

**Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel dari Kulit Buah Jarak  
(*Jatropha curcas*) Diperkuat Partikel Kayu  
(*Physical and Mechanical Properties of Particleboard Made from  
Jatropha (Jatropha curcas) Fruit Hulls Reinforced with Wood Particle*)**

Apri H Iswanto<sup>1)</sup>, Fauzi Febrianto<sup>2)</sup>, Yusuf S Hadi<sup>2)</sup>, Surdiding Ruhendi<sup>2)</sup>,  
Dede Hermawan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara  
Jl. Prof. A Sofyan No. 3 Medan 20155

<sup>2)</sup> Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor  
Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

*Corresponding author:* apriheri@yahoo.com (Apri H Iswanto)

**Abstract**

The objective of this research was to evaluate the properties of particleboard made from mixtures of jatropha fruit hulls (JFH) and wood particle in several mixture ratios. JFH, and mangium wood (*Acacia mangium* Wild) particle were untreated and treated with 1% acetic acid solution for 24 h. Urea formaldehyde (UF) resin with 10% resin content (SC: 63%) was used as binder. The ratio of JFH and wood particles were set at 100:0, 70:30, 60:40, 50:50, and 0:100. The target density of particleboard was set at 0.70 g cm<sup>-3</sup>. The temperature and pressure of hot pressing were set at 130 °C and 2.544 N mm<sup>-2</sup> for 10 minutes. The physical and mechanical properties of particleboard were evaluated according to JIS A 5908-2003 standard. The result indicated that addition of untreated mangium wood particle onto JFH particles improved mechanical properties of board especially modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) parameters. However, the internal bond (IB) parameter was found to decrease with addition of wood particle. The higher amount of wood particle added resulted in the better the MOR and MOE parameters. Addition of acetic acid treated mangium wood particle onto JFH particleboard resulted in lower physical and mechanical properties.

**Key words:** *Jatropha curcas*, fruit hulls, particleboard, wood particle

**Pendahuluan**

Ketersediaan kayu sebagai bahan baku industri perkayuan yang semakin sulit telah mendorong alternatif pemanfaatan material lignoselulosa selain kayu. Telah banyak penelitian yang mengkaji potensi dan kualitas pemanfaatan material lignoselulosa selain kayu sebagai bahan baku industri perkayuan terutama papan partikel. Kulit buah jarak (KBJ) sebagai salah satu bahan berlignoselulosa berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan papan partikel. KBJ

memiliki pH yang tinggi (Sharma *et al.* 2009) sehingga menyebabkan masalah ketika dibuat papan partikel dengan menggunakan perekat urea formaldehida (UF). Colak *et al.* (2006) menyatakan bahwa nilai pH kayu harus berada pada kisaran tertentu untuk menghasilkan daya ikat kayu dengan perekat yang optimal pada produk panel. Sedikit perubahan pH dapat mempengaruhi sifat keteguhan rekat dan keregasan panel. Parameter pH kayu dan kapasitas penyangga memiliki pengaruh yang kuat

terhadap waktu pematangan dan keteguhan rekat UF (Park *et al.* 2001). Nawawi *et al.* (2005) menyatakan bahwa nilai keteguhan rekat kayu lapis dengan perekat UF untuk kayu punak (pH 6,03) lebih rendah dibandingkan dengan kayu gerunggang dengan nilai pH 4,68. Peningkatan pH kayu menyebabkan perlemahan ikatan pada resin UF, menurunkan polimerisasi dan ikatan kayu dengan perekat (Langum 2007).

Diperlukan upaya untuk mengatasi permasalahan sifat basa partikel KBJ jika digunakan sebagai bahan baku papan partikel dengan perekat UF. Salah satunya adalah dengan cara menurunkan tingkat keasaman dari partikel KBJ. Paridah *et al.* (2001) mengemukakan optimalisasi laju polimerisasi dapat dilakukan melalui pengaturan suhu dan waktu kempa serta melalui penambahan penyangga asam atau basa untuk merubah tingkat keasaman bahan guna mendapatkan daya rekat yang optimal.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa dengan perlakuan perendaman partikel dalam larutan asam asetat 1% selama 24 jam telah berhasil memperbaiki beberapa sifat fisis dan mekanis papan partikel dari KBJ yang dihasilkan, meskipun terdapat beberapa parameter seperti pengembangan tebal (PT) dan *modulus of elasticity* (MOE) papan yang belum memenuhi standar JIS A 5908-2003 (Iswanto *et al.* 2011).

Penelitian penggunaan campuran partikel kayu diharapkan dapat memperbaiki nilai MOE papan yang masih dibawah kriteria minimum papan partikel komersial. Geometri partikel dan serat pendek KBJ diduga sebagai penyebab rendahnya nilai keteguhan lentur papan yang dihasilkan (Iswanto *et al.* 2011). Pencampuran partikel kayu yang memiliki kekuatan lebih tinggi diharapkan dapat

meningkatkan kekuatan dan kelenturan papan partikel berbahan dasar KBJ. Dilaporkan bahwa penggunaan kombinasi serpih kayu, modifikasi serat limbah komoditas pertanian, penambahan bahan penolak air dan pelapisan permukaan papan partikel secara signifikan dapat memperbaiki sifat-sifat papan partikel baik berbahan baku partikel kayu maupun berbahan baku limbah tanaman pertanian sehingga sifat-sifat papan partikel yang dihasilkan memenuhi kriteria standar papan partikel komersial (Guler *et al.* 2006, Bektas *et al.* 2005, Norvydas & Minelga 2006, Subiyanto *et al.* 2008). Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan papan partikel KBJ dengan menambahkan partikel kayu mangium (*Acacia mangium* Wild) dengan atau tanpa diberi perlakuan pendahuluan berupa perendaman dalam larutan asam asetat 1% selama 24 jam.

## **Bahan dan Metode**

### **Penyiapan bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah KBJ yang sudah diberi perlakuan perendaman asam asetat 1% selama 24 jam, partikel kayu mangium dalam bentuk serutan (*shaving*) dengan dan tanpa perlakuan perendaman dalam asam asetat 1%. Partikel KBJ dan partikel kayu mangium dikeringkan hingga mencapai kadar air (KA) sekitar 3%. Perekat yang digunakan adalah urea formaldehida (UF) (UA-140) didapat dari PT Palmolite Adhesive Industry dengan kadar perekat 10% dan kadar padatan (SC) 63%. Berat jenis (BJ) kayu mangium 0,63 (0,43-0,66) (Mandang & Pandit 2002). Penampakan partikel KBJ, partikel kayu mangium, dimensi, *slenderness ratio* dan *aspect ratio* kedua partikel tersebut ditampilkan pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1 Partikel KBJ (A) dan partikel kayu mangium (B).

Tabel 1 Ukuran dan geometri partikel KBJ dan partikel kayu mangium

Parameter	KBJ	Mangium
Panjang (mm)	27,46 ± 1,41	46,57 ± 5,27
Lebar (mm)	1,51 ± 0,14	7,04 ± 0,76
Tebal (mm)	0,34 ± 0,13	0,27 ± 0,09
<i>Slenderness ratio</i> (SR)	92,35 ± 33,58	188,12 ± 58,59
<i>Aspect ratio</i> (AR)	4,96 ± 1,97	6,67 ± 0,89

### Pembuatan papan partikel

Nisbah campuran KBJ dengan partikel kayu mangium terdiri atas 100:0, 70:30, 60:40, 50:50, dan 0:100. Kerapatan target papan partikel 0,70 g cm<sup>-3</sup>. Campuran partikel KBJ dengan partikel kayu pada berbagai nisbah dicampurkan bersama perekat UF dengan konsentrasi perekat 10% (SC: 63%). Campuran partikel dan perekat dicetak dengan ukuran (300x300x10) mm<sup>3</sup>. Tahap selanjutnya adalah pengempaan panas dengan menggunakan mesin kempa pada suhu 130 °C selama 10 menit. Setelah proses pengempaan dilanjutkan dengan pengondisian papan selama satu minggu sebelum dilakukan proses pembuatan contoh uji dan pengujian.

### Pengujian sifat fisis dan mekanis

Pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel mengacu pada standar JIS A

5908-2003 (JSA 2003). Parameter pengujian papan yang dievaluasi meliputi kerapatan, KA, daya serap air (DSA), pengembangan tebal (PT), *modulus of rupture* (MOR), MOE, dan keteguhan rekat internal (IB). Dimensi contoh uji untuk pengujian kerapatan dan KA (100x100x10) mm<sup>3</sup>, DSA, PT, dan IB (50x50x10) mm<sup>3</sup>, MOE dan MOR (50x200x10) mm<sup>3</sup>.

### Analisis data

Analisis statistik pada penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan jumlah ulangan sebanyak 3 ulangan. Data dianalisis dengan menggunakan software SPSS. Data yang menunjukkan perbedaan nyata pada selang kepercayaan 95 dan atau 99% akan dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*).

## Hasil dan Pembahasan

### Sifat fisis

Nilai kerapatan papan yang dihasilkan dalam penelitian ini berkisar 0,64-0,72 g cm<sup>-3</sup> (Tabel 2). Berdasarkan berat jenis kayu mangium, nilai *compression ratio* papan dari kayu pencampur tersebut lebih besar dari 1,3. Maloney (1993) menyatakan bahwa nisbah 1,3:1,0 sebagai acuan yang bagus dalam menentukan suatu jenis kayu cocok dipergunakan untuk menghasilkan papan partikel berkerapatan sedang. Penambahan partikel kayu sebagai campuran pada partikel KBJ meningkatkan nilai kerapatan papan yang dihasilkan. Keberadaan berat jenis kayu mangium yang lebih tinggi dibandingkan dengan KBJ memberikan pengaruh terhadap peningkatan kerapatan papan yang dihasilkan. Kecenderungan peningkatan kerapatan sampai pada nisbah campuran 60:40. Kelley (1997) melaporkan bahwa beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kerapatan papan partikel diantaranya jenis kayu, tekanan kempa, jumlah partikel, jumlah perekat dan aditif. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (Tabel 3), nisbah campuran tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap kerapatan papan. Secara keseluruhan, kerapatan papan yang dihasilkan telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 dan papan partikel KBJ diperkuat partikel kayu mangium ini termasuk kedalam kategori papan partikel berkerapatan sedang.

Nilai KA papan yang dihasilkan dalam penelitian ini berkisar 7,20-8,69% (Tabel 2). Garay *et al.* (2009) mengemukakan bahwa partikel yang tahan terhadap KA mampu menghasilkan papan yang memiliki stabilisasi dimensi yang baik. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam

(Tabel 3), nisbah campuran tidak berbeda nyata terhadap nilai KA papan. Secara keseluruhan, KA papan yang dihasilkan telah memenuhi standar JIS A 5908-2003.

Nilai DSA dan PT papan yang dihasilkan pada penelitian ini masing-masing sebesar 36,81-113,31 % dan 11,80-49,44 % (Tabel 2). DSA dan PT papan terjadi akibat adanya sifat PT dari kayu sebagai bahan baku pembuatan papan, *spring back* karena tegangan dalam yang dilepaskan pada saat pengkondisian papan, dan separasi *furnish* (Hsu 1987, Febrianto *et al.* 2010). Nilai PT papan dengan campuran partikel kayu mangium lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa campuran. Hal ini diduga karena ukuran partikel yang tidak homogen antara partikel KBJ dengan partikel mangium sehingga jumlah perekat tidak cukup untuk terdistribusi secara merata pada partikel dan *surface touchment* partikelnya rendah sebagai akibatnya daya ikatnya menjadi rendah. BJ yang lebih tinggi pada kayu mangium juga diduga menjadi salah satu penyebab nilai PT papan yang dihasilkan menjadi lebih tinggi. Tsoumis (1991) menyatakan bahwa penyusutan dan pengembangan yang lebih tinggi terjadi pada kayu yang memiliki BJ lebih tinggi. Meskipun kayu mangium mempunyai BJ yang lebih tinggi dibandingkan dengan KBJ, tetapi nilai PT papan partikel dari kayu mangium lebih rendah dibandingkan dengan papan partikel KBJ. Hal ini karena geometri kedua jenis partikel tersebut berbeda dan partikel kayu mangium jauh lebih tipis dibandingkan dengan KBJ sehingga penyebaran perekat lebih baik pada papan partikel kayu mangium dan nilai PT menjadi lebih rendah. Peningkatan nisbah jumlah kayu yang ditambahkan menyebabkan peningkatan nilai PT.

Tabel 2 Sifat fisis papan partikel berdasarkan nisbah KBJ dan partikel kayu

Jenis	Nisbah campuran	Kerapatan (g cm <sup>-3</sup> )	KA (%)	PT (%)	DSA (%)
KBJ-asam	100:0	0,67±0,05	8,69±0,82	23,85±0,04	87,01±6,60
KBJ-asam/mangium	70:30	0,71±0,04	7,91±0,62	38,78±1,57	104,80±11,06
	60:40	0,72±0,03	8,00±0,39	31,08±0,86	101,41±13,07
	50:50	0,70±0,06	7,51±0,23	30,63±2,67	87,84±20,04
	0:100	0,64±0,02	7,66±0,21	11,80±0,60	36,81±12,00
KBJ-asam/mangium-asam	70:30	0,68±0,03	7,20±0,20	49,44±2,43	113,31±0,82
JIS A 5908-2003		0,5-0,9	4-13	maks 12	nd

nd: not determined

Tabel 3 Analisis sidik ragam sifat fisis papan partikel

Sumber keragaman	Kerapatan		KA		PT		DSA	
	Nilai F	Sig	Nilai F	Sig	Nilai F	Sig	Nilai F	Sig
Perlakuan	1,65	ns	2,40	ns	143,70	**	12,69	**

ns) tidak berbeda nyata; \*\*) berbeda nyata pada selang kepercayaan 99%



Gambar 2 Papan partikel berbahan baku KBJ dan campuran KBJ dengan partikel kayu.

Nilai PT pada penelitian ini belum memenuhi standar JIS A 5908-2003. Bektas *et al.* (2005) mengemukakan bahwa persen PT dari panel bergantung pada beberapa faktor seperti jumlah kadar perekat dan penyebarannya, KA *furnish*, kompatibilitas *furnish* dan perekat, dan komposisi kimia dari *furnish*. Berdasarkan hasil uji anova (Tabel 3), nisbah campuran menunjukkan perbedaan yang nyata pada selang kepercayaan 99% untuk nilai DSA dan PT papan.

### Sifat mekanis

Nilai MOE dan MOR papan yang dihasilkan dalam penelitian ini masing-masing berkisar 1006-2355 N mm<sup>-2</sup> dan 8,97-21,9 N mm<sup>-2</sup> (Tabel 4). Pencampuran partikel kayu mampu memperbaiki nilai MOE dan MOR dari papan yang dihasilkan. Maloney (1993) mengemukakan bahwa penggunaan partikel berupa serutan (*shaving*) yang kasar menghasilkan kekuatan lentur yang tinggi dan keteguhan rekat yang lebih rendah pada beberapa tingkat kerapatan papan, kadar perekat dan kadar parafin.

Hal ini akan berkebalikan dengan serutan yang halus. Semakin banyak partikel mangium yang ditambahkan maka kekuatan papan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan geometri partikel (SR dan AR) dari partikel kayu mangium lebih tinggi dibandingkan dengan KBJ (Tabel 1).

SR merupakan nisbah antara panjang partikel dan tebalnya. Nisbah ini menggambarkan orientasi partikel dan kekuatan papan (Maloney 1993). Partikel dengan SR yang tinggi akan lebih mudah diorientasikan sehingga kekuatan papan yang dihasilkan akan meningkat serta memerlukan sedikit perekat per luasan permukaan untuk mengikat partikel. Lebih lanjut, Maloney (1993) mengatakan SR ideal untuk partikel berupa *flake* sebesar 150. AR merupakan nisbah antara panjang partikel dan lebarnya. Partikel akan sulit terorientasi jika bernilai AR sama dengan satu. Untuk memperoleh orientasi papan yang bagus maka besarnya nilai AR minimal tiga (Maloney 1993). Shuler *et al.* (1976) dan Kuklewski *et al.* (1985)

dalam Misran (2005) menyatakan bahwa AR sebesar 2 cukup untuk menghasilkan papan *oriented strand board* dengan sifat-sifat yang bagus.

Peningkatan nisbah campuran menghasilkan peningkatan nilai MOE dan MOR papan. Akbulut (1995) dan Nemly (2003) mengemukakan bahwa peningkatan *shelling ratio* memperbaiki sifat fisis dan mekanis papan. Guler *et al.* (2006) mengemukakan bahwa pencampuran kayu *calabrian pine* pada papan partikel *sunflower stalks* pada nisbah campuran 50:50 dengan perekat UF dapat meningkatkan sifat mekanis papan. Penggunaan kayu sebagai bahan campuran dalam papan partikel bukan kayu mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanis. Bektas *et al.* (2005) mengemukakan bahwa kombinasi *chip* kayu, modifikasi serat tanaman pertanian dan penambahan bahan penolak air sangat menjanjikan dalam menghasilkan papan partikel dari limbah tanaman pertanian yang memiliki sifat fisis dan mekanis sesuai dengan standar yang dipersyaratkan.

Tabel 4 Sifat mekanis papan partikel berdasarkan nisbah KBJ dan partikel kayu

Jenis	Nisbah campuran	MOE (N mm <sup>-2</sup> )	MOR (N mm <sup>-2</sup> )	IB (N mm <sup>-2</sup> )
KBJ-asam	100:0	1006,52±101,25	10,65±0,86	0,25±0,03
KBJ-asam/mangium	70:30	1212,04±141,51	8,97±1,73	0,19±0,00
	60:40	1555,69±313,19	10,96±2,78	0,27±0,16
	50:50	1599,93±20,72	11,52±3,08	0,36±0,01
	0:100	2355,75±285,49	21,90±2,25	0,83±0,05
	KBJ-asam/mangium-asam	70:30	1070,67±61,86	7,54±0,25
JIS A 5908-2003		2000	8	0,15

Tabel 5 Analisis sidik ragam sifat mekanis papan partikel

Sumber keragaman	MOE		MOR		IB	
	Nilai F	Sig	Nilai F	Sig	Nilai F	Sig
Perlakuan	18,92	**	15,44	**	32,60	**

\*\*\*) berbeda nyata pada selang kepercayaan 99%

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (Tabel 5), nisbah campuran menunjukkan perbedaan yang nyata pada selang kepercayaan 99% untuk nilai MOE dan MOR papan. Secara keseluruhan nilai MOR papan yang dihasilkan telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan nilai MOR minimum sebesar 2000 N mm<sup>-2</sup>. Meskipun perbaikan nilai MOE telah didapat sangat signifikan dengan penambahan partikel kayu mangium pada partikel KBJ, tetapi nilai MOE papan yang dihasilkan masih belum memenuhi standar di atas.

Nilai IB papan yang dihasilkan dalam penelitian ini berkisar 0,15-0,83 N mm<sup>-2</sup> (Tabel 4). Penambahan partikel kayu sebanyak 30% sedikit menurunkan nilai IB papan partikel. Akan tetapi, semakin banyak partikel kayu yang ditambahkan menyebabkan peningkatan nilai IB dari papan partikel yang dihasilkan. Maloney (1993) mengemukakan bahwa penggunaan partikel berupa serutan yang kasar menghasilkan kekuatan lentur yang tinggi dan IB yang rendah.

Nilai IB papan dengan campuran partikel kayu mangium yang diberi perlakuan asam lebih rendah dibandingkan dengan partikel kayu mangium tanpa perlakuan asam. Perlakuan perendaman partikel kayu mangium dalam larutan asam asetat 1% menyebabkan penurunan nilai IB. Hal ini dikarenakan pH kayu mangium sebelumnya sudah bersifat asam, ketika direndam dalam larutan asam menyebabkan nilai pH-nya semakin rendah akibatnya pada kondisi pengempaan yang sama menyebabkan ikatan rekatnya mengalami penurunan (*over curing*). Hasil penelitian Iswanto *et al.* (2011) menyebutkan bahwa kayu mangium memiliki pH sebesar 4,79. Berdasarkan hasil uji anova (Tabel 5), nisbah campuran menunjukkan

perbedaan yang nyata pada selang kepercayaan 99% untuk nilai IB papan yang dihasilkan. Secara keseluruhan, nilai IB papan partikel yang dihasilkan telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan besarnya nilai IB minimal 0,15 N mm<sup>-2</sup>.

### **Kesimpulan**

Penambahan partikel kayu mangium pada proses pembuatan papan partikel dari KBJ dapat memperbaiki kualitas papan partikel yang dihasilkan terutama nilai MOE dan MOR papan. Semakin besar proporsi penambahan partikel kayu menyebabkan peningkatan nilai MOE dan MOR papan yang dihasilkan. Perlakuan perendaman partikel kayu mangium dalam larutan asam asetat 1% menyebabkan penurunan sifat mekanis papan yang dihasilkan bila dibandingkan dengan tanpa perendaman. Meskipun telah terjadi peningkatan nilai MOE papan yang dihasilkan tetapi nilai tersebut masih belum memenuhi standar JIS A 5908-2003.

### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada SEAMEO-BIOTROP atas dukungan dana penelitian melalui program *Ph.D. Research Grant* tahun 2013.

### **Daftar Pustaka**

- Bektas I, Guler C, Kalaycioglu H, Mengeloglu F, Nacar M. 2005. The manufacture of particleboards using sunflower stalks (*Helianthus annuus* l.) and poplar wood (*Populus alba* L.). *J Composite Materials* 39(5):467-473.
- Colak S, Olakoglu GC. 2006. Effects of wood species and adhesive types on the amount of volatile acetic acid of plywood by using desiccator method.

- Holz als Roh- und Werkstoff* 64:513–514. doi: 10.1007/s00107-006-0108-x.
- Febrianto F, Hidayat W, Samosir TP, Lin HC, Soong HD. 2010. Effect of strand combination on dimensional stability and mechanical properties of oriented strand board made from tropical fast growing tree species. *J Biol. Sci.* 10(3):262-272.
- Garay RM, MacDonald F, Acevedo ML, Calderón B, Araya JE. 2009. Particleboard made with crop residues mixed with wood from *Pinus radiata*. *BioResources* 4(4):1396-1408.
- Guler C, Bektas I, Kalaycioglu H. 2006. The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.). *For. Prod. J* 56(4):56-60.
- Iswanto AH, Sucipto T, Febrianto F. 2011. Acidity and buffering capacity of some tropical wood. *JITHH* 4(1):21-24.
- Iswanto AH, Sucipto T, Febrianto F. 2011. *Analisa Bahan Berlignoselulosa dan Pengaruhnya terhadap Optimalisasi Daya Ikat Perekat Sintetis dalam Rangka Menghasilkan Produk Komposit Berkualitas*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [JSA] Japanese Standard Association. 2003. *Japanese Industrial Standard Particle Board JIS A 5908*. Tokyo: Japanese Standard Association
- Kelly MW. 1977. *Critical Literature Review of Relationship Between Processing Parameter and Physical Properties of Particleboard*. General Technical Report FPL-10. Wisconsin: Department of Agriculture Forest.
- Langum CE. 2007. Characterization of pacific northwest softwoods for wood composites production. [Thesis]. Washington: Washington State University.
- Maloney TM. 1993. *Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing (Updated Edition)*. San Francisco: Miller Freeman.
- Mandang IY, Pandit IKN. 2002. *Pedoman Identifikasi Jenis Kayu di Lapangan*. Bogor: Prosea.
- Misran S. 2005. Evaluation of oriented strand board made from rubber wood using phenol formaldehyde as a binder [Thesis]. Selangor: Universiti Putra Malaysia.
- Nawawi DS, Rusman D, Febrianto F, Syafii W. 2005. Bonding properties of some tropical woods in relation to woods acidity. *JTHH* 18(2):47-52.
- Nemli G. 2003. Effects of some manufacturing factors on the properties of particleboard manufactured from alder (*Alnus glutinosa* subsp. Barbata). *Turk J Agri. For.* 27:99-104.
- Norvydas V, Minelga D. 2006. Strength and stiffness properties of furniture panels covered with different coatings. *Materials Sci.* 12(4):328-332.
- Paridah MT, Chin AME, Azhari Z. 2001. Bonding properties of *Azadirachta excelsa*. *J Trop. For. Prod.* 7:161-171.
- Park BD, Kim Y, Rield B. 2001. Effect of wood-fiber characteristics on medium density fiberboard (MDF) performance. *J Korean Wood Sci. Technol.* 29:27–35.
- Sharma DK, Pandey AK, Lata. 2009. Use of *Jatropha curcas* hull biomass

- for bioactive compost production. *Biomass Bioenergy* 33:159–162.
- Subiyanto B, Rasyid E, Gopar M, Firmanti A. 2008. Veneer and thin plywood overlaid for quality improvement of particleboard made of palm oil empty fruit bunches (EFB). *J Trop. Wood Sci. Technol.* 6(1):17-20.
- Tsoumis G. 1991. *Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilization*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Riwayat naskah (*article history*)
- Naskah masuk (*received*): 28 Maret 2012
- Diterima (*accepted*): 6 Mei 2012