

Mutu Papan Partikel Pelepah Salak Tiga Lapis Berperekat Asam Sitrat
(The Quality of Citric Acid Bonded Three Layered Particle Board of Snake Fruit Frond)

Bangun Dwi Prasetyo¹⁾, Ragil Widyorini^{2*}, Tibertius Agus Prayitno²

¹Mahasiswa Program Pascasarjana Prodi Ilmu Kehutanan Universitas Gadjah Mada

²Staff Pengajar Bagian Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan
Universitas Gadjah Mada

*Corresponding author: rwidyorini@gmail.com

Abstract

Salacca (snack fruit) frond is a non-timber alternative for the production of composite boards. The study was aimed to determine the interaction between pressing time and shelling ratio on the quality of three layered particle board of salacca frond bonded with natural citric acid. Snack fruit frond composite boards of (25x25x1) cm³ were made at pressing temperature of 180 °C, specific pressure of 3 MPa, and target density of 0.8 g cm⁻³. A completely randomized factorial design was used with two factors, namely pressing times (10 and 15 minute) and shelling ratio of surface and core layer (10:90, 20:80 and 30:70%). Physical and mechanical properties of composite boards were tested based on JIS A 5908: 2003 standard. Results showed that the physical and mechanical properties were improved with increasing pressing time. The increase of shelling ratio between surface layer and core layer positively influenced mechanical properties, however negatively influenced dimension stability and moisture content. The optimal properties of three-layered snake fruit frond particle board were achieved with 15 min pressing time and 20:80% shelling ratio.

Keywords: citric acid, particleboards, pressing time, salacca fronds, shelling ratio

Abstrak

Pelepah salak dapat dijadikan bahan alternatif dalam pembuatan papan partikel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu kempa dan *shelling ratio* terhadap kualitas papan partikel pelepah salak tiga lapis dengan perekat asam sitrat. Papan partikel pelepah salak berukuran (25x25x1) cm³ dibuat pada suhu pengempaan 180 °C, tekanan spesifik 3 MPa, dan target kerapatan 0,8 g cm⁻³. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan faktor waktu kempa (10 dan 15 menit) dan *shelling ratio* lapisan permukaan dengan lapisan inti (10:90, 20:80 dan 30:70%). Sifat fisis dan mekanis papan partikel diuji berdasarkan Standar JIS A 5908:2003. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perbaikan semua sifat fisis dan mekanis papan seiring dengan meningkatnya waktu kempa. Peningkatan *shelling ratio* antara lapisan permukaan dan lapisan inti berpengaruh positif terhadap sifat mekanis, namun memberikan pengaruh negatif terhadap stabilitas dimensi dan kadar air. Sifat optimal papan partikel pelepah salak tiga lapis diperoleh dari perlakuan waktu kempa 15 menit dan *shelling ratio* antara lapisan permukaan dan lapisan inti 20:80%.

Kata kunci: asam sitrat, papan partikel, pelepah salak, *shelling rasio*, waktu kempa

Pendahuluan

Penggunaan bahan non kayu mulai dipertimbangkan dalam pembuatan papan partikel, seperti penggunaan limbah pertanian dan serat non kayu karena ramah lingkungan dan menguntungkan secara ekonomi (Nemli 2003, Ghalehno *et al.* 2011, 2013). Pelepah salak merupakan salah satu bahan non kayu yang belum banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan papan partikel. Potensi pelepah salak sebagai bahan baku pembuatan papan partikel cukup besar mengingat luas perkebunan salak di Indonesia pada tahun 2012 mencapai 26944 Ha dan dalam pemeliharaan salak dilakukan pemangkasan 2-3 pelepah per rumpun setiap 2 bulan (Kaliky *et al.* 2006, Kementerian Pertanian 2015).

Kesadaran lingkungan mendorong industri mencari bahan baru termasuk perekat yang ramah lingkungan. Asam sitrat merupakan salah satu alternatif bahan perekat alam yang dapat dikembangkan dalam pembuatan papan partikel ramah lingkungan (Umemura *et al.* 2012a, b, 2014, Widyorini *et al.* 2014, 2016). Penggunaan asam sitrat sebagai perekat/ pengikat pada papan partikel dari pelepah salak belum pernah diteliti.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanis yaitu dengan membuat pelapisan. Peningkatan perbandingan antara lapisan permukaan dan lapisan inti (*shelling ratio*) pada pembuatan papan partikel tiga lapis dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis dari papan partikel yang dihasilkan (Nemli 2003, Grigoriou *et al.* 2000, Srinivasa *et al.* 2011, Maulana *et al.* 2016, 2017). Selain pelapisan, waktu kempa merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitas papan partikel. Ghalehno *et al.* (2013) melaporkan

bahwa peningkatan waktu kempa dan *shelling ratio* menghasilkan papan partikel dengan mutu yang lebih baik. Penelitian ini menekankan peningkatan sifat mekanis papan partikel tiga lapis dengan menambahkan serat pelepah salak pada lapisan permukaan dengan berbagai *shelling ratio* dan waktu kempa.

Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelepah salak yang diperoleh dari perkebunan milik petani yang berada di Pakem, Sleman, Yogyakarta. Pelepah salak berumur 22 tahun (tahun tanam 1994), diambil 2 – 3 pelepah tiap rumpun pada posisi pelepah paling luar (bawah) rumpun. Pelepah salak dibagi menjadi 2 bagian. Bagian pertama, pelepah salak dipotong dan digerinder menjadi partikel. Ukuran partikel yang digunakan pada penelitian ini adalah lolos 10 mesh dan tertahan 60 mesh. Partikel ini selanjutnya dibuat sebagai lapisan inti. Bagian kedua, pelepah salak direndam dalam air pada suhu ruangan selama kurang lebih 2 minggu sampai melunak. Setelah itu, pelepah disisir untuk mendapatkan serat, dipotong sepanjang 25 ± 5 mm dan digunakan sebagai lapisan permukaan. Kebutuhan partikel disesuaikan dengan dimensi papan yang dibuat yaitu $(25 \times 25 \times 1) \text{ cm}^3$ dan target kerapatan yang dituju yaitu $0,8 \text{ g cm}^{-3}$. Partikel yang sudah siap kemudian dicampur dengan asam sitrat sebanyak 20% dari berat kering udara partikel. Partikel yang sudah dicampur dengan asam sitrat dioven pada suhu 80°C untuk memperoleh kadar air sekitar 2–5 %.

Papan partikel tiga lapis dibuat dengan menambahkan serat salak pada lapisan permukaan dengan *shelling ratio* 10:90, 20:80, dan 30:70 % dan waktu kempa masing-masing selama 10 dan 15 menit. Pengempaan dilakukan dengan tekanan

spesifik 3 MPa pada suhu kempa 180 °C. Percobaan dilakukan dengan 3 ulangan sehingga diperlukan 18 buah papan partikel. Papan kontrol satu lapis dibuat dengan waktu kempa 10 menit pada *shelling ratio* 0:100% dan 100:0%. Kontrol masing-masing diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperlukan 6 buah papan kontrol. Pengkondisian papan dilakukan selama ± 1 minggu dan diuji menurut Standar JIS A 5908: 2003. Sifat fisis yang diuji adalah pengembangan tebal, penyerapan air, dan kerapatan. Sifat mekanis yang diuji adalah modulus patah, modulus elastisitas, kekuatan rekat internal. Sampel uji berukuran (5x5x1) cm³ untuk pengujian pengembangan tebal, penyerapan air, kerapatan dan kekuatan rekat internal. Sampel uji berukuran (20x5x1) cm³ untuk pengujian modulus patah dan modulus elastisitas. Nilai kekasaran permukaan rata-rata diukur berdasarkan nilai kekasaran rata-rata (Ra) dengan menggunakan alat penguji kekasaran permukaan SRG-400. Pengujian kekasaran permukaan menggunakan sampel uji modulus patah. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan di tiga titik pada masing-masing permukaan sebelum dilakukan pengujian modulus patah. Tabel 1 menunjukkan variabel faktor yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1 Variabel faktor perlakuan yang digunakan dalam penelitian

Kode Papan	Faktor waktu kempa (menit)	Faktor <i>shelling ratio</i> lapisan permukaan (serat salak) : lapisan inti (partikel salak)(%)
A	10	10:90
B	10	20:80
C	10	30:70
D	15	10: 90
E	15	20: 80
F	15	30: 70
G	10	0:100
H	10	100: 0

Hasil dan Pembahasan

Papan partikel pelepah salak tiga lapis yang dibuat tidak mengalami delaminasi. Nilai rata-rata kerapatan dan kadar air papan partikel yang dihasilkan dalam penelitian ini masing-masing berkisar antara 0,794–0,851 g cm⁻³ dan 5,805–7,007%. Peningkatan waktu kempa menurunkan kerapatan dan kadar air, sedangkan peningkatan *shelling ratio* meningkatkan kerapatan dan kadar air papan partikel yang dihasilkan. Papan kontrol G menunjukkan nilai kerapatan yang lebih rendah dan kadar air yang lebih tinggi daripada papan yang dibuat dengan perlakuan, sedangkan papan kontrol H menunjukkan nilai kerapatan yang lebih tinggi dan kadar air yang lebih tinggi dari papan yang dibuat dengan perlakuan.

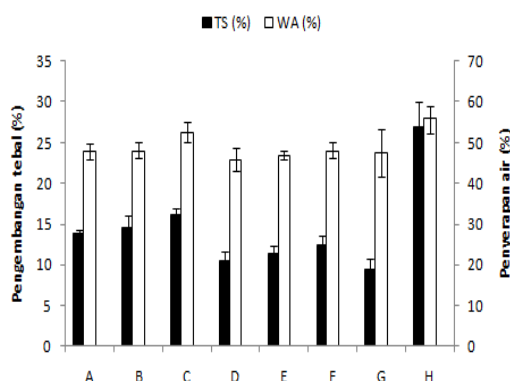
Pengembangan tebal dan penyerapan air

Sifat pengembangan tebal dan penyerapan air seringkali dikaitkan dengan stabilitas dimensi dari papan partikel tersebut. Hal ini disebabkan kedua sifat inilah yang menjadi tolak ukur kemampuan suatu papan partikel untuk mempertahankan dimensi semula setelah direndam di dalam air atau perubahan kondisi udara sekitar ketika papan tersebut digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata pengembangan tebal papan partikel pelepah salak berkisar antara 10,473–16,230%. Hanya pada kombinasi waktu kempa 15 menit dengan *shelling ratio* 10:90 dan 20:80% yang memenuhi standar JIS A 5908:2003. Nilai rata-rata penyerapan air papan partikel berkisar antara 45,926–52,581%. Papan kontrol G menunjukkan nilai pengembangan tebal dan penyerapan air yang lebih rendah daripada perlakuan, sedangkan papan kontrol H menunjukkan nilai

pengembangan tebal dan penyerapan air yang lebih tinggi daripada perlakuan.

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara pengaruh perlakuan terhadap nilai stabilitas dimensi papan partikel. Dilihat dari stabilitas dimensinya yang ditunjukkan dari nilai pengembangan tebal dan penyerapan air, nampaknya jelas bahwa peningkatan waktu kempa memperbaiki stabilitas papan partikel pelepah salak tiga lapis yang dihasilkan. Hal ini diduga disebabkan oleh waktu kempa yang tidak cukup untuk menguapkan jumlah air dari mat akan menghalangi pengerasan perekat dari lapisan inti sehingga kontak antar partikel pada lapisan inti menurun dan penyerapan air dalam pori antar partikel meningkat (Akbulut 1995 diacu dalam Nemli 2002, Nemli *et al.* 2007).

Peningkatan *shelling ratio* menurunkan stabilitas dimensi. Hal ini diduga papan partikel dengan penambahan serat pada lapisan permukaan yang lebih banyak menghasilkan peningkatan kerapatan sehingga nilai stabilitas dimensi meningkat dan serat yang lebih panjang memiliki kemampuan untuk melepaskan tegangan setelah pengempaan (*springback*) lebih tinggi daripada serat

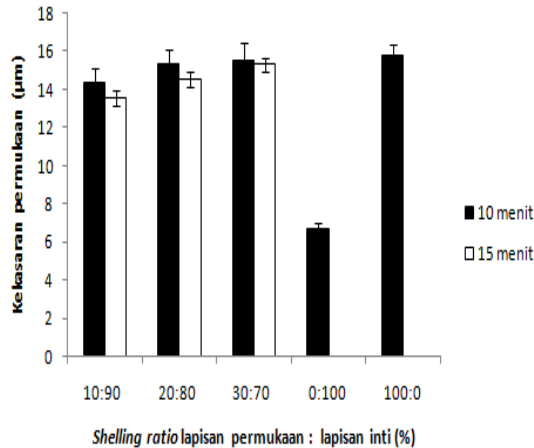


Gambar 1 Histogram nilai stabilitas dimensi papan partikel pelepah salak tiga lapis.

yang lebih pendek (Shmulsky & Jones, 2011, Ali *et al.* 2014). Nilai optimal diperoleh pada kombinasi perlakuan waktu kempa 15 menit dan *shelling ratio* 20:80% dengan nilai pengembangan tebal dan penyerapan air masing-masing sebesar 11,416 dan 47,063 %.

Kekasaran permukaan

Kekasaran permukaan dinyatakan dengan parameter nilai *Ra* (*Roughness average*). Nilai rata – rata kekasaran permukaan papan partikel pelepah salak tiga lapis berkisar antara 13,536 – 15,466 μm . Papan kontrol G memiliki permukaan yang lebih halus dari permukaan papan dengan perlakuan, sedangkan papan kontrol H memiliki permukaan yang lebih kasar dari permukaan papan dengan perlakuan. Gambar 2 menunjukkan hubungan pengaruh perlakuan terhadap nilai kekasaran permukaan. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan waktu kempa menghasilkan kekasaran yang lebih rendah. Peningkatan waktu kempa dapat memperbaiki kekasaran permukaan yang karena lapisan permukaan yang lebih terpadatkan, pengerasan yang baik dari perekat, dan penguapan air yang lebih efektif (Nemli *et al.* 2007). Peningkatan *shelling ratio* menghasilkan permukaan yang semakin kasar. Penggunaan partikel yang lebih kecil memberikan pengaruh positif terhadap kekasaran permukaan, penggabungan dari partikel yang lebih homogen dan seragam, menurunkan ruang kosong antar partikel sehingga akan menghasilkan permukaan yang lebih halus, (Nemli *et al.* 2007, Hashim *et al.* 2010, Marashdeh *et al.* 2011). Hiziroglu dan Suzuki (2007) menyebutkan bahwa nilai kekasaran papan partikel komersial sebesar 3,67–5,46 μm . Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekasaran permukaan papan yang

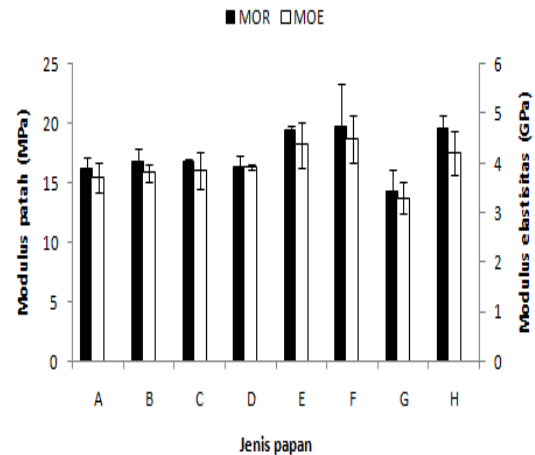


Gambar 2 Histogram nilai kekasaran permukaan papan partikel pelepah salak tiga lapis.

dihasilkan masih berada jauh di atas papan partikel komersial. Nilai optimal diperoleh pada kombinasi perlakuan 15 menit dan shelling ratio 20:80% dengan nilai kekasaran permukaan sebesar 14,548 µm.

Keteguhan lengkung statis

Nilai keteguhan lengkung statis meliputi modulus patah dan modulus elastisitas. Nilai rata-rata modulus patah papan partikel pelepah salak tiga lapis berkisar 16131–19725 MPa. Papan kontrol G menunjukkan nilai modulus patah yang lebih rendah daripada perlakuan, sedangkan papan kontrol H menunjukkan nilai modulus patah yang lebih tinggi daripada perlakuan. Kombinasi faktor waktu kempa 10 menit pada semua *shelling ratio* serta kombinasi waktu kempa 15 menit pada *shelling ratio* 10:90 memenuhi standar JIS A 5908: 2003 tipe 13. Kombinasi faktor waktu kempa 15 menit pada *shelling ratio* 20:80 dan 30:70 dapat memenuhi standar JIS A 5908: 2003 tipe 18. Nilai rata-rata modulus elastisitas papan partikel pelepah salak tiga lapis berkisar antara 3710–4494 GPa. Semua



Gambar 3 Histogram nilai keteguhan lengkung statis papan partikel pelepah salak tiga lapis.

nilai modulus elastisitas yang dihasilkan memenuhi standar JIS A 5908: 2003 tipe 18. Papan kontrol G menunjukkan nilai modulus elastisitas yang lebih rendah daripada perlakuan, sedangkan papan kontrol H menunjukkan nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada perlakuan.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara pengaruh perlakuan dan nilai keteguhan lengkung statis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan waktu kempa menghasilkan peningkatan nilai keteguhan lengkung statis. Peningkatan waktu kempa memberikan kontak antar partikel dan resin perekat yang cukup dan memadat, yang menyebabkan meningkatnya sifat mekanis papan. (Ghalehno *et al.* 2013). Hasil penelitian ini sama seperti yang dilaporkan oleh Tabarsa *et al.* (2011) yang menyebutkan bahwa semua sifat mekanis diperbaiki seiring peningkatan waktu kempa.

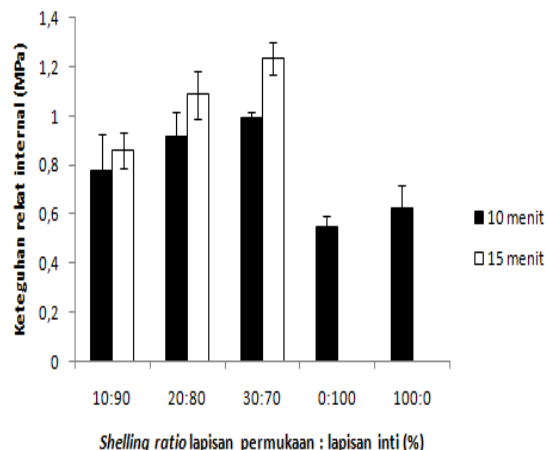
Peningkatan *shelling ratio* juga menghasilkan peningkatan nilai keteguhan lengkung statis yang dihasilkan. Partikel ideal untuk mengembangkan kekuatan dan stabilitas

dimensi ialah serpih tipis dengan ketebalan seragam atau *aspect ratio* yang tinggi seperti menggunakan (Maloney 1977, Khorami & Ganjian 2011, Shmulsky & Jones, 2011). Nilai keteguhan lengkung statis optimal diperoleh pada waktu kempa 15 menit dan *shelling ratio* 20:80% dengan nilai modulus patah dan modulus elastisitas masing-masing sebesar 19371 MPa dan 4368 GPa.

Keteguhan rekat internal

Nilai rata-rata keteguhan rekat internal papan partikel pelepah salak tiga lapis berkisar antara 0,775-1,236 MPa. keteguhan rekat internal papan kontrol G dan H lebih rendah dari keteguhan rekat internal papan dengan perlakuan. Keteguhan rekat internal papan kontrol H lebih tinggi dari keteguhan rekat internal papan kontrol G. Nilai keteguhan rekat internal yang dihasilkan memenuhi standar JIS A 5908: 2003 tipe 18. Gambar 4 menunjukkan hubungan antara pengaruh perlakuan dan nilai keteguhan rekat internal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan waktu kempa meningkatkan nilai keteguhan rekat internal. Semakin lamanya waktu kempa menyebabkan kontak antar partikel dan resin partikel menjadi lebih baik dan membentuk ikatan internal yang lebih kuat (Ghalehno *et al.* 2013).

Peningkatan *shelling ratio* menghasilkan peningkatan keteguhan rekat internal. Peningkatan penggunaan serat atau *shelling ratio* yang meningkat meningkatkan kerapatan lapisan permukaan sehingga dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis dari papan partikel (Nemli 2003, Kollmann 1975, Khorami & Ganjian 2011, Rofii *et al.* 2013). Nilai keteguhan rekat internal optimal diperoleh pada kombinasi waktu



Gambar 4 Histogram nilai keteguhan rekat internal papan partikel pelepah salak tiga lapis.

kempa 15 menit dan *shelling ratio* 20:80%

.Kesimpulan

Perlakuan waktu kempa dan *shelling ratio* berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel pelepah salak tiga lapis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua sifat fisis dan mekanis meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kempa. Peningkatan berpengaruh positif terhadap sifat mekanis namun memberikan pengaruh negatif terhadap stabilitas dimensi dan kadar air. Papan partikel pelepah salak tiga lapis optimal diperoleh dengan kombinasi perlakuan waktu kempa 15 menit dan *shelling ratio* lapisan permukaan dengan lapisan inti 20:80 %.

Ucapan terima kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui Pusat Pendidikan dan Pelatihan Kehutanan atas bantuan dana selama penelitian berlangsung.

Daftar Pustaka

- Ali I, Jayaraman J, Bhattacharyya D. 2014. Implications of Fiber Characteristics and Mat Densification on Permeability, Compaction, and Properties of Kenaf Fiber Panels. *Industrial Crops and Products* 61: 293 – 302.
- Ghalehno MD, Nazerian M, Bayatkashkoli A. 2011. Influence of Utilization of Bagasse in Surface Layer on Bending Strength of Three Layer Particleboard. *Eur. J. Wood Prod.* 69: 533 – 535.
- Ghalehno MD, Nazerian M, Bayatkashkoli A. 2013. Experimental Particleboard from Bagasse and Industrial Wood Particles. *International Journal of Agriculture and Crop Science*: 1626 - 1631.
- Grigoriou A, Passialis C, Voulgaridis E. 2000. Kenaf Core and Bast Fiber Chips as Raw Material in Production of One Layer Experimental Particleboards. *Holz als Roh und Werkstoff*. 58: 290 – 291.
- Hashim R, Saari N, Sulaiman O, Sugimoto T, Hiziroglu S, Sato M, Tanaka R. 2010. Effect of Particle Geometri on the Properties of Binderless Particleboard Manufactured from Oil Palm Trunk. *Materials and Design*. 31: 4251 – 4257.
- Hiziroglu S, Suzuki S. 2007. Evaluation of Surface Roughness of Commercially Manufactured Particleboard and Medium Density Fiberboard in Japan. *J. Material Processing Technology* 184: 436 – 440.
- Kaliky R, Widodo S, Hidayat N. 2006. *Persepsi Petani Terhadap Pemanfaatan Pelepah Daun Salak untuk Industri Pulp dan Konservasi Lingkungan Pertanaman Salak Pondoh di Kabupaten Sleman*. Prosiding Temu Teknis Nasional TenagaFungsional Pertanian 2006: 491 – 497. .
- Kementerian Pertanian (Kementan). 2015. Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Salak. http://aplikasi.pertanian.go.id/bdsp/hasil_ind.asp. [5 Januari 2015].
- Khorami M, Ganjian E. 2011. *Comparing Flexural Behavior of Fibre Cement Composites Reinforced Bagase: Wheat and Eucalyptus*. Construction and Build. Mater. 25: 3661 – 3667.
- Kollmann FFP, Kuenzi EW, Stamm AJ. 1975. *Principle of Wood Science and Technology Volume II- Wood Based Materials*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Maloney TM. 1977. *Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing*. San Fransisco, California: Miller Freeman Publication.
- Marashdeh MW, Hashim R, Tajuddin AA, Bauk S, Sulaiman O. 2011. Effect of Particle Size on the Charazterization of Binderless Particleboard Made from Rhizophora spp Mangrove Wood for Use as Phantom Material. *Bioresource* 6: 4028 – 4044.
- Maulana S, Purusatama BD, Wistara NJ, Sumardi I, Febrianto F. Pengaruh perlakuan *steam* pada *strand* dan *shelling ratio* terhadap sifat fisis dan

- mekanis *oriented strand board* bambu.. *JITKT* 14: (2) 136-143.
- Maulana S, Busyra I, Fatrawana A, Hidayat W, Sari RK, Sumardi I, Wistara INJ, Lee SH, Kim NH, Febrianto F. 2017. Effects of steam treatment on physical and mechanical properties of bamboo oriented strand board. *J Korean Wood Sci. Technol.* 45(6): 872-8822.
- Nemli G. 2002. Factor Affecting the Production of E₁ Type Particleboard. *Turk J. Agric. For.* 26: 31- 36.
- Nemli G. 2003. Effects of Some Manufacturing Factors on the Properties of Particleboard Manufactured from Alder (*Alnus glutinosa* Subs. Barbata). *Turk J. Agric. For.* 27: 99 – 104.
- Nemli G, Aydin I, Zekovic E. 2007. Evaluation of Some of the Properties of Particleboard as a Function of Manufacturing Parameters. *Material and Design* 28: 1169 – 1176.
- Rofii MN, Yumigeta S, Suzuki S, Prayitno TA. 2013. Effects of Shelling Ratio and Particle Characteristic on Physical Properties of Three Layered Particleboard Made From Different Wood Species. *Wood Research J.* 4: 25 – 30.
- Shmulsky R, Jones PD. 2011. *Forest Products an Wood Science An Introduction Sixth Edition*. UK: Wiley Blackwell.
- Srinivasa CV, Arifulla A, Goutham N, Santosh T, Jaeethendra HJ, Ravikumar RB, Anil SG, Kumar DGS, Ashish J. 2011. Static Bending and Impact Behaviour of Areca Fibers Composites. *Material and Design* 32: 2469 – 2475.
- Tabarsa T, Ashori A, Gholamzadeh M. 2011. Evaluation of Surface Roughness and Mechanical Properties of Particleboard Panels Made from Bagase. *Composites Part B* 42: 1330 – 1335
- Umemura K, Ueda T, Munawar SS, Kawai S. 2012a. Application of Citric Acid as Natural Adhesive for Wood. *J. of Applied Polymer Science* 123: 1991 – 1996.
- Umemura K, Ueda T, Kawai S. 2012b. Characterization of wood based molding bonded with citric acid. *J Wood Sci* 58: 38 – 45.
- Umemura K, Sugihara O, Kawai S. 2014. Investigation of a New natural Adhesived Composed of Citric Acid and Sucrose for Particleboard II: Effect of Board Density and Pressing Temperature. *J Wood Sci*: 1-5.
- Widyorini R, Yudha AP, Isnani R, Awaluddin A, Prayitno TA, Ngadianto A, Umemura K. 2014. Improving the Physico-Mechanical Properties of Eco-friendly Composite Made from Bamboo. *Advanced Materials Research* 896: 562-565
- Widyorini R, Umemura K, Isnani R, Putra DR, Awaluddin A, Prayitno TA. 2016. Manufacture and Properties of Citric Acid- bonded Particleboard Made from Bamboo Materials. *Eur. J. Wood Prod* 74: 57-65.
- Riwayat naskah:
Naskah masuk (*received*): 15 Maret 2017
Diterima (*accepted*): 24 Mei 2017