

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KAYU PINUS DAN BAMBU
PETUNG TERHADAP KUALITAS PAPAN SERAT KERAPATAN
SEDANG KAYU MAHANG DENGAN PEREKAT ASAM MALAT**
*(Effects of Pine Wood and Petung Bamboo Fibres Addition on Quality of Mahang
Medium Density Fibreboard using Malic Acid Adhesive)*

Agus Wahyudi^{1*}, T.A. Prayitno², Ragil Widyorini², & J.P. Gentur Sutapa²

¹Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Serat Tanaman Hutan, Kuok
Jl. Raya Bangkinang–Kuok km 9, Kotak Pos 4/BKN Bangkinang 28401 Riau
Telp. (0761) 6700911; Faks. (0761) 6700768

²Bagian Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta
Jl. Agro No. 1, Bulaksumur, Sleman–Yogyakarta

*E-mail: agus.kuok@gmail.com

Diterima 10 Januari 2019, direvisi 21 Maret 2019, disetujui 18 April 2019

ABSTRACT

Properties and quality of fibreboard products are much influenced by quality of the fiber materials, pressing process, and the amount and type of the used adhesive. The use of malic acid adhesives in the manufacture of medium density fibreboards (MDF) from mahang wood has low mechanical properties, especially modulus of static value. This paper studies on the effect of adding long fibers of pine wood and petung bamboo to improve the properties of MDF mahang wood with malic acid adhesives. The compositions ratio of mahang wood, pine wood, and petung bamboo fiber are 100/0/0, 90/10/0, 80/20/0, 90/0/10, 80/0/20, and 80/10/0, malic acid content of 25 wt % based on dry weight fibers and hot pressing at 180°C for 10 minutes. Physical and mechanical tests were accomplished according to JIS 5905-2003 testing standard. Result shows the addition of long fibers of pine wood and petung bamboo increased the mechanical value of MDF from mahang wood. The best mixture of fiber is 90% mahang wood fiber and 10% petung bamboo, with value internal bonding 0.7 MPa, modulus of rupture 9.11 Mpa, and modulus of elasticity 2.5 GPa.

Keywords: Petung bamboo, fibreboards, mahang wood, pine wood, malic acid

ABSTRAK

Sifat dan kualitas produk papan serat dipengaruhi oleh kualitas serat bahan, proses kempa dan jumlah serta tipe perekat yang digunakan. Penggunaan perekat asam malat dalam pembuatan papan serat kerapatan sedang (MDF) dari kayu mahang memiliki sifat mekanika yang rendah, terutama nilai keteguhan lengkung statis. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh penambahan serat panjang kayu pinus dan bambu petung terhadap sifat papan MDF kayu mahang dengan perekat asam malat. Komposisi perbandingan serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung sebanyak 6 perlakuan yaitu 100/0/0, 90/10/0, 80/20/0, 90/0/10, 80/0/20 dan 80/10/10, dengan kadar perekat asam malat 25% berdasarkan berat kering serat dan dikempa panas pada suhu 180°C selama 10 menit. Pengujian sifat fisika dan mekanika papan berdasarkan standar pengujian JIS 5905-2003. Penambahan serat panjang kayu pinus dan bambu petung dapat meningkatkan nilai mekanika papan MDF dari kayu mahang, komposisi campuran serat yang paling baik adalah serat kayu mahang 90% dan bambu petung 10%, dengan nilai keteguhan rekat internal 0,7 MPa, keteguhan patah 9,11 MPa dan keteguhan elastisitas 2,5 GPa.

Kata kunci: Asam malat, papan serat, kayu mahang, kayu pinus, bambu petung

I. PENDAHULUAN

Papan serat kerapatan sedang atau yang sering disebut papan MDF (*Medium Density Fibreboard*) adalah salah satu produk papan panel yang dibuat dari bahan berlignoselulosa. Bahan baku yang digunakan pada pembuatan papan MDF dapat berasal dari serat berbagai jenis kayu dan atau limbah bahan lignoselulosa ditambah perekat untuk menyatukan ikatan antar serat (Xing, Deng, & Zhang, 2007). Di pasaran, produk papan MDF menggunakan perekat berbasis formaldehida antara lain urea formaldehida (UF), phenol formaldehida (PF), dan melamin formaldehida (MF), serta isosianat tergantung dari tujuan akhir penggunaan papan serat. Papan MDF dengan perekat berbasis formaldehida menyisakan permasalahan yaitu adanya emisi formaldehida di dalam proses produksi maupun hasil produknya. Senyawa formaldehida dapat menyebabkan kanker, iritasi pada mata dan kerongkongan serta gangguan pernapasan (*International Agency for Research on Cancer* (IARC), 2012; Roffael, 1993). Perekat UF, MF, PF, serta isosianat merupakan perekat yang menggunakan bahan berasal dari turunan minyak bumi sehingga tidak ramah terhadap lingkungan dan tidak dapat diperbaharui.

Bahan perekat alami yang mulai dikembangkan saat ini adalah asam polikarboksilat yaitu asam sitrat (Kusumah, Umemura, Guswenrivo, Yoshimura, & Kanayama, 2017; Kusumah, Umemura, Yoshioka, Miyafuji, & Kanayama, 2016; Syamani & Munawar, 2013; Umemura, Sugihara, & Kawai, 2013; Umemura, Ueda, Munawar, & Kawai, 2011; Widyorini et al., 2016, 2018), asam malat (Sugawara & Umemura, 2014; Wahyudi, Prayitno, Widyorini, & Sutapa, 2018), asam oksalat dan asam maleat anhidrida (Sugawara & Umemura, 2014). Asam malat merupakan salah satu jenis asam organik lemah dari kelompok asam polikarboksilat yang memiliki dua gugus karboksil. Dipasaran, produk asam malat berasal dari hasil fermentasi bahan yang mengandung glukosa atau glukosa dan sukrosa. Asam malat memiliki titik leleh dan titik dekomposisi masing-masing sebesar 130°C dan 185°C (Sugawara & Umemura, 2014). Penggunaan asam malat sebagai

bahan perekat alami dalam pembuatan papan serat dari serat kenaf memiliki performa yang baik dengan nilai keteguhan rekat internal sebesar 0,4 MPa dan pengembangan tebal 0,5% (Sugawara & Umemura, 2014). Hasil penelitian Wahyudi et al. (2018) menunjukkan bahwa penggunaan asam malat sebagai bahan perekat dalam pembuatan papan MDF kayu mahang menghasilkan nilai kekuatan rekat internal yang tinggi yaitu sebesar 0,45 MPa pada kadar perekat 25%. Namun, nilai keteguhan patah dan elastisitas masih kurang memuaskan, hal ini disebabkan oleh faktor kualitas serat bahan kayu yang digunakan seperti ukuran serat, morfologi, dan komposisi kimia serat. Semakin panjang serat penyusun papan serat, semakin panjang atau banyak *overlapping* antar serat, sehingga kekuatan papan menjadi meningkat (Aisyah, Paridah, Sahri, Anwar, & Astimar, 2013). Kayu mahang memiliki panjang serat berkisar antara 1455,0–1892,76 µm dan diameter seratnya 36,82–42,46 µm (Suhartati, Mindawati, & Aprianis, 2013). *Slenderness rasio* serat serta komposisi distribusi ukuran serat penyusun papan serat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tinggi dan rendahnya sifat keteguhan lengkung statis papan serat (Benthien, Bähnisch, Heldner, & Ohlmeyer, 2014; Groom, Mott, & Shaler, 1999; Myers, 1983; Shi, Zhang, & Riedl, 2006).

Kualitas serat sangat dipengaruhi oleh jenis kayu yang digunakan dan proses pembuatan seratnya. Kayu pinus dan bambu petung adalah sumber serat panjang yang ada di Indonesia, yang keberadaannya cukup melimpah. Hasil penelitian Benthien, Heldner, dan Ohlmeyer (2017) menunjukkan bahwa papan MDF dari jenis kayu *scots pine* memiliki nilai keteguhan lengkung statis lebih tinggi dibandingkan jenis kayu *beech*, namun campuran dari kedua jenis kayu tersebut memiliki sifat yang lebih baik dibandingkan dengan jenis kayu tunggal. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi serat mempengaruhi kualitas akhir produk papan serat yang dihasilkan. Penambahan serat panjang dari kayu pinus dan serat non kayu bambu petung dalam pembuatan papan MDF kayu mahang dengan perekat asam malat untuk meningkatkan nilai keteguhan lengkung statis menarik untuk dikaji.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu mahang (*Macaranga hypoleuca*) berasal dari hutan sekunder di Kabupaten Siak Sri Indrapura - Riau, kayu pinus dari PT. Inhutani V di Kabupaten Tanah Datar, Sumbar, dan bambu petung dari Kabupaten Payakumbuh, Sumbar. Asam malat anhidrat dan aquades diperoleh dari PT. Justus Kimia Raya, Jakarta. Asam malat anhidrat dilarutkan dalam aquades dengan kelarutan 50% berbasis berat sebagai bahan perekat papan serat. Alat yang digunakan antara lain kaliper, micrometer, mikroskop stereo, *surface roughness tester* phase II SRG-4000, timbangan digital, thermometer, stopwatch, oven, seng plat 30 cm x 30 cm, hand spayer, laboratorium *disk refiner* model MD-3000, kempa panas, dan *Universal Testing Machine* (UTM) model Instron 3360.

B. Metode Penelitian

1. Persiapan dan pembuatan serat kayu mahang, kayu pinus, dan bambu petung

Sampel kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung dibuat serpihan/*chip* dengan ukuran 3 cm x 1 cm x 1 cm; bagian kulit kayu dan bambu tidak digunakan. Sampel bambu petung bagian buku dan bagian dalam bambu petung juga dibuang. Pembuatan serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung dilakukan menggunakan alat laboratorium *disk refiner* model MD-3000, dan jarak piringan cakram *disk refiner* sebesar 0,25 mm. Serat pulp kayu mahang, kayu pinus

dan bambu petung yang dihasilkan kemudian dikeringanginkan sampai mencapai kering udara dan dimasukkan dalam plastik untuk menjaga kadar air.

2. Pengukuran dimensi serat pulp kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung

Pengukuran dimensi serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung dilakukan seperti prosedur yang digunakan oleh Aisyah et al. (2013). Serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung kering udara diambil secara acak masing-masing sebanyak 20 g, kemudian dilakukan pengukuran dimensi seratnya sebanyak 50 x ulangan menggunakan mikroskop stereo.

3. Analisis komponen kimia bahan serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung

Serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung masing-masing dibuat serbuk dan disaring lolos saringan 40–60 mesh. Analisis komponen kimia mengacu pada prosedur ASTM (American Standard Testing and Material, 2006). Komponen kimia serat yang diamati meliputi kelarutan dalam etanol-toluene (ASTM D 1107–96), air panas dan dingin (ASTM D 1110–84), Klason lignin (ASTM D 1106–96), kadar holoselulosa (ASTM D 1104–56) dan alfa selulosa (ASTM D 1103–60).

4. Pembuatan papan serat

Pembuatan papan serat dilakukan dengan proses kering dengan target kerapatan 0,7 gcm⁻³. Komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung serta kode perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus, bambu petung dan kode perlakuan

Table 1. Composition of mixed mahang wood, pine wood, petung bamboo fiber and treatment code

Kode perlakuan (<i>Treatment code</i>)	Komposisi campuran serat (<i>Composition of mixed fiber</i>)
M	Kayu mahang 100%
MP_10	Kayu mahang 90% : Kayu pinus 10%
MP_20	Kayu mahang 80% : Kayu pinus 20%
MB_10	Kayu mahang 90% : Bambu petung 10%
MB_20	Kayu mahang 80% : Bambu petung 20%
MPB_10	Kayu mahang 80% : Kayu pinus 10% : Bambu petung 10%

Komposisi campuran serat masing-masing perlakuan kemudian dicampur merata dengan larutan asam malat sebanyak 25% berdasarkan berat kering udara bahan serat, kemudian dioven selama ± 24 jam sampai diperoleh kadar air sekitar 2–5%. Komposisi campuran serat tersebut kemudian dibuat mat ukuran 25 cm x 25 cm, target ketebalan 0,7 cm dan kerapatan 0,7 gcm⁻³ dikempa panas dengan suhu 180°C selama 10 menit. Papan serat setiap perlakuan dibuat sebanyak 3 ulangan sehingga papan serat yang dibuat sebanyak 18 papan.

5. Pengujian papan serat

Setelah proses pengempaan panas, papan serat dikondisikan sampai mencapai kondisi kering udara (7–14 hari) kemudian diuji baik sifat fisika (kerapatan, pengembangan tebal dan penyerapan air setelah perendaman 24 jam pada air kondisi ruangan), maupun sifat mekanika (kekuatan rekat internal, keteguhan patah dan keteguhan elastisitas) sesuai dengan prosedur pengujian Japanese Industrial Standard JIS A 5905 *fibrebboards* (Japanese Standard Association, 2003). Contoh uji untuk pengujian pengembangan tebal dan penyerapan air berukuran 5 cm x 5 cm, keteguhan patah dan keteguhan elastisitas menggunakan sampel berukuran 20 cm x 5 cm, serta kekuatan rekat internal berukuran 5 cm x 5 cm.

6. Analisis Data

Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan faktor perlakuan komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung. Model linier penelitian rancangan acak lengkap sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \epsilon_{ij}$$

Keterangan (*Remarks*)

Y_{ij} = Pengamatan pada percobaan ke- i dari perlakuan ke- j

μ = Rataan umum

α_j = Pengaruh perlakuan ke- j

ϵ = Pengaruh galat dari percobaan ke- i dalam perlakuan ke- j

Data pengamatan sifat fisika, kekasaran permukaan dan mekanika yang diperoleh dianalisis dengan uji F (ANOVA). Apabila hasil uji F berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (Sudjana, 2002).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Serat Kayu Mahang, Pinus, dan Bambu Petung

Hasil pengukuran kualitas serat kayu mahang, kayu pinus, dan bambu petung disajikan pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4. Berdasarkan hasil pengamatan geometri serat yang disajikan pada Tabel 2, serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung memiliki nilai rata-rata panjang berturut-turut 905,43(216,9) μm , 2562,63(646,8) μm dan 2337,35(550,1) μm . Berdasarkan nilai rata-rata panjang seratnya, kayu pinus memiliki serat paling panjang diikuti serat bambu petung dan kayu mahang. Hal ini karena kayu pinus merupakan kelompok kayu lunak atau konifer yang umumnya memiliki serat panjang. Namun demikian nilai *slenderness* atau *aspect ratio* serat bambu petung lebih tinggi dibandingkan kayu pinus dan kayu mahang, karena diameter serat bambu petung lebih kecil dari serat kayu pinus.

Tabel 2. Nilai rata-rata dan standar deviasi geometri serat kayu mahang, kayu pinus, dan bambu petung.

Table 2. Mean value and standard deviation of fibre geometry of mahang wood, pine wood, and petung bamboo

Parameter (<i>Parameter</i>)	Kayu mahang (<i>Mahang wood</i>)	Kayu pinus (<i>Pine wood</i>)	Bambu petung (<i>Petung bamboo</i>)
Panjang serat (<i>Fibre length</i> , μm)	905,43 (216,9)	2562,63 (646,8)	2337,35 (550,1)
Diameter serat (<i>Fibre width</i> , μm)	29,39 (5,8)	51,73 (10,9)	26,28 (7,3)
Rasio Panjang/Diameter (<i>Aspect ratio</i>)	31,49 (7,7)	51,71 (16,6)	97,85 (46,0)
Diameter lumen (<i>Lumen width</i> , μm)	20,07 (5,4)	33,74 (10,4)	10,73 (3,3)
Tebal dinding serat (<i>Fibre wall thickness</i> , μm)	4,85 (5,4)	9,00 (2,8)	7,78 (2,9)
Berat jenis (<i>Specific gravity</i>)	0,33 (0,02)	0,57 (0,08)	0,77 (0,02)

Tabel 3. Nilai rata-rata dan standar deviasi derajat giling dan distribusi ukuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung

Table 3. Mean value and standard deviation of freeness and fiber dimension distribution of mahang wood, pine wood and petung bamboo fiber

Jenis serat (Fiber types)	Derajat giling (Freeness)		Distribusi ukuran serat (Distribution of fiber size, %)		
	(ml CSF)	0,3–1,0 mm	1,0–2,0 mm	2,0–3,0 mm	3,0–up mm
Kayu mahang (<i>Mahang wood</i>)	713 (3,00)	66,00	34,00	-	-
Bambu petung (Petung <i>bamboo</i>)	737 (5,77)	-	28,00	62,00	10,00
Kayu pinus (<i>Pine wood</i>)	733 (5,77)	-	20,00	62,00	18,00

Menurut Marsoem (2012), serat tanaman bambu yang merupakan kelompok rerumpunan umumnya memiliki panjang serat yang hampir sama dengan jenis kayu konifer, tetapi diameter serat dan lumennya kecil.

B. Sifat Fisika Papan Serat

Papan MDF kayu mahang dengan beberapa komposisi tambahan serat kayu pinus dan bambu petung dengan perekat asam malat 25% dibuat pada suhu kempa panas 180°C dan waktu pengempaan 10 menit menghasilkan papan serat yang berwarna kecoklatan dan tidak ada yang mengalami delaminansi. Hal ini menunjukkan terjadinya ikatan silang antara asam malat dengan gugus hidroksil yang ada di dalam bahan serat.

Penggunaan asam malat sebagai perekat pada papan serat kayu mahang melalui mekanisme pembentukan ikatan ester (Wahyudi et al., 2018). Kerapatan papan serat yang dihasilkan hampir seragam yaitu 0,69–0,70 gcm⁻³. Perlakuan komposisi tambahan serat kayu pinus dan bambu petung berpengaruh nyata pada taraf uji 99%

terhadap seluruh sifat fisika dan mekanika papan serat yang dihasilkan kecuali pada parameter kekasaran permukaan papan terlihat pada Tabel 5.

Gambar 1 dan 2 menunjukkan nilai kestabilan dimensi papan MDF dengan perekat asam malat dari berbagai komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung. Nilai penyerapan air papan MDF berkisar antara 52,56–63,30%, tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan serat kayu pinus sebesar 10% dan terendah pada perlakuan serat kayu mahang 100%. Penambahan serat panjang kayu pinus dan bambu petung secara umum meningkatkan sifat penyerapan air papan MDF kayu mahang dengan perekat asam malat yaitu sebesar 0,05–0,20 kali. Hal ini karena serat-serat yang lebih pendek memiliki kontak antar serat lebih besar dibandingkan serat yang panjang sehingga meningkatkan sifat perekatan pada papan. Fenomena ini juga terjadi pada hasil penelitian Benthien et al. (2017) yang melaporkan nilai penyerapan air papan serat kerapatan sedang dengan perekat urea formaldehida dari jenis kayu

Tabel 4. Nilai rata-rata dan standar deviasi komponen kimia serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung

Table 4. Mean value and standard deviation of chemical components of mahang wood, pine wood and petung bamboo fibres

Jenis serat (Fiber types)	Alfa selulosa (α -cellulose)	Hemi selulosa (Hemicellulose)	Klason lignin (Lignin Klason)	Kelarutan (Solubility, %)		
	(%)	(%)	(%)	Etanol Toluena (Ethanol-toluene)	Air panas (Hot water)	Air dingin (Cold water)
Kayu mahang (<i>Mahang wood</i>)	41,44 (3,9)	22,15 (1,1)	29,02 (3,2)	0,60 (0,1)	9,42 (1,0)	9,06 (0,8)
Bambu petung (<i>Bamboo petung</i>)	50,89 (4,0)	18,48 (3,9)	27,26 (1,6)	2,18 (0,4)	10,37 (1,6)	9,16 (0,5)
Kayu pinus (<i>Pine wood</i>)	39,69 (3,9)	20,19 (0,6)	28,56 (5,5)	1,22 (0,2)	10,49 (1,1)	9,02 (0,9)

Tabel 5. Rekapitulasi hasil analisis keragaman ANOVA

Table 5. Recapitulation of anova test

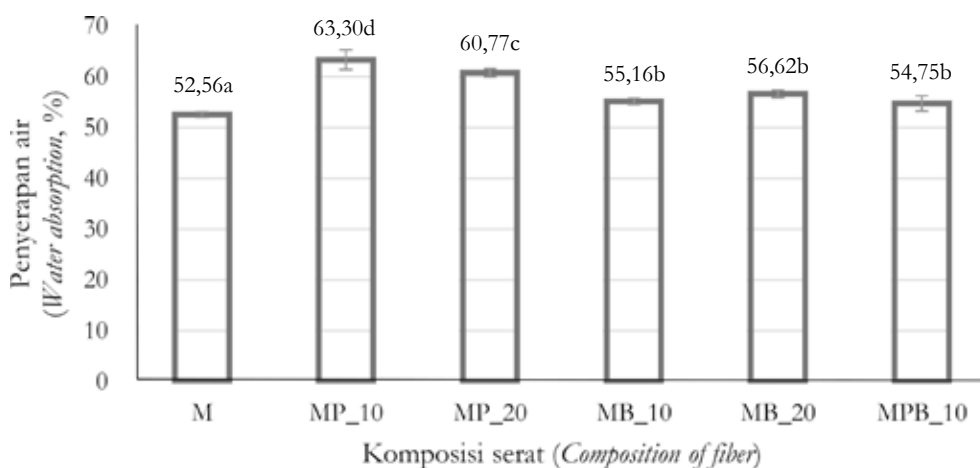
Parameter (Variable)	Komposisi campuran serat (Composition of mixed fiber)
Penyerapan air (Water absorption)	< 0,01*
Pengembangan tebal (Thickness swelling)	< 0,01*
Kekasaran permukaan (Surface roughness)	ns
Keteguhan patah (Modulus rupture)	< 0,01*
Keteguhan elastis (Modulus elasticity)	< 0,01*
Kekuatan rekat internal (Internal bonding)	< 0,01*

Keterangan (Remark): *berbeda nyata taraf uji 99% (Significantly different at 99%), ^{ns}tidak berbeda nyata (Not significantly different).

scots pine lebih tinggi dari jenis kayu *beech*. Nilai pengembangan tebal papan MDF dengan perekat asam malat pada perlakuan komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung terendah pada perlakuan penambahan serat kayu pinus 10% sebesar 3,13% dan tertinggi pada perlakuan penambahan serat kayu pinus 20% sebesar 4,17%. Pengembangan tebal papan MDF dengan komposisi kayu mahang 90% dan kayu pinus 10% paling rendah, namun nilai penyerapan airnya tertinggi. Hal ini karena air yang masuk ke dalam papan mengisi celah kosong dalam ikatan antar serat yang tidak diisi oleh serat pendek, tetapi air tersebut tidak menyebabkan perubahan dimensi pada serat, karena adanya ikatan silang. Menurut (Vukusic, Katovic, Schramm, Trajkovic, dan Sefc (2006) reaksi ikatan silang asam

polikarboksilat dengan gugus hidroksil serat menurunkan sifat higroskopis serat, sehingga stabilitas dimensi serat menjadi lebih baik. Sifat pengembangan tebal papan serat pada semua perlakuan memenuhi standar JIS A 5905–2003 tipe 25 yaitu pengembangan tebal papan serat maksimal 12%.

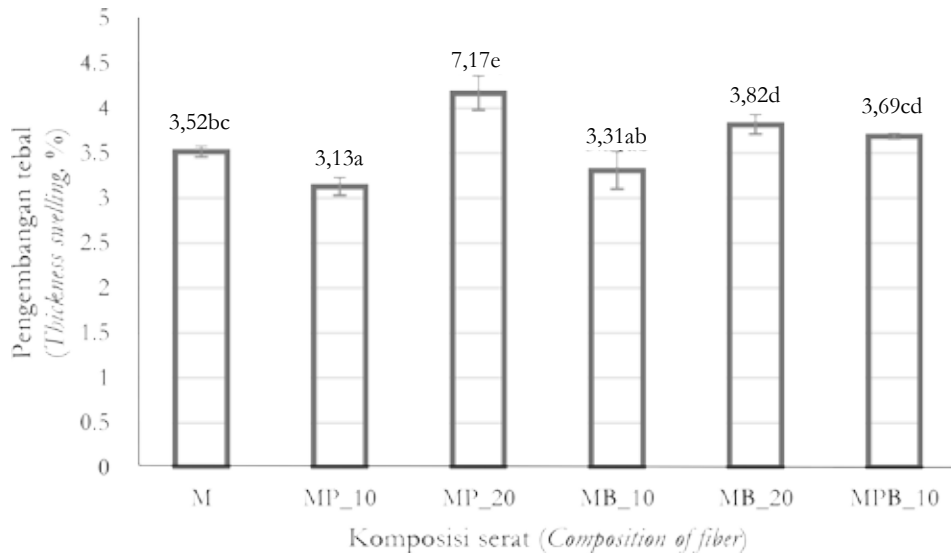
Kestabilan dimensi papan MDF dengan perekat asam malat pada semua perlakuan disebabkan adanya ikatan silang antara kelompok karboksil dari asam malat dengan kelompok hidroksil dari selulosa dan atau hemiselulosa membentuk ikatan ester. Menurut Vukusic et al. (2006) reaksi ikatan silang asam polikarboksilat dengan kelompok hidroksil dapat menurunkan sifat higroskopis kayu terutama sifat kembang susutnya.



Keterangan (Remark): Garis vertikal yang melewati bar menunjukkan standar deviasi, nilai rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan ($p < 0,01$) (Vertical line through the bars represent standard deviation, mean value with different letters are statistically different according to the Duncan test ($p < 0,01$)).

Gambar 1. Penyerapan air papan serat kerapatan sedang dengan perekat asam malat pada beberapa komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung.

Figure 1. Water absorption of medium density fiberboards with malic acid adhesive on several mixed fiber composition of mahang wood, pine wood and petung bamboo.



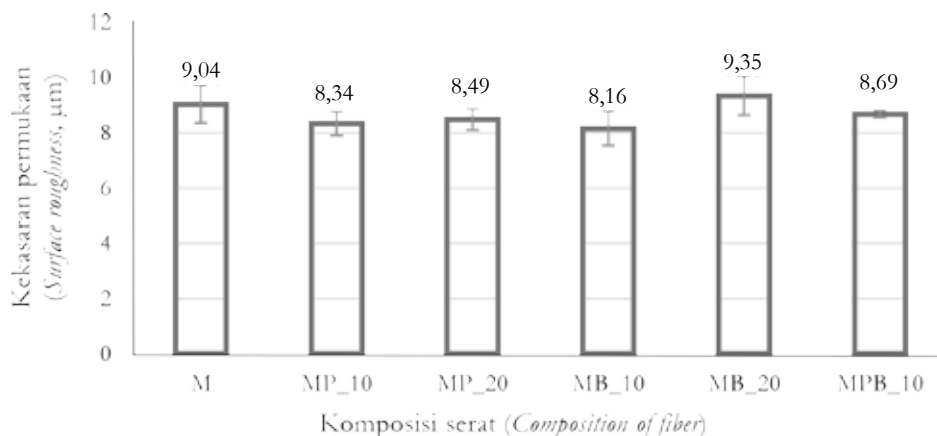
Keterangan (Remarks): Garis vertical yang melewati bar menunjukkan standar deviasi, nilai rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan ($p < 0,01$) (Vertical line through the bars represent standard deviation, mean value with different letters are statistically different according to the Duncan test ($p < 0,01$)).

Gambar 2. Pengembangan tebal papan serat kerapatan sedang dengan perekat asam malat pada beberapa komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung.
Figure 2. Thickness swelling of medium density fiberboards with malic acid adhesive on several mixed fiber composition of mahang wood, pine wood and petung bamboo.

C. Sifat Kekasaran Permukaan Papan Serat

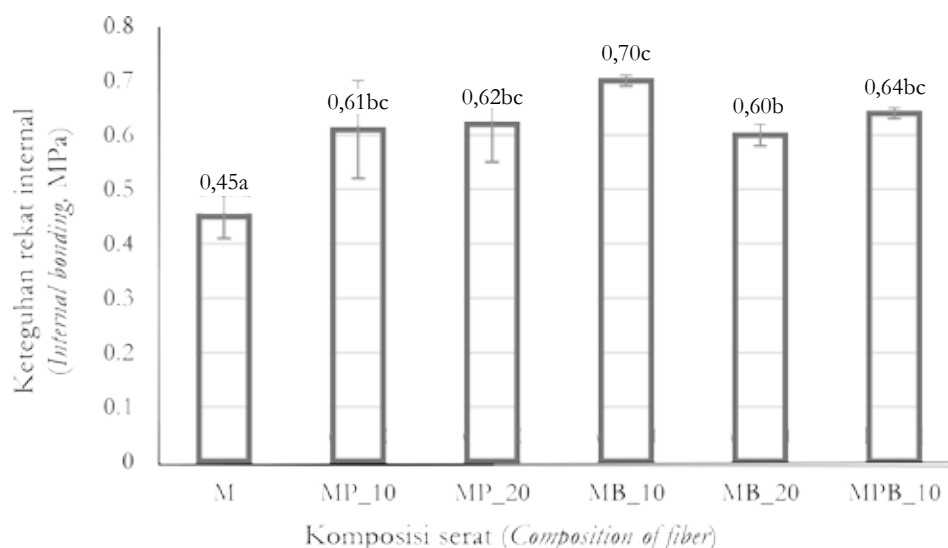
Berdasarkan hasil analisis uji keragaman anova (Tabel 4), parameter sifat kekasaran permukaan papan serat tidak dipengaruhi oleh perlakuan komposisi campuran serat yang diberikan. Pada

Gambar 3, terlihat bahwa nilai rata-rata sifat kekasaran permukaan papan serat berkisar antara 8,16-9,35 μm . Permukaan papan serat paling halus terdapat pada perlakuan komposisi campuran serat kayu mahang 90%: bambu petung 10% dan permukaan papan serat terkasar



Keterangan (Remarks): Garis vertical yang melewati bar menunjukkan standar deviasi (Vertical line through the bars represent standard deviation).

Gambar 3. Kekasaran permukaan papan serat kerapatan sedang dengan perekat asam malat pada beberapa komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung. Garis vertical yang melewati bar menunjukkan standar deviasi.
Figure 3. Surface roughness of medium density fiberboards with malic acid adhesive on several mixed fiber composition of mahang wood, pine wood and petung bamboo.



Keterangan (Remarks): Garis vertical yang melewati bar menunjukkan standar deviasi, nilai rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan ($p < 0,01$) (Vertical line through the bars represent standard deviation, mean value with different letters are statistically different according to the Duncan test ($p < 0,01$)).

Gambar 4. Keteguhan rekat internal papan serat kerapatan sedang dengan perekat asam malat pada beberapa komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung.

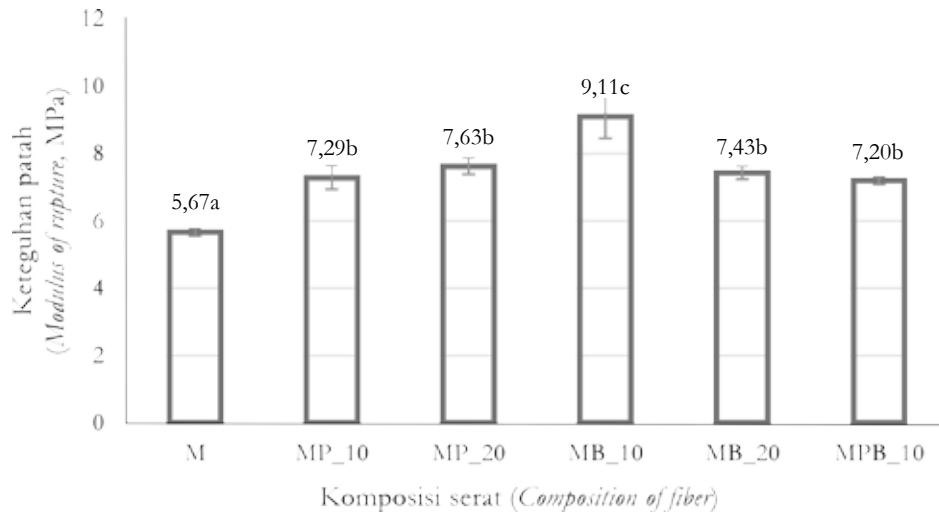
Figure 4. Internal bonding of medium density fiberboards with malic acid adhesive on several mixed fiber composition of mahang wood, pine wood and petung bamboo.

pada perlakuan serat kayu mahang 80%: bambu petung 20%. Hal ini karena serat bambu petung memiliki kekasaran serat yang paling tinggi, dapat dilihat dari nilai derajat giling serat pada Tabel 3. Kualitas kekasaran permukaan papan panel selain dipengaruhi jumlah kadar perekat, juga dipengaruhi oleh tipe bahan, tekanan kempa, dan kerapatan papan (Nemli, Ozturk, & Ayudin, 2005). Menurut Hiziroglu dan Suzuki (2007) nilai rata-rata kekasaran permukaan papan serat yang ada di pasaran berkisar antara 3,67–5,46 μm .

D. Sifat Mekanika Papan Serat

Berdasarkan hasil analisis keragaman anova (Tabel 5) penambahan serat kayu pinus dan atau bambu petung memberikan pengaruh yang nyata terhadap sifat mekanika papan MDF kayu mahang dengan perekat asam malat. Nilai rata-rata keteguhan rekat internal papan MDF dengan perekat asam malat pada beberapa komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung disajikan pada Gambar 4. Penambahan serat kayu pinus dan atau serat bambu petung mampu meningkatkan keteguhan rekat internal papan MDF kayu mahang dengan

perekat asam malat dan juga meningkatkan tipe papan dari tipe 25 menjadi tipe 30 berdasarkan standar JIS 5905–2003. Pemberian atau penambahan serat bambu petung sebesar 10% atau komposisi campuran serat kayu mahang 90% : bambu petung 10% mampu meningkatkan nilai keteguhan rekat internal sebesar 0,5 kali dibandingkan dengan papan serat kayu mahang 100%, sedangkan perlakuan komposisi campuran serat lainnya hanya mampu meningkatkan nilai keteguhan rekat internal sekitar 0,3 kali. Hal ini disebabkan penambahan serat bambu petung sebesar 10% dapat melengkapi distribusi penyebaran serat yang semula didominasi oleh serat pendek dari kayu mahang seperti pada Tabel 3. Hal ini serupa dengan hasil penelitian Benthien et al. (2014) bahwa semua sifat papan MDF akan meningkat seiring dengan meningkatnya panjang serat bahan papan yang digunakan, akan tetapi kombinasi serat panjang dan pendek yang optimum akan memiliki nilai keteguhan rekat internal yang tinggi. Tabel 4 menunjukkan kandungan holoselulosa (α selulosa dan hemiselulosa) serat bambu lebih tinggi dari serat kayu pinus, tinggi rendahnya kandungan holoselulosa mempengaruhi kualitas

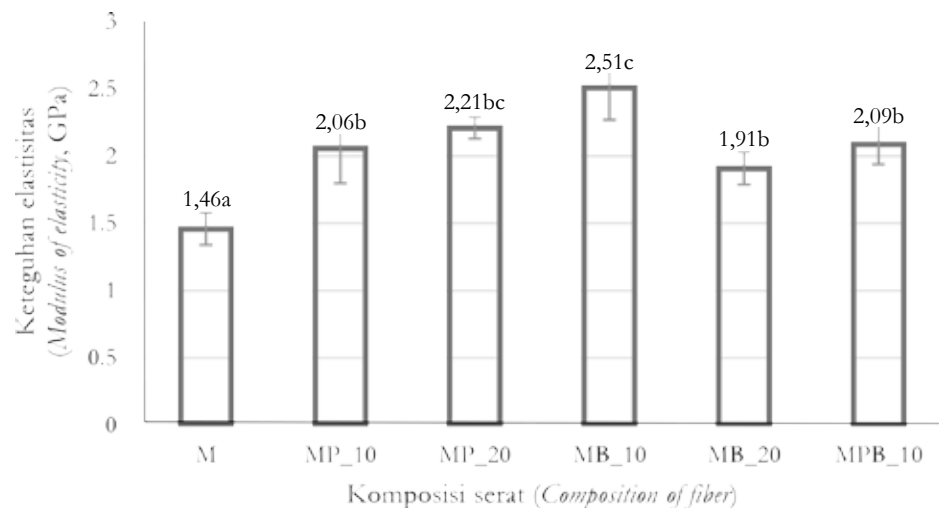


Keterangan (Remarks): Garis vertikal yang melewati bar menunjukkan standar deviasi, dan nilai rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan ($p < 0,01$). (Vertical line through the bars represent standard deviation, mean value with different letters are statistically different according to the Duncan test ($p < 0,01$)).

Gambar 5. Keteguhan patah papan serat kerapatan sedang dengan perekat asam malat pada beberapa komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung
Figure 5. Modulus rupture of medium density fiberboards with malic acid adhesive on several mixed fiber composition of mahang wood, pine wood and petung bamboo

perekatan antara gugus karboksil dari asam malat dengan gugus hidroksil dari holoselulosa bahan serat untuk membentuk ikatan ester. Menurut (Umemura et al., 2013) ikatan ester antara

kelompok karboksil dari asam polikarboksilat dengan kelompok hidroksil dari kayu atau non kayu menyebabkan terjadinya ikatan yang kuat antara kedua bahan.



Keterangan (Remarks): Garis vertikal yang melewati bar menunjukkan standar deviasi, nilai rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan ($p < 0,01$). (Vertical line through the bars represent standard deviation, mean value with different letters are statistically different according to the Duncan test ($p < 0,01$)).

Gambar 6. Keteguhan elastisitas papan serat kerapatan sedang dengan perekat asam malat pada beberapa komposisi campuran serat kayu mahang, kayu pinus dan bambu petung.
Figure 6. Modulus elasticity of medium density fiberboards with malic acid adhesive on several mixed fiber composition of mahang wood, pine wood and petung bamboo.

Pengaruh penambahan serat panjang kayu pinus dan atau bambu petung terhadap nilai keteguhan patah dan elastisitas papan MDF kayu mahang dengan perekat asam malat secara umum dapat meningkatkan sifat papan MDF yang dihasilkan. Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan hubungan antara penambahan serat panjang dari serat jenis kayu pinus dan serat bambu petung terhadap nilai keteguhan statis papan MDF kayu mahang dengan perekat asam malat. Nilai keteguhan statis papan MDF kayu mahang meningkat sangat nyata berdasarkan uji statistik. Peningkatan tertinggi terjadi pada perlakuan penambahan serat bambu petung sebanyak 10% yaitu 0,6–0,7 kali. Hal ini karena serat bambu petung memiliki *aspect ratio* paling tinggi dibandingkan dengan serat kayu pinus dan kayu mahang, seperti terlihat pada Tabel 2. Menurut Ayrilmis (2002) semakin tinggi *aspect ratio* serat penyusun papan, nilai MOE dan MOR papan MDF semakin meningkat.

Penambahan serat panjang dalam pembuatan papan MDF kayu mahang dengan perekat asam malat mampu meningkatkan tipe papan MDF berdasarkan standar JIS 5905–2003, yaitu dari tipe 15 menjadi tipe 25 bahkan ada yang meningkat menjadi tipe 30 untuk sifat keteguhan elastisitasnya. Namun peningkatan tipe papan MDF kayu mahang dengan perekat asam malat tidak terjadi pada sifat keteguhan patahnya. Peningkatan tipe standar papan MDF kayu mahang dengan perekat asam malat hanya terjadi pada keteguhan elastis disebabkan adanya asam di dalam papan serat. Menurut Kusumah et al. (2017) kehadiran asam dalam papan panel dapat menyebabkan bahan kelihatan kaku dan rapuh sehingga keteguhan elastisitas papan meningkat sedangkan keteguhan patahnya menurun.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penambahan serat panjang dari serat kayu pinus dan bambu petung mampu meningkatkan semua sifat fisika dan mekanika papan MDF kayu mahang dengan perekat asam malat, kecuali terhadap sifat kekasaran permukaan papan serat. Perlakuan penambahan serat bambu petung sebesar 10%

mampu meningkatkan nilai keteguhan lengkung statis papan MDF kayu mahang sebesar 0,6–0,7 kali sedangkan penambahan serat kayu pinus 10% hanya meningkatkan nilai keteguhan statis sebesar 0,3–0,4 kali. Penambahan serat bambu petung sebanyak 10% adalah komposisi yang paling baik dengan nilai keteguhan rekat internal 0,7 MPa, keteguhan patah 9,11 MPa, dan keteguhan elastis 2,51 GPa. Semua nilai tersebut memenuhi standar JIS A 5905 tipe 30, kecuali nilai keteguhan patah yang tidak masuk tipe tersebut namun masuk dalam standar JIS A 5905 tipe 5.

B. Saran

Perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk dapat meningkatkan sifat keteguhan patah papan serat kerapatan sedang dengan perekat asam malat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Eko Sutrisno, SP dan Andi Mandala Putra atas bantuannya dalam pembuatan serat pulp termomekanik kayu mahang, kayu pinus, dan bambu petung

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain dan rancangan percobaan dilakukan oleh AW, TAP, RW dan GS. Pengambilan data dilakukan oleh AW. Analisis data dilakukan oleh AW dan penulisan manuskrip dilakukan oleh AW. Perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh AW, TAP, RW, dan GS.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, H. A., Paridah, M. T., Sahri, M. H., Anwar, U. M. K., & Astimar, A. A. (2013). Properties of medium density fibreboard (MDF) from kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) core as function of refining conditions. *Composites Part B: Engineering*. doi: 10.1016/j.compositesb.2012.02.029
- American Standard Testing and Material. (2006). *Annual book of ASTM Standards. Volume 04. 10 Wood. Section 4*. Philadelphia.

- Ayrilmis, N. (2002). Effect of tree species on some mechanical properties of MDF. *Journal of Forestry Faculty of Istanbul University*, 52, 125–146.
- Benthien, J. T., Bähnisch, C., Heldner, S., & Ohlmeyer, M. (2014). Effect of fiber size distribution on medium density fiberboard properties caused by varied steaming time and temperature of defibration process. *Wood and Fiber Science*, 46(2), 175–185.
- Benthien, J. T., Heldner, S., & Ohlmeyer, M. (2017). Investigation of the interrelations between defibration conditions, fiber size and medium-density fiberboard (MDF) properties. *European Journal of Wood and Wood Products*, 75(2), 215–232. doi: 10.1007/s00107-016-1094-2.
- Groom, L., Mott, L., & Shaler, S. (1999). Relationship between fiber furnish properties and structural performance of MDF. In *International particleboard/composite material symposium*. Washington, USA: Pullman.
- Hiziroglu, S., & Suzuki, S. V. (2007). Evaluation of surface roughness of commercially manufactured particleboard and medium density fiberboard in Japan. *Journal of Material Process Technology*, 184(1–3), 436–440.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). (2012). Chemical agents and related occupations. A review of human carcinogens. Volume 100 F: WHO. France.
- Japanese Standard Association. (2003). *Japanese Industrial Standard for Fiberboards A 5905*.
- Krisdianto, Sumarni, G., & Ismanto, A. (2015). Sari hasil penelitian bambu. Diakses dari www.dephut.go.id/INFORMAsi/litbang/teliti/bambu.html. pada tanggal 30 Maret 2017.
- Kusumah, S. S., Umemura, K., Guswenrivo, I., Yoshimura, T., & Kanayama, K. (2017). Utilization of sweet sorghum bagasse and citric acid for manufacturing of particleboard II: influences of pressing temperature and time on particleboard properties. *Journal of Wood Science*, 63(2), 161–172. doi: 10.1007/s10086-016-1605-0.
- Kusumah, S. S., Umemura, K., Yoshioka, K., Miyafuji, H., & Kanayama, K. (2016). Utilization of sweet sorghum bagasse and citric acid for manufacturing of particleboard I: Effects of pre-drying treatment and citric acid content on the board properties. *Industrial Crops and Products*, 84, 34–42. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.01.042.
- Marsoem, S. (2012). Buku ajar : Pulp dan kertas. Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Myers, G. C. (1983). Characterization of fiberboard pulp. *Forest Product Journal*, 33(10), 43–51.
- Nemli, G., Ozturk, I., & Ayudin, A. (2005). Some of the parameters influencing surface roughness of particleboard. *Building and Environment*, 40, 1337–1340. doi: 10.1016/j.buildenv.2004.12.008.
- Roffael, E. (1993). Formaldehyde release from particle board and other wood based panels. FRIM Kepong, Kuala Lumpur.
- Shi, J. I., Zhang, S. Y., & Riedl, B. (2006). Multivariate modeling of MDF panel properties in relation to wood fiber characteristics. *Holzforschung*, 60, 285–293.
- Sudjana. (2002). *Desain dan analisis eksperimen*. Bandung: PT. Transito.
- Sugawara, R., & Umemura, K. (2014). Bonding composition and board. United States Patent. No. US 2014/0011042 A1.

- Suhartati, Mindawati, N., & Aprianis, Y. (2013). Jenis pohon potensial bahan baku pulp di wilayah Sumatera bagian barat. Bogor: Puslitbang Peningkatan Produktivitas Hutan, Badan Litbang-Kementerian Kehutanan, Bogor.
- Syamani, F., & Munawar, S. S. (2013). Eco friendly board from oil palm frond and citric acid. *Wood Research Journal*, 4(2), 72–75.
- Umemura, K., Sugihara, O., & Kawai, S. (2013). Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard. *Journal of Wood Science*, 59(3), 203–208. doi: 10.1007/s10086-013-1326-6.
- Umemura, K., Ueda, T., Munawar, S. S., & Kawai, S. (2011). Application of citric acid as natural adhesive for wood. *Journal of Applied Polymer Science*, 123, 1991–1996. doi: 10.1002/app.
- Vukusic, S., Katovic, D., Schramm, C., Trajkovic, J., & Sefc, B. (2006). Polycarboxylic acids as non-formaldehyde anti-swelling agents for wood. *Holzforschung*, 60, 439–444.
- Wahyudi, A., Prayitno, T. A., Widyorini, R., & Sutapa, J. P. (2018). Pengaruh jumlah perekat asam malat terhadap sifat papan serat kerapatan sedang kayu mahang. In N. Masruchi (Ed.), *Prosiding ilmiah Nasional Seminar Ligoselulosa 2018* (pp. 127–132). Bogor, Indonesia.
- Widyorini, R., Dewi, G. K., Nugroho, W., Prayitno, T. A., Jati, A. S., & Tejolaksono, M. (2018). Properties of citric acid bonded composite board from elephant dung fibers. *Journal Korean Wood Science Technology*, 46(2), 132–142.
- Widyorini, R., Umemura, K., Isnain, R., Putra, D., Awaludin, A., & Prayitno, T. A. (2016). Manufacture and properties of citric acid-bonded particleboard made from bamboo materials. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74(1), 57–65. doi: 10.1007/s00107-015-0967-0.
- Xing, C., Deng, J., & Zhang, S. Y. (2007). Effect of thermo-mechanical refining on properties of MDF made from black spruce bark. *Wood Science Technology*, 41, 329–338. doi: 10.1007/s00226-006-0108-3.