**PENGARUH TEBAL VENIR DAN BERAT LABUR PEREKAT
TERHADAP KETEGUHAN REKAT KAYU LAPIS DAMAR**
*(The effect of veneer thickness and glue spread on damar plywood
bonding strength)*

Oleh/By :

Adi Santoso

Summary

This paper present the study results on the effect of veneer thickness and glue spread on bonding strength of damar (Agathis spec.) plywood. The responses observed were the corrected-absorption height measurement, depth of lathe check of veneers, veneers thickness, moisture content, specific gravity and plywood bonding strength. The design employed was the randomized completely design with factorial experiment.

The results showed that the effect of veneers thickness on plywood bonding strength was not significant, while the glue spread have significant effect on the plywood bonding strength. To meet damar plywood requirement for interior uses it is advised to use 150 g/m² per face of glue spread with urea for maldehyde adhesive.

I. PENDAHULUAN

Industri kayu lapis merupakan industri kayu yang telah berkembang pesat di Indonesia. Dewasa ini telah beroperasi lebih dari 100 pabrik kayu lapis. Dengan jumlah pabrik sedemikian banyaknya, maka pemerintah Indonesia mengeluarkan ketentuan untuk tidak memberi ijin atau penambahan pabrik kayu lapis baru maupun perluasannya, kecuali di Irian Jaya dengan persyaratan tertentu. Agar tetap dapat bersaing di arena dagang internasional, maka pendekatan lebih lanjut adalah melalui peningkatan kualitas dan pasar, artinya : produksi diarahkan pada produk dengan kualitas dan nilai tinggi serta volumenya disesuaikan dengan tingkat kebutuhan pasar (Hasan, 1990).

Sehubungan dengan hal tersebut di atas maka perlu dilakukan penelitian mendalam dari berbagai aspek untuk mendapatkan produk kayu lapis yang berkualitas tinggi. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kualitas kayu lapis, di antaranya adalah kualitas veneir dan perekat yang digunakan. Warsa (1983) mengemukakan bahwa keteguhan rekat kayu lapis yang rendah dapat disebabkan oleh keadaan veneir yang kurang baik, misalnya ketebalan dan keragamannya, kehalusan dan keutuhan-

nya yang dicirikan oleh kedalaman retak kupas (lathe check). Di pihak lain, perekat merupakan salah satu komponen penting dalam perhitungan biaya produksi kayu lapis, karena itu penggunaan perekat harus diperhitungkan dengan seksama agar biaya produksi cukup rendah tetapi kualitas kayu lapis yang dihasilkan cukup tinggi, misalnya dengan penggunaan berat labur yang optimum. Menurut Kamil (1970), berat labur perekat urea formaldehida yang digunakan dalam pembuatan kayu lapis adalah sekitar 180-200 g/m² tiap permukaan venir. Sementara Kliwon (1988) mengemukakan bahwa berat labur perekat tergantung pada tebal inti, makin tebal venir inti, maka berat laburnya makin meningkat.

Dalam tulisan ini dikemukakan hasil penelitian pengaruh tebal venir dan berat labur perekat terhadap beberapa sifat kayu lapis damar (*Agathis spec.*) yang direkat dengan perekat urea formaldehida. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh susunan atau komposisi tebal venir dan banyaknya perekat yang dilaburkan terhadap keteguhan rekat kayu lapis damar. Sasarannya adalah untuk mendapatkan berat labur minimum dari perekat yang memenuhi persyaratan standar keteguhan rekat kayu lapis.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Kayu yang dipakai dalam penelitian ini adalah kayu damar (*Agathis lorantifolia*) yang berasal dari hutan pendidikan Gunung Walat, Sukabumi. Kayu tersebut berasal dari pohon berdiameter lebih dari 40 cm yang ditebang dan dipotong-potong ke dalam bentuk dolok dengan panjang 1,25 meter.

Kayu ini selanjutnya dikupas untuk menghasilkan venir setebal 1,5 mm dan 2,0 mm. Pengupasan dilaksanakan di Laboratorium Produk Majemuk, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan, Bogor.

B. Metode Penelitian

1. Pengukuran kualitas venir

Pengukuran kualitas venir berupa pengukuran retak kupas dilakukan terhadap contoh venir sebanyak 10 lembar dari setiap tebal venir yang dikupas. Venir berukuran 5 mm x 20 cm dicelupkan ujungnya sedalam kira-kira 1 cm ke dalam parafin cair, lalu diangkat dan dibiarkan sampai lapisan parafin mengeras. Ujung contoh venir ini dicelupkan ke dalam tinta cina sedalam kira-kira 2 cm lalu diangkat. Setelah kering ujung contoh venir yang dilapisi parafin digergaji tepat pada bagian yang bertinta. Kedalaman retak kupas venir diukur dengan mikroskop yang dilengkapi dengan mikrometer (Sofyan, 1988).

Sifat keterbasahan kayu diukur menurut metode Tinggi Absorpsi Air Terkoreksi (TAAT). Lamanya penentuan sifat tersebut adalah 48 jam, dengan contoh kayu yang diukur berbentuk serbuk 60 mesh, yang dimasukkan ke dalam tabung kaca berdiameter dalam $0,46 \pm 0,02$ cm setinggi 50 cm. Ujung bawah tabung ditutup dengan kain kasa agar serbuk tidak tumpah, tetapi air masih dapat menembusnya. Selanjutnya tabung ini direndam dalam air suling sedalam lebih kurang 0,25 cm, dan

melalui tabung tersebut tinggi absorpsi air dapat diukur (Bodig, 1962). Pengukuran dilakukan sebanyak 4 kali ulangan.

2. Pembuatan kayu lapis

Venir dipotong dengan ukuran 20 cm x 20 cm, lalu dikeringkan dalam oven sampai kadar airnya mencapai 10-12%. Untuk penelitian ini disediakan 60 lembar veneer dengan ketebalan 1,5 mm dan 48 lembar veneer yang tebalnya 2,0 mm.

Pembuatan kayu lapis berupa tripleks dengan komposisi susunan tebal veneer muka/inti/belakang = 1,5/1,5/1,5 mm dan 1,5/2,0/1,5 mm serta 2,0/2,0/2,0 mm. Banyaknya ramuan perekat yang dilaburkan dalam setiap macam kayu lapis tersebut masing-masing : 150, 170 dan 190 g/m² tiap permukaan atau 12,0 g, 13,6 g dan 15,2 g untuk setiap lembar kayu lapis berukuran 20 cm x 20 cm. Setelah pelaburan perekat dilakukan pengempaan dingin selama 10 menit, lalu dikempa panas selama 3 menit. Untuk setiap perlakuan dibuat 4 lembar kayu lapis.

Perekat yang digunakan adalah urea formaldehida (UF) cair dengan pengeras NH₄Cl, dan ekstender tepung terigu. Spesifikasi perekat dan komposisi ramuan yang dipakai dalam penelitian ini dicantumkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi perekat dan komposisinya

Table 1. Glue properties and its compositions

No	Uraian (Item)		Satuan (Unit)
1.	pH (pH)	7,4	(BTB/25°C)
2.	Kekentalan (Viscosity)	1,4	(poise/25°C)
3.	Waktu gelatinasi (Gelatination time)	60	(min./35°C)
4.	Kelarutan dalam air (Water solubility)	> 20	(times/25°C)
5.	Bahan yang tak menguap (Non volatile matter)	49,8	(%)
6.	Formaldehida bebas (Free formaldehyde)	1,4	(%)
7.	Masa simpan (Storage life)	-	(Hrs/70°C)
8.	Berat jenis (Specific gravity)	1,187	(25°C/4°C)
9.	Komposisi ramuan (Glue composition)		
	UF/Extender/Hardener	100/20/0,5	(gram)

Sumber (Source) : Anonim (1982).

3. Pengujian kayu lapis

Sifat kayu lapis yang diuji adalah : susunan tebal veneer, kadar air, berat jenis, delaminasi dan keteguhan rekat kayu lapis menurut standar Jenjang untuk kayu lapis tipe II (Sutigno, 1988). Pengujian keteguhan rekat kayu lapis di uji dengan uji delaminasi dan uji geser tarik. Perlakuan contoh untuk pengujian delaminasi adalah contoh uji direndam air panas 70°C ± 3°C selama 2 jam lalu dikeringkan dalam oven 60°C ± 3°C selama 3 jam. Sedangkan perlakuan untuk uji geser tarik, contoh uji terlebih dahulu direndam dalam air panas 60°C ± 3°C selama 3 jam, lalu dicelupkan dalam air dingin sampai mencapai suhu kamar.

Percobaan ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial (Snedecor dan Cochran, 1969). Perlakuannya berupa komposisi tebal veneer dan berat labur perekat dengan respon keteguhan rekat kayu lapis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat keterbasahan kayu damar yang diuji dengan mengukur tinggi absorpsi air terkoreksi berkisar antara 956-1151 mm dengan rata-rata 1023 mm (Tabel 2). Nilai ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian terdahulu, yang mengemukakan bahwa nilai TAAT dari kayu damar rata-rata 1015 mm (Warsa, 1983). Menurut peneliti tersebut, nilai TAAT kayu damar adalah yang paling baik bila dibandingkan dengan kayu meranti merah, mahoni, kapur dan jati. Namun demikian sifat keterbasahan yang baik belum tentu menghasilkan keteguhan rekat yang tinggi (Suhanda, 1968).

Tabel 2. Tinggi absorpsi air terkoreksi (TAAT) setelah 48 jam

Table 2. Corrected-absorption height after 48 hours

No	Hasil pengukuran (Result of measurement)					Keterangan
	d	h ₂	h ₁	w	TAAT (mm)	(Remarks)
1.	0,45	48	36,5	2,915	956	Volume spesifik air (Water specific volume) = $1/\pi = 3,1415$
2.	0,46	49	26,5	2,112	1022	w = berat kering oven (Oven dry weight), gram
3.	0,44	49	30,5	1,975	1151	d = diameter dalam pipa kaca (Inner diameter of glass pipe), cm
4.	0,44	49	27,5	2,125	964	h ₁ = tinggi absorpsi air (Absorption height of water), mm
Rata-rata (Mean)					1023	h ₂ = tinggi serbuk dalam pipa (Height of powder in pipe), cm

Hasil pengukuran dan perhitungan kedalaman retak kupas kayu damar tercantum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kedalaman retak kupas venit

Table 3. Depth of lathe check of veneers

Tebal (Thickness), mm	Kedalaman retak kupas venit (Depth of lathe check of veneers), %										Rata-rata (Average)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1,5	38	49	65	55	58	48	45	48	54	60	52
2,0	68	55	49	53	44	68	65	64	64	54	58

Hasil pengukuran kedalaman retak kupas kayu damar dalam penelitian ini berkisar antara 38 - 60% untuk tebal venit 1,5 mm dan 44 - 68% untuk tebal venit 2 mm. Menurut Warsa (1983), Kedalaman retak kupas cenderung berpengaruh negatif terhadap kekuatan, yang secara umum berpengaruh terhadap keteguhan rekat, retak yang terlalu dalam akan menyebabkan penembusan perekat yang berlebihan dan menimbulkan ikatan kurang baik ("starved joint") dan keteguhan rekat yang rendah. Retak tipis dan jarang, memperlambat penembusan dan menimbulkan keteguhan rekat yang tinggi.

Dalam hal stabilisasi dimensi, kayu lapis yang tipis lebih banyak menimbulkan masalah daripada kayu lapis yang tebal (Anonim, 1966). Ketebalan venit yang seragam akan memiliki keteguhan rekat yang lebih tinggi oleh karena kualitas perekatan dipengaruhi oleh kedekatan kontak dari permukaan yang direkat. Makin besar keragaman ketebalan inti, maka keteguhan rekat makin rendah. Makin tidak

seragam ketebalan venir, maka jarak antar permukaan jug makin tidak seragam dan garis rekat yang terbentuk juga tidak seragam, akibatnya adalah keteguhan rekat semakin menurun (Warsa 1983).

Hasil pengujian susunan tebal venir dari kayu lapis damar (Tabel 4) menunjukkan bahwa secara keseluruhan kayu lapis yang dibuat dari venir damar dengan susunan tebal venir yang berbeda, memenuhi persyaratan Standar Industri Indonesia atau Standar Inggris karena rata-rata tebal intinya tidak lebih dari 60% dari tebal kayu lapis (Sutigno, 1988 a).

Tabel 4. Susunan tebal venir kayu lapis

Table 4. Veneer thickness composition of plywood

Berat labur (Glue spread), g/m ²	Komposisi tebal venir (Veneer thickness composition)			Keterangan (Remarks)
	a ₁	a ₂	a ₃	
150 (b ₁)	34,09	40,82	33,33	Persyaratan maksimum (Maximum standard) = 60% a ₁ = 1,5 / 1,5 / 1,5 mm a ₂ = 1,5 / 2,0 / 1,5 mm a ₃ = 2,0 / 2,0 / 2,0 mm
170 (b ₂)	34,09	40,82	33,33	
190 (b ₃)	34,09	40,82	33,33	

Sifat fisis kayu lapis lainnya yaitu kadar air, berat jenis dan uji delaminasi hasilnya tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5. Kadar air, kerapatan dan uji delaminasi kayu lapis

Table 5. Moisture content, specific gravity and delamination test of Plywood

Berat labur (Glue spread), g/m ²	Komposisi tebal venir (Veneer thickness composition)								
	a ₁			a ₂			a ₃		
	K.A	B.J	D	K.A	B.J	D	K.A	B.J	D
150 (b ₁)	11,67	0,51	0	11,13	0,53	0	10,41	0,50	0
170 (b ₂)	9,96	0,52	0	9,81	0,58	0	12,37	0,52	0
190 (b ₃)	8,28	0,56	0	9,82	0,62	0	9,95	0,50	0

Keterangan (Remarks)

a₁ = 1,5 / 1,5 / 1,5 mm. a₂ = 1,5 / 2,0 / 1,5 mm. a₃ = 2,0 / 2,0 / 2,0 mm

K.A = Kadar air (Moisture content), B.J = Berat jenis (Specific gravity), D = Delaminasi (Delamination), cm

Menurut Standar Jepang, kadar air kayu lapis maksimum adalah 13 % (1968) atau 14% (1973). Dengan demikian kayu lapis yang diteliti ini (Tabel 5) memenuhi persyaratan di atas, karena kadar airnya berkisar antara 8,28 - 11,67%. Sementara hasil pengukuran berat jenis kayu lapis damar berkisar antara 0,52 - 0,62 (Tabel 5). Dibandingkan dengan berat jenis kayunya, yaitu sekitar 0,38 - 0,44 (Oey Djoen Seng, 1964) terdapat kenaikan berat jenis setelah menjadi kayu lapis. Hal ini disebabkan adanya lapisan perekat dan terjadinya pemadatan bahan kayu lapis akibat pengempaan.

Hasil pengujian delaminasi terhadap kayu lapis (Tabel 5) memperlihatkan hasil yang memuaskan, karena tidak ada lapisan yang mengelupas setelah kayu lapis tersebut diuji. Hal ini berarti semua macam perlakuan memenuhi syarat Standar Jepang karena panjang delaminasi tidak kurang dari 2,5 cm.

Hasil pengujian keteguhan rekat kayu lapis secara uji geser tarik menurut standar Jepang memenuhi persyaratan untuk semua perlakuan karena nilainya lebih dari 7 kg/cm² (Tabel 6).

Tabel 6. Keteguhan rekat kayu lapis (kg/cm²)

Table 6. Plywood bonding strength (kg/cm²)

Berat labur (Glue spread), g/m ²	Komposisi tebal venir (Veneer thickness composition)			Keterangan (Remarks)
	a ₁	a ₂	a ₃	
150 (b ₁)	20,20	16,30	12,51	a ₁ = 1,5 / 1,5 / 1,5 mm
170 (b ₂)	20,73	18,93	13,07	a ₂ = 1,5 / 2,0 / 1,5 mm
190 (b ₃)	23,34	16,87	12,49	a ₃ = 2,0 / 2,0 / 2,0 mm

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap beban putus, dilakukan sidik ragam (Tabel 7). Perlakuan berupa komposisi tebal venir penyusun kayu lapis (A) tidak berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat kayu lapis sedangkan berat labur (B) berpengaruh sangat nyata. Namun demikian dari hasil percobaan dapat dilihat bahwa makin tebal venir penyusun kayu lapis keteguhan rekatnya cenderung menurun bilamana jumlah perekat yang dilaburkan sama karena makin tebal venir, makin banyak menyerap perekat sehingga garis rekat semakin tipis. Akibatnya keteguhan rekat kayu lapis makin rendah (Tabel 6).

Tabel 7. Ringkasan sidik ragam keteguhan rekat kayu lapis

Table 7. Summary of analysis of variance of plywood bonding strength

Sumber keragaman (Source of variation)	Fhitung (F-calculation)
Perlakuan (Treatment)	
Susunan tebal venir (Veneer thickness composition), A	2,539
Berat labur (Glue spread), B	9,349 **
Interaksi (Interaction), AB	1,130

Keterangan (Remark) : ** Sangat nyata (Highly significant)

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa untuk ketebalan susunan venir yang sama, banyaknya perekat yang dilaburkan tidak meningkatkan keteguhan rekat kayu lapis secara konsisten. Untuk komposisi tebal venir 1,5/1,5/1,5 mm (a₁) banyaknya perekat yang dilaburkan menunjukkan kecenderungan peningkatan kualitas ikatan rekat, tetapi komposisi tebal venir yang lain (a₂ dan a₃) tidak demikian. Sebagai pembandingan dapat dikemukakan data yang diperoleh dari pabrik perekat yang menganjurkan bahwa banyaknya perekat yang dipakai tergantung pada tebal venir inti, misalnya untuk tebal venir inti 1,5 - 2,0 mm berat labur perekatnya kurang lebih 300 g/m² sedangkan untuk venir inti yang tebalnya 2,0 - 2,8 mm, banyaknya perekat yang dilaburkan kurang lebih 350 g/m² masing-masing untuk dua permukaan (Sutigno, 1988b). Fenomena tersebut lebih mempertegas pentingnya peranan tebal venir inti yang menentukan jumlah perekat yang dilaburkan. Gambaran tentang pengaruh tebal venir penyusun kayu lapis dan berat labur perekat terhadap beban putus lebih jelas terlukis pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Keterangan (Remarks):

Berat labur (Glue spread)

150 g/m²

170 g/m²

190 g/m²

Tebal venir (Veneer thickness)

A₁ = 1,5 / 1,5 / 1,5 mm

A₂ = 1,5 / 2,0 / 1,5 mm

A₃ = 2,0 / 2,0 / 2,0 mm

Gambar 1. Histogram keteguhan rekat kayu lapis pada faktor susunan tebal venir.

Figure 1. Histogram of plywood bonding strength on veneer thickness composition factor.

Keterangan (Remarks):

Tebal venir (Veneer thickness)

1,5/1,5/1,5 mm

1,5/2,0/1,5 mm

2,0/2,0/2,0 mm

Berat labur (Glue spread)

B₁ = 150 g/m²

B₂ = 170 g/m²

B₃ = 190 g/m²

Gambar 2. Histogram keteguhan rekat kayu lapis pada faktor berat labur.

Figure 2. Histogram of plywood bonding strength on glue spread factor.

Secara keseluruhan dapat dikemukakan bahwa keteguhan rekat kayu lapis tertinggi pada kayu lapis dengan komposisi tebal venir a₁ dengan berat labur 190 g/m² (b₃) karena nilai keteguhan rekatnya melampaui nilai keteguhan rekat a₂ dan a₃, hal ini menunjukkan bahwa makin tebal venir penyusun yang digunakan, penyerapan perekat semakin besar sehingga garis rekat semakin tipis dan akibatnya menurunkan keteguhan rekat kayu lapis. Untuk mengatasi hal ini, maka diimbangi dengan berat labur yang lebih banyak bagi venir yang lebih tebal. Dalam penelitian yang dilakukan ini, meskipun keteguhan rekat kayu lapis menunjukkan kecenderungan semakin rendah dengan semakin tebalnya venir penyusun kayu lapis, sementara berat labur tetap, namun nilai keteguhan rekatnya masih memenuhi persyaratan standar Jepang.

Sifat keterbasahan kayu damar yang baik dan kedalaman retak kupasnya yang relatif baik (rata-rata 50%) mendukung kualitas ikatan rekat kohesi-adhesi pada kayu lapis yang dibuat, sehingga walaupun berat labur yang dikenakan pada kayu lapis tersebut di bawah ketentuan yang umum namun keteguhan rekatnya masih memenuhi persyaratan standar Jepang. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa dalam penelitian ini, sifat keterbasahan kayu damar berpengaruh positif terhadap keteguhan rekat kayu lapis dan sifat delaminasinya.

Ditinjau dari segi ekonomi, penggunaan berat labur yang banyak amat merugikan, jadi berdasarkan hasil penelitian ini dapat dianjurkan bahwa untuk menghemat biaya dalam membuat kayu lapis damar yang terdiri dari 3 lembar venir sebaiknya berat labur yang digunakan sebanyak 150 g/m².

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kayu lapis yang dibuat dengan berbagai komposisi tebal venir penyusun dan berat labur perekat urea formaldehida yang bervariasi, menghasilkan kualitas keteguhan rekat yang memenuhi persyaratan standar Jepang untuk kayu lapis tipe interior.

Jumlah perekat yang dilaburkan terhadap venir mempengaruhi keteguhan rekat kayu lapis, sedangkan komposisi ketebalan venir penyusun tidak berpengaruh nyata.

Keteguhan rekat tertinggi dicapai dengan berat labur 190 g/m² pada kayu lapis dengan susunan venir muka /inti/belakang = 1,5/1,5/1,5, sedangkan yang terendah adalah pada kayu lapis dengan berat labur 150 dan 190 g/m² dengan tebal venir muka/inti/belakang = 2,0/2,0/2,0 mm.

Untuk menghemat biaya dianjurkan untuk menggunakan berat labur 150 g/m² per permukaan, oleh karena dengan berat labur itu kualitas kayu lapis damar masih memenuhi persyaratan keteguhan rekat standar Jepang untuk tipe interior (tipe II).

DAFTAR PUSTAKA

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

- . 1982. data teknik urea formaldehida resin adhesive. PT. Pamolite Adhesive Industry, Probolinggo.
- Bodig, J. 1962. Wettability related to gluability of five Philippine mahagonies. *Forest Products Journal* 12(6): 265-270.
- Hasan, M. 1990. Memantapkan pengusahaan hutan produksi menyongsong era tinggal landas. Makalah utama pada Kongres Kehutanan Indonesia II, Jakarta.
- Kamil, R.N. 1970. Kayu agathis (*Agathis spec.*) sebagai bahan baku kayu lapis. Pengumuman No. 96. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Oey Djoen Seng. 1951. Berat jenis dari jenis-jenis kayu Indonesia dan pengertian beratnya kayu untuk keperluan praktek. Laporan No. 46. Balai Penyelidikan Kehutanan, Bogor.
- Sofyan, K. 1985. Peranan perlakuan venir dan teknik perekatan terhadap keteguhan rekat kayu lapis kapur (*Dryobalanops spp.*) dan meranti putih (*Shorea spp.*). Disertasi Fakultas Pasca Sarjana, IPB, Bogor. (Tidak diterbitkan).
- Suhanda. A.B. Hubungan antara derajat pembahasan dan kekuatan perekatan pada beberapa jenis kayu Indonesia. Skripsi Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor. (Tidak diterbitkan).
- Sutigno, P. 1988 a. Diktat Pengujian Kayu Lapis. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- . 1988 b. Diktat Perekat dan Perekatan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Warsa, S.R. 1983. Properties of wood adhesives estended with sweet potato and cassava flours in Kalumpit (*Terminalia belerica*) plywood. Msc Thesis, University of the Phillippines at los Banos. (Tidak diterbitkan).