam rangka peningkatan mutu dan pemanfaatan bambu untuk bahan bangunan, telah dilakukan penelitian sifat fisis dan mekanis bambu lamina yang dibuat dari bambu betung (*Dendrocalamus asper*) dengan variasi jumlah lapisan (2, 3, 4 dan 5 lapis) yang direkat dengan perekat urea formaldehida cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat fisis dan mekanis bambu lamina dari bambu betung tidak dipengaruhi oleh jumlah lapisan kecuali keteguhan rekat berdasarkan uji geser tarik dalam keadaan kering (makin banyak jumlah lapisan makin tinggi keteguhan tarik). Sifat perekatan bambu lamina dari bambu betung cukup baik dan memenuhi standar Jepang untuk uji delaminasi. Berdasarkan nilai kerapatan, keteguhan lentur statis dan keteguhan tekan, bambu lamina betung setara dengan kayu kelas kuat II.

Kata kunci : bambu lamina, perekat urea formaldehida, sifat fisis dan mekanis, keteguhan rekat.

I. PENDAHULUAN

Bambu merupakan salah satu hasil hutan non kayu yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, oleh karena itu bambu termasuk tanaman serbaguna. Di Indonesia bambu dapat dijumpai baik di daerah pedesaan maupun di dalam kawasan hutan. Semua jenis tanah dapat ditanami bambu kecuali tanah di daerah pantai. Pada

tanah ini sekalipun terdapat bambu, pertumbuhannya lambat dan batangnya kecil. Di samping itu tanaman bambu dapat dijumpai mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi, dari pegunungan berbukit dengan lereng curam sampai landai (Sastrapraja, *et.al*, 1977).

Perkembangan industri pengolahan kayu yang cukup pesat di Indonesia telah mengakibatkan semakin berkurangnya persediaan kayu baik jumlah maupun kualitasnya. Hal ini terjadi karena pemanfaatan kayu tidak seimbang dengan kecepatan pembangunan tegakan baru. Di samping itu, jumlah penduduk dari tahun ke tahun terus bertambah sehingga kebutuhan kayu untuk bahan bangunan perumahan semakin bertambah pula karena rumah merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia. Melihat permasalahan tersebut maka perlu dicari bahan substitusi kayu terutama sebagai bahan bangunan. Bambu adalah salah satu bahan yang dapat digunakan untuk tujuan tersebut karena sejak jaman dahulu manusia telah menggunakan bambu sebagai bahan bangunan, mebel, alat-alat rumah tangga dan bahan kerajinan.

Masalah yang timbul dalam pemanfaatan bambu sebagai bahan bangunan adalah keterbatasan bentuk dan dimensinya. Bambu yang termasuk tanaman cepat tumbuh dan mempunyai daur yang relatif pendek (3-4 tahun) merupakan salah satu sumber daya alam yang cukup menjanjikan sebagai bahan penunjang kayu atau jika memungkinkan sebagai bahan pengganti kayu untuk bahan bangunan. Dengan semakin majunya teknologi perekatan diharapkan dapat mengatasi keterbatasan bentuk dan dimensi bambu sebagai bahan bangunan. Bambu yang bentuk aslinya bulat dan berlubang jika akan digunakan sebagai pengganti papan atau balok kayu harus memenuhi persyaratan lebar dan tebal tertentu. Sebagai pengganti papan telah diteliti pembuatan bambu lapis dari sayatan dan dari pelupuh di mana arah seratnya bersilangan tegak lurus (Sutigno, 1994). Dalam bentuk belahan (pipih) bambu mempunyai ketebalan yang relatif kecil (tipis) sehingga untuk menambah ketebalannya perlu dilakukan usaha laminasi dengan menggunakan perekat tertentu dan produk yang dihasilkan tersebut dikenal dengan nama bambu lamina.

Bambu lamina adalah suatu produk yang dibuat dari beberapa bilah bambu (pelupuh) yang direkat dengan arah serat sejajar. Hasil perekatan tersebut dapat berupa papan atau balok tergantung dari ukuran tebal dan lebarnya. Pembuatan bambu lamina dapat menunjang usaha pelestarian sumber daya hutan khususnya kayu karena penggunaan bambu lamina sebagai bahan pengganti papan atau balok kayu dapat memperlambat laju pemanfaatan kayu sebagai bahan bangunan. Bambu lamina yang digunakan sebagai bahan bangunan perlu diketahui sifat fisis dan mekanisnya serta perekatannya. Dalam tulisan ini dikemukakan hasil penelitian pembuatan bambu lamina yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah lapisan terhadap sifat bambu lamina. Sasarannya adalah tersedianya teknik pembuatan bambu lamina yang tepat disertai data sifat fisis dan mekanisnya.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu betung (*Dendrocalamus asper*) yang telah berumur sekitar 4-6 tahun berasal dari Bogor Jawa Barat.

Bambu betung yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai panjang ruas antara 36 cm - 53 cm dengan ketebalan antara 7,7 mm - 14,5 mm. Perekat yang digunakan adalah urea formaldehida cair dengan pengeras $\text{NH}_4 \text{Cl}$. Ekstender yang digunakan adalah terigu.

B. Metode Penelitian

1. Penetapan berat jenis bambu

Contoh uji untuk penetapan berat jenis bambu diambil dari 2 batang bambu. Pada setiap batang diambil contoh uji dari bagian pangkal, tengah dan ujung, masing-masing panjangnya 5 cm terdiri dari bagian berbuku dan tidak berbuku. Masing-masing potongan tersebut dibelah menjadi 4 bagian sehingga diperoleh contoh uji berat jenis sebanyak 48 buah. Contoh uji tersebut dibiarkan hingga kering udara kemudian ditimbang beratnya dan selanjutnya dioven hingga beratnya tetap. Setelah contoh uji mencapai berat kering tanur maka diukur volumenya dan ditetapkan berat jenisnya berdasarkan metode ASTM D 142-52 (Anonim, 1981)

2. Pembuatan pelupuh

Batang bambu dipotong bagian pangkalnya sepanjang lebih kurang 2 m untuk menghilangkan bagian batang yang ruasnya relatif pendek dan panjangnya tidak sama. Setelah diambil bagian pangkalnya, batang bambu dipotong-potong sepanjang 90 cm ke arah ujung hingga bagian yang berdiameter minimum 10 cm. Potongan bambu tersebut kemudian dibelah dan dibuat pelupuh. Pelupuh bambu yang digunakan untuk lapisan luar diserut bagian dalamnya untuk mendapatkan ketebalan yang diinginkan. Pelupuh untuk lapisan dalam diserut kedua belah permukaannya (bagian dalam dan bagian luar yang berkulit). Setelah diserut pelupuh bambu tersebut dikeringkan secara dijemur hingga kadar airnya mencapai lebih kurang 12 %. Pelupuh bambu yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai ketebalan 7 mm.

3. Pembuatan bambu lamina

Bambu lamina dengan variasi jumlah lapisan (2 lapis, 3 lapis, 4 lapis dan 5 lapis) dibuat dari pelupuh bambu berukuran 90 cm X 12 cm X 0,7 cm. Pelupuh bambu dengan jumlah tertentu disusun sejajar serat dengan bagian yang berkulit merupakan lapisan terluar. Pelupuh bambu yang digunakan sebagai lapisan dalam dihilangkan lapisan kulitnya untuk mempermudah proses perekatannya. Bambu lamina dibuat dengan menggunakan perekat urea formaldehida. Komposisi perekat adalah urea formaldehida cair 100 gram, terigu 25 gram dan pengeras 0,5 gram. Berat labur perekat adalah 170 gram per meter persegi permukaan. Pelaburan perekat dilakukan pada pelupuh bambu yang sudah kering (kadar air lebih kurang 12 persen). Bahan bambu lamina yang telah dilaburi perekat dikempa dingin selama 20 jam. Untuk masing-masing jumlah lapisan dibuat bambu lamina sebanyak 3 buah.

4. Pengujian

Pengujian sifat fisis dan mekanis bambu lamina menggunakan standar pengujian kayu lapis. Dalam penelitian ini pengujian sifat fisis dan mekanis bambu lamina dilakukan berdasarkan standar Jepang, JAS untuk kayu lapis penggunaan umum dan

kayu lapis struktural (Anonim, 1973 dan 1983). Pembuatan contoh uji dilakukan minimal 7 hari setelah pembuatan bambu lamina. Sifat fisis dan mekanis yang diuji meliputi kerapatan, kadar air, delaminasi, keteguhan rekat (tipe II, diuji berdasarkan geser tarik dan geser tekan serta dalam keadaan kering dan basah), keteguhan tekan dan keteguhan lentur.

5. Rancangan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (Sudjana, 1980) dengan variasi jumlah lapisan sebagai perlakuan (2 lapis, 3 lapis, 4 lapis dan 5 lapis). Banyaknya ulangan adalah 3 buah.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat jenis bambu betung yang ditetapkan pada keadaan kering udara menunjukkan bahwa semakin ke ujung batang semakin tinggi (pangkal = 0,64, tengah = 0,67 dan ujung = 0,69) dengan berat jenis rata-rata 0,667. Nilai berat jenis bambu betung ini berada di antara nilai yang dikemukakan oleh Suryokusumo dan Nugroho (1994) yaitu 0,61 dan nilai yang dikemukakan oleh Dransfield dan Widjaja (1995) yaitu 0,7. Bila dibandingkan dengan berat jenis dari bambu lainnya maka berat jenis bambu betung termasuk pertengahan karena ada yang berat jenisnya lebih rendah misalnya bambu kuning berat jenisnya 0,2 dan ada yang lebih tinggi yaitu bambu sembilang 0,71 (Suryokusumo dan Nugroho, 1994).

Tabel 1. Nilai rata-rata sifat fisis dan mekanis bambu lamina

Table 1. Mean values of physical and mechanical properties of laminated bamboo

No	Sifat (Properties)	Jumlah Lapisan (Number of layers)			
		2	3	4	5
1.	Kadar air (Moisture Content), %	10,90	11,45	12,17	11,86
2.	Kerapatan (Density), g/cm ³	0,66	0,73	0,67	0,69
3.	Keteguhan lentur sejajar serat (Bending strength parallel to grain), kg/cm ²				
	- Modulus patah (MOR)	1.089,35	1.031,25	999,84	961,74
	- Modulus elastisitas (MOE)	146.763	175.592	177.863	146.907
4.	Keteguhan tekan sejajar serat (Compression strength parallel to grain), kg/cm ²	463,46	506,16	441,84	521,55
5.	Keteguhan rekat (Bonding strength), kg/cm ²				
	a. Uji geser tekan (Compression shear strength)				
	- Uji kering (Dry test)	85,46	107,68	95,98	105,52
	- Uji basah (Wet test)	63,63	57,26	69,45	71,40
	b. Uji geser tarik (Tensile shear strength)				
	- Uji kering (Dry test)	67,20	71,10	84,59	99,83
	- Uji basah (Wet test)	26,88	22,77	23,81	28,27
6.	Delaminasi (Delamination), cm	0	0	0	0

Pada Tabel 1 tercantum nilai rata-rata sifat fisis dan mekanis bambu lamina, sedangkan pada Tabel 2 tercantum nilai F hitung dari sifat tersebut sebagai hasil dari

perhitungan sidik ragam. Kadar air kering udara rata-rata dari bambu lamina adalah 11,60 % dengan selang 10,90 % - 12,17 %. Jumlah lapisan tidak mempengaruhi kadar air bambu lamina. Kerapatan bambu lamina yang dibuat berkisar antara 0,66 - 0,73 g/cm³ dengan rata-rata 0,687 g/cm³. Kerapatan bambu lamina hampir sama dengan berat jenis bambu penyusunnya. Kerapatan bambu lamina juga tidak dipengaruhi oleh jumlah lapisan. Kecenderungan serupa terdapat pula pada venir lamina dari kayu sengon (Pratomo, *et.al*, 1991).

Modulus patah rata-rata bambu lamina adalah 1020,54 kg/cm² dengan selang 961,74 - 1089,35 kg/cm² yang tidak dipengaruhi oleh jumlah lapisan. Modulus patah bambu betung dalam bentuk bundar adalah 1054, 29 kg/cm² (Dransfield dan Widjaja, 1995), sedangkan dalam bentuk bilah berbuku 1236,39 kg/cm² dan bilah tanpa buku 2065,30 kg/cm² (Idris, *et.al*, 1995). Terlihat bahwa modulus patah bambu lamina hampir sama dengan modulus patah bambu betung dalam bentuk bundar tetapi lebih rendah daripada modulus patah bambu betung dalam bentuk bilah. Bila dibandingkan dengan modulus patah venir lamina dari kayu sengon (Pratomo *et al*, 1991) maka terdapat perbedaan dalam pengaruh jumlah lapisan. Pada venir lamina sengon dengan jumlah lapisan 8,10 dan 12 nilai modulus patah meningkat dengan bertambahnya jumlah lapisan sedangkan pada bambu lamina pengaruh jumlah lapisan tidak nyata. Sutigno dan Masano (1986) mengemukakan bahwa walaupun pengaruh jumlah lapisan mempengaruhi modulus patah kayu lamina meranti tetapi tidak ada kecenderungan peningkatan nilai tersebut dengan bertambahnya jumlah lapisan.

Penelitian bambu lapis yang telah dilakukan ada dua macam yaitu menggunakan sayatan (Sulastiningsih dan Sutigno, 1994) dan menggunakan pelupuh (Kliwon dan Iskandar, 1994). Bambu lapis dari sayatan dibuat dengan perekat urea formaldehid dengan jumlah lapisan 3 (tripleks) dan 5 (multipleks). Bambu lapis dari pelupuh dibuat dengan perekat polivinil asetat dengan jumlah lapisan 3 (tripleks). Kedua penelitian tersebut menggunakan bambu tali (*Gigantochloa apus*), untuk yang memakai sayatan semuanya tanpa kulit sedangkan yang memakai pelupuh lapisan luarnya ada yang tanpa kulit dan ada yang dengan kulit. Keteguhan lentur (modulus patah) bambu lapis dari sayatan adalah 1.022,48 kg/cm² (tripleks) dan 1324,7 kg/cm² (multipleks), sedangkan pada bambu lapis dari pelupuh keteguhan lenturnya adalah 323,45 kg/cm² (lapisan luar bambu dengan kulit) dan 326,43 kg/cm² (lapisan luar bambu tanpa kulit). Bila data tersebut dibandingkan dengan data bambu lamina maka keteguhan lentur bambu lamina (961,74 -1089,35 kg/cm²) lebih rendah dari bambu lapis sayatan tetapi lebih tinggi dari bambu lapis pelupuh. Perlu kiranya dikemukakan bahwa kerapatan bambu lapis dari sayatan adalah 0,81 g/cm³ untuk tripleks dan 0,80 g/cm³ untuk multipleks sedangkan kerapatan bambu lapis dari pelupuh adalah 0,64 g/cm³ untuk yang berkulit dan 0,65 g/cm³ untuk yang tanpa kulit.

Seperti halnya modulus patah, modulus elastisitas bambu lamina tidak dipengaruhi oleh jumlah lapisan. Modulus elastisitas bambu lamina rata-rata adalah 161781,25 kg/cm² dengan selang 146763-177863 kg/cm². Dransfield dan Widjaja (1995) tidak mengemukakan nilai modulus elastisitas dari bambu betung tetapi mengemukakan nilai modulus elastisitas dari bambu umumnya yaitu 186361-20392 kg/cm². Idris *et al*, (1994) mengemukakan data modulus elastisitas bambu betung

berbentuk bilah sebesar 103289 kg/cm² (berbuku) dan 216577 kg/cm² (tanpa buku). Ternyata modulus elastitas bambu lamina sedikit lebih rendah dari modulus elastisitas bambu bundar umumnya dan bambu betung berbentuk bilah tanpa buku, akan tetapi lebih tinggi daripada modulus elastisitas bambu betung berbentuk bilah berbuku.

Keteguhan tekan sejajar serat bambu lamina berkisar antara 441,84-521,55 kg/cm² dengan rata-rata 483,25 kg/cm² dan tidak dipengaruhi oleh jumlah lapisan. Keteguhan tekan sejajar serat bambu betung dalam bentuk bundar adalah 320 kg/cm² (Dransfield dan Widjaja, 1995), sedangkan pada bambu betung berbentuk bilah keteguhan tekannya 548,8 kg/cm² pada yang berbuku dan 578,5 kg/cm² tanpa buku (Idris *et al*, 1994). Berdasarkan data di atas keteguhan tekan bambu lamina lebih tinggi daripada keteguhan tekan bambu berbentuk bundar, tetapi lebih rendah daripada keteguhan tekan bambu betung berbentuk bilah.

Tabel 2. Nilai F hitung pengaruh jumlah lapisan terhadap sifat bambu lamina
Table 2. Calculated F values of the effect of varying number of layers on the laminated bamboo properties

No	Sifat (Properties)	F hitung (F calculated)	F Tabel (F Table)	
			$\alpha = 5\%$	$\alpha = 1\%$
1.	Kadar air (Moisture Content), %	3,304	4,07	7,59
2.	Kerapatan (Density), g/m ³	3,059	4,07	7,59
3.	Keteguhan lentur sejajar serat (Bending strength parallel to grain), kg/cm ²			
	- Modulus patah (MOR)	0,246	4,07	7,59
	- Modulus elastisitas (MOE)	1,525	4,07	7,59
4.	Keteguhan tekan sejajar serat (Compression strength parallel to grain), kg/cm ²	2,446	4,07	7,59
5.	Keteguhan rekat (Bonding strength), kg/cm ²			
	a. Uji geser tekan (Compression shear strength)			
	- Uji kering (Dry test)	0,290	4,07	7,59
	- Uji basah (Wet test)	0,550	4,07	7,59
	b. Uji geser tarik (Tensile shear strength)			
	- Uji kering (Dry test)	8,520**	4,07	7,59
	- Uji basah (Wet test)	0,962	4,07	7,59

Keterangan (Remark): ** = sangat nyata (Highly Significant)

Pada kayu dikenal pembagian kelas kuat berdasarkan berat jenis, keteguhan lentur (modulus patah) dan keteguhan tekan sejajar serat (Oey Djoen Seng, 1964). Kelas kuat II mempunyai berat jenis 0,90-0,60, keteguhan lentur 1100-725 kg/cm² dan keteguhan tekan 650-425 kg/cm². Bambu lamina yang diteliti mempunyai kerapatan 0,66-0,73 g/cm³, keteguhan lentur 961,74-1089,35 kg/cm² dan keteguhan tekan 441,84-521,55 kg/cm². Dengan demikian bambu lamina tersebut setara dengan kayu kelas kuat II.

Pengujian keteguhan rekat bambu lamina dilakukan dengan cara geser tekan dan geser tarik baik dalam keadaan kering maupun dalam keadaan basah (setelah direndam air pada suhu 60°C selama 3 jam). Keteguhan rekat bambu lamina yang diuji secara geser tekan berkisar antara 85,46-107,68 kg/cm² dengan rata-rata 98,66 kg/cm² (uji kering), sedangkan pada keadaan basah berkisar antara 57,26 - 71,40 kg/cm² dengan rata-rata 65,44 kg/cm². Sementara itu keteguhan geser bambu betung dalam bentuk bundar adalah 74 kg/cm² (Dransfield dan Widjaja, 1995). Dengan

demikian keteguhan geser tekan bambu lamina lebih besar daripada keteguhan geser tekan bambu dalam bentuk bundar. Keteguhan rekat bambu lamina yang diuji secara geser tarik berkisar antara 67,20-99,83 kg/cm² dengan rata-rata 80,68 kg/cm² (uji kering), sedangkan pada keadaan basah berkisar antara 22,77-28,27 kg/cm² dengan rata-rata 25,43 kg/cm². Pengaruh jumlah lapisan terhadap keteguhan geser tarik dalam keadaan kering sangat nyata sedangkan dalam keadaan basah tidak nyata (Tabel 2). Karena dalam keadaan kering sangat nyata maka dilanjutkan dengan uji beda dengan nilai $D_{0,05} = 22,93$ dan nilai $D_{0,01} = 31,39$. Hasilnya menunjukkan terdapat kenaikan keteguhan geser tarik sebagai akibat penambahan jumlah lapisan.

Pada standar Indonesia, SNI 06-0060-1987 mengenai perekat urea formadehida cair (Anonim, 1987) pengujian keteguhan rekatnya dilakukan pada kayu berupa venir untuk uji geser tarik (direkat 3 lapis bersilangan tegak lurus) dan berupa bilah untuk uji geser tekan (direkat 2 lapis sejajar serat). Menurut standar ini keteguhan geser tarik minimum 12 kg/cm² (keadaan kering) dan 10 kg/cm² (keadaan basah), sedangkan keteguhan geser tekan minimum 100 kg/cm² (keadaan kering) dan 60 kg/cm² (keadaan basah). Bila data keteguhan rekat bambu lamina dibandingkan dengan standar Indonesia mengenai urea formadehida cair, maka yang memenuhi syarat keteguhan geser tekan terdapat pada dua perlakuan (uji kering) dan tiga perlakuan (uji basah), sedangkan pada uji geser tarik semua perlakuan memenuhi syarat standar tersebut baik dalam keadaan kering maupun basah.

Hasil pengujian delaminasi menunjukkan bahwa semua perlakuan memenuhi persyaratan standar Jepang karena panjang bagian yang terbuka kurang dari 2,5 cm. Pengujian ini untuk mengetahui sifat perekatan bambu lamina setelah mengalami perlakuan berupa perendaman dalam air panas 70°C selama 2 jam dan pengeringan dalam oven 60°C selama 3 jam.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Sifat fisis dan mekanis bambu lamina dari bambu betung tidak dipengaruhi oleh jumlah lapisan (2-5 lapis) kecuali keteguhan rekat berdasarkan uji geser tarik dalam keadaan kering (makin banyak jumlah lapisan keteguhan geser tariknya makin tinggi).
2. Berdasarkan kerapatan, keteguhan lentur dan keteguhan tekan, bambu lamina setara dengan kayu kelas kuat II.
3. Sifat perekatan bambu lamina dari bambu betung cukup baik.
4. Bila dalam pemakaian bambu lamina faktor tebal tidak menentukan maka disarankan untuk menggunakan bambu lamina yang dua lapis.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1973. Japanese Agricultural Standard of Common Plywood and Its Commentary. The Japan Plywood Inspection Corporation. The Japan Plywood Manufacturers Association, Tokyo.

- , 1981. Annual Book of ASTM Standards. Part 22 Wood; Adhesives, Philadelphia.
- , 1983. Japanese Agricultural Standard for Structural Plywood. The Japan Plywood Inspection Corporation, Tokyo.
- , 1987. Mutu Dan Cara Uji Perekat Urea Formaldehyde Cair. Standar Nasional Indonesia, SNI 06-0060-1987. Dewan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Dransfield, S. and E. A. Widjaja (editors). 1995. Plant Resources of South East Asia No 7. Bamboos. Prosea Foundation, Bogor.
- Idris, A.A., A. Firmanti & Purwito. 1994. Penelitian Bambu Untuk Bahan Bangunan. Strategi Penelitian Bambu Indonesia. Yayasan Bambu Lingkungan Lestari, Bogor. Hal. 73-81
- Kliwon, S & M.I. Iskandar. 1994. Beberapa Sifat Bambu Lapis. Strategi Penelitian Bambu Indonesia. Yayasan Bambu Lingkungan Lestari, Bogor. Hal.106-111.
- Pratomo, H., S. Widarmana and P. Sutigno. 1991. Effect of Joints and Number of Plies on Bending Strength of Laminated Veneer Lumber from *Paraserianthes falcataria*. Indonesian Journal of Tropical Agriculture 2 (2) : 100-104.
- Sastrapraja,S., E.A. Widjaja, S. Prawiroatmodjo dan S. Soenarko. 1977. Beberapa Jenis Bambu. Lembaga Biologi Nasional. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor.
- Sudjana. 1980. Disain Dan Analisis Eksperimen. Penerbit TARSITO, Bandung.
- Sulastiningsih, I.M. and P. Sutigno. 1994. Some Properties of Bamboo Plywood (Plybamboo) Glued With Urea Formaldehyde. Indonesian Journal of Tropical Agriculture 5(2) : 69-72.
- Suryokusumo, S. & N. Nugroho. 1994. Pemanfaatan Bambu Sebagai Bahan Bangunan. Strategi Penelitian Bambu Indonesia Yayasan Bambu Lingkungan Lestari, Bogor. Hal. 82.87.
- Sutigno, P. dan Masano. 1986. Pengaruh Banyaknya Lapisan Terhadap Sifat Kayu Lamina Meranti (*Shorea leprosula* Miq). Duta Rimba (73-74): 22-26.
- , 1994. Beberapa Hasil Penelitian Sifat dan Pengolahan Bambu. Strategi Penelitian Bambu Indonesia. Yayasan Bambu Lingkungan Lestari, Bogor. Hal. 65-72.