

PENGUJIAN SIFAT FISIS-MEKANIS DAN NONDESTRUKTIF METODE GELOMBANG SUARA PAPAN WOL SEMEN BERKERAPATAN SEDANG-TINGGI BAMBU BETUNG (*DENDROCALAMUS ASPER*)

(PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES AND NONDESTRUCTIVE TESTING USING STRESS WAVE VELOCITY METHOD OF CEMENT-BONDED BOARDS MADE OF BETUNG BAMBOO)

Lina Karlinasari^{1*}, Dede Hermawan¹, Akhiruddin Maddu², M.Farouq Iksan¹, Anita Firmanti³

ABSTRACT

Cement board is a composite wood product has advantages such as fire resistance, termite, water resistant, and has good sound insulation properties. Bamboo is suitable material that can be used as a raw material of cement board. The objective of this study was to determine the physical-mechanical properties of wool cement boards from betung bamboo (*Dendrocalamus asper*) in various densities. Mechanical testing included nondestructive testing performed using the sound waves velocity method (stress wave velocity). The material used was particles of wool/ excelsior dimensions. The adhesive used was Portland cement type I by the ratio of bamboo: cement: water 1:2:1. Target board densities were 0.5 g/cm³; 0.8 g/cm³; and 1.0 g/cm³. The results showed the higher density of the board the higher mechanical properties of boards. The difference density cement board was more influential on mechanical properties (MOE, MOR, SW) board compared with those physical properties. Nondestructive testing using sound waves velocity method can be used to predict mechanical bending properties of wool cement board of betung bamboo as indicated by the close relationship between the parameter estimators (dynamic MOE) and static testing value (MOE and MOR).

Keywords: Betung bamboo, nondestructive testing, physical-mechanical properties, stress wave velocity, wool cement board.

ABSTRAK

Papan semen merupakan produk komposit kayu yang memiliki kelebihan antara lain ketahanan terhadap api, rayap, dan air, serta memiliki sifat insulasi suara yang baik. Material bambu cocok digunakan sebagai bahan baku papan semen. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi sifat fisis dan mekanis papan wol semen bambu betung (*Dendrocalamus asper*) pada berbagai kerapatan papan. Pengujian mekanis yang dilakukan termasuk pengujian nondestruktif metode kecepatan rambatan gelombang suara (*stress wave velocity*). Bahan yang digunakan adalah partikel ukuran wol/excelsior dan perekat semen Portland dengan nisbah bambu:semen:air 1:2:1. Kerapatan target papan adalah 0,5 g/cm³; 0,8 g/cm³; dan 1,0 g/cm³. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi kerapatan papan semakin meningkat sifat mekanis papan. Perbedaan kerapatan papan semen lebih berpengaruh pada sifat mekanis (MOE, MOR, SW) papan dibandingkan sifat fisisnya. Pengujian nondestruktif metode gelombang suara dapat digunakan untuk menduga sifat mekanis lentur papan semen seperti ditunjukkan oleh hubungan yang erat antara parameter penduga (MOE dinamis) dengan nilai pengujian statis MOE dan MOR.

Kata kunci: Bambu betung, kecepatan gelombang suara, Papan semen wol, pengujian nondestruktif, sifat fisis-mekanis.

PENDAHULUAN

Papan semen adalah produk komposit yang terbuat dari semen, kayu atau bahan berlignoselulosa lain, dan sejumlah kecil aditif. Dibandingkan kayu utuh dan kayu komposit konvensional, papan komposit semen memiliki kelebihan dalam hal ketahanan api, rayap, dan tahan air. Aplikasi produk

¹Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Kampus IPB Darmaga Bogor 16001.

²Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan IPA, Institut Pertanian Bogor. Kampus IPB Darmaga Bogor 16001.

³Pusat Penelitian Pemukiman, Balitbang Kementerian PU, Jl. Panyaungan, Cileunyi, Bandung

* Penulis korespondensi: l_karlinasari@yahoo.com

komposit ini cukup bersaing dengan beton bertulang dengan keunggulan kerapatannya yang rendah. Faktor yang mempengaruhi ciri papan semen terutama adalah kecocokan suatu bahan dalam hal berekasi dan berikatan secara baik dengan semen. Faktor penghambat reaksi bahan baku dengan semen adalah adanya zat ekstraktif terutama kandungan gula dan lignosulfat (Frybort *et al.* 2008). Bambu diketahui cukup baik digunakan sebagai bahan baku papan semen (Shigekura *et al.* 1992). Ukuran atau geometri partikel penyusun juga berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis papan semen. Semakin panjang dan tipis partikel makan papan memiliki sifat lebih kuat, kaku dan stabil (Badejo 1998). Sifat mekanis lentur papan semen merupakan fungsi dari nisbah semen dengan kayu. Nilai optimum semen: kayu adalah sekitar 2:1 (de Souza *et al.* 1997; Sulastiningsih *et al.* 1999, 2000; Hermawan 2001; Frybort *et al.* 2008).

Penelitian produk komposit papan semen bambu sudah dilakukan terutama untuk papan kerapatan tinggi sekitar 0,9-1,2 g/cm³ (Sulastiningsih *et al.* 2000; Ma *et al.* 2010). Sementara itu diketahui bahwa papan semen dengan kerapatan yang rendah diketahui baik digunakan untuk keperluan papan insulasi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi sifat fisis dan mekanis papan wol semen dari bambu betung dan berbagai kerapatan. Pengujian mekanis yang dilakukan termasuk pengujian nondestruktif menggunakan metode gelombang suara (*stress wave velocity*).

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah bilah-bilah bambu betung (*Dendrocalamus asper*) sepanjang 40 cm dari daerah Lido, kabupaten Bogor, Jawa Barat. Bahan baku berupa partikel berbentuk wol (*wool* atau *excelsior*) yang dibuat dengan membelah bilah bambu sepanjang 40 cm menjadi dua bagian. Setiap belahan tersebut dijadikan *short excelsior*/wol dengan menggunakan mesin pembuat wol. Ukuran partikel wol yang dihasilkan yaitu tebal 0,02–0,05 cm dan lebar 0,3–0,4 mm dengan panjang 10 cm. Semua bahan partikel tersebut selanjutnya dioven pada suhu 70–80 °C selama dua hari untuk mendapatkan kadar air partikel ± 10%. Perekat yang digunakan berupa perekat semen jenis Portland yang diperoleh dari pasaran komersial.

Pembuatan lembaran papan wol menggunakan komposisi partikel bambu: semen sebesar 1:2 dan air: semen adalah 1:2. Lembaran papan yang dibuat berukuran 30 cm x 30 cm x 1 cm dengan kerapatan

target 0,5 g/cm³; 0,8 g/cm³; dan 1,0 g/cm³. Sebelum digunakan partikel wol kayu direndam selama 48 jam dalam air pada kondisi ruangan dengan penggantian air setiap 24 jam. Tujuan dari perendaman adalah pembasahan partikel hingga kadar air partikel di atas 50% Kondisi basah ini memudahkan pencampuran partikel dengan semen. Partikel yang telah disiapkan dicampur/disemprot larutan katalisator MgCl₂ 2,5% (berdasarkan berat semen). Setelah itu partikel dicampur dengan semen dan diaduk sampai merata. Kemudian adonan tersebut ditaburkan ke dalam cetakan (*forming box*), pada kedua permukaannya diberi lembaran plastik dengan kedua tepinya diberi plat besi dengan ketebalan 1,0 cm. Selanjutnya dilakukan kempa dingin (*cold press*) selama 24 jam pada tekanan 25 kg/cm². Setelah proses pengempaan, papan yang dihasilkan dibiarkan untuk pengondisian selama 4 minggu untuk kemudian dipotong sesuai ukuran contoh uji pengujian.

Pengujian sifat fisis dan mekanis mengacu pada JIS A 5417 (1992) untuk papan semen. Sifat fisis yang diuji meliputi kerapatan, kadar air, pengembangan tebal setelah perendaman 24 jam, dan penyerapan air setelah 24 jam. Untuk sifat mekanis pengujian dilakukan menggunakan mesin *universal testing machine* (UTM) Instron dengan sifat yang diuji adalah *modulus of elasticity* (MOE), *modulus of rupture* (MOR), *internal bonding* (IB), *screw withdrawal* (SW), serta pengujian nondestruktif metode kecepatan rambatan gelombang suara (*stress wave velocity*) menggunakan alat Metriguard Model A 239 untuk mengukur nilai MOE dinamis (MOEd). Penentuan nilai MOEd menggunakan rumus hubungan kecepatan gelombang suara yang dihasilkan oleh mesin *stress wave timer* dengan kerapatan bahan yaitu:

$$MOEd = \frac{v^2 \times \rho}{g}$$

dengan v adalah kecepatan gelombang suara, ρ adalah kerapatan, dan g yaitu konstanta gravitasi (9,8 m/detik²).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisis

Hasil pengujian sifat fisis untuk kerapatan papan (Tabel 1) menunjukkan nilai rata-rata kadar air papan wol semen berkisar 8,50–9,51%. Kerapatan aktual papan untuk kerapatan target 0,5 g/cm³ adalah 0,49 g/cm³, sementara itu untuk kerapatan papan 0,8 dan 1,0 g/cm³ masing-masing sebesar 0,72 dan 0,90 g/cm³. Kerapatan aktual papan kurang

dari kerapatan target papan. Hal ini erat kaitannya dengan distribusi perekat semen yang tidak merata dan kesesuaian bahan untuk merekat dengan semen. Penelitian Sulastiningsih *et al.* (1999, 2000) untuk papan wol semen kayu sengon dan bambu dengan kerapatan target 1,2 g/cm³ memiliki kerapatan aktual rata-rata 1,17 g/cm³, sementara itu untuk papan semen dari kenaf dengan kerapatan target 1,2 g/cm³ menghasilkan kerapatan aktual 1,08 g/cm³ (Maail *et al.* 2006). Hasil analisis sidik ragam pada Tabel 2 menunjukan tidak ada perbedaan nilai yang nyata dari nilai kadar air pada berbagai kerapatan papan, sementara itu untuk kerapatan aktualnya terdapat perbedaan nilai yang sangat nyata. Nilai rata-rata dari tiga kerapatan papan yang berbeda untuk pengembangan tebal setelah perendama 24 jam adalah 1,17%, sedangkan penyerapan air setelah 24 jam yang terjadi adalah sebesar 43,32%. Hasil analisis statistik sidik ragam menunjukan tidak ada perbedaan nilai yang signifikan baik untuk pengembangan tebal maupun penyerapan air pada tiga kerapatan papan (sedang-tinggi) yang diuji. Standar Jepang JIS A 5417 (1992) mensyaratkan nilai maksimal pengembangan tebal papan setebal 1,2 cm adalah 8,3%.

Berdasarkan hasil pengujian sifat mekanis seperti tersaji pada Tabel 1 diketahui bahwa nilai MOE statis papan semen wol untuk kerapatan 0,8 g/cm³ dan 1,0 g/cm³ masing-masing meningkat 30% dan 48% dari papan dengan kerapatan 0,5 g/cm³. Untuk nilai sifat mekanis MOEd, MOR, IB, dan SW papan dengan kerapatan 0,8 g/cm³ dan 1,0 g/cm³ meningkat lebih dari 2 kali dari nilai sifat mekanis tersebut pada kerapatan papan 0,5 g/cm³. Secara khusus nilai MOEd lebih tinggi masing-masing 71%; 122%; dan 199% terhadap nilai MOEs untuk kerapatan papan 0,5 g/cm³; 0,8 g/cm³; dan 1,0 g/cm³ (Gambar 1). Nilai MOEd merupakan nilai

dugaan hasil pengujian nondestruktif terhadap nilai hasil pengujian statisnya. Nilai MOEd selalu lebih tinggi dibandingkan nilai MOEs baik pada pengujian kayu utuh maupun komposit pada berbagai metode pengujian non destruktif (Han *et al.* 2006, Karlinasari *et al.* 2005, 2007, 2008, 2011). Dengan metode yang sama, pada papan wol semen 3 (jenis) kayu cepat tumbuh (sengon, afrika, dan mangium) nilai rata-rata MOEd lebih tinggi 81% dibandingkan nilai MOE-nya (Karlinasari *et al.* 2011). Terdapat hubungan yang erat dalam hal menduga sifat mekanis lentur (MOEs dan MOR) seperti disajikan oleh hasil pada Tabel 3.

Tabel 2 Rangkuman analisis sidik ragam sifat fisis mekanis papan semen wol bambu betung

Sifat papan semen wol	Nilai p (<i>p-value</i>)
	Untuk perlakuan perbedaan kerapatan target
Kadar air (%)	0,512 ^{ts}
Kerapatan (g/cm ³)	0,000**
Pengembangang tebal (<i>Thickness swelling</i> , TS) 24 jam (%)	0,259 ^{ts}
Penyerapan air (<i>Water absorption</i> , WA) 24 jam (%)	0,207 ^{ts}
<i>Modulus of Elasticity</i> statis (MOEs) (kg/cm ²)	0,071 ^{ts}
<i>Modulus of Elasticity</i> dinamis (MOEd) (kg/cm ²)	0,000**
<i>Modulus of Rupture</i> (MOR) (kg/cm ²)	0,066 ^{ts}
Keteguahan rekat internal (<i>Internal bonding</i> , IB) (kg/cm ²)	0,134 ^{ts}
Kuat pegang sekrup (<i>Screw withdrawal</i> , SW) (kg/cm ²)	0,009**

Keterangan:

** dan ^{ts} masing masing menunjukan perbedaan yang sangat nyata dan tidak signifikan (nyata) pada selang kepercayaan 95% ($p \leq 0,05$).

Tabel 1 Sifat fisis dan mekanis papan wol semen bambu betung pada tiga kerapatan papan

Sifat Papan Wol Semen	Kerapatan Papan Target		
	0,5 g/cm ³	0,8 g/cm ³	1,0 g/cm ³
Kadar air (%)	9,51 ^a	8,50 ^a	8,68 ^a
Kerapatan aktual (g/cm ³)	0,49 ^a	0,72 ^b	0,90 ^c
Pengembangang tebal 24 jam (<i>Thickness swelling</i> , TS) 24 jam (%)	0,56 ^a	1,66 ^a	1,28 ^a
Penyerapan air 24 jam (<i>Water absorption</i> , WA) 24 jam (%)	45,58 ^a	48,05 ^a	36,33 ^a
<i>Modulus of Elasticity</i> staitis (MOEs) (kg/cm ²)	5.262 ^a	6.837 ^{ab}	7.798 ^a
<i>Modulus of Elasticity</i> dinamis (MOEd) (kg/cm ²)	9.023 ^a	15.146 ^b	23.279 ^c
<i>Modulus of Rupture</i> (MOR) (kg/cm ²)	23,87 ^a	41,82 ^{ab}	53,95 ^a
Keteguahan rekat internal (<i>Internal bonding</i> , IB) (kg/cm ²)	0,09 ^a	0,14 ^a	0,16 ^a
Kuat pegang sekrup (<i>Screw withdrawal</i> , SW) (kg/cm ²)	11,72 ^a	18,29 ^a	39,50 ^b

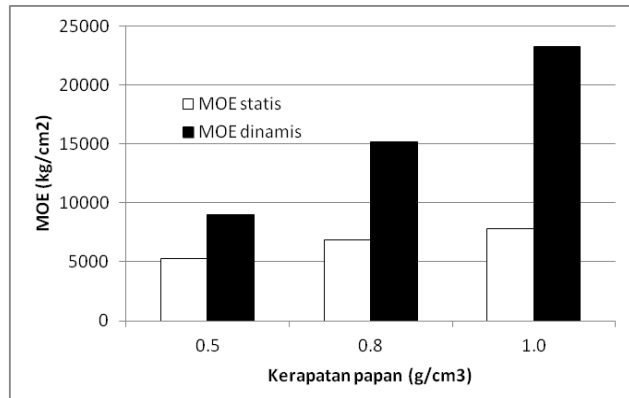
Keterangan:

huruf setelah nilai rata-rata sifat papan pada baris yang sama menunjukkan hubungan signifikansi secara statistik hasil uji lanjut Duncan pada selang kepercayaan 95% ($p \leq 0,05$).

Tabel 3 Rangkuman hubungan sifat mekanis lentur pengujian nondestruktif (MOEd) dengan sifat mekanis lentur pengujian statis (MOEs dan MOR)

Hubungan	Model regresi	R ²	r	Signifikansi model (α = 0,05)
MOEd (x) dengan MOEs (y) ; (n=9)	y = 0,174x + 3868	0,513	0,716	0,03**
MOEd (x) dengan MOR (y) ; (n=9)	y = 0,002x + 6,610	0,619	0,787	0,02**
MOEs (x) dengan MOR (y); (n=9)	y = 0,010x - 28,51	0,775	0,880	0,001**

Keterangan: R² = koefisien determinasi, r = koefisien korelasi, α = tingkat kepercayaan 5%, ** = sangat nyata



Gambar 1 MOE statis dan dinamis papan semen wol bambu betung.

Dari Tabel 3 tersebut diketahui bahwa terdapat hubungan yang baik dari nilai pendugaan MOEd terhadap nilai pengujian lentur statis (MOEs dan MOR) untuk seluruh papan semen wol bambu pada ketiga kerapatannya seperti yang ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r). Selain itu signifikansi model yang terbangun menunjukkan nilai sangat nyata pada tingkat kepercayaan 5%.

Hasil analisis statistik sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan nilai MOEs papan pada ketiga kerapatan yang diuji memberikan hasil tidak berbeda secara signifikan, sementara itu untuk nilai MOEd ketiga kerapatan tersebut memberikan hasil berbeda nyata. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa nilai MOEd pada kerapatan 1,0 g/cm³ lebih tinggi dibandingkan pada kerapatan 0,8 g/cm³, dan diikuti oleh kerapatan 0,5 g/cm³. Nilai yang tinggi dan perbedaan yang signifikan pada pengujian nondestruktif metode gelombang suara erat kaitannya dengan kemampuan rambatan gelombang suara dalam merefleksikan kondisi internal bahan dimana gelombang yang merambat juga sensitif terhadap karakteristik ikatan (*bonding characteristics*) yang terjadi pada produk panil komposit (Han *et al.*, 2006 dan Karlinasari *et al.*, 2011). Nilai kecepatan rambatan gelombang suara pada produk ini adalah 1065 m/detik, 1194 m/detik, dan 1314 m/detik

masing-masing untuk kerapatan 0,5 g/cm³; 0,8 g/cm³; dan 1,0 g/cm³ dengan nilai rata-rata sebesar 1191 m/detik. Pada produk komposit partikel dari jenis kayu cepat tumbuh berpelekat semen nilai kecepatan rambatan gelombang suara sebesar 1399 m/detik (Karlinasari *et al.*, 2011).

Untuk nilai MOR, nilai tertinggi adalah papan semen kerapatan 1,0 g/cm³, diikuti kerapatan 0,8 g/cm³ dan 0,5 g/cm³ dengan nilai masing-masing 53,95 kg/cm²; 41,82 kg/cm²; dan 23,87 kg/cm². Hasil analisis sidik ragam menunjukkan tidak ada perbedaan nilai yang signifikan diantara ketiga tipe kerapatan papan semen tersebut. Berdasarkan JIS A 5417 (1992) yang mensyaratkan nilai MOE statis minimal 24.000 kg/cm² dan nilai MOR minimal 63 kg/cm², maka produk papan semen yang dibuat belum memenuhi standar Jepang tersebut.

Hasil pengujian IB dan SW menunjukkan nilai untuk kerapatan 0,5 g/cm³, 0,8 g/cm³, dan 1,0 g/cm³ masing-masing adalah 0,09 kg/cm² dan 11,72 kg/cm²; 0,14 kg/cm² dan 18,29 kg/cm²; dan 1.16 kg/cm² dan 39,50 kg/cm². Berdasarkan hasil analisis sidik ragam maka hanya nilai SW yang memberikan perbedaan nilai yang signifikan pada tiga kerapatan papan yang diuji. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan semakin tinggi kerapatan maka nilai SW nya semakin tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka perbedaan kerapatan semen pada kisaran kerapatan sedang (0,5 g/cm³ dan 0,8 g/cm³) sampai tinggi (1,0 g/cm³) tidak berpengaruh secara nyata terhadap sifat fisis pengembangan tebal dan penyerapan air papan. Kerapatan papan lebih menentukan sifat mekanisnya karena berkaitan dengan kemampuan ikatan sebagai matriks bahan baku dengan perekatnya semen. Di dalam Frybort *et al.*, (2008) disebutkan bahwa terdapat 2 mekanisme kegagalan papan semen dalam hal sifat mekanis yaitu kerusakan serat (*fibre fracture*) dan tertariknya serat (*fibre pull out*). Pada penelitian ini tampaknya kerapatan papan berpengaruh terhadap mudah lepasnya ikatan akibat tarikan seperti yang ditunjukkan oleh uji kuat pegang sekrup terutama pada kerapatan papan sedang yang lebih rendah.

Peningkatan sifat papan semen dapat dilakukan antara lain dengan pengaruh perlakuan awal bahan baku, penambahan katalisator, serta perlakuan pengerasan produk papan semen (Sulastiningsih *et al.*, 1999, Hermawan 2001, Maail *et al.*, 2006).

KESIMPULAN

Semakin tinggi kerapatan papan sifat mekanisnya semakin meningkat sampai 75% pada kerapatan 0,8 g/cm³, dan dapat lebih dari 100% pada kerapatan 1,0 g/cm³ terhadap kerapatan papan 0,5 g/cm³. Perbedaan kerapatan papan semen wol bambu betung lebih berpengaruh pada sifat mekanis (MOE, MOR, SW) papan dibandingkan sifat fisiknya. Pengujian nondestruktif metode kecepatan gelombang suara (*stress wave velocity*) dapat digunakan untuk menduga sifat mekanis lentur papan semen dari bambu betung seperti ditunjukkan oleh hubungan yang erat pada model regresi linear sederhana antara parameter penduga (MOE dinamis) dengan nilai pengujian statis MOE dan MOR.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian skema Hibah Kompetensi untuk tahun 2010-2011. Ucapan terimakasih disampaikan pada DP2M/DitLitabmas-Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional RI yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badejo S.O.J. 1998. Effect of flake geometry on properties of cement-bonded particleboard from mixed tropical hardwoods. *Wood Sci. Technol.* 22, 357-370.
- de Souza M.R., R.L. Geimer, dan A.A. Moslemi. 1997. Degradation of conventional and CO₂-injected cement-bonded particleboard by exposure to fungi and termite. *Journal of Tropical Products* 3(1): 63-69.
- Frybort S., R. Mauritz, A. Teischinger, dan U. Muller. 2008. Cement bonded composite – A mechanical review. *BioResources* 3 (2): 602-626.
- Han, G., Q. Wu, dan X. Wang. 2006. Stress-wave velocity of wood-based panels: Effect of moisture, product type, and material direction. *Forest Products Journal* Vol 56 (1): 28-33.
- Hermawan D. 2001. Manufacture of cement-bonded particleboard using carbon dioxide curing technology. [Ph.D. Disertasi]. Department of Forest and Biomass Science, Graduate School of The Faculty of Agriculture Kyoto University.
- [JSA] Japanese Standard Association. 1992. Cement bonded particleboards. Japanese Industrial Standard (JIS) A 5417-1992. Japan.
- Karlinasari L, S. Surjokusumo, Y.S. Hadi, dan N. Nugroho. 2005. *Non destructive testing on six tropical woods using ultrasonic method*. Dalam Prosiding: 6th International Wood Science Symposium. 28-30 Agustus 2005. Bali. Indonesia.
- Karlinasari L. 2007. Analisis kekakuan kayu berdasarkan pengujian nondestruktif metode gelombang ultrasonik dan kekuatan lentur kayu berdasarkan pengujian destruktif. [Disertasi]. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Karlinasari L, M.E. Wahyuna, dan N. Nugroho. 2008. Non-destructive ultrasonic testing method for determining bending strength properties of *Gmelina wood (Gmelina arborea Roxb.)*. *Journal of Tropical Forest Science* 20(2): 99-104.
- Karlinasari, L., M..F. Ikhsan, D. Hermawan, dan A. Maddu. 2011. Pengujian nondestruktif metode gelombang suara pada papan partikel semen. Makalah lengkap pada Seminar Nasional Masyarakat Penelitian Kayu Indonesia (MAPEKI) XIV, 2 November 2011 Yogyakarta, Indonesia.
- Ma L.F. 2010. Manufacture of bamboo-cement particleboard. [http://www.inbar.int/econodev/proceeding/Pa-Ma-Manufacture%20of%](http://www.inbar.int/econodev/proceeding/Pa-Ma-Manufacture%20of%20) (diunduh 14 April 2010)
- Maail R S., D. Hermawan, dan Y.S. Hadi. 2006. Pembuatan papan semen-gypsum dari core-kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) menggunakan teknologi pengerasan autoclave. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan* 19(1): 55-66.
- Shigekura Y. K. Takahashi, K. Koga, dan M. Funasaki. 1992. Properties of wood fiber-cement composite materials manufactures by an extruder. Dalam prosiding: 3th International inorganic-bonded wood and fiber composite

materials. Sponake, Washington, USA. Hal 42-47.

Sulastiningsih I.M., P. Sutigno, dan Y.H. Priyadi. 1999. The properties of cement-bonded boards from sengon wood. Buletin Penelitian Hasil Hutan. Vol 16 (5): 279-286.

Sulastiningsih I.M., N. Hadjib, S. Murdjoko, dan S. Kawai. 2000. The effect of bamboo:cement ratio and magnesium chloride ($MgCl_2$) content on the properties of bamboo-cement boards. Dalam prosiding: Wood-cement composites in the Asia-Pacific Region. 10 December 2000. Canberra, Australia.