




# Perlakuan Minyak Panas (Hot Oil Treatment) pada Kayu

**SALAH** satu upaya meningkatkan kualitas kayu adalah menggunakan modifikasi kayu yang dikembangkan agar dapat meningkatkan kualitas kayu dengan meminimalisir dampaknya terhadap lingkungan. Modifikasi kayu memiliki beberapa metode yang salah satunya adalah modifikasi panas menggunakan minyak atau Oil Heat Treatment (HOT). HOT dapat meningkatkan kualitas kayu seperti meningkatkan stabilitas dimensi kayu, meningkatkan ketahanan kayu terhadap organisme perusak kayu, mengurangi serapan air, meningkatkan kekuatan kayu, dan lain sebagainya.

Buku ini lebih menitikberatkan pada pembahasan tentang HOT. HOT didefinisikan sebagai aplikasi panas terhadap kayu untuk meningkatkan sifat alami kayu dan untuk memperoleh bentuk dan fungsionalitas kayu yang diinginkan tanpa merubah karakteristik ramah lingkungan kayu dengan media minyak panas. HOT merupakan salah satu teknologi modifikasi kayu yang paling maju secara komersial dibandingkan dengan teknologi modifikasi kayu lainnya. Hal ini terutama disebabkan karena penerapan teknologinya yang lebih sederhana dibandingkan dengan teknologi modifikasi kayu lainnya serta proses ini juga dinilai lebih ramah lingkungan, karena tidak menggunakan bahan kimia dalam proses atau perlakuannya.



 penerbit pusaka  
 pusakamedia@gmail.com  
 @pusaka\_media

# Perlakuan Minyak Panas (Hot Oil Treatment) pada Kayu



Wahyu Hidayat | Shalehudin Denny Maruf | Muhammad Abdillah |  
Seldi Prayoga | Raynaldo Zevan | Ganang Bagus Akbar Prihastono |  
Ahmad Halim Hardianto | Siti Mutiara Ridjayanti

PERLAKUAN  
MINYAK PANAS  
(HOT OIL TREATMENT)  
PADA KAYU

Hak cipta pada penulis  
Hak penerbitan pada penerbit  
Tidak boleh diproduksi sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun  
Tanpa izin tertulis dari pengarang dan/atau penerbit

**Kutipan Pasal 72 :**

Sanksi pelanggaran Undang-undang Hak Cipta (UU No. 10 Tahun 2012)

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal (49) ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau hasil barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

# PERLAKUAN MINYAK PANAS (HOT OIL TREATMENT) PADA KAYU

**Wahyu Hidayat  
Shalehudin Denny Maruf  
Muhammad Abdillah  
Seldi Prayoga  
Raynaldo Zevan  
Ganang Bagus Akbar Prihastono  
Ahmad Halim Hardianto  
Siti Mutiara Ridjayanti**



**PUSAKA MEDIA**

Perpustakaan Nasional RI:  
Katalog Dalam Terbitan (KDT)

**PERLAKUAN MINYAK PANAS  
(HOT OIL TREATMENT)  
PADA KAYU**

**Penulis:**

Wahyu Hidayat  
Shalehudin Denny Maruf  
Muhammad Abdillah  
Seldi Prayoga  
Raynaldo Zevan  
Ganang Bagus Akbar Prihastono  
Ahmad Halim Hardianto  
Siti Mutiara Ridjayanti

**Desain Cover & Layout**  
Pusaka Media Design

xii + 58 hal : 15,5 x 23 cm  
Cetakan, November 2020

**ISBN: 978-623-6569-70-2**

Penerbit  
**PUSAKA MEDIA**  
**Anggota IKAPI**  
**No. 008/LPU/2020**

**Alamat**

Jl. Endro Suratmin, Pandawa Raya. No. 100  
Korpri Jaya Sukarame Bandarlampung  
082282148711  
email : cspusakamedia@yahoo.com  
Website : www.pusakamedia.com

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian  
atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

# KATA PENGANTAR

Kayu merupakan komoditas yang sudah digunakan oleh manusia sejak ribuan tahun karena kegunaannya dalam menyokong kehidupan manusia karena memiliki keindahan, kekuatan, kemudahan untuk di proses, dan lebih ramah lingkungan. Dibalik banyaknya kelebihan kayu beberapa kayu memiliki kelemahan yaitu rentang terhadap kerusakan oleh organisme perusak seperti rayap, jamur, dan kumbang serta rentan terhadap faktor lingkungan. Usaha untuk meningkatnya daya tahan kayu telah banyak digunakan namun cenderung menggunakan metode yang menggunakan bahan kimia sehingga tidak ramah lingkungan.

Salah satu upaya meningkatkan kualitas kayu adalah menggunakan modifikasi kayu yang dikembangkan agar dapat meningkatkan kualitas kayu dengan meminimalisir dampaknya terhadap lingkungan. Modifikasi kayu memiliki beberapa metode yang salah satunya adalah modifikasi panas menggunakan minyak atau Oil Heat Treatment (HOT). HOT dapat meningkatkan kualitas kayu seperti meningkatkan stabilitas dimensi kayu, meningkatkan ketahanan kayu terhadap organisme perusak kayu, mengurangi serapan air, meningkatkan kekuatan kayu, dan lain sebagainya.

Buku ini lebih menitikberatkan pada pembahasan tentang HOT. HOT didefinisikan sebagai aplikasi panas terhadap kayu untuk meningkatkan sifat alami kayu dan untuk memperoleh bentuk dan

fungsionalitas kayu yang diinginkan tanpa meruah karakteristik ramah lingkungan kayu dengan media minyak panas. HOT merupakan salah satu teknologi modifikasi kayu yang paling maju secara komersial dibandingkan dengan teknologi modifikasi kayu lainnya. Hal ini terutama disebabkan karena penerapan teknologinya yang lebih sederhana dibandingkan dengan teknologi modifikasi kayu lainnya serta proses ini juga dinilai lebih ramah lingkungan, karena tidak menggunakan bahan kimia dalam proses atau perlakuannya.

Penulis sangat mengharapkan masukan dan kritik agar buku ini dapat menjadi lebih baik dan memberikan manfaat yang lebih luas kepada bidang ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya yang berkaitan dengan Ilmu Kayu dan Kehutanan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan berbagai bantuan untuk tersusunnya buku ini.

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>I. Pendahuluan .....</b>	<b>1</b>
1.1. Status penggunaan kayu.....	1
1.2. Anatomi, struktur sel, dan komposisi kimia kayu .....	4
1.2.1 Anatomi kayu.....	4
1.2.2 Struktur dinding sel kayu .....	7
1.2.3 Komposisi kimia kayu .....	8
<b>II. Agen abiotik dan biotik yang mempengaruhi sifat-sifat kayu .....</b>	<b>11</b>
2.1. Kelembapan .....	11
2.2. Jamur dan bakteri .....	12
2.3. Serangga (kumbang, rayap) .....	13
2.4. Penggerek laut (marine borers) .....	14



<b>III. Kelas Keawetan Alami kayu .....</b>	<b>16</b>
3.1. Kelas awet alami kayu .....	16
3.2. Parameter yang mempengaruhi keawetan alami kayu ..	17
3.3. Pengawetan kayu .....	18
3.4. Modifikasi kayu .....	20
<b>IV. Hot oil treatment .....</b>	<b>23</b>
4.1. Kelebihan dan kekurangan penggunaan minyak sebagai media panas .....	23
4.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi efektifitas HOT .....	25
<b>V. Pengaruh suhu dan durasi HOT terhadap sifat-sifat kayu ...</b>	<b>27</b>
5.1. Warna .....	27
5.2. Perubahan sifat fisis .....	29
5.3. Perubahan sifat mekanis .....	31
5.4. Sifat kimia kayu .....	32
5.5. Keawetan kayu .....	32
<b>VI. Pengaruh suhu perlakuan panas dengan minyak terhadap perubahan sifat fisis dan mekanis kayu sengon (<i>Falcataria moluccana</i>) dan kayu kelapa (<i>Cocos nucifera</i>) .....</b>	<b>33</b>
<b>VII. Pengaruh Suhu Perlakuan selama Proses Hot Oil Treatment (HOT) terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Kayu <i>Gmelina</i> (<i>Gmelina arborea</i>) dan Mindi (<i>Melia azedarach</i>). .....</b>	<b>38</b>

<b>VIII. Pengaruh durasi perlakuan panas dengan minyak (<i>Hot Oil Treatment</i>) terhadap perubahan sifat fisis dan mekanis kayu akasia (<i>Acacia mangium</i>) dan kayu jabon (<i>Anthocephalus cadamba</i>).....</b>	<b>43</b>
<b>PENUTUP .....</b>	<b>48</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>50</b>

# DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbedaan softwood dan hardwood. ....	6
Tabel 2. Kelas kuat kayu. ....	17

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Produksi kayu bulat Indonesia tahun 2013-2018. ..	3
Gambar 2.	Penampang transversal, tangensial, dan radial batang pohon oak merah ( <i>Quercus rubra</i> ).. .....	5
Gambar 3.	Struktur anatomi kayu <i>softwood</i> dan <i>hardwood</i> . ..	6
Gambar 4.	Struktur sel kayu.....	7
Gambar 5.	Struktur kimia selulosa. ....	8
Gambar 6.	Struktur kimia hemiselulosa. ....	9
Gambar 7.	Struktur kimia lignin. ....	10
Gambar 8.	(a) <i>Blue stain</i> jenis <i>Chlorosplenium aeruginascens</i> . (b) <i>Brown rot</i> jenis <i>Serpula lacrymans</i> (c) <i>White rot</i> jenis <i>Ganoderma applanatum</i> , .....	12
Gambar 9.	(a) Rayap tanah ( <i>Coptotermes</i> spp) (b) Rayap kayu kering( <i>Cryptotermes</i> spp) .....	14
Gambar 10.	Rancang bangun tanur <i>hot oil treatment</i> . ....	26
Gambar 11.	Nilai pengukuran $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , dan $\Delta E$ sengon dan kelapa. ....	34
Gambar 12.	Nilai pengukuran perubahan berat dan susut volume sengon dan kelapa. ....	35

Gambar 13.	Nilai pengukuran kerapatan dan kadar air (EMC) sengon dan kelapa. ....	36
Gambar 14.	Nilai pengukuran kekerasan dan kekuatan tekan sengon dan kelapa. ....	37
Gambar 15.	Nilai pengukuran $L^*, a^*, b^*$ , dan $\Delta E$ gmelina dan mindi. ....	39
Gambar 16.	Nilai pengukuran daya serap air (WA) dan kadar air (KA) gmelina dan mindi. ....	40
Gambar 17.	Nilai pengukuran perubahan berat (PB) dan susut volume (VS) dan kerapatan gmelina mindi. ....	41
Gambar 18.	Nilai pengukuran kekerasan dan kekuatan tekan gmelina dan mindi. ....	42
Gambar 19.	Nilai pengukuran $L^*, a^*, b^*$ , dan $\Delta E$ akasia dan jabon. ....	44
Gambar 20.	Nilai pengukuran kadar air (KA) dan kerapatan ( $\rho$ ) akasia dan jabon. ....	45
Gambar 21.	Nilai pengukuran susut volume (VS) dan perubahan berat (PB) akasi dan jabon. ....	46
Gambar 22.	Nilai pengukuran kekerasan dan kekuatan tekan (PB) akasia dan jabon. ....	47

## DAFTAR PUSTAKA

- [ASTM] American Society for Testing and Materials. 1996. ASTM D 1758-96: Standard test method of evaluating wood preservatives by field test with stake. USA
- Adi, D.S., Risyanto, L., Damayanti, R., Rullyanti, S., Dewi, L.M., Susanti, R., Dwianto, W., Hermiati, E., and Watanabe, T. 2014. Exploration of unutilized fast growing wood species from secondary forest in Central Kalimantan: study on the fiber characteristic and wood density. *Procedia Environmental Sciences* 20 : 321 – 327
- Allegretti, O., Brunetti, M., Cuccui, I., Ferrari, S., Nocetti, M., and Terziev, N. 2012. Thermo-vacuum modification of spruce (*Picea abies* Karst.) and fir (*Abies alba* Mill.) wood. *Bioresources*. 7(3): 3656-3669.
- Awoyemi, L., and Jones, I.P. 2011. Anatomical explanations for the changes in properties of western red cedar (*Thuja plicata*) wood during heat treatment. *Wood Sci. Tech.* 45(2): 261-267.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. Statistik Produksi Kehutanan. Jakarta; Badan Pusat Statistik/BPS-Statistic Indonesia.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2017. Statistik Produksi Kehutanan. Jakarta; Badan Pusat Statistik/BPS-Statistic Indonesia

- Bazyar, B. 2012. Decay resistance and physical properties of oil heat treated aspen wood. *Bioresources* 7(1): 696-705
- Bak, M., dan Németh, R. 2012. Modification of wood by oil heat treatment. *International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint*. Sopron.
- Bak, M., Németh, R., dan Tolvaj, L. 2012. The colour change of oil-heat-treated timber during weathering. *Óbuda University e-Bulletin*. Vol. 3, No. 1
- Boonstra, M., Tjeerdsma, B., and Groeneveld, H. 1998. Thermal modification of non durable wood species 1. The Plato technology: thermal modification of wood, International Research Group Wood Pro, section 4: processes. 29 Annual meeting, Maastricht, June 14-19, p 13.
- Boonstra, M.J., van Acker, J., Kegel, E., and Stevens, M. 2007. Optimisation of a two stage heat treatment process: durability aspects. *Wood Science and Technology*. 41(1): 31-57.
- Brito, J.O., Silva, F.G., Leao, M.M., Almeida, G. 2008. Chemical composition changes in eucalyptus and pinus woods submitted to heat treatment. *Bioresource Technology*. 99: 8545-8548.
- Cahyandaru, N. Parwoto, Gunawan, A. dan Setyoharjono, Y.S. 2010. *Konservasi Cagar Budaya Berbahan Kayu dengan Bahan Tradisional*. Magelang: Balai Konservasi Peninggalan Borobudur.
- Cui, W., Kamdem, D. P., and Rypstra, T. 2004. Diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy (DRIFT) and color changes of artificial weathered wood. *Wood and Fiber Science*. 36(3): 291-301.
- Ding, T., Gu, L., Li, T. 2011. Influence of steam pressure on physical and mechanical properties of heat-treated Mongolian pine lumber. *European Journal of Wood and Wood Products*. 69(1): 121-126.

- Departemen Perindustrian. 2007. *Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit*. Jakarta. Departemen Perindustrian.
- Dubey, M.J., Pang, S., and Walker, J. 2011a. Changes in chemistry, color, dimensional stability and fungal resistance of *Pinus radiata* D. Don wood with oil heat treatment. *Holzforschung*. 66: 49-57.
- Dubey, M.J., Pang, S., and Walker, J. 2011b. Effect of oil heating age on colour and dimensional stability of heat treated *Pinus radiata*. *Eur. J. Wood Prod.* 69: 255-262.
- Esteves, B.M., Domingos, I., and Pereira, H. 2008. Pine modification by heat treatment in air. *BioResources*. 3(1): 142-154.
- Esteves, B.M., and Pereira, H. 2009. Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*. 4(1): 340-404.
- Esteves, B.M., Nunes, L., Domingos, I., Pereira, H. 2014. Comparison between heat treated sapwood and heartwood from *Pinus pinaster*. *Euro. J. Wood Prod.* 72(1): 53-60.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of United. 2018. *FAO Statistics Forest Products*. Roma. FAO Forestry Department.
- Forest Product Laboratory. 2010. *Wood Handbook: Wood as an engineering material*. Centennial Edition. United States Department of Agriculture Forest Service. Madison, Wisconsin. 508 p.
- Gérardin P. 2016. New alternatives for wood preservation based on thermal and chemical modification of wood—a review. *Ann For Sci*. 73(3):559-570. Doi: 10.1007/s13595-015-0531-4
- Gunduz,G. Korkut,S. Aydemir,D. 2010. The effect of heat treatment on some mechanical properties and color changes of uludag fir wood. *Drying Technology* 28:249-255
- Hakkou, M., Petrissans, M., Gerardin, P., and Zoulalian, A. 2006. Investigations of the reasons for fungal durability of heat-treated beech wood. *Polymer Degradation and Stability*. 91(2): 393-397.



- 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.
- 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. DOI: 10.1051/e3sconf/20186803010
- 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. DOI: 10.15376/biores.12.4.7452-7465
- Hidayat, W., and Febrianto, F. 2018. *Teknologi Modifikasi Kayu Ramah Lingkungan: Modifikasi Panas dan Pengaruhnya terhadap Sifat-sifat Kayu*. Pusaka Media, Bandar Lampung.
- 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. DOI: 10.15376/biores.12.4.7539-7551
- 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. DOI: 10.15376/biores.11.4.10070-10086
- 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. DOI: 10.5658/WOOD.2017.45.2.213

- Hill, C.A.S. 2006. *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes*. Wiley Series in Renewable Resources, John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, England.
- Homan, J.W. dan Jorissen.A.J.M. 2004. Wood modification developments. *Heron*. 49(4): 361-386
- Hüseyin, S., Ahmet, C., Kadriye, K., dan Mehmet, T. 2016. Effect of tall oil pretreatment on physical and mechanical properties of heat treated fir and beech. *27th International Conference on Wood Modification and Tehnology 2016 Implementation Of Wood Science In Woodworking Sector*
- International Labour Organization dan United Nation Development Programme. 2014. Kajian Kelapa dengan Pendekatan Rantai Nilai dan Iklim Usaha di Kabupaten Sarmi. Laporan Studi Program Pembangunan berbasis Masyarakat Fase II: Implementasi Institusionalisasi Pembangunan Mata Pencaharian yang Lestari untuk Masyarakat Papua.
- Indrosaptono,D. Sukai. Indraswara,M.S. 2014. Kayu kelapa (glugu) sebagai alternative bahan konstruksi bangunan. *MODUL 14(1)*: 53-58
- Johanson, A., Fhyr, C., dan Rasmuson, A. 1997. High temperature convective drying of wood chips with air and superheated steam. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 40(12): 2843-2858.
- Kementerian Hukum dan HAM. 2011. Laporan Akhir Tim Pengkajian Hukum tentang Peran Serta Masyarakat dalam Pemberantasan Pembalakan Liar Hutan (Illegal Logging). Jakarta.
- [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2018. Statistik Lingkungan Hidup dan Kehutanan.Jakarta. Pusat data dan informasi KLHK.
- Lacić,R. Hasan,M. Trajković,J. Šefc,B. Šafran,B. Despot,R.2014. Biological durability of oil heat treated alder wood. *Drvna industrija*. 65 (2):143-150

- Lyon, F., Thevenon, M.F., Hwang, W.J., Imamura, Y., Grill, J., Pizzi, A. 2007. Effect of an oil heat treatment on the leachability and biological resistance of boric acid impregnated wood. *Ann. For. Sci.* 64 673–678 DOI: 10.1051/forest:2007046.
- Martawijaya, A., Kartasudjana, I., Prawira, S.A., Kadir, K. 1981. Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Bogor: Departemen Kehutanan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Martawijaya, A., Kartasudjana, I., Mandang, Y.I., Prawira, S.A., Kadir, K. 1989. Atlas Kayu Indonesia Jilid II. Bogor: Departemen Kehutanan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan
- Meylan, B.A. 1978. Density variation within cocos nucifera stems. *New Zealand Journal of Forestry Science* vol. 8 no. 3 369-383
- Militz, H. 2002. Heat Treatment Technologies In Europe: Scientific Background And Technological State-Of-Art. Proceedings of Conference on Enhancing the durability of lumber and engineered wood products, Orlando: 22-13
- Pang, S., Langrish, T.A.G., and Keey, R.B. 1994. Moisture movement in softwood timber at elevated temperatures. *Drying Technology*. 12(8): 1897-1914.
- Poncsak, S., Kocaefe, D., Bouazara, M., and Pichette, A. 2006. Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*). *Wood Science and Technology*. 40(8): 647-663.
- Praptoyo, H. 2010. Sifat anatomi dan sifat fisika kayu mindi (*Melia azedarach* Linn) dari hutan rakyat di Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 4(1):21-27
- Rangkang, J. Sondakh, F. Saerang, E.J. 2016. Karakteristik kayu kelapa di berbagai zona di Indonesia timur berdasarkan sifat fisis dan mekanisnya. *Jurnal Teknik Sipil*. 23(2): 89-97.
- Raven, P.; Evert, R.; Eichhorn, S. 1999. *Biology of plants*. 6th ed. New York, NY: W.H. Freeman & Company. 944 p

- Razak, W., Izyan, W., Hanim, A.R., Othman, S., Aminuddin, M., dan Affendy, H. 2011. Effects of on colour and chemical changes in 15-year-old Acacia Hybrid. *Journal of Tropical Forest Science* 23(1): 42–50.
- Razak, W., Izyan, K., Hanim, A.R., Othman, S., Aminuddin, M., Tamer, A., Tabet,. Rafidah M.D., Salim,. dan Farah, W.A. 2012. Effectiveness of hot oil treatment on cultivated 15 year-old acacia hybrid against *coriolus versicolors*, *gloeophyllum trabeum* and *pycnoporus sanguineus*. *Sains Malaysiana* 41(2: 163–169.
- Rowel, R.M., Pettersen, R., Tshabalala, M.A. 2012. *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. London. CRC Press.
- Roza, D. Dirhamsyah,M. Nurhaida. 2015. Sifat fisik dan mekanik papan partikeldari kayu sengon (*Paraserianthes falcataria. L*) dan serbuk sabut kelapa (*Cocos nucifera.L*). *Jurnal Hutan Lestari*. 3(3):374–382.
- Sahin, H. I. 2017. Heat treatment application methods and effects of heat treatment on some wood properties. in: International Convrence on Engineering and Natural Science (ICENS) Budapest 540–543.
- Sailer, M., Rapp, A., Leithoff, H. 2000. Improved resistance of Scots pine and spruce by application of an oil-heat treatment, In: International Research Group Wood Pro, section 4-processes, No IRG/WP 00-40162.
- Salim, R. 2016. Karakteristik dan mutu arang kayu jati (*Tectona grandis*) dengan sistem pengarangan campuran pada metode tungku drum. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* Vol.8, No.2 : 53–64
- Sandberg, D. dan Navi, P. 2007. Introduction To Thermo-Hydro-Mechanical (Thm) Wood Processing. School of Technology and Design. Vaxjo University

- Sanberg, D. Kutnar, A. 2016. Thermally modified timber: Recent developments in Europe and North America. *Wood And Fiber Science*. 48:28-39
- Sanberg, D. Kutnar, A. Mantanis, G. 2017. Wood modification technologies - a review. *iForest Biogeosciences and Forestry*. 10: 895-908
- Srivastava, S., Kumar, R. Singh, V.P. 2013. *Wood Decaying Fungi*. Saaebrucke. LAP LAMBERT Academic.
- Surini, T., Charrier, F., Malvestio, J., Charrier, B., Moubarik, A., Castera, P., and Grelier, S. 2012. Physical properties and termite durability of maritime pine *Pinus pinaster* Ait. heat-treated under vacuum pressure. *Wood Science and Technology*. 46(1): 487-501.
- Sudarna, N.S. 1990. Anatomi batang kelapa (*Cocor nucifera*, L.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* Vol 7, No. 3 pp.111-117.
- Sornnuwat, Y., C. Vongkaluang, T. Yoshimura, K. Tsunoda, dan M. Takahashi. 1995. Wood Consumption and Survival of Subterrean Termite *Coptotermes gestroi* Wassmann Using The Japanese Standardized Testing Method and Modified Wood Block Test in Bottle. *Japanese Society of Environmental Entomologi and Zoologi*.
- Umar, I., Zaidon, A., Lee, S.H., dan Halis, R. 2016. Oil-heat treatment of rubberwood for optimum changes in chemical constituents and decay resistance. *Journal of Tropical Forest Science* 28(1): 88-96.
- Vu, M.T, and Li, J. 2010. Effect of heat treatment on the change in color and dimensional stability of acacia hybrid wood. *BioResources*. 5: 1257-1267
- Wang, J.Y., dan Copper P.A. 2005. Effect of oil type, temperature and time on moisture properties of hot oil-treated wood. *Holz als Roh- und Werkstoff* 63: 417-422

Weber L.M., Berlyn G.P., Everett T.H. 2019. The anatomy and organization of wood. Encyclopædia Britannica. Augustyn A., Curley R., Higgins J. Publis November 18, 2019. Encyclopædia Britannica, inc. Akses September 21, 2020. <https://www.britannica.com/plant/tree>