

PENGARUH KADAR PEREKAT PHENOL FORMALDEHIDA TERHADAP KEAWETAN PAPAN PARTIKEL BAMBU ANDONG *(The Influence of Phenol Formaldehyde Content on Durability of Andong Bamboo Particleboard)*

Wa Ode Muliastuty Arsyad & Deazy Rachmi Trisatya

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610, Telp. (0251) 8633378, Faks. (0251) 8633413
E-mail : waodemuliastuty@gmail.com

Diterima 22 Mei 2019, direvisi 27 Januari 2020, disetujui 3 Maret 2020

ABSTRACT

Bamboo is a very potential raw material for composite products. However, its susceptibility to moisture and organisms attack limits its utilization. This study examines the resistance of andong bamboo (Gigantochloa pseudoarundinacea (Steud.) Widjaja) particleboard against subterranean (Coptotermes curvignathus Holmgren) and dry-wood (Cryptotermes cynocephalus Light) termites attack. Particleboard with dimension of 35 cm x 35 cm x 1.5 cm were manufactured from bamboo waste and it was glued with varying Phenol Formaldehyde (PF) content of 8%, 10% and 12%. Specimens were tested according to the Indonesian standard (SNI 7207-2014). Results show that variation of PF content influence significantly into the weight loss of particleboard due to subterranean termite and dry-wood termite attacks. The differences of PF content also significantly influenced mortality of subterranean and dry-wood termites. Particleboard with 12% PF content had the lowest weight losses for subterranean termite (4.34%) and dry-wood termite (0.48%). Termite mortality was escalated with the increased PF content in particleboard. Bamboo particleboard with 12% PF content possessed highest termite mortalities of 71.5% and 76% for subterranean and dry-wood termites, respectively.

Keywords: Bamboo, particleboard, phenol formaldehyde, termite, waste

ABSTRAK

Bambu merupakan salah satu material yang mengandung lignoselulosa yang potensial dimanfaatkan sebagai produk majemuk, khususnya papan partikel. Pemanfaatan ini masih terbatas karena sifat sensitif bambu terhadap kelembapan dan rendahnya ketahanan terhadap serangan organisme perusak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan papan partikel yang dibuat dari limbah bambu andong (Gigantochloa pseudoarundinacea (Steud.) Widjaja) dengan menggunakan perekat phenol formaldehida (PF) terhadap serangan rayap tanah Coptotermes curvignathus Holmgren dan rayap kayu kering Cryptotermes cynocephalus Light. Papan partikel berukuran 35 cm x 35 cm x 1,5 cm dibuat menggunakan perekat PF dengan variasi kadar perekat 8%, 10% dan 12% dari berat kering partikel. Pengujian ketahanan papan partikel terhadap rayap tanah dan rayap kayu kering mengacu pada SNI 7207-2014. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan kadar perekat berpengaruh nyata terhadap penurunan berat papan partikel akibat serangan rayap tanah dan rayap kayu kering. Perbedaan kadar perekat juga berpengaruh nyata terhadap mortalitas rayap tanah dan rayap kayu kering. Papan partikel dengan kadar perekat PF 12% memiliki penurunan berat terendah yaitu 4,34% untuk rayap tanah dan 0,48% untuk rayap kayu kering. Mortalitas rayap meningkat dengan semakin bertambahnya kadar perekat PF dalam papan partikel. Papan partikel dengan kadar perekat 12% memiliki mortalitas rayap tertinggi, yaitu 71,5% untuk rayap tanah dan 76% untuk rayap kayu kering.

Kata kunci: Bambu, limbah, papan partikel, phenol formaldehida, rayap

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur dan perekatan mendukung perkembangan penggunaan produk komposit sebagai substitusi kayu solid. Produk komposit memiliki sifat fisis dan mekanis yang seringkali lebih baik dibandingkan kayu solid (Ferro, Almeida, Icimoto, & Lahr, 2016) dan lebih beragam bentuknya (Stark, Cai, & Carll, 2010). Papan partikel merupakan salah satu bentuk produk komposit yang dibuat dari partikel yang mengandung lignoselulosa. Material penyusun papan partikel yang berasal dari bahan berlignoselulosa harus memenuhi persyaratan ketahanan fisis, mekanis, dan biologis (de Melo, Stangerlin, Santana, & Pedrosa, 2015). Kegunaan papan partikel antara lain sebagai komponen furnitur, penyekat ruangan, dinding, konstruksi rumah dan produk-produk industri (Wang, Yang, Lin, Lin, & Tsai, 2008).

Limbah bambu merupakan bahan baku alternatif yang potensial untuk digunakan dalam produksi papan partikel. Sebagai material berlignoselulosa, bambu tidak tahan terhadap serangan serangga perusak kayu (Widyorini, Yudha, Lukmandaru, & Prayitno, 2015). Ketahanan papan partikel terhadap serangan rayap merupakan parameter penting untuk menilai kualitas produk karena besarnya kerusakan yang disebabkan oleh serangga perusak ini. Di Indonesia, rayap tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren) dan rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus* Light) merupakan dua jenis rayap yang sering menyerang bangunan kantor dan pemukiman. Kerugian akibat serangan rayap ini pada tahun 2000 mencapai 2,8 trilyun rupiah (Nandika, 2015).

Beberapa faktor yang mempengaruhi ketahanan papan partikel terhadap serangan rayap antara lain jenis material penyusun papan partikel, perlakuan material baku, jenis perekat serta keberadaan dan proporsi kayu gubal (Suhastman, Hadi, & Santoso, 2012). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa modifikasi serat dan penggunaan perekat dengan kinerja tinggi dapat menghasilkan produk komposit berbahan lignoselulosa yang berkualitas tinggi. (Köse et al., 2011). Penggunaan perekat PF pada papan partikel *Pinus caribea* dan *Pinus sylvestris* secara signifikan dapat meningkatkan ketahanan

terhadap serangan rayap tanah *Coptotermes gestroi* dan *Reticulitermes flavipes* (Gascon-Garrido, Militz, Mai, & Thévenon, 2015; Silva, Trevisan, Silva, & Floresta, 2010). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan papan partikel yang dibuat dari limbah bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea* (Steud.) Widjaja) dengan menggunakan perekat PF terhadap serangan rayap tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren dan rayap kayu kering *Cryptotermes cynocephalus* Light.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan utama bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea* (Steud.) Widjaja) diperoleh dari tanaman rakyat di daerah Jawa Barat. Bahan perekat yang digunakan dalam pembuatan papan partikel adalah perekat phenol formaldehida cair dengan *solid content* 46%, para formaldehida dan emulsi parafin. Bahan untuk pengujian ketahanan papan partikel adalah rayap tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren, rayap kayu kering *Cryptotermes cynocephalus* Light, pasir dan aquades.

B. Metode

1. Persiapan bahan

Partikel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan limbah pengolahan bambu andong yang dihasilkan dari proses penyerutan bilah bambu. Partikel yang digunakan adalah partikel yang lolos saringan berukuran 5 mm dan tertahan pada saringan berukuran 2 mm. Masing-masing hasil penyaringan partikel bambu andong tersebut kemudian dikeringkan dalam suhu ruang dan dilanjutkan dalam oven pada suhu 80°C selama 48 jam hingga mencapai kadar air 2–5%. Partikel yang sudah dikeringkan dimasukkan dalam wadah tertutup untuk mencegah peningkatan kadar air.

2. Pembuatan papan partikel dan penyiapan contoh uji

Papan partikel yang dibuat berukuran 35 cm x 35 cm x 1,5 cm dengan target kerapatan 0,7 g/cm³. Papan partikel dibuat dengan menggunakan perekat phenol formaldehida (PF) dengan

kadar perekat padat sebesar 8%, 10%, dan 12% dari berat kering partikel. Dalam perekat PF ditambahkan pengeras para formaldehida 0,5% dari berat perekat dan emulsi parafin sebesar 0,5% dari berat kering partikel (Maloney, 1993).

Partikel bambu andong yang telah ditimbang dan disiapkan sesuai dengan perlakuan yang diberikan dicampur secara merata kemudian disemprot dengan sejumlah perekat PF cair yang telah dicampur dengan emulsi parafin dan paraformaldehida. Penyemprotan dilakukan secara merata ke seluruh permukaan partikel. Partikel yang telah tercampur dengan perekat kemudian dimasukkan ke dalam cetakan papan partikel. Bahan papan partikel dikeluarkan dari cetakan dan dikempa pada suhu 150°C dengan tekanan spesifik sebesar 25 kg/cm² dengan lama waktu pengempaan selama 10 menit. Papan partikel yang dihasilkan dikondisikan dalam suhu ruang selama kurang lebih 7 hari sebelum diuji sifat-sifatnya.

3. Pengujian ketahanan papan partikel terhadap rayap tanah dan rayap kayu kering

Metode pengujian ketahanan papan partikel terhadap serangan rayap tanah dan rayap kayu kering mengacu pada SNI 7207 (2014). Contoh uji untuk pengujian rayap tanah dibuat berukuran 2,5 cm × 2,5 cm × 1,5 cm dan untuk rayap kayu kering berukuran 5 cm × 2,5 cm × 1,5 cm. Contoh uji tersebut diambil sebanyak lima buah secara acak dari 3 buah papan partikel untuk setiap perlakuan. Contoh uji dikeringkan pada suhu (100±2)°C sampai diperoleh berat konstan. Berat awal contoh uji dalam keadaan kering oven ditimbang (W_1).

Untuk pengujian rayap tanah, contoh uji ditempatkan pada jampot (botol jam diameter 5 cm dan tinggi ±12 cm) yang telah diisi sebanyak 200 g pasir lembap yang mempunyai kadar air 7% di bawah kapasitas menahan air (*water holding capacity*). Sebanyak 200 ekor rayap tanah pekerja ditempatkan di dalam gelas silindris. Kemudian gelas silindris ditempatkan di ruang gelap selama 4 minggu. Setelah 4 minggu pengujian, contoh uji dibersihkan dan dioven kembali hingga beratnya konstan. Untuk pengujian rayap kayu kering, pada sisi terlebar setiap contoh uji dipasang pipa kaca

berdiameter 1,8 cm dengan ukuran tinggi 3 cm dengan menggunakan perekat parafin wax. Rayap kayu kering pekerja yang sehat dan aktif sebanyak 50 ekor dimasukkan dalam pipa kaca tersebut dan ditutup dengan kapas. Contoh uji tersebut disimpan di tempat gelap selama 12 minggu. Setelah 12 minggu pengujian, pada setiap contoh uji dilakukan pengamatan meliputi mortalitas rayap dan penurunan berat akibat serangan rayap. Pada akhir pengujian setiap contoh uji dibersihkan dan dioven kembali hingga beratnya konstan.

Berat akhir contoh uji dalam kondisi kering oven (W_2) ditimbang dan ditentukan penurunan beratnya. Pada akhir pengujian diperoleh data persen penurunan berat, dan jumlah rayap mati. Penurunan berat dihitung dengan menggunakan persamaan (1), sedangkan jumlah rayap hidup dan rayap mati dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$WL = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: WL = penurunan berat (%), W_1 = berat awal contoh uji kering oven (g), W_2 = berat akhir contoh uji kering oven (g)

$$M = \frac{R_n - R_h}{R_n} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: M = jumlah rayap mati (%), R_n = jumlah rayap sebelum perlakuan (rayap tanah = 200; rayap kayu kering = 50) (ekor), R_h = jumlah rayap hidup setelah perlakuan (ekor)

Standar penentuan ketahanan papan partikel terhadap serangan rayap tanah dan rayap kayu kering mengacu pada klasifikasi ketahanan kayu (SNI 7207, 2014).

C. Analisis Data

Data hasil pengujian ketahanan papan partikel bambu andong terhadap rayap tanah dan rayap kayu kering dianalisis secara statistik menggunakan rancangan acak lengkap dengan lima kali ulangan. Faktor yang diteliti adalah kadar perekat PF yaitu 8%, 10%, dan 12%. Jika hasil analisis keragaman menunjukkan adanya pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan terhadap kehilangan berat papan partikel dan mortalitas rayap, maka dilanjutkan dengan uji Duncan. Data dianalisis secara statistik menggunakan SPSS Ver. 23.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan kadar perekat berpengaruh nyata terhadap penurunan berat papan partikel akibat serangan rayap tanah ($F_{hit} = 4,12 > F_{tab_{0,05}} = 3,89$) dan rayap kayu kering ($F_{hit} = 2500,95 > F_{tab_{0,05}} = 3,89$). Rata-rata penurunan berat papan partikel disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan SNI 7207-2014 papan partikel dengan kadar perekat PF 8%, 10%, dan 12% termasuk kelas ketahanan II (tahan) terhadap rayap tanah dan kelas ketahanan I (sangat tahan) pada kadar perekat 10% dan 12% dan kelas II pada kadar perekat 8% terhadap rayap kayu kering. Data hasil penelitian menunjukkan kecenderungan penurunan berat papan partikel sesuai dengan penambahan kadar perekat PF. Papan partikel dengan kadar perekat PF 12% memiliki penurunan berat terendah yaitu 4,341% untuk rayap tanah dan 0,477% untuk rayap kayu kering.

Bambu andong termasuk dalam kelas IV (tidak tahan) terhadap rayap tanah (Jasni, Damayanti, & Pari, 2017) dan rayap kayu kering (Jasni, Damayanti, & Sulastiningsih, 2017). Ketahanan alami papan partikel dari limbah bambu andong meningkat secara signifikan dibandingkan dengan ketahanan alami bambu andong. Adanya perekat PF pada papan partikel dapat meningkatkan kelas ketahanannya terhadap rayap tanah dan rayap kayu kering. Perekat sintesis yang bersifat termosetting seperti PF, UF (Urea-Formaldehida), dan MF (Melamine-Formaldehida) mempengaruhi ketahanan papan komposit terhadap rayap (Hermawan, Hadi, Fajriani, Massijaya, & Hadjib, 2012; Kusumah et al., 2017). Ketahanan terhadap rayap mungkin berhubungan dengan sifat fisik mekaniknya,

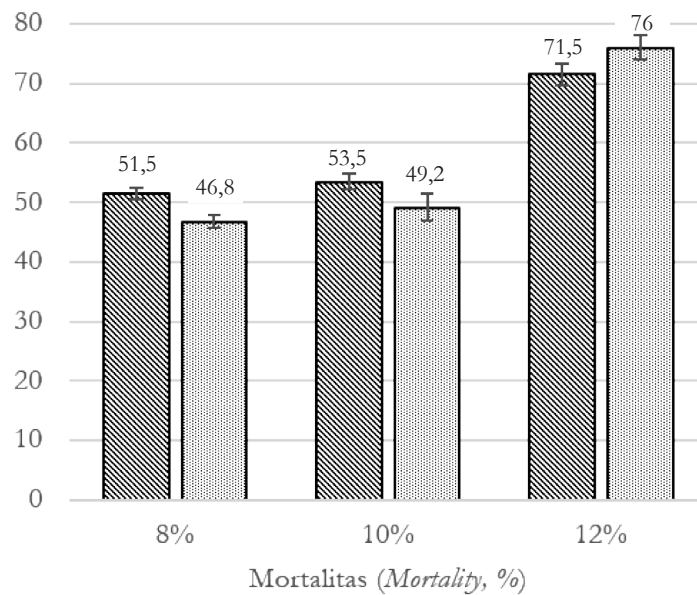
sebagaimana penelitian Astari, Prasetyo, dan Suryanegara (2018) yang menyatakan bahwa kadar perekat mempengaruhi sifat mekanis papan partikel yang terbuat dari limbah kayu, di mana papan partikel yang direkat dengan 12% PF dan UF memiliki sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan papan partikel yang direkat 8% dan 10% PF dan UF. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa pada uji lapangan, papan partikel yang direkat dengan UF dan MF memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap serangan rayap tanah dibandingkan dengan papan partikel yang tidak menggunakan perekat (Suhasman et al., 2012). Walther, Kartal, Hwang, Umemura, dan Kawai (2007) melaporkan bahwa papan serat kenaf yang diberi perekat PF mengalami pengurangan berat setelah tiga minggu antara 2–4% tergantung pada konsentrasi perekat yang diberikan.

Pengamatan visual menunjukkan bahwa rayap tanah menyerang bagian tengah papan dengan membuat lubang masuk ke dalam papan partikel. Perilaku ini adalah manifestasi dari karakteristik rayap yang *cryptobiotic* yaitu rayap cenderung menyembunyikan diri dan menghindari cahaya (Dungani et al., 2013). Tingkat kekerasan papan yang disebabkan oleh proses manufaktur berperan dalam kondisi ini. Proses pengempaan panas menyebabkan tingginya kerapatan pada lapisan permukaan dibandingkan dengan bagian tengah (*core*) papan (Syamani, Subiyanto, & Massijaya, 2011). Rayap kayu kering menunjukkan pola serangan yang mirip dengan rayap tanah, namun serangan rayap kayu kering lebih ringan daripada serangan rayap tanah. Rayap ini menyerang kayu dengan membuat lubang kecil pada permukaan kayu.

Tabel 1. Rata-rata penurunan berat papan partikel bambu andong
Table 1. The average weight loss of andong bamboo particleboard

Kadar perekat PF (PF Adhesive levels)	Kehilangan berat papan partikel (Particleboard weight loss, %)	
	Rayap tanah (Subterranean termite)	Rayap kayu kering (Dry wood termite)
8 %	5,847 ^a ± 1,368	2,125 ^a ± 0,043
10%	4,839 ^{ab} ± 0,264	1,118 ^b ± 0,025
12%	4,341 ^b ± 0,448	0,477 ^c ± 0,041

Keterangan (Remarks): *Nilai rata-rata diikuti huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Duncan (Means followed by the same letter(s) are not significantly different at the 5% probability level according to Duncan test)



Keterangan (Remarks): ■ Rayap tanah (*Subterranean termite*), ▨ Rayap kayu kering (*Dry wood termite*)

*Nilai rata-rata diikuti huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Duncan (*Means followed by the same letter(s) are not significantly different at the 5% probability level according to Duncan test*)

Gambar 1. Mortalitas rayap tanah dan rayap kayu kering
Figure 1. Mortality of subterranean and dry wood termites

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan kadar perekat berpengaruh nyata terhadap mortalitas rayap tanah ($F_{hit} = 274,717 > F_{tab_{0,05}} = 3,89$) dan rayap kayu kering ($F_{hit} = 379 > F_{tab_{0,05}} = 3,89$). Mortalitas rayap tanah dan rayap kayu kering dengan hasil uji Duncan ($P < 0,05$) disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 nilai mortalitas rayap tanah dan rayap kayu kering meningkat sesuai dengan semakin banyaknya kadar perekat PF pada papan partikel. Nilai mortalitas tertinggi yaitu 71,5% untuk rayap tanah dan 76% untuk rayap kayu kering terdapat pada papan partikel dengan kadar perekat PF 12%, namun untuk kadar perekat 8% dan 10% tidak berbeda. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa resin PF 12% yang digunakan dalam penelitian ini adalah zat kimia yang dapat membunuh rayap ketika zat kimia yang terkandung dalam papan partikel ini masuk ke dalam sistem pencernaan rayap.

Perekat PF dapat memberikan efek toksik apabila terhirup (Sucipto, Iswanto, Azhar, & Lubis, 2010). Tingkat mortalitas rayap yang tinggi pada papan partikel disebabkan kandungan toksik pada PF yang bereaksi secara lambat (Nabil et al., 2016). Hal ini sesuai dengan penelitian Loh

et al. (2011) yang menyatakan bahwa mortalitas rayap diakibatkan oleh kandungan toksik pada resin PF. Daya racun resin dapat mempengaruhi mortalitas rayap dan ketidakmampuan rayap untuk mencerna selulosa (Zaidon, Moy, Sajap, & Paridah, 2003).

IV. KESIMPULAN

Papan partikel bambu andong dengan kadar perekat PF 12% memiliki penurunan berat terendah yaitu 4,34% akibat serangan rayap tanah namun tidak berbeda dengan kadar perekat 10% dan 0,48% akibat serangan rayap kayu kering dan berbeda satu sama lain. Mortalitas rayap meningkat dengan semakin bertambahnya kadar perekat PF dalam papan partikel. Nilai mortalitas tertinggi yaitu 71,5% untuk rayap tanah dan 76% untuk rayap kayu kering.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. I.M. Sulastiningsih, M.Sc yang telah membimbing kegiatan penelitian dan memberikan konsultasi ilmiah dan teknis kepada penulis.

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain dan rancangan percobaan dilakukan oleh WOMA, DRT. Pengambilan data dilakukan oleh WOMA, DRT. Analisis data dilakukan oleh WOMA dan penulisan manuskrip dilakukan oleh WOMA, DRT. Perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh WOMA, DRT.

DAFTAR PUSTAKA

- Astari, L., Prasetyo, K., & Suryanegara, L. (2018). Properties of particleboard made from wood waste with various size. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 166, 1–7. doi: 10.1088/1755-1315/166/1/012004.
- Melo, R. R., Stangerlin, D. M., Santana, R. R. C., & Pedrosa, T. D. (2015). Decay and termite resistance of particleboard manufactured from wood, bamboo and rice husk. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 17(1), 55–62. doi: 10.4067/S0718-221X2015005000006.
- Dungani, R., Islam, M. N., Abdul Khalil, H. P. S., Hartati, S., Abdullah, C. K., Dewi, M., & Hadiyane, A. (2013). Termite resistance study of Oil Palm Trunk Lumber (OPTL) impregnated with oil palm shell meal and phenol-formaldehyde resin. *BioResources*, 8(4), 4937–4950. doi: 10.15376/biores.8.4.4937-4950.
- Ferro, F., Almeida, T., Icimoto, F. H., & Lahr, R. (2016). Performance of OSB with different preservative treatments to dry wood termites attack. *Proceedings of the WCTE 2016 World Conference on Timber Engineering, Vienna/Austria, August 22-25, 2016*.
- Gascon-Garrido, P., Militz, H., Mai, C., & Thévenon, M.-F. (2015). Enhanced termite resistance of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) solid wood by phenol-formaldehyde treatment. *Wood Research*, 60(6), 873–880.
- Hermawan, D., Hadi, Y. S., Fajriani, E., Massijaya, M. Y., & Hadjib, N. (2012). Resistance of particleboards made from fast-growing wood species to subterranean termite attack. *Insects*, 3(2), 532–537. doi: 10.3390/insects3020532.
- Jasni, Damayanti, R., & Pari, R. (2017). Ketahanan alami jenis-jenis bambu yang tumbuh di Indonesia terhadap rayap tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(4), 289–301. doi: 10.20886/jphh.2017.35.3.289-301.
- Jasni, Damayanti, R., & Sulastiningsih. (2017). Pengklasifikasian ketahanan 20 jenis bambu terhadap rayap kayu kering. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(3), 171–183.
- Köse, C., Terzi, E., Büyüksarı, Ü., Avcı, E., Ayrılmış, N., Kartal, N., & Imamura, Y. (2011). Particleboard and MDF panels made from a mixture of wood and pinecones: Resistance to decay fungi and termites under laboratory conditions. *BioResources*, 6(2), 2045–2054.
- Kusumah, S. S., Arinana, A., Hadi, Y. S., Guswenrivo, I., Yoshimura, T., Umemura, K., ... Kanayama, K. (2017). Utilization of sweet sorghum bagasse and citric acid in the manufacturing of particleboard. III: Influence of adding sucrose on the properties of particleboard. *BioResources*, 12(4), 7498–7514. doi: 10.15376/biores.12.4.7498-7514.
- Loh, Y. F., Paridah, T. M., Hoong, Y. B., Bakar, E. S., Anis, M., & Hamdan, H. (2011). Resistance of phenolic-treated oil palm stem plywood against subterranean termites and white rot decay. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 65(1), 14–17. doi: 10.1016/j.ibiod.2010.05.011.
- Maloney, T. M. (1993). *Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing*. San Fransisco: Miller Freeman Pub.
- Nabil, F. L., Zaidon, A., Anwar, U. M. K., Bakar, E. S., Lee, S. H., & Paridah, M. T. (2016). Impregnation of sesenduk (*Endospermum diadenum*) wood with phenol formaldehyde and nanoclay admixture: Effect on fungal decay and termites attack. *Sains Malaysiana*, 45(2), 255–262.
- Nandika, D. (2015). Satu abad perang melawan rayap. dalam Munas ASSPHAMI III, Jakarta 15 April 2015.

- Silva, F. da, Trevisan, H., Silva, K., & Floresta, R. (2010). Influence of different adhesive utilized for manufacture of particleboards, under activity by *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Floresta*, 40(2), 379–384.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2014). *Uji ketahanan kayu dan produk kayu terhadap organisme perusak kayu* (SNI 7207-2014). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Stark, N. M., Cai, Z., & Carll, C. (2010). Wood-based composite materials: Panel products, glued-laminated timber, structural composite lumber, and wood-nonwood composite materials. *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material: Chapter 11. Centennial Ed. General Technical Report FPL; GTR-190. Madison, WI: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010*, 11.1-11.28. Diakses dari <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/37421> pada 13 September 2018.
- Sucipto, T., Iswanto, A., Azhar, I., & Lubis, A. (2010). Effect of phenol formaldehyde content on termite attack resistance of particleboard made from oil palm and mangium wood. In *Proceeding of The Termite Research Group-7*. Singapura.
- Suhasman, S., Hadi, Y. S., & Santoso, A. (2012). Binderless particleboard resistance to termite attack. *Forest Products Journal*, 62(5), 412–415. doi: 10.13073/0015-7473-62.5.412.
- Syamani, F. A., Subiyanto, B., & Massijaya, M. Y. (2011). Termite resistant properties of sisal fiberboards. *Insects*, 2(4), 462–468. doi: 10.3390/insects2040462.
- Walther, T., Kartal, S. N., Hwang, W. J., Umemura, K., & Kawai, S. (2007). Strength, decay and termite resistance of oriented kenaf fiberboards. *Journal of Wood Science*, 53(6), 481–486. doi: 10.1007/s10086-007-0902-z.
- Wang, S., Yang, T., Lin, L., Lin, C., & Tsai, M. (2008). Fire-retardant-treated low-formaldehyde-emission particleboard made from recycled wood-waste. *Bioresource Technology*, 99(6), 2072-2077. doi: 10.1016/j.biortech.2007.03.047.
- Widyorini, R., Yudha, A. P., Lukmandaru, G., & Prayitno, T. A. (2015). Sifat fisika mekanika dan ketahanan papan partikel bambu dengan perekat asam sitrat terhadap serangan rayap kayu kering. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 9(1), 12–22.
- Zaidon, A., Moy, C. S., Sajap, A. S., & Paridah, M. T. (2003). Resistance of CCA and boron-treated rubberwood composites against termites, *Coptotermes curvignathus* Holmgren. *Journal Science and Technology*, 11(1), 65–72.

