



Rekayasa Kayu *Eucalyptus pellita* F. Muell Dengan Teknologi Oil Heat Treatment (OHT) (Wood Engineering *Eucalyptus Pellita* F. Muell With Oil Heat Treatment (OHT) Technology)

Grace Siska¹, Eva Oktoberyani Christy¹, Markus Sihombing², Moh Rizal¹, Chartina Pijath¹

¹ Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya, Jalan Yos Sudarso Kampus UPR, Palangka Raya, 73111 Provinsi Kalimantan Tengah

² Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya, Jalan Yos Sudarso Kampus UPR, Palangka Raya, 73111 Provinsi Kalimantan Tengah

* Corresponding Author: gracesiskangindra@for.upr.ac.id; eochristy28@gmail.com

Article History

Received : May 01, 2025

Revised : May 08, 2025

Approved : May 12, 2025

Keywords:

Duration of treatment, *Eucalyptus pellita* F. Muell, Oil Heat Treatment, Physical Properties, Mechanical Properties

© 2025 Authors

Published by the Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Palangka Raya University. This article is openly accessible under the license:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Sejarah Artikel

Diterima : 01 Mei 2025

Direvisi : 08 Mei 2025

Disetujui : 12 Mei 2025

Kata Kunci:

Durasi perlakuan, *Eucalyptus pellita* F. Muell, Oil Heat Treatment, Sifat Fisika, Sifat Mekanika

© 2025 Penulis

Diterbitkan oleh Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya.

Artikel ini dapat diakses secara terbuka di bawah lisensi:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ABSTRACT

Eucalyptus pellita F. Muell is a plant that is widely developed in Indonesia's Industrial Plantation Forest (HTI), because this plant is a fast-growing wood. *Eucalyptus pellita* F. Muell wood has weaknesses in terms of durability quality and strength of its wood. Therefore, an environmentally friendly and effective application of technology is needed. Oil Heat Treatment (OHT) is one of the environmentally friendly and appropriate wood technologies because there are no chemicals during the treatment process. This study aims to determine the effect of the duration of OHT time of 1 hour, 2 hours and 3 hours with a temperature of $200 \pm 2^\circ\text{C}$ on changes in the physical properties of wood mechanics of *Eucalyptus pellita* F. Muell. The research results indicate that the heat treatment method known as Oil Heat Treatment (OHT) using used cooking oil can reduce the moisture content of wood over the duration of heating, as well as increase the density, Modulus of Elasticity (MoE), and Modulus of Rupture (MoR) of *Eucalyptus pellita* F. Muell wood, although the statistical analysis in the study showed that the treatment did not have a significant effect.

ABSTRAK

Tanaman *Eucalyptus pellita* F. Muell merupakan tanaman yang banyak dikembangkan pada Hutan Tanam Industri (HTI) Indonesia, karena tanaman ini merupakan kayu cepat tumbuh (*Fast growing*). Kayu *Eucalyptus pellita* F. Muell memiliki kelemahan dari segi kualitas keawetan maupun kekuatan kayunya. Oleh karena itu, diperlukan aplikasi teknologi yang ramah lingkungan dan tepat guna. Perlakuan pemanasan *Oil Heat Treatment* (OHT) merupakan salah satu teknologi kayu yang ramah lingkungan dan tepat guna karena tidak ada bahan kimia selama proses perlakuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh durasi waktu OHT 1 jam, 2 jam dan 3 jam dengan suhu $200 \pm 2^\circ\text{C}$ terhadap perubahan sifat fisika mekanika kayu *Eucalyptus pellita* F. Muell. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode perlakuan modifikasi panas *Oil Heat Treatment* (OHT) menggunakan minyak goreng bekas dapat menurunkan kadar air kayu seiring lama durasi pemanasan serta meningkatkan nilai kerapatan, *Modulus of Elasticity* (MoE) dan *Modulus of Rupture* (MoR) kayu *Eucalyptus pellita* F. Muell walaupun hasil analisis statistik pada penelitian menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang signifikan.

1. Pendahuluan

Produk hasil hutan berupa kayu merupakan bahan material alami yang untuk industri seperti konstruksi, furnitur, pengemasan (Mandraveli et al., 2024), bahan baku kertas Ketersediaan jenis kayu komersial dari hutan alam semakin terbatas karena potensi kayu di hutan alam telah menurun. Pasokan kayu yang saat ini ada di Indonesia berasal dari

hutan tanaman dan hutan alam. Hutan tanaman banyak mengembangkan jenis tanaman kayu cepat tumbuh (*fast growing*). Rahmawaty (2022) tanaman yang tumbuh dengan cepat seperti sengon (*Falcataria molucana*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), binuang (*Octomeles sumatrana*), akasia (*Acacia penninervis*), *Eucalyptus pellita* F. Muell dan jenis lainnya. Jenis kayu cepat

tumbuh memiliki keunggulan rotasi pertumbuhan yang pendek dan waktu pemanenan yang singkat namun memiliki beberapa kelemahan dari segi kualitas kayu. Kayu *Eucalyptus pellita* F. Muell merupakan salah satu tanaman yang diprioritaskan untuk dikembangkan pada Hutan Tanaman Industri (HTI) (Oktiawan et al., 2022; Hazama et al., 2022).

Peranan modifikasi kayu bertujuan untuk meningkatkan dan memperbaiki kelemahan kayu dan juga mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan produk kayu yang dimodifikasi. Perbaikan ini mencakup peningkatan ketahanan terhadap serangan penyakit yang menyebabkan pembusukan kayu, penyusutan kayu kecil, peningkatan kekuatan kayu, dan sebagainya (Hidayat & Febrianto, 2018). Pemberian perlakuan panas menggunakan minyak telah muncul sebagai metode yang efektif di antara beberapa pilihan bentuk perawatan kayu yang ramah lingkungan (Mandraveli et al., 2024) karena tidak ada bahan kimia selama proses berlangsung (Hardianto et al., 2020) Minyak yang tidak jenuh dapat teroksidasi ketika terpapar oksigen di atmosfer yang menjadi lapisan pelindung di permukaan kayu (Lee et al., 2018). Minyak nabati sudah lama digunakan untuk melindungi kayu yang disebabkan oleh pembusukan jamur serta untuk mengurangi aksesibilitas kelembapannya karena tidak beracun dan ramah lingkungan (Hill, 2006). Penggunaan minyak dapat menjadi media pemanasan yang *low-toxic* dan ramah terhadap lingkungan. Minyak dapat membantu dalam perpindahan kalor atau penetrasi ke dalam kayu dan memisahkan oksigen dari kayu saat pemanasan. Selain itu, minyak memiliki bilangan asam rendah dan titik asap yang cukup tinggi sehingga reaksi oksidasi dan hidrolisis yang dapat merusak bahan saat pemanasan hanya akan terjadi pada suhu tinggi (Aziz et al., 2021).

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh durasi waktu *Oil Heat Treathment* (OHT) 1 jam, 2 jam dan 3 jam menggunakan minyak goreng bekas terhadap perubahan sifat

fisika dan mekanika kayu *Eucalyptus pellita* F. Muell

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya Kalimantan Tengah dengan waktu pelaksanaan penelitian adalah ± 3 bulan

2.2. Obyek, Alat dan Bahan Penelitian

Bahan penelitian adalah Kayu *Eucalyptus Pellita* F. Muell, Minyak goreng bekas, gas elpiji. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah: gergaji mesin, amplas, kompor, tungku (drum besi), *Thermometer*, oven, *califer*, timbangan analitik, *Tallysheet*, kamera, UTM 5000 (*Universal Testing Machine*)

2.3. Prosedur Penelitian

Pohon *Eucalyptus pellita* F. Muell memiliki batang lurus, sehat serta minim mata kayu atau cabang. Pohon berada di petak A767 dengan titik koordinat 1°52.477'S, 114°11.663'E. Pohon berdiameter ± 29 cm, tinggi 21 meter dan umur 6 tahun yang terletak di Perusahaan Perkebunan Kayu Hutan Tanaman Industri PT Industrial Forest Plantation berlokasi di Lahei Mangkutup, Kecamatan Mantangai, Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah.

Tabel 1. Ukuran Contoh Uji Sifat Fisika dan Mekanika Kayu

Pengujian	Standar	Ukuran Contoh Uji (cm)	Jumlah contoh uji (buah)
Kadar Air	DIN 52183	2 x 2 x 2	9
Kerapatan	DIN 52182	2 x 2 x 2	9
MoE dan MoR	DIN 52187	2 x 2 x 36	9

Sampel dibuat mengacu pada standar DIN (Scharai Rad & Budi, 1994). Proses *Oil Heat Treatment* (OHT) dimulai dengan memberi perlakuan pada sampel yaitu terlebih dahulu dipanaskan di dalam oven pada suhu $100 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 24 jam untuk mencegah adanya keretakan pada sampel saat diberi perlakuan pemanasan karena perubahan suhu

yang ekstrem. Setelah di oven semua sampel dikondisikan (kering udara) selama dua minggu. Minyak goreng bekas kemudian dimasukkan ke dalam wadah sebagai media pemanas OHT. Seluruh bagian sampel kayu terendam dalam minyak panas. Suhu panas yang digunakan adalah $200 \pm 2^\circ\text{C}$. Setiap perlakuan menggunakan durasi waktu 1 jam, 2 jam dan 3 jam sedangkan pada kontrol tidak diberikan perlakuan panas. Untuk mengetahui dan menjaga suhu pemanasan agar tetap konstan selama waktu pemanasan, wadah dilengkapi dengan *thermometer*. Setelah seluruh proses selesai, sampel diangkat dan ditiriskan selama 15 menit, dan dilakukan pembersihan permukaan kayu dari minyak menggunakan kain serta dikondisikan pada suhu ruang selama 2 minggu sebelum dilakukan pengujian.

3. Hasil Penelitian

Pengujian sifat fisika dan mekanika kayu *eucalyptus pellita* F. Muell setelah perlakuan *Oil Heat Treatment* dilakukan pada 4 parameter.

Tabel 2. Nilai Rata-rata Parameter Kadar Air, Kerapatan, MoR dan MoE kayu *eucalyptus pellita* F. Muell dengan *Oil Heat Treatment*

Perlakuan	Parameter			
	Kadar Air (%)	Kerapatan (gr/cm^3)	MoR (N/mm^2)	MoE (N/mm^2)
1 jam	5,56	0,97	46492,75	603,56
2 jam	4,72	1,03	40759,19	489,43
3 jam	4,30	0,80	42423,17	574,12
Kontrol	5,99	0,78	22778,85	520,78

Tabel 3. Hasil Analisis Ragam Parameter Kadar Air, Kerapatan, MoR dan MoE kayu *eucalyptus pellita* F. Muell dengan *Oil Heat Treatment*

SK	Parameter	Db galat	JK	KT	F Hit	Sig.
Perlakuan	Kadar air (%)	8	5334 1,66 7	17780, 556	1,989 ^N s	0,1 94
	Kerapatan (gr/cm^3)		3623 ,000	1207,6 67	1,700 ^N s	0,2 44
	MoE (N/mm^2)		9,92 8E+ 12	3.309E +12	2,052 NS	0,1 85
	MoR (N/mm^2)		1086 8037 42,9	362267 914,31	0,779 ^N s	0,5 38

Nilai rata-rata hasil pengujian kadar air, kerapatan, modulus of rupture dan modulus elastisitas disajikan pada **Tabel 2**. Hasil analisis ragam untuk empat parameter tersebut disajikan pada **Tabel 3**.

3.1. Kadar Air

Kadar air kayu hasil penelitian berkisar 4,30 – 5,99 %. Menurut standar DIN 52183 adalah standar yang dipergunakan di Negara Eropa, dimana kadar air kayu untuk pembuatan bahan baku *furniture* dan bangunan yaitu 8-12%. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian ini maka nilai rata-rata kadar air kayu telah memenuhi standar walaupun nilainya dibawah 8% karena semakin rendah nilai kadar air maka penggunaan kayu tersebut semakin baik. Kadar air kering angin di Indonesia rata-rata 10-18%. Menurut Standard Nasional Indonesia (SNI 7973-2013) bahwa persyaratan kayu sebagai bahan bangunan struktural, kadar airnya maksimal 19%. Sehingga nilai rata-rata kadar air dalam penelitian ini memenuhi standar SNI. Perubahan nilai kadar air dari kontrol menggambarkan bahwa metode *Oil Heat Treatment* (OHT) dapat menurunkan kadar air dari kayu. Hidayat & Febrianto (2018) metode OHT berpengaruh secara nyata menyebabkan perubahan kadar air kayu. Kadar air akan terus berkurang jika mengalami pengeringan hingga tinggal 0-1% saja. Kadar air pada kondisi toritis 0% disebut kondisi kering tanur dan relatif labil atau mudah berubah sesuai kondisi lingkungannya (Kasmudjo, 2010). Perlakuan OHT pada prinsipnya sama dengan pengeringan kayu dimana kadar air dalam kayu didesak keluar dari kayu sehingga kadar air sampel dapat mencapai nilai seperti pada hasil penelitian ini.

Durasi waktu perlakuan dalam penelitian ini menggambarkan bahwa durasi waktu yang pendek yaitu 1 jam diperoleh kadar air tertinggi 5,56%, sedangkan kadar air terendah terdapat pada durasi 3 jam yaitu 4,30%, dimana nilai kadar air ini mengalami penurunan bila dibandingkan kontrol 5,98%. Perubahan nilai kadar air ini diduga durasi waktu pemanasan OHT pada suhu yang tinggi dan lama akan

menyebabkan kandungan air didalam kayu terdegradasi terlalu banyak sehingga kayu menjadi kering yang dapat menyebabkan kayu mudah retak. Hasil penelitian Abdillah *et al* (2020); Hidayat & Febrianto (2018); Hidayat *et al.*, (2015) juga serupa dengan hasil penelitian yang dilakukan, dimana terjadi penurunan kadar air kayu pada perlakuan yang diberikan.

Perubahan kadar air kayu yang tidak berpengaruh nyata diduga faktor suhu dan durasi perlakuan yang diberikan belum maksimal yang dapat mempengaruhi kadar air kayu *eucalyptus pellita* F. Muell secara signifikan. Semakin tinggi suhu dan durasi pemanasan maka kadar air kayu akan semakin menurun. Hidayat *et al.*, (2015) mengatakan bahwa kadar air kesetimbangan akan mengalami penurunan dengan meningkatnya suhu dan durasi perlakuan.

3.2. Kerapatan

Kerapatan kayu yang diperoleh dari penelitian ini rata-ratanya berkisar antara 0,78 - 1,03 gr/cm³, dimana nilai kerapatan kayu setelah OHT mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan kontrol. Hal ini diduga terjadi akibat masuknya minyak goreng yang dipanaskan pada dinding dan rongga sel dan terikat pada dinding dan rongga sel kayu meskipun kayu ditiriskan dan mengalami pengendapan. Peningkatan nilai kerapatan karena kayu mengalami peningkatan berat tetapi volume kayu dapat tetap atau mengalami perubahan sehingga nilai kerapatan yang diperoleh meningkat. Peningkatan atau terjadinya penurunan nilai kerapatan pada suhu yang tinggi diduga mengakibatkan terjadinya perpindahan zat ekstraktif akibat pemanasan sehingga berkumpul di permukaan kayu sehingga memberikan variasi nilai kerapatan yang diuji (Aziz *et al.*, 2021; Pratiwi, 2014 ; Bayzar, 2012).

Durasi waktu 2 jam memberikan nilai kerapatan yang tertinggi 1,03 gr/cm³ bila dibandingkan dengan durasi waktu 3 jam yaitu 0,79 gr/cm³. Standar DIN 52182 mensyaratkan nilai kerapatan kayu untuk pembuatan bahan baku *furniture* dan bangunan yaitu 0,60 - 0,80

gr/cm³, dimana jika dibandingkan dengan nilai hasil penelitian yang memenuhi persyaratan terdapat pada durasi waktu 3 jam, sementara durasi waktu yang lainnya tidak memenuhi persyaratan sebagai bahan baku. Standard Nasional Indonesia (SNI 7973-2013) bahwa persyaratan kayu sebagai bahan bangunan structural kerapatan antara 0,40 – 0,90 gr/cm³, sehingga nilai rata-rata kerapatan dalam penelitian ini pada durasi waktu 1 dan 3 jam memenuhi standar SNI. Nilai kerapatan pada penelitian ini bila dibandingkan dengan hasil penelitian lain (Aziz *et al.*, 2021) hasil penelitian ini serupa dengan adanya peningkatan nilai kerapatan kemudian mengalami penurunan pada durasi waktu pemanasan yang lebih lama

Kerapatan kayu pada penelitian ini tidak berpengaruh nyata, diduga selama proses perlakuan panas OHT contoh uji kayu kehilangan berat dan penyusutan volume yang terjadi secara seimbang. Hidayat *et al.*, (2015) saat dilakukan perlakuan panas OHT terjadi pengurangan berat dan volume secara proporsional (seimbang satu sama lain) pada kayu, sehingga perlakuan panas tidak terlalu mempengaruhi nilai kerapatan kayu, tergantung suhu dan durasi yang dilakukan sehingga diperlukan suhu maupun durasi yang mungkin lebih lama lagi untuk mendapatkan hasil yang lebih signifikan.

3.3. Modulus of Elastisity (MoE)

MoE pada penelitian diperoleh nilai antara 22778,85-46492,75 kg/cm². Nilai MoE untuk kontrol lebih rendah dibanding dengan kayu yang mendapat perlakuan pemanasan. Perlakuan OHT menunjukkan nilai MoE yang fluktuatif atau tidak tetap (tidak stabil) pada seluruh durasi waktu yang diberikan dimana hal ini sama dengan hasil penelitian Abdillah *et al.*, (2020); Aziz *et al.*, (2021). Peningkatan suhu atau lamanya waktu pemanasan dapat menyebabkan perubahan kadar air menjadi menurun tetapi meningkatkan MoE dari kayu (Bak & Nemeth, 2012). Lapisan minyak menolak masuknya air ke dalam kayu. Beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa

nilai *Modulus of Elasticity* (MoE) kayu dapat sedikit meningkat setelah perlakuan pemanasan dalam jangka waktu yang singkat (Lee et al., 2018). Hill (2006), pemanasan kayu pada suhu sekitar 100 - 200°C dapat meningkatkan berat kayu, *Modulus of Elasticity* (MoE), stabilitas dimensi dan kekerasan kayu.

Standar DIN 52187 mensyaratkan nilai MoE kayu untuk pembuatan bahan baku *furniture* dan bangunan yaitu sekitar 101971,62 - 152957,43 kg/cm², bila dibandingkan dengan nilai rata-rata MoE hasil penelitian maka nilainya dibawah standar DIN 52187. Menurut Standard Nasional Indonesia (SNI 7973-2013) bahwa persyaratan kayu sebagai bahan bangunan struktural, *Modulus of Elasticity* (MoE) minimal 20400 kg/cm². Sehingga nilai rata-rata *Modulus of Elasticity* (MoE) dalam penelitian ini 40759,19 - 46492,75 kg/cm² memenuhi standar SNI.

MoE penelitian tidak berpengaruh, diduga suhu maupun durasi perlakuan yang diberikan belum mencapai target yang dapat mempengaruhi nilai MoE secara signifikan. Bak & Nemeth (2012), peningkatan suhu serta lamanya durasi pemanasan akan meningkatkan nilai MoE kayu. Sanberg & Kutnar (2016), menyatakan bahwa pengaruh suhu terhadap kekuatan kayu juga bergantung pada jenis kayu tersebut. Perbedaan struktur dan komponen penyusun kayu yang berbeda antara *hardwood* dan *softwood* dapat memicu adanya perbedaan respon terhadap perlakuan pemanasan yang diberikan.

3.4. *Modulus of Rupture* (MoR)

MoR pada penelitian diperoleh nilai rata-rata berkisar antara 489,43-603,55 kg/cm², dimana nilai kontrol cenderung lebih rendah dibanding dengan kayu yang mendapat perlakuan pemanasan. Nilai MoR fluktuatif atau tidak tetap (tidak stabil) pada durasi waktu yang diberikan. Perubahan nilai rata-rata MoE setelah perlakuan OHT menunjukkan peningkatan pada durasi yang lebih rendah dan cenderung menurun, kemudian sedikit mengalami kenaikan lagi seiring (fluktuatif) dengan peningkatan waktu pemanasan. Hal ini

diduga waktu pemanasan yang lebih lama akan menyebabkan komponen kimia di dalam kayu terdegradasi lebih banyak. Degradasi termal pada komponen selulosa dan hemiselulosa akan mengakibatkan rantai-rantai fibril menjadi lebih pendek dan semakin pendek seiring dengan pertambahan waktu dan suhu pemanasan yang nantinya akan menurunkan sifat mekanik dari kayu (Cao et al., 2012). Untuk penurunan nilai MoE terendah terjadi pada durasi 2 jam dengan suhu 200±2°C, yang menunjukkan bahwa suhu 200°C dapat menjadi suhu kritis (*critical point*) yang berdampak besar pada sifat mekanik kayu (Schneid et al., 2014). Tang et al., (2019) terjadinya penurunan MoR dapat terjadi karena perlakuan pemanasan sehingga dapat mengakibatkan kayu menjadi rapuh.

Standar DIN 52187 mensyaratkan MoR kayu untuk pembuatan bahan baku *furniture* dan bangunan yaitu sekitar 713.80 - 1529,72 kg/cm², dimana nilai rata-rata MoR hasil penelitian dibawah standar. Menurut SNI 7973-2013 bahwa persyaratan kayu sebagai bahan bangunan struktural MoR minimal 680,50 kg/cm², sehingga nilai rata-rata *Modulus of Rupture* (MoR) dalam penelitian ini 40759,19 - 46492,75 kg/cm² memenuhi standar SNI. MoR tidak berpengaruh nyata, diduga durasi pemanasan belum mencukupi atau suhu yang diberikan terlalu tinggi, maka perubahan yang diharapkan pada struktur atau komposisi kayu mungkin tidak terjadi, sehingga tidak ada perbedaan yang terukur dalam nilai MoR antara perlakuan panas dan kontrol.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan panas *Oil Heat Treatment* (OHT) menggunakan minyak goreng bekas pada suhu 200±2°C dengan durasi waktu 1 jam, 2 jam dan 3 jam tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat fisika (kadar air dan kerapatan) serta sifat mekanika kayu (*Modulus of Elasticity*/MoE dan *Modulus of Rupture*/MoR) kayu *Eucalyptus pellita* F. Muell. Namun berdasarkan nilai rata-rata pada penelitian menunjukkan bahwa

perlakuan *Oil Heat Treatment* (OHT) dengan suhu $200\pm 2^{\circ}\text{C}$ memberikan pengaruh pada sifat fisika yaitu kadar air menurun seiring dengan lamanya durasi perlakuan kemudian nilai rata-rata kerapatan meningkat pada durasi waktu 2 jam. Pada sifat mekanika yaitu *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR) nilai rata-ratanya meningkat pada durasi waktu 2 jam

Daftar Pustaka

- Abdillah, M., Ma'ruf, S. D., Kaskoyo, H., Safe'i, R., & Hidayat, W. 2020. Modifikasi Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*) dan Kelapa (*Cocos nucifera*) melalui Perlakuan Panas dengan Minyak. *Prosiding Seminar Nasional Konservasi 2020*, 564–569.
- Aziz, A. Yunianti A.D., Agussalim. 2021. Perubahan Sifat-Sifat Fisik Dan Mekanik Kayu Kemiri (*Aleurites moluccanus* (L.) Willd.) Setelah Perlakuan Pemanasan Dengan Minyak. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 13(1): 25 - 36.
- Bak, M., & Nemeth R. 2021. Modification of Wood By Oil Heat Treatment. International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint (pp. 1-5). Sopron, Hungary: University of West Hungary.
- Bazyar, B. 2012. Decay Resistance and Physical Properties Of Oil Heat Treated Aspen Wood. *Bio Resources* 7(1): 696-702
- Cao, Y., Lu J., Huang R., Zhao X., & Jiang, J. 2012. Effect of Steam-heat Treatment on Mechanical Properties of Chinese Fir. *Bio Resources*, 7(1), 1123–1133.
- Gomez, K.A. & Gomez, A.A. 1995. Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian. Terjemahan E. Syamsuddin dan J. S. Baharsjah. UI-Press. Jakarta.
- Hardianto, A. H., Ma'ruf, S. D., & Hidayat, W. 2020. *Oil Heat Treatment* Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*) dan Kelapa (*Cocos nucifera*) pada Berbagai Durasi Perlakuan.
- 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. 2018. Teknologi Modifikasi Kayu Ramah Lingkungan: Modifikasi Panas dan Pengaruhnya Terhadap Sifat-sifat Kayu. Pusaka Media.
- Hill, C.A.S. 2006. Wood Modification: Chemical, Thermal And Other Processes. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. England. 260 P.
- Kasmudjo. 2010. Teknologi Hasil Hutan. Cakrawala Media. Yogyakarta.
- Lee, S. H., Ashaari, Z., Lum, W. C., Halip, J. A., Ang, A. F., Tan, L. P., & Tahir, P. M. 2018. Thermal treatment of wood using vegetable oils: A review. *Construction and Building Materials*, 181, 408-419.
- Mandraveli, E. Andromachi M, Paschalina T, Dimitros K., 2024. Oil Heat Treatment of Wood—A Comprehensive Analysis of Physical, Chemical, and Mechanical Modifications *Materials*, 17, (2394) <https://doi.org/10.3390/ma17102394>
- Oktiawan, F., Rodianor, G. A. E., & Satriadi, T. 2022. Analisa Keberhasilan Tanaman Rehabilitasi DAS Kawasan Gunung Batu Kabupaten Tanah Laut Menggunakan Data Dem (Digital Elevation Model). *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 7(2).
- Pratiwi, L.A. 2014. Sifat Fisis, Sifat Mekanis dan Sifat Finishing kayu Mindi (*Melia azedarach* L) Setelah Perlakuan Pemanasan. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor.
- Rahmawati, L. 2022. Peningkatan Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*) melalui Perlakuan Panas *Air Heat Treatment*.

Skripsi. Fakultas pertanian Universitas Lampung.

- Sandberg, D., & Kutnar, A. 2016. Thermally modified timber: recent developments in Europe and North America. *Wood and fiber science*, 48(1); 28-39.
- Schneid, E., Gonzalez de Cademartori, P. H., & Gatto, D. (2014). The effect of Thermal Treatment on Physical and Mechanical Properties of Luehea Divaricata Hardwood. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 16(4), 413-422.
- Scharai-Rad, M & A.S. Budi, 1994. Pengujian Kayu. Jurusan Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Tang, T., Chen, X., Zhang, B., Liu, X., & Fei, B. 2019. Research on The Physico-Mechanical Properties of Moso Bamboo with Thermal Treatment in Tung Oil and its Influencing Factors. *Materials*, 12(4), 599. *Journal of Wood and Wood Products*.70(6):775-784.