

e-ISBN:978-602-0806-38-1

KONSERVASI SUMBER DAYA ALAM UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL KONSERVASI
2020



Bandar Lampung, 21 April 2020

**LEMBAGA PENELITIAN DAN
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS LAMPUNG
2020**

SEMINAR NASIONAL KONSERVASI 21 APRIL 2020

*KONSERVASI SUMBERDAYA ALAM UNTUK PEMBANGUNAN
BERKELANJUTAN*

PROSIDING

ISBN: 978-602-0806-38-1

- Penanggung Jawab** : Lusmeilia Afriani
- Reviewer** : Muhajir Utomo
Sugeng Prayitno Harianto
Irwan Sukri Banuwa
Lusmellia Afriyani
Bainah Sari Dewi
Nuning Nurcahyani
Asep Sukohar
Tina Yunarti
Indra Gumay Febryano
Slamet Budi Yuwono
Aman Damai
Farida Aryani
- Editor** : Lukmanul Hakim
Zulmiftah Huda
Endro P Wahono
Meliyana
Bangun Suharti
Tiara Nirmala
Syahrio Tantalo
Madi Hartono
- Layout** : Rara Diantari
Deny Sapto Chondro Utomo
M. Mirandy Pratama Sirat
Darma Yuliana
Purba Sanjaya
Agung Kusuma Wijaya
- Desain Sampul** : Rahmad Firdaus

Publisher:

LPPM UNIVERSITAS LAMPUNG

Gedung Rektorat Lantai V, Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145,
INDONESIA. Telp. +62 812-7989-2799, Fax +62 721 702767

Tri Ismianto Restu Wibowo ¹ , Melya Rinarti ¹ , Hendra Prasetya ¹ , Udin Hasanudin ² , Ainin Niswati ³ , Wahyu Hidayat ^{1*}	560
Modifikasi Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Sengon (<i>Falcataria moluccana</i>) dan Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>) melalui Perlakuan Panas dengan Minyak	564
Muhammad Abdillah¹, Shalehudin Denny Ma'ruf², Hari Kaskoyo³, Rahmat Safe'i⁴, Wahyu Hidayat^{5,*}	564

Modifikasi Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*) dan Kelapa (*Cocos nucifera*) melalui Perlakuan Panas dengan Minyak

Muhammad Abdillah¹, Shalehudin Denny Ma'ruf², Hari Kaskoyo³, Rahmat Safe'i⁴, Wahyu Hidayat^{5,*}

Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145
*corresponding author: wahyu.hidayat@fp.unila.ac.id

Intisari — Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu perlakuan panas dengan minyak atau *oil heat treatment* (OHT) terhadap sifat fisis dan mekanis kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan kelapa (*Cocos nucifera*). Proses OHT dilakukan pada suhu 180°C, 200°C, 220°C, dan 240°C selama 2 jam dengan menggunakan minyak nabati sebagai media pemanasan. Evaluasi sifat fisis dilakukan dengan mengukur perubahan berat, susut volume, kerapatan, kadar air kesetimbangan, dan warna kayu sebelum dan setelah OHT. Evaluasi sifat mekanik dilakukan dengan menguji kekerasan dan kekuatan tekan kayu. Hasil penelitian bahwa persentase perubahan berat meningkat secara linier dengan peningkatan suhu perlakuan. Kerapatan kayu setelah OHT tidak berubah secara signifikan. OHT meningkatkan sifat fisis kayu sengon dan kelapa yang ditunjukkan oleh kadar air kesetimbangan dan daya serap air yang rendah dibandingkan kontrol. Warna kayu sengon dan kayu kelapa berubah total setelah OHT yang ditunjukkan dengan nilai perubahan warna keseluruhan (ΔE^*) >12. Kekerasan dan kekuatan tekan menurun dengan meningkatnya suhu.

Kata kunci — *Oil heat treatment*, sifat fisis, sifat mekanis, suhu perlakuan

Abstract — This study aimed to determine the effect treatment temperature during oil heat treatment (OHT) on the physical and mechanical properties of sengon (*Falcataria moluccana*) wood and coconut (*Cocos nucifera*). OHT was conducted at 180°C, 200°C, 220°C, and 240°C for 2 h using vegetable oil as a heating medium. Evaluation of the physical properties was carried out by measuring weight change, volume shrinkage, density, equilibrium moisture content, water absorption, and color change after OHT. Evaluation of mechanical properties was conducted by measuring the hardness and compressive strength of wood. The results showed that the percentage weight change increased linearly with the increase in treatment temperature. The density of wood before and after heat modification was not significantly affected by OHT. OHT could increase the physical properties of sengon wood and coconut timber as shown by a lower equilibrium moisture content and water absorption compared to control. The color of sengon wood and coconut was totally changed after OHT as shown by the overall color change value (ΔE^*) of >12. The hardness and compressive strength decreased with increasing temperature.

Keywords— Mechanical properties, Oil heat treatment, physical properties, treatment temperature.

I. PENDAHULUAN

Kayu merupakan salah satu hasil dari sumber daya alam yang penting yaitu hutan [1, 23, 24]. Kayu biasanya dikenal sebagai bahan bangunan yang sering digunakan dan terus mengalami peningkatan kebutuhannya terutama untuk digunakan sebagai bahan furnitur dan bangunan [4, 15, 26]. Kebutuhan pasokan kayu terus meningkat, namun belum bisa terpenuhi secara optimal karena tutupan lahan hutan yang semakin menurun [12].

Produksi kayu dari hutan alam pada tahun 2018 sebesar 7 juta m³ dan mengalami penurunan pada tahun 2019 yaitu 5,8 juta m³. Produksi kayu hutan tanaman pada tahun

2018 adalah 40 juta m³ dan mengalami penurunan 1,63% pada tahun 2019 yaitu 39 juta m³. Pada tahun 2020, produksi kayu hutan alam relatif tetap sedangkan produksi kayu tanaman diperkirakan meningkat karena luas lahan penanaman yang naik secara signifikan pada tahun 2018 yaitu 196.000 ha menjadi 297.00 ha atau meningkat 51,09% realisasi tanaman pada tahun 2019 [25].

Pasokan bahan baku kayu dari hutan alam yang terbatas pada industri perindustri nasional membuat industri perindustri beralih pada bahan baku pengganti seperti kayu sengon, kayu karet, kayu mangium, dan kayu kelapa [2, 4, 5, 6, 7, 19, 22]. Kayu kelapa adalah jenis kayu yang banyak ditemukan di negara tropis seperti Indonesia. Fungsi kayu

kelapa sebagai pengganti kayu baku secara mekanis dapat terpenuhi, namun secara fisis memiliki kekurangan yang muncul sehubungan dengan stabilitas dimensi kayu kelapa [2]. Sengon termasuk jenis pohon cepat tumbuh, diharapkan menjadi jenis yang semakin penting bagi industri perkerajinan di masa yang akan datang, terutama ketika persediaan kayu pertukangan dari hutan alam semakin berkurang [4, 12, 26].

Kayu cepat tumbuh biasanya memiliki karakteristik berat jenis dan keawetan alami yang rendah, sehingga berdampak pada ketahanan kayu serta stabilitas dimensi yang rendah [16, 17, 20, 21]. Selain itu, kayu juga rentan terhadap berbagai kerusakan yang diakibatkan organisme perusak kayu. Kerusakan kayu dapat diminimalisir dengan modifikasi kayu, salah satunya melalui perlakuan panas [3]. Perlakuan panas adalah pemaparan kayu pada suhu berkisar antara 180°C - 260°C, di mana suhu lebih rendah tidak menyebabkan perubahan berarti pada kayu sementara suhu yang lebih tinggi sangat merusak kayu [3, 18]. Perlakuan panas dapat dilakukan pada media yang berbeda-beda seperti nitrogen, uap panas, udara, dan minyak [15].

Perlakuan panas dengan minyak atau *oil heat treatment* (OHT) menggunakan media minyak nabati pada kondisi kadar oksigen yang terbatas sehingga untuk mencegah kayu terbakar selama proses [3, 15,]. Minyak yang tidak jenuh dapat teroksidasi ketika terpapar oksigen di atmosfer yang menjadi lapisan pelindung di permukaan kayu [18]. Secara umum perlakuan panas menurunkan kekuatan kayu, tetapi pada taraf yang masih bisa dimaklumi. Supaya penurunan kekuatan kayu tidak terlalu tinggi dan masih dapat dimaklumi, maka penentuan suhu tertentu dalam penggunaannya sangat perlu dilakukan.

Penelitian tentang perlakuan panas telah dilakukan sebelumnya [8-15]. Berdasarkan penelusuran literatur, penelitian tentang OHT kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan kayu kelapa (*Cocos nucifera*) belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh OHT terhadap sifat fisis dan mekanis kayu sengon dan kelapa.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Maret-April 2020 di *Workshop* Teknologi Hasil Hutan dan Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini, meliputi mesin amplas, kompor, tungku, *thermo couple*, oven, penggaris, kaliper, timbangan elektrik, *tallysheet*, kamera, *scanner general colorimeter*, mesin UTM, blender, dan laptop. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu sengon (*Falcataria moluccana*), kayu kelapa (*Cocos nucifera*), minyak kelapa sawit dan gas elpiji dengan ukuran berat 12 kg.

C. Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen skala laboratorium. Contoh uji kayu sengon dan kelapa dipotong menjadi ukuran 30 cm x 10 cm x 2 cm (panjang, x lebar x tebal). Rancangan percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan 5 perlakuan berbeda termasuk kontrol dari 2 jenis kayu dan setiap jenis kayu memiliki 3 ulangan, sehingga total total keseluruhan sampel kayu berjumlah 30 satuan percobaan. Perlakuan tersebut adalah : (1) kontrol untuk perbandingan hasil pengujian (kerapatan, kadar air, warna dan uji tekan), (2) perlakuan dengan suhu 180 °C, (3) perlakuan dengan suhu 200 °C, (4) perlakuan dengan suhu 220 °C, (5) perlakuan dengan suhu 240 °C. Selanjutnya dilakukan beberapa tahap pengujian mencakup persiapan sampel OHT, proses OHT, pengkondisian sampel OHT, perhitungan dan analisis data sifat fisik-mekanis kayu sengon dan kelapa. Pengujian homogenitas data dilakukan dengan uji Duncan pada tingkat kepercayaan 95%. Analisis statistik menggunakan perangkat lunak *IBM SPSS Statistics 20*.

D. Persiapan sampel

Pengeringan sampel uji dalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam, ditimbang

berat sebelum OHT (m_a), diukur volume sebelum OHT (V_a) dan warna sebelum OHT (L_a^* , a_a^* dan b_a^*).

E. Proses OHT

Proses selanjutnya yaitu perlakuan panas dengan minyak dalam reaktor OHT. Seluruh bagian sampel uji kayu terendam dalam minyak panas. Suhu yang digunakan adalah 180°C, 200°C, 220°C, dan 240°C selama 2 jam.

F. Pengkondisian Sampel OHT

Contoh uji yang telah di OHT, ditiriskan selama 15 menit, dan dilakukan pembersihan permukaan kayu dari minyak. Kemudian contoh uji dioven selama 24 jam pada suhu 100°C, ditimbang berat setelah OHT (m_b), diukur volume setelah OHT (V_b) dan warna setelah OHT (L_b^* , a_b^* dan b_b^*).

G. Perhitungan data

Pengambilan data warna dilakukan menggunakan sistem CIE-Lab [13]. Sistem CIE-Lab menggunakan 3 parameter warna yaitu kecerahan (L^*), kromatisitas merah/hijau (a^*), dan kromatisitas kuning/biru (b^*). Perubahan kecerahan (ΔL^*), perubahan kromatisitas merah/hijau (Δa^*), perubahan kromatisitas merah/hijau (Δb^*), dan perubahan warna total (ΔE^*) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta L^* = L_a^* - L_b^*$$

$$\Delta a^* = a_a^* - a_b^*$$

$$\Delta b^* = b_a^* - b_b^*$$

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

Perubahan berat (WL) dan susut volume (VS) kayu setelah diberi perlakuan pemanasan dihitung dengan rumus:

$$WL = \frac{(m_a - m_b)}{m_a} \times 100\%$$

$$VS = \frac{(V_a - V_b)}{V_a} \times 100\%$$

Dimana WL adalah kehilangan berat (%), m_a adalah berat sebelum OHT (g), m_b adalah berat setelah OHT (g), V_a adalah volume sampel sebelum OHT (cm³), dan V_b adalah volume sampel setelah OHT (cm³).

Pengujian kerapatan, kadar air menggunakan sampel uji yang telah dipotong setelah OHT dengan ukuran 4 cm x 2 cm x 2 cm (panjang, x lebar x tebal) dengan 3 kali ulangan. Kerapatan diketahui berdasarkan

standar KS F 2198 (2011), dengan rumus persamaan kerapatan:

$$\text{Density} = \frac{m}{v}$$

Keterangan:

Density = Kerapatan (g/cm³)

M = Bobot sampel kayu (g)

V = Volume (Cm³)

Berat awal (B_a) dan berat kering tanur (BKT) diukur untuk menentukan kadar air sampel sebelum dan setelah modifikasi panas. Kadar air kesetimbangan.

$$MC = \frac{(B_a - BKT)}{BKT} \times 100\%$$

Keterangan:

MC = Kadar Air (%)

Ba = Bobot awal (g)

BKT = Bobot kering tanur (g)

WA = daya serap air (%)

m_a = berat sebelum direndam (gram)

m_w = berat setelah direndam (gram)

Parameter sifat mekanis yang diuji yaitu uji kekuatan tekan (*compressive strength*) menggunakan *universal testing machine* (UTM) Instron berdasarkan standar KS F 2208 (2009), dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Kuat Tekan // Serat} = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

P = beban tekan maksimum (Kgf)

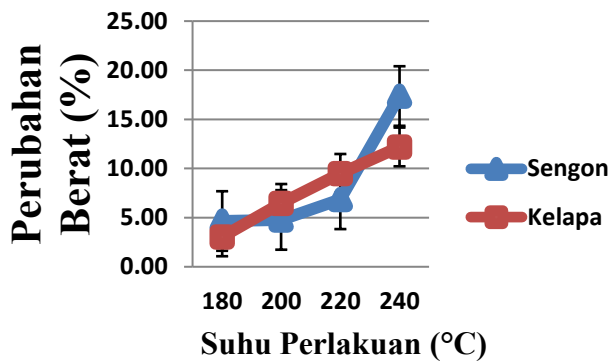
A = luas bidang tekan (cm²)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Fisis

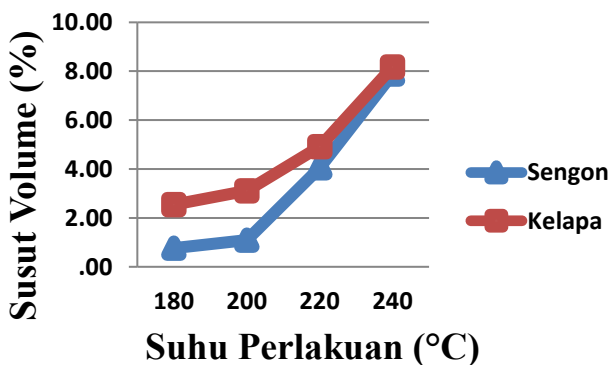
1. Perubahan Berat dan Volume

Berat dan volume sampel diambil dengan menimbang sampel kayu sebelum dan setelah OHT. Perubahan berat dan penyusutan volume terjadi pada kayu sengon dan kelapa setelah dimodifikasi panas. Perlakuan panas dengan minyak (OHT) mengakibatkan presentasi perubahan berat meningkat secara linier dengan peningkatan suhu perlakuan. Presentase perubahan berat sampel kayu sengon dan kelapa terus naik pada suhu 180°C dan 240 °C.



Gbr. 1 Perubahan berat (ΔWL).

Menurut [8], penyusutan volume meningkat setelah modifikasi panas pada kisaran suhu 160°C- 200°C dan meningkat lagi dari 200°C-220°C. Pada suhu 180°C-240°C, sampel sengon mengalami penyusutan volume, sedangkan sampel kayu kelapa sudah mengalami penyusutan volume. Persentase penyusutan volume sampel kayu sengon dan kelapa meningkat drastis pada suhu 200°C-220°C, dan sedikit meningkat lagi pada suhu 220°C -240°C.



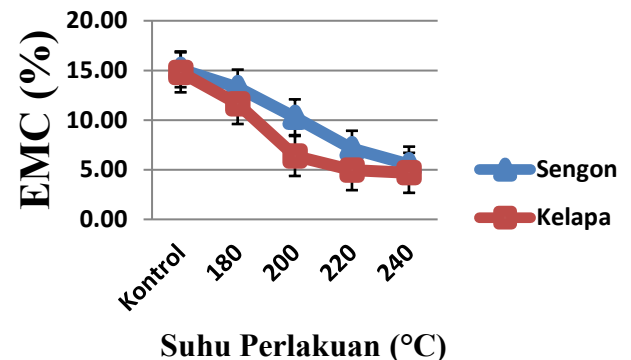
Gbr. 2 Susut volume (ΔVS)

Dibandingkan dengan kayu sengon, kayu kelapa menunjukkan kehilangan berat dan penyusutan volume yang lebih tinggi. Hal tersebut terkait dengan perbedaan kepadatan dan kandungan ekstraktif yang ada pada kayu kelapa lebih tinggi dibandingkan dengan kayu sengon. Ekstraktif dalam kayu lebih mudah terdegradasi, dan senyawa tersebut menguap dari kayu selama modifikasi panas. Penyusutan volume dan kehilangan berat selama modifikasi panas pada suhu yang lebih tinggi dari 160°C umumnya terjadi karena degradasi ekstraktif, hemiselulosa, dan sejumlah molekul selulosa di daerah amorf [8-10]. Degradasi menyebabkan

perubahan kimia pada kayu. Berarti, komponen dasar struktur dinding sel kayu diubah dalam jumlah dan dimensinya, yang mengarah pada pengurangan berat kayu dan dimensi setelah modifikasi panas.

2. Kerapatan dan Kadar Air

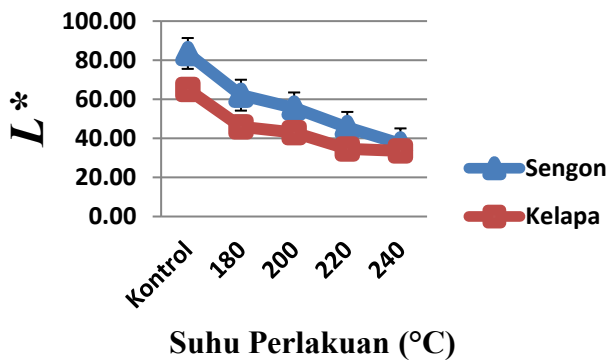
Kerapatan kayu setelah modifikasi panas meningkat mulai dari kontrol hingga 180°C-200°C dan terus menurun mulai suhu 200°C-240°C. Meningkatnya suhu perlakuan menyebabkan kadar air kesetimbangan (EMC) menurun. Menurut [14], Penurunan tersebut adalah hasil dari peningkatan hidrofobisitas dinding sel sebagai akibat dari penurunan jumlah gugus hidroksil oleh reaksi kimia yang terjadi selama modifikasi panas, sehingga penyerapan air berkurang. Secara keseluruhan, pengurangan EMC pada sampel kayu kelapa lebih tinggi daripada kayu gubal. Hal ini sejalan dengan peningkatan kehilangan berat pada sampel kayu kelapa lebih tinggi daripada sampel kayu sengon. Penurunan EMC ditunjukkan pada Gambar 3.



Gbr. 3 Perubahan kadar air (ΔEMC)

3. Perubahan Warna Kayu

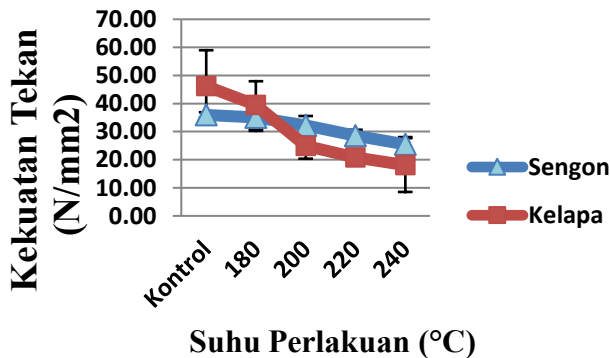
Selain kehilangan berat, perubahan warna pada kayu adalah salah satu faktor paling penting dalam modifikasi panas dan banyak yang menganggap sebagai indikasi kualitas perlakuan [9-13]. Perubahan yang paling jelas secara visual setelah modifikasi panas adalah penurunan tingkat kecerahan (L^*) atau penggelapan warna kayu. Penurunan nilai tingkat kecerahan terkait dengan degradasi hemiselulosa selama modifikasi panas [14]. Perubahan kecerahan (ΔL^*) adalah parameter paling penting yang mempengaruhi perubahan warna [15]. Nilai kecerahan (L^*) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gbr. 4 Nilai kecerahan (L^*) kayu sengon dan kelapa

B. Sifat Mekanis

Perubahan sifat mekanis yang diamati yaitu kekuatan tekan. Hasil uji kekuatan tekan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gbr. 5 Kekuatan tekan kayu sengon dan kelapa.

Modifikasi panas pada kisaran 180°C-200°C tidak secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan. Pada suhu di atas 200°C mengurangi kekuatan tekan. Kekuatan tekan tertinggi pada sampel kayu kelapa adalah 39,457 N/mm² sama dengan sampel kayu sengon adalah 35,940 N/mm² pada suhu 200°C.

IV. PENUTUP

Peningkatan suhu pada modifikasi panas mempengaruhi perubahan sifat fisis meliputi penurunan perubahan berat, penyusutan volume, kerapatan, kadar air dan perubahan warna. Sifat mekanis ditunjukkan pada pengujian kekuatan tekan. Terlihat jelas pada perubahan kecerahan (ΔL^*), dimana semakin tinggi suhu perlakuan maka tingkat kecerahan pada kayu sengon dan kelapa semakin menurun atau semakin gelap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional atas pendanaan Penelitian Tesis Magister Tahun Anggaran 2020.

REFERENSI

- [1] Abimanyu, B., Safe'i, R., and Hidayat, W. 2019. Aplikasi Metode Forest Health Monitoring dalam Penilaian Kerusakan Pohon di Hutan Kota Metro. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3): 289–298
- [2] Balfas, J. 2007. Perlakuan resin pada kayu kelapa (*Cocos nucifera*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 25 (2) : 108-118
- [3] Esteves, B.M., dan Pereira, H. 2009. Wood modification by heat treatment: a review. *BioResources*. 4(1) : 370-404.
- [4] Febrianto, F., Hidayat, W., Samosir, T. P., Lin, H. C., and Soong, H. D. 2010. Effect of Strand Combination on Dimensional Stability and Mechanical Properties of Oriented Strand Board Made from Tropical Fast-Growing Tree Species. *Journal of Biological Sciences* 10(3): 267–272.
- [5] Febrianto, F., Hwee, S. P., Man, C. K., and Hidayat, W. 2017b. Properties Enhancement of Rubber Wood Particleboard Laminated with Low Density Polyethylene (LDPE) Resin. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 10(2): 186–194.
- [6] Febrianto, F., Royama, L. I., Hidayat, W., Bakar, E. S., Kwon, J. H., and Kim, N. H. 2009. Development of Oriented Strand Board from Acacia Wood (*Acacia mangium* Willd). *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 37(2): 121–127.
- [7] Hartono, R., Hidayat, W., Damayanti, R., and others. 2019. Effect of Impregnation Methods and Bioresin Concentration on Physical and Mechanical Properties of Soft-Inner Part of Oil Palm Trunk. in: *Journal of Physics: Conference Series* 012078.
- [8] Hidayat, W., Jang, J. H., Park, S. H., Qi, Y., Febrianto, F., Lee, S. H., and Kim, N. H. 2015. Effect of Temperature and Clamping during Heat Treatment on Physical and Mechanical Properties of Okan (*Cylicodiscus gabunensis* [Taub.] Harms) Wood. *Bioresources*. 10(4): 6961–6974.

- [9] Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., Lee, S. H., and Kim, N. H. 2016. Effect of Treatment Duration and Clamping on the Properties of Heat-Treated Okan Wood. *Bioresources*. 11(4): 10070–10086.
- [10] Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., and Kim, N. H. 2017. Effect of Mechanical Restraint on Drying Defects Reduction in Heat-treated Okan Wood. *Bioresources*. 12(4): 7452–7465.
- [11] Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., and Kim, N. H. 2017. Effect of Mechanical Restraint on the Properties of Heat-treated *Pinus koraiensis* and *Paulownia tomentosa* Woods. *Bioresources*. 12(4): 7539–7551.
- [12] Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., Lee, S. H., Chae, H. M., Kondo, T., and Kim, N. H. 2017. Carbonization Characteristics of Juvenile Woods from Some Tropical Trees Planted in Indonesia. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*. 62(1): 145–152.
- [13] Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Park, B. H., Banuwa, I. S., Febrianto, F., and Kim, N. H. 2017. Color Change and Consumer Preferences towards Color of Heat-Treated Korean White Pine and Royal Paulownia Woods. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 45(2): 213–222.
- [14] Hidayat, W., Febrianto, F., Purusatama, B. D., and Kim, N. H. 2018. Effects of Heat Treatment on the Color Change and Dimensional Stability of *Gmelina arborea* and *Melia azedarach* Woods. in: *E3S Web of Conferences*. 03010.
- [15] Hidayat, W., dan Febrianto, F. 2018. *Teknologi modifikasi kayu ramah lingkungan: modifikasi panas dan pengaruhnya terhadap sifat-sifat kayu*. Buku. Pusaka media. Bandar Lampung.
- [16] Hidayat, W., Suri, I. F., Safe'i, R., Wulandari, C., Satyajaya, W., Febryano, I. G., and Febrianto, F. 2019. Keawetan dan Stabilitas Dimensi Papan Partikel Hibrida Bambu-Kayu dengan Perlakuan Steam dan Perendaman Panas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 17(1): 68–82.
- [17] Hidayat, W., Sya'bani, M. I., Purwawangsa, H., Iswanto, A. H., and Febrianto, F. 2011. Effect of Wood Species and Layer Structure on Physical and Mechanical Properties of Strand Board. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 9(2): 134–140.
- [18] Lee, S.H., Ashaari, Z., Lum, W.C., Halip, J.A., Ang, A.F., tan, L.P., Chin, K, L., and Tahir, P.M. 2018. Thermal treatment of wood using vegetable oils: A review. *Construction and Building Materials*. 181(1) : 408-419.
- [19] Lubis, M. A. R., Hidayat, W., Zaini, L. H., and Park, B. D. 2020. Effects of Hydrolysis on the Removal of Cured Urea-Formaldehyde Adhesive in Waste Medium-Density Fiberboard. *Jurnal Sylva Lestari* 8(1): 1–9.
- [20] Nadeak, N., Qurniati, R., and Hidayat, W. 2013. Analisis Finansial Pola Tanam Agroforestri di Desa Pesawaran Indah Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari* 1(1): 65–74.
- [21] Nur Aminah, L., Qurniati, R., and Wahyu, H. 2013. Kontribusi Hutan Rakyat terhadap Pendapatan Petani di Desa Buana Sakti Kecamatan Batanghari Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari* 1(1): 47–54.
- [22] Rani, I. T., Hidayat, W., Febryano, I. G., Iryani, D. A., Haryanto, A., and Hasanudin, U. 2020. Pengaruh Torefaksi terhadap Sifat Kimia Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Pertanian* 9(1): 63–70.
- [23] Rubiyanti, T., Hidayat, W., Febryano, I. G., and Bakri, S. 2019. Karakterisasi Pelet Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) Hasil Torefaksi dengan Menggunakan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB). *Jurnal Sylva Lestari* 7(3): 321–331.
- [24] Sulistio, Y., Febryano, I. G., Yoo, J., Kim, S., Lee, S., Hasanudin, U., and Hidayat, W. 2020. Pengaruh Torefaksi dengan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB) dan Electric Furnace terhadap Pelet Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Jurnal Sylva Lestari* 8(1): 65–76.
- [25] Syukra, R. 2020. Imbas perang dagang, ekspor kayu olahan indonesia sepanjang 2019 turun 4%. Artikel. <https://investor.id/business/ekspor-kayu-olahan-indonesia-sepanjang-2019-turun-4>. Diakses pada 14 April 2020.
- [26] Utama, R. C., Febryano, I. G., Herwanti, S., and Hidayat, W. 2019. Saluran Pemasaran Kayu Gergajian Sengon (*Falcataria moluccana*) pada Industri Penggergajian Kayu Rakyat di Desa Sukamarga, Kecamatan Abung Tinggi, Kabupaten Lampung Utara. *Jurnal Sylva Lestari* 7(2): 195–203.