

**PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT FISIS BAMBU
ANDONG (*Gigantochloa pseudoarundinacea*)**

SKRIPSI

Oleh

**Hafizh Awandi
2014151046**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT FISIS BAMBU ANDONG (*Gigantochloa pseudoarundinacea*)

Oleh

Hafizh Awandi

Bambu adalah bahan lignoselulosa yang dapat digunakan sebagai pengganti kayu. Bambu memiliki batang yang kuat, lentur, dan dapat tumbuh dengan mudah di berbagai jenis tanah di Indonesia. Bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) adalah bahan utama penelitian ini. Studi ini menggunakan metode perlakuan panas dengan udara (*air heat treatment*) dan minyak (*oil heat treatment*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan bagaimana kedua perlakuan panas tersebut mempengaruhi sifat fisis bambu andong. Perlakuan panas dilakukan pada suhu 180°C, 200°C, 220°C, dan 240°C selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam menggunakan oven dan *oil bath*. Parameter yang diukur antara lain perubahan warna dievaluasi dengan sistem *CIE-Lab*, perubahan berat, penyusutan volume, kerapatan, daya serap air, pengembangan volume, dan kadar air kesetimbangan. *Air heat treatment* dan *oil heat treatment* menyebabkan penurunan tingkat kecerahan warna (L^*), penurunan kromatisitas merah-biru (a^*), penurunan kromatisitas kuning-hijau (b^*) dan perubahan warna (ΔE^*) dengan skor berkisar >6 (berubah sangat besar) dan >12 (berubah total) sehingga bambu andong terlihat lebih gelap. Bambu setelah *air heat treatment* menunjukkan penurunan berat bambu pada semua suhu dan durasi perlakuan. Sedangkan *oil heat treatment* menunjukkan kenaikan berat pada suhu 180°C selama 1 jam dan menurun seiring meningkatnya suhu dan durasi perlakuan. Kedua perlakuan panas menunjukkan pengaruh terhadap penyusutan volume, penurunan kerapatan, penurunan daya serap air, penurunan kadar air kesetimbangan, dan stabilitas dimensi yang meningkat pada setiap suhu dan durasi perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan *oil heat treatment* menunjukkan pengaruh perubahan sifat fisis bambu andong yang lebih efektif dibandingkan *air heat treatment*.

Kata kunci: Bambu andong, perlakuan panas, suhu perlakuan, durasi perlakuan, sifat fisis.

ABSTRACT

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON PHYSICAL FEATURES OF ANDONG BAMBOO (*Gigantochloa pseudoarundinacea*)

By

Hafizh Awandi

Bamboo is a lignocellulosic material that can be used as a substitute for wood. Bamboo has a strong, flexible stem, and can grow easily in various types of soil in Indonesia. Bamboo andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) is the main material of this research. This study used air and oil heat treatment methods. This study investigated to determine and compare how the two heat treatments affect the physical properties of andong bamboo. Heat treatment was carried out at 180°C, 200°C, 220°C, and 240°C for 1 hour, 2 hours, and 3 hours using an oven and oil bath. Parameters measured included color change evaluated with the CIE-*Lab* system, weight change, volume shrinkage, density, water absorption, volume swelling, and equilibrium moisture content. Water heat treatment and oil heat treatment caused a decrease in lightness (L^*), decrease in red-blue chromaticity (a^*), decrease in yellow-green chromaticity (b^*), and color change (ΔE^*) with scores ranging from >6 (very appreciable) to >12 (totally changed) so that andong bamboo looks darker. Bamboo after air heat treatment showed a decrease in bamboo weight at all temperatures and treatment durations. Whereas oil heat treatment showed an increase in weight at 180°C for 1 hour and decreased with increasing temperature and treatment duration. Both treatments showed an effect on volume shrinkage, decreased density, decreased water absorption, decreased equilibrium moisture content, and increased dimensional stability at each temperature and treatment duration. Based on the results of the research conducted, oil heat treatment showed a more effective effect than air heat treatment.

Keywords: Andong bamboo, heat treatment, treatment temperature, treatment duration, physical properties.

**PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT FISIS BAMBU
ANDONG (*Gigantochloa pseudoarundinacea*)**

Oleh

HAFIZH AWANDI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEHUTANAN**

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Fisis Bambu
Andong (*Gigantochloa Pseudoarundinacea*)

Nama : Hafizh Awandi

NPM : 2014151046

Jurusan/PS : Kehutanan

Tanggal Persetujuan : 8 April 2025



Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.
NIP 197911142009121001

2. Ketua Jurusan Kehutanan

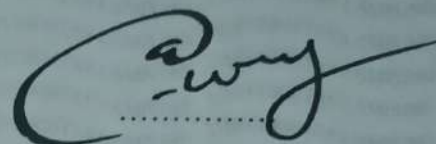
A blue ink signature of Dr. Bainah Sari Dewi, consisting of stylized cursive letters.

Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM.
NIP 197310121999032001

MENGESAHKAN

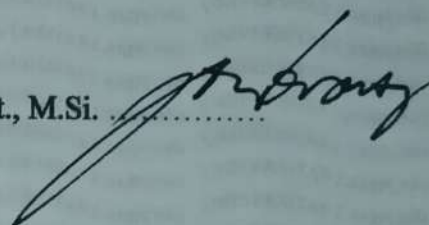
1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.



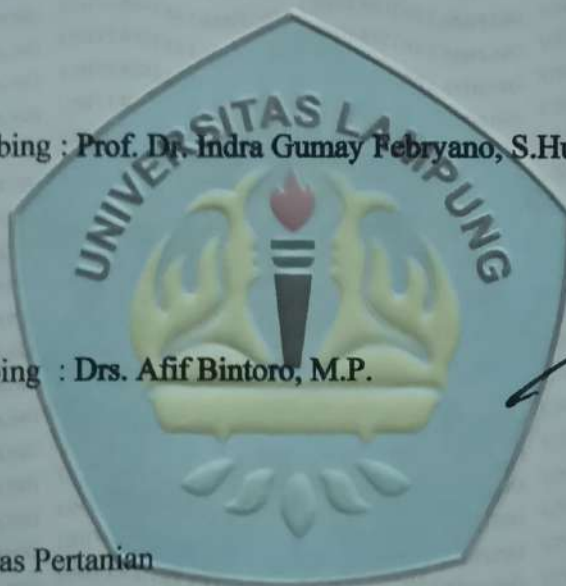
Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing : Drs. Afif Bintoro, M.P.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanto Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 5 Maret 2025

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hafizh Awandi

NPM : 2014151046

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sungguh-sungguh, bahwa skripsi saya yang berjudul:

“PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT FISIS BAMBU ANDONG (*Gigantochloa pseudoarundinacea*)”

Merupakan karya asli saya yang disusun sesuai dengan standar akademik dan pedoman etika yang telah ditetapkan. Selain itu, saya tidak keberatan dengan penggunaan data dalam skripsi ini oleh dosen atau program studi untuk tujuan publikasi. Jika di kemudian hari terbukti terdapat ketidaksesuaian dalam pernyataan saya, maka saya bersedia menerima sanksi akademik, termasuk pencabutan gelar kesarjanaan dan tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 29 Maret 2025
Yang menyatakan

A 10,000 Rupiah revenue stamp (Meterai Tempel) with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text "METERAI TEMPEL" and "10000". The serial number "DAMX233143534" is visible at the bottom of the stamp.

Hafizh Awandi
2014151046

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung pada tanggal 27 Juli 2001, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Sutiyono dan Ibu Purwanti (alm). Penulis menempuh pendidikan di SDN 1 Sukaraja pada tahun 2007-2013, dilanjutkan di SMPN 1 Gedong Tataan pada tahun 2013-2016, dan menamatkan pendidikan di SMAN 1 Gadingrejo pada tahun 2016-2019. Penulis memilih untuk mengambil jeda waktu (*gap year*) sebelum melanjutkan pendidikannya dan kemudian mendaftar pada tahun 2020 sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan Universitas Lampung. Penulis berhasil diterima melalui jalur seleksi SBMPTN dan mendapatkan beasiswa KIP Kuliah.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif sebagai anggota dan ketua Divisi Advokasi Forkom Bidikmisi/KIP Kuliah Universitas Lampung periode 2020-2023. Penulis menjadi panitia kegiatan Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyulva) dan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Pertanian. Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tapak Siring, Kecamatan Sukau, Kabupaten Lampung Barat selama 40 hari pada bulan Januari sampai dengan Februari 2023. Penulis melakukan kegiatan Praktek Umum (PU) di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Wanagama dan Getas selama 20 hari pada bulan Agustus 2023. Selama proses penulisan skripsi ini, penulis mengikuti kompetisi di Pekan Olahraga Nasional (PON) Korfball pada bulan September 2024 dan mengikuti kejuaraan internasional Korfball di Stadskanaal, Belanda pada bulan Oktober 2024.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi yang berjudul “Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Fisis Bambu Andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*)”. Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang ikut berperan dalam penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis berikan kepada.

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM. selaku Ketua Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Surnayanti, S.Hut., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik atas motivasi dan bimbingan selama perkuliahan.
4. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi saya yang telah memberikan bimbingan, motivasi dalam proses penyusunan skripsi saya.
5. Bapak Prof. Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. selaku dosen penguji pertama saya yang telah memberikan kritik, saran dan motivasi dalam proses penyelesaian skripsi.
6. Bapak Drs. Afif Bintoro, M.P selaku dosen penguji kedua saya yang telah memberikan kritik, saran dan masukan dalam proses penyelesaian skripsi.
7. Mbak Intan Fajar Suri, S.Hut., M.Sc. selaku asisten dari dosen pembimbing saya yang telah memberikan motivasi, saran dan masukan dalam penyusunan skripsi.

8. Bapak Sutyono selaku ayah dan ibu Purwanti (Almarhumah) yang telah menjadi orang tua hebat sehingga anak-anaknya dapat memperoleh gelar sarjana.
9. Saudara kandung saya Deni Setiawan, S.Pd dan Masnita Alfi Mutia, S.Pd., Gr. selaku kakak kandung yang telah memberikan motivasi hingga terselesaikannya skripsi ini.
10. Ibu Supriyati, S.Pd yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, dan kasih sayang kepada penulis.
11. Angkatan 2020 (Beavers) yang telah bekerja sama, memberikan semangat, motivasi, dan dukungan dalam hal apapun selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
12. Keluarga besar Forkom Bidikmisi/KIP-K Unila dan Himasyilva yang telah memberikan ilmu dan pelajaran dalam berorganisasi selama kuliah.
13. Seluruh pihak yang terlibat dalam hidup penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari segi penyusunan, bahasa, maupun penulisannya. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 29 Maret 2025

Penulis

Hafizh Awandi

MOTTO

Tiada skripsi yang lebih baik dibandingkan skripsi yang selesai.

“Be Yourself, There’s No One Better”

Ketika kamu lelah dan ingin menyerah maka kuatlah dan temukan alasan untuk terus bertahan (**Ustadz Hanan Attaki**)

Kupersembahkan karya ini untuk Papa, Mama, dan Kakak-kakak tercinta.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2. Tujuan	4
1.3. Kerangka Pemikiran.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Bambu	6
2.2. Bambu Andong	7
2.3. Modifikasi Panas.....	9
2.4. Perlakuan Panas dengan Udara (<i>Air Heat Treatment</i>)	10
2.5. Perlakuan Panas dengan Minyak (<i>Oil Heat Treatment</i>)	11
III. METODE PENELITIAN	13
3.1. Waktu dan Tempat	13
3.2. Alat dan Bahan.....	13
3.3. Metode Perolehan Data	13
3.3.1 Pengambilan Sampel.....	13
3.3.2 Persiapan Sampel	14
3.3.3 Pelaksanaan Penelitian	15
3.4. Analisis Data	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1. Pengaruh <i>Air Heat Treatment</i> dan <i>Oil Heat Treatment</i> terhadap Perubahan Kualitas Sifat Fisis Bambu Andong.....	19
4.1.1. Perubahan Warna Bambu.....	19
4.1.2. Perubahan Berat, Penyusutan Volume dan Kerapatan.....	25
4.1.3. Daya Serap Air	31
4.1.4. Pengembangan Volume	33
4.1.5. Kadar Air Keseimbangan (EMC)	34

	Halaman
V. SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1. Simpulan	36
5.2. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Jenis Ukuran Sampel dalam Uji Sampel.....	14
2. Perubahan Warna Total Bambu Andong setelah <i>Heat Treatment</i>	24
3. Perubahan Berat, Penyusutan Volume, dan Kerapatan Bambu Andong setelah <i>Heat Treatment</i>	30

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran.....	5
2. Persiapan sampel sesuai bentuk dan ukuran a) papan b) tabung.	14
3. Tampilan visual bambu andong sebelum dan setelah <i>heat treatment</i>	19
4. Perubahan kecerahan (L^*) sebelum dan setelah <i>air heat treatment</i>	20
5. Perubahan kecerahan (L^*) sebelum dan setelah <i>oil heat treatment</i>	21
6. Perubahan kromatisitas merah-hijau (a^*) sebelum dan setelah <i>air heat treatment</i>	21
7. Perubahan kromatisitas merah-hijau (a^*) sebelum dan setelah <i>oil heat treatment</i>	22
8. Perubahan kromatisitas kuning-biru (b^*) sebelum dan setelah <i>air heat treatment</i>	22
9. Perubahan kromatisitas kuning-biru (b^*) sebelum dan setelah <i>oil heat treatment</i>	23
10. Perubahan warna total (ΔE^*) setelah <i>air heat treatment</i>	24
11. Perubahan warna total (ΔE^*) setelah <i>oil heat treatment</i>	25
12. Perubahan berat bambu andong setelah <i>air heat treatment</i>	26
13. Penyusutan volume bambu andong setelah <i>air heat treatment</i>	27
14. Kerapatan bambu andong tanpa perlakuan dan setelah <i>air heat treatment</i>	27
15. Perubahan berat bambu andong setelah <i>oil heat treatment</i>	28
16. Penyusutan volume bambu andong setelah <i>oil heat treatment</i>	29
17. Kerapatan bambu andong tanpa perlakuan dan setelah <i>oil heat treatment</i>	29
18. Persentase daya serap air sebelum dan setelah <i>air heat treatment</i>	32
19. Persentase daya serap air sebelum dan setelah <i>oil heat treatment</i>	32

20. Persentase pengembangan volume bambu andong sebelum dan setelah <i>air heat treatment</i>	33
21. Persentase pengembangan volume bambu andong sebelum dan setelah <i>oil heat treatment</i>	34
22. Perbandingan EMC bambu andong tanpa perlakuan dan <i>air heat treatment</i> . 34	
23. Perbandingan EMC bambu andong tanpa perlakuan dan <i>oil heat treatment</i> . 35	

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Indonesia mempunyai pasokan kayu bulat yang setiap tahun menunjukkan perkembangan positif. Namun akibat pemanenan hasil hutan kayu yang meningkat, persediaan kayu dari hutan tersebut saat ini semakin bermasalah, yang berdampak pada kualitas dan kuantitas kayu yang ditebang (Febrianto *et al.*, 2019). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023) melaporkan total produksi kayu bulat di Indonesia mengalami kenaikan setiap tahunnya berjumlah 68,22 juta m³. Permintaan bahan baku kayu kemungkinan akan datang lebih banyak dari hutan tanaman industri, hutan tanaman rakyat, dan hutan rakyat (Hardiwinoto *et al.*, 2024). Namun, dari ketiga jenis hutan ini memiliki keterbatasan yaitu kualitas dari kayu yang dihasilkan (Wahyudi dan Sitanggang, 2016). Berdasarkan kondisi tersebut kebutuhan akan kayu dapat dipenuhi dengan menggunakan sumber bahan baku alternatif lain yang memiliki komposisi kimia yang mirip. Bahan lignoselulosa lain yang dapat digunakan tersebut adalah bambu (Sulastiningsih, 2009; Febrianto *et al.*, 2017).

Bambu merupakan jenis tanaman rumput-rumputan yang beruas dan mempunyai rongga pada batangnya (Putra *et al.*, 2021). Menurut Widjaya (2012), bambu memiliki jumlah yang banyak dan mudah didapatkan. Selain itu, bambu merupakan spesies tanaman yang cepat tumbuh (*fast-growing*) dapat digunakan dengan daur pendek (He *et al.*, 2017), variabilitas kerapatan tinggi, dapat diletakkan dimana saja dan diameter yang kecil (Febrianto *et al.*, 2017). Bambu dapat tumbuh dengan mudah di hampir semua jenis tanah karena memiliki tingkat pertumbuhan yang lebih cepat daripada kayu (Maulana *et al.*, 2018). Ada banyak spesies bambu yang berbeda di Indonesia. Menurut Widjaya (2012), ada 160 spesies bambu di Indonesia terdiri dari 122 spesies asli Indonesia dan 38 spesies tidak asli

(introduksi). Indonesia memproduksi sebanyak 9,7 juta batang bambu pada tahun 2015 (BPS, 2016). Bambu di Indonesia sangat melimpah sehingga memiliki potensi yang baik sebagai bahan baku furnitur selain kayu karena mudah dibentuk (Putra *et al.*, 2021). Bambu memiliki batang yang kuat dan lentur serta mudah dibudidayakan baik di dataran rendah ataupun tinggi, bambu juga bernilai tambah bagi masyarakat (Febrianti *et al.*, 2022). Menurut Sujarwanta dan Zen (2016), bambu sering digunakan untuk berbagai jenis pagar rumah, tiang, dinding/lantai, berbagai macam konstruksi rumah, dan lain sebagainya. Akan tetapi, bambu mempunyai kelemahan antara lain memiliki sifat hidrofilik (Sharma *et al.*, 2014) dan bambu juga rentan terhadap serangan jamur dan serangga (Febrianto *et al.*, 2015). Sifat-sifat yang rendah tersebut dapat ditingkatkan melalui adanya modifikasi (Hidayat *et al.*, 2018).

Secara umum modifikasi dilakukan dengan mengimplementasikan metode kimia, fisis, atau biologi untuk mengubah sifat-sifat bahan baku (Hidayat *et al.*, 2018; Abdillah *et al.*, 2020). Modifikasi untuk meningkatkan keawetan dan stabilitas dimensi bambu salah satunya yaitu dengan perlakuan panas (*heat treatment*). Modifikasi perlakuan panas bertujuan untuk memberikan perubahan komposisi kimia makromolekul kayu yang berdampak pada karakteristik biologis dan fisisnya (Hill *et al.*, 2005), sehingga dapat meningkatkan kualitas produk jadi dan memainkan peran penting dalam ketahanan kayu (Kotilainen, 2006). Menurut Hardianto *et al.* (2020), perlakuan panas umumnya menggunakan kisaran suhu antara 180°C hingga 260°C, jika lebih dari suhu 260°C akan menyebabkan penurunan kualitas kayu. Perlakuan panas (*heat treatment*) merupakan cara alternatif lain dalam meningkatkan sifat fisis, mekanis, dan kimia yang ramah lingkungan (Rafidah *et al.*, 2008).

Menurut Tang *et al.* (2019), proses perlakuan panas terhadap bambu dilakukan dengan beberapa cara yaitu perlakuan panas dengan udara (*air heat treatment*), perlakuan panas dengan uap (*steam heat treatment*), perlakuan panas dengan minyak (*oil heat treatment*) dan perlakuan hidro termal (*hydrothermal treatment*). Penelitian ini menggunakan metode *air heat treatment* dan *oil heat treatment*. Metode *air heat treatment* adalah perlakuan panas menggunakan oven dengan suhu dan durasi tertentu. Sedangkan *oil heat treatment* adalah perlakuan

panas dengan menggunakan minyak dalam suhu dan durasi tertentu (Tang *et al.*, 2019). Keunggulan utama dari kedua metode perlakuan panas ini adalah sifatnya yang ramah lingkungan karena tidak melibatkan penggunaan bahan kimia berbahaya yang dapat mencemari lingkungan (Azadeh dan Ghavami, 2018), meningkatkan sifat hidrofobik, dan ketahanan terhadap serangan organisme perusak kayu meningkat (Chung dan Wang, 2017). Sekarang ini, terdapat banyak penelitian tentang pengaruh suhu perlakuan dan waktu perlakuan terhadap sifat bambu yang diberi perlakuan panas bersuhu tinggi di seluruh dunia (Brito *et al.*, 2018). Penggunaan suhu yang tepat dapat secara efektif merubah warna bambu menjadi lebih gelap, mengurangi sifat hidrofilik pada bambu serta bambu tidak mudah berubah bentuk dan ketahanan terhadap serangga dan jamur (Yang *et al.*, 2016). Perlakuan panas memberikan pengaruh terhadap peningkatan stabilitas dimensi (Li *et al.*, 2022) dan penurunan berat (Suri *et al.*, 2021a), penurunan kadar air kayu (Hidayat dan Febrianto., 2018).

Proses perlakuan panas pada bambu telah dipelajari oleh beberapa peneliti (Wahab *et al.*, 2004; Wahab *et al.*, 2005; Manalo dan Acda, 2009; Wahab *et al.* 2012). Penelitian sebelumnya oleh Wahab *et al.* (2016), menunjukkan *oil heat treatment* pada bambu suluk (*Gigantochloa levis*) menghasilkan peningkatan stabilitas dimensi dan ketahanan terhadap organisme perusak kayu. Penelitian Wang *et al.* (2019) tentang *air heat treatment* pada bambu moso (*Phyllostachys edulis*) menunjukkan peningkatan terhadap kekuatan tekan, stabilitas dimensi, dan menurunkan kadar air bambu. Maka penelitian ini dilakukan menggunakan bambu jenis lainnya untuk mengetahui perbedaan hasil peningkatan kualitas pada jenis bambu yang berbeda. Bambu andong menjadi pilihan dalam penelitian ini dikarenakan bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) kerap digunakan oleh masyarakat sebagai bahan bangunan dan produksi mebel. Disamping itu terdapat kekurangan terhadap jenis bambu tersebut yang rentan terhadap serangan jamur dan rayap (Jasni *et al.*, 2017a), memiliki stabilitas dimensi yang rendah, dan memiliki warna yang cenderung cerah sehingga terlihat kurang eksotis (Maulana *et al.*, 2018). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bambu andong untuk mengetahui dampak perlakuan panas terhadap peningkatan kualitas bambu andong. Lebih lanjut hingga saat ini belum ada penelitian yang

membandingkan pengaruh *air heat treatment* dan *oil heat treatment* pada bambu andong. Berdasarkan beberapa hal yang menjadi latar belakang diatas, dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh perlakuan panas terhadap perubahan sifat fisis bambu andong.

1.2. Tujuan

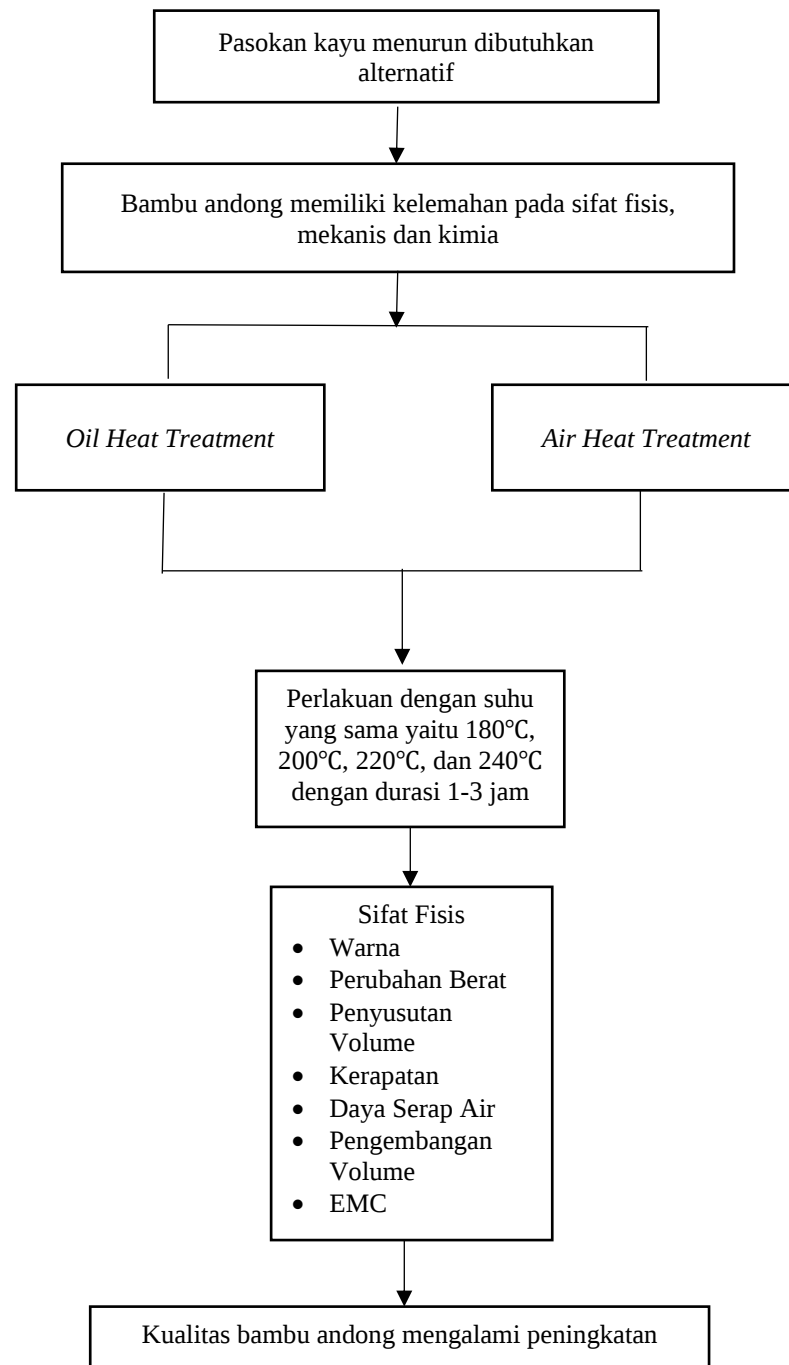
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi pengaruh *oil heat treatment* dan *air heat treatment* terhadap sifat fisis bambu andong.
2. Membandingkan pengaruh *oil heat treatment* dan *air heat treatment* terhadap perubahan sifat fisis bambu andong.

1.3. Kerangka Pemikiran

Bahan baku alternatif pengganti kayu yaitu bambu. Bambu memiliki komposisi kimia yang mirip dengan kayu (Sulastiningsih, 2009; Febrianto *et al.*, 2017). Bambu sering digunakan sebagai bahan bangunan dan produksi mebel. Bambu memiliki keunggulan dan kelemahan. Kelemahan bambu dapat ditingkatkan melalui modifikasi perlakuan panas. Perlakuan panas (*heat treatment*) merupakan cara alternatif lain dalam meningkatkan sifat fisis, kimia, dan hidrofobik yang ramah lingkungan (Rafidah *et al.*, 2008). Rentang suhu yang digunakan yaitu 180°C, 200°C, 220°C, dan 240°C berdurasi 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.

Efek dari dilakukan perlakuan panas terlihat melalui perubahan daya tahan terhadap organisme perusak kayu dan warna kayu (Hidayat *et al.*, 2020; Rahmah *et al.*, 2020). Wahab *et al.* (2016) melakukan *oil heat treatment* pada bambu suluk (*Gigantochloa levis*) dan menunjukkan adanya perubahan warna dan peningkatan stabilitas dimensi. Wang *et al.* (2019) melakukan *air heat treatment* pada bambu moso (*Phyllostachys edulis*) dan menunjukkan adanya peningkatan terhadap penurunan berat, stabilitas dimensi dan menurunkan kadar air bambu. Perubahan fisis yang terjadi memberikan pengaruh terhadap kualitas bambu setelah proses perlakuan panas. Gambar 1 berikut menyajikan diagram alir kerangka pemikiran pada penelitian ini.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Potensi Bambu

Bambu merupakan salah satu HHBK (Hasil Hutan Bukan Kayu) yang memiliki beberapa keuntungan finansial yang cukup tinggi dan ketersediaannya melimpah. Bambu termasuk salah satu kekayaan alam yang paling banyak digunakan karena sifat-sifatnya yang bermanfaat, seperti batangnya yang kuat, lurus, rata, dan keras, serta mudah dianyam, dibentuk, dan mudah dalam transportasi (Sinyo *et al.*, 2017). Menurut Eny *et al.* (2024), bambu memiliki banyak manfaat, seperti bahan bangunan, peralatan rumah tangga, peralatan dapur, kerajinan tangan, dan peralatan modern dan sederhana. Selain itu, bambu memiliki peran penting lainnya bagi masyarakat. Kegunaan lain yang sangat bermanfaat adalah sebagai tanaman penstabil lereng untuk mencegah erosi dan sebagai pengatur sistem hidrologi untuk menciptakan keseimbangan ekologi (Widnyana, 2012).

Bambu sebagai sumberdaya serbaguna dan terbarukan, tanaman cepat tumbuh (*fast-growing*), serta mudah dalam pengerjaannya untuk dijadikan berbagai produk (Putra *et al.*, 2021). Tanaman bambu memiliki batang berkayu, berongga ditengahnya, beruas, dan berbuku-buku (Zulkarnaen dan Andila, 2015). Bambu termasuk dalam famili *Poacea*, juga dikenal sebagai rumput raksasa. Bambu adalah tumbuhan rumpun dengan batang bulat, berongga, dan beruas-ruas, dengan banyak cabang. Morfologi daun bambu meliputi pelepah, tangkai, dan helaian daun. Bunga bambu memiliki karakteristik menyerupai sekam dan dilengkapi dengan 3-6 benang sari (Yani, 2012). Potensi bahan pengganti kayu dapat berasal dari bambu. Menurut Widjaya (2012), bambu memiliki jumlah yang banyak dan mudah didapatkan. Produksi bambu di Indonesia mencapai 9,7 juta batang pada tahun 2015 (BPS

2016). Bambu sebagai bahan alami yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Bambu dengan pertumbuhan cepat dan karakteristik terbarukan (He *et al.*, 2017).

Tekstur batang yang kuat dan mudah dibentuk, serta kemampuannya untuk tumbuh subur di lingkungan dengan ketinggian rendah maupun tinggi, bambu memiliki beberapa dampak menguntungkan bagi kualitas hidup masyarakat umum, terutama bagi mereka yang tinggal di daerah pedesaan. Bambu juga digunakan untuk membuat kerajinan tangan, pagar rumah, tiang, dinding, dan lantai, serta sayuran, tusuk gigi, tusuk sate, dan obat tekanan darah tinggi (Sujarwanta dan Zen, 2016). Di Indonesia sendiri terdapat 122 spesies alami dan lebih dari 160 spesies bambu introduksi (Widjaja, 2011). Beberapa jenis bambu masing-masing memiliki sifat yang unik. Menurut Jasni *et al.* (2017), jenis-jenis bambu yang sering dijumpai di Indonesia antara lain bambu taiwan (*Dendrocalamus latiflorus*), bambu lengka (*Gigantochloa hasskarlian*), bambu tamiang (*Schizostachyum blumei*), bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*), bambu tutul (*Bambusa maculata*), bambu apus (*Gigantochloa apus*), bambu swat (*Gigantochloa verticillata*), bambu betung (*Dendrocalamus asper*), bambu ater (*Gigantochloa ater*), bambu hitam (*Gigantochloa atrovioleacea*), bambu suluk (*Gigantochloa levis*), bambu manggong (*Gigantochloa manggong*), dan bambu kuring (*Gigantochloa kuring*).

2.2. Bambu Andong

Taksonomi yang dimiliki bambu andong menurut Widjaja (1995), sebagai berikut.

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Angiospermae*
Class : *Monocots*
Ordo : *Poales*
Famili : *Poaceae*
Tribus : *Bambuseae*
Genus : *Gigantochloa*
Spesies : *Gigantochloa pseudoarundinacea*

Nama lain yang dimiliki oleh bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) antara lain bambu gombong (Indonesia), *pring surat* (Jawa), *pring gombong*, *pring*

andong, *awi* gombong, dan *awi* andong (Sunda). Daerah tropis yang lembab yang mencapai ketinggian 1.500 mdpl di dataran rendah bambu ini dapat tumbuh dengan baik. Ciri-ciri dari bambu ini memiliki corak bergaris kuning ditutupi bulu coklat hingga kehitaman dan batang pelepah tertutup bulu coklat. Tinggi batang lurus dapat mencapai sekitar 7-30 m (Widjaja, 2011).

Jenis bambu yang dikenal sebagai bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) merupakan salah satu spesies bambu yang tumbuh di wilayah Indonesia. Jenis bambu ini berasal dari pulau Jawa dan penyebaran bambu ini hampir di seluruh wilayah Indonesia diantaranya Sumatera, Jawa, Kalimantan, Bali hingga Papua (Damayanto dan Fefirenta, 2021). Bambu andong yang berumur lima tahun sudah dapat dipanen. Setelah ditanam selama lima tahun, setiap rumpun bambu akan menghasilkan sekitar 16 batang. Untuk menjaga keberlanjutan, panen dapat dilakukan setiap dua tahun dengan perkiraan hasil 8-12 batang per rumpun. Perbanyak tanaman ini dapat dilakukan secara vegetatif melalui stek batang, stek cabang, atau stek rimpang, serta secara generatif melalui biji. Bambu andong tergolong dalam kelas IV yang artinya tidak tahan terhadap jenis rayap tanah (Jasni *et al.*, 2017a) dan rayap kayu kering (Jasni *et al.*, 2017b). Penggunaan bambu andong dalam kehidupan sehari-hari sebagai peralatan rumah tangga, barang kerajinan, dan bahan bangunan.

Bambu andong memiliki komponen kimia yang bervariasi (Fang *et al.*, 2015). Selulosa adalah komponen kimia utama, yang berfungsi sebagai elemen struktural utama dalam dinding sel bambu. Selulosa pada bambu Andong memiliki rantai glukosa yang luas yang terhubung secara kimiawi, sehingga menghasilkan struktur yang kuat dan tidak fleksibel. Selain itu, bambu andong juga memiliki hemiselulosa yang berhubungan dengan selulosa dan berfungsi sebagai perekat antar sel bambu. Bambu andong mengandung lignin, komponen kimiawi yang berfungsi sebagai perekat antara selulosa dan hemiselulosa. Kandungan asam silikat pada bambu andong memiliki rantai panjang silika yang terhubung secara kimiawi, sehingga menghasilkan struktur yang kuat dan fleksibel. Li *et al.* (2022) mengungkapkan bambu andong memiliki kandungan kimia lain seperti flavonoid, fenol, dan saponin, yang memiliki sifat antioksidan dan anti inflamasi. Komponen kimia

dalam bambu andong dapat berfluktuasi tergantung pada variabel seperti usia, komposisi tanah, dan keadaan lingkungan.

2.3. Modifikasi Panas

Secara umum Hidayat *et al* (2018) menyatakan modifikasi kayu mengimplementasikan metode kimia, fisika, atau biologi untuk mengubah sifat-sifat bahan baku (Abdillah *et al.*, 2020). Menurut Hill (2011), tujuan modifikasi kayu yaitu memperoleh kualitas kayu yang lebih baik yang dapat meningkatkan ketahanan terhadap pelapukan dan pembusukan, stabilitas dimensi, dan lain sebagainya. Kunci dari transformasi kayu dapat berupa modifikasi aktif dan pasif. Modifikasi pasif terjadi ketika sifat-sifat material dapat diubah tanpa mengubah sifat kimia bahan baku. Sebaliknya, modifikasi aktif menyebabkan sifat kimia bahan baku berubah (Sanberg *et al.*, 2017). Ketika kayu dimodifikasi secara kimiawi, reaksi kimia dengan komponen polimernya (seperti lignin, hemiselulosa, atau selulosa) diperlukan (Hidayat *et al.*, 2017a). Reaksi ini mempengaruhi terbentuknya ikatan kovalen antara pereaksi dan dinding sel kayu-polimer. Hill (2011) mendefinisikan modifikasi kayu merupakan perubahan kimiawi kayu sebagai bentuk perubahan aktif karena polimer dinding sel diubah secara kimiawi.

Menurut Biziks *et al* (2013) dan Hidayat *et al* (2016), teknologi terkini yang digunakan untuk meningkatkan sifat kayu adalah modifikasi dengan perlakuan panas (*heat treatment*). Peningkatan stabilitas, hidrofobik, dan daya tahan biologis dapat ditingkatkan dengan perlakuan panas (Welzbacher *et al.* 2008). Welzbacher *et al.* (2011) juga menegaskan bahwa kayu yang telah diberi perlakuan panas akan kehilangan sifat kekuatannya. Menurut Hidayat *et al.* (2015), kayu dengan perlakuan panas juga memiliki kadar air kesetimbangan yang lebih rendah daripada kayu tanpa perlakuan, dan hidrofobisitas meningkat dengan meningkatnya tingkat kontak sudut pada keterbasahan (Kocaefe *et al.*, 2008). Selain itu, pengaruh perlakuan panas terhadap struktur anatomi dari kayu (Awoyemi dan Jones, 2011).

Modifikasi perlakuan panas bertujuan untuk mengubah komposisi kimia makro molekul kayu yang berdampak pada karakteristik biologis dan fisiknya (Hill *et al.*, 2005). Tujuan perlakuan panas yaitu untuk meningkatkan kualitas dari bahan baku dan penting dalam meningkatkan ketahanan kayu terhadap kerusakan

(Hidayat *et al.*, 2018). Modifikasi perlakuan panas memiliki tingkat konversi pasar tertinggi dan prospek masa depan yang luas dalam teknologi fungsional kayu (Cao *et al.*, 2022). Penelitian pada spesies kayu tertentu telah menunjukkan bahwa perlakuan panas mengurangi pengembangan dan penyusutan serta menurunkan kadar air kesetimbangannya (Navickas dan Albrektas, 2013).

Perlakuan panas pada bambu bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan daya tahannya. Perlakuan panas pada bambu dapat menyebabkan perubahan struktur kimia dan fisis yang meningkatkan kekuatan dan daya tahannya (Tang *et al.*, 2019). Hal ini dapat dicapai dengan berbagai teknik, termasuk pengurangan kadar air, penghilangan lignin, dan kekerasan selulosa (Wahab *et al.*, 2019). Bambu yang diberi perlakuan panas mungkin memiliki kualitas yang lebih tinggi dan lebih tahan lama daripada bambu yang tidak diberi perlakuan (kontrol). Tujuan lainnya adalah untuk mengurangi kerusakan akibat serangga dan jamur (Yang *et al.*, 2016). Bambu dapat tumbuh lebih tahan terhadap hama dan jamur, menurunkan risiko kerusakan dan meningkatkan umur bambu. Selain itu, perlakuan panas dapat membantu menurunkan jumlah senyawa berbahaya yang ditemukan pada bambu, sehingga lebih aman untuk digunakan.

2.4. Perlakuan Panas dengan Udara (*Air Heat Treatment*)

Cara yang paling efektif untuk meningkatkan stabilitas dan ketahanan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh jamur pembusuk adalah dengan melakukan modifikasi kayu melalui proses pemanasan (Paul *et al.*, 2007). Kayu yang memiliki ketahanan rendah biasa dilakukan dengan perlakuan ini. Dalam proses perlakuan panas dibutuhkan adanya waktu, suhu dan jenis bahan yang dibutuhkan. Menurut Areza dan Widyorini (2013), perlakuan panas udara (*air heat treatment*) dilakukan di dalam oven bersuhu tinggi selama waktu yang telah ditentukan. Benda-benda yang dibuat dari kayu lengkung termasuk furnitur, kusen pintu atau jendela, peralatan musik dan olahraga, dan mainan. Proses *air heat treatment* digunakan pada kayu untuk membuatnya melengkung (Hill, 2005).

Air heat treatment dilakukan dengan menaikkan suhu secara cepat pada kayu dengan menggunakan panas dan udara hingga mencapai suhu 100°C. Kemudian suhu dinaikkan hingga suhu yang dibutuhkan. Penggunaan suhu tersebut digunakan

untuk menjaga kayu agar tidak terbelah yang menyebabkan terjadinya perubahan kimiawi pada kayu. Kadar air dalam kayu hamper hilang setelah perlakuan ini. Untuk menjaga kualitas kimiawi kayu, uap digunakan untuk menjaganya agar tidak terbakar pada suhu tinggi (Sahin, 2017). Hill (2005) menegaskan bahwa kayu mengalami perubahan panas pada suhu antara 180°C dan 260°C. Sifat kayu tidak berubah pada suhu di bawah 140°C, dan suhu lebih tinggi dapat merusak bagian penyusun kayu (Hidayat *et al.*, 2024).

Beberapa penelitian terkait *air heat treatment* telah dilakukan oleh peneliti. Hidayat *et al.* (2024) menunjukkan adanya perubahan warna menjadi lebih gelap dan meningkatkan stabilitas dimensi kayu jabon (*Anthocephalus cadamba*). Suri *et al.* (2023) melakukan penelitian *air heat treatment* terhadap kayu paulownia (*Paulownia tomentosa*) menunjukkan adanya perubahan warna yang signifikan terjadi pada suhu lebih dari 200°C menjadi lebih gelap dan kehilangan berat seiring peningkatan suhu. Wang *et al.* (2019) melakukan *air heat treatment* pada bambu moso (*Phyllostachys edulis*) dan menunjukkan adanya peningkatan terhadap kekuatan tekan, stabilitas dimensi dan menurunkan kadar air bambu.

2.5. Perlakuan Panas dengan Minyak (*Oil Heat Treatment*)

Oil heat treatment menjadi salah satu teknologi yang digunakan untuk modifikasi sifat kayu (Hidayat *et al.*, 2016). Dalam meningkatkan mutu kayu dapat ditingkatkan dengan perlakuan panas dengan minyak, sehingga modifikasi ini dapat memperbaiki sifat-sifat kayu yang rendah (Hardianto *et al.*, 2020). Suhu yang digunakan dalam perlakuan panas dengan minyak dalam proses berkisar antara 140°C hingga 220°C dan menunjukkan perubahan sifat pembentuk kayu (Karlinasari *et al.*, 2018; Hidayat *et al.*, 2020; Prayoga *et al.*, 2020; Zevan *et al.*, 2020; Suri *et al.*, 2021). Perubahan warna dan keawetan pada kayu menjadi salah satu dampak dari adanya modifikasi *oil heat treatment*. Bentuk pengaplikasian untuk beberapa produk dari pemanfaatan kayu antara lain *garden furniture* (perabot rumah tangga), *decking* (lantai), *cladding* (struktur eksterior) yang dipertimbangkan adalah warna dan keawetan kayu (Karlinasari *et al.*, 2018).

Modifikasi *oil heat treatment* pada kayu gmelina yang diteliti oleh Ma'ruf (2019) menunjukkan penurunan kadar air pada kayu setelah dilakukan modifikasi

ini dibandingkan sebelum dilakukan modifikasi *oil heat treatment*. Hal tersebut menunjukkan penurunan kadar air saat suhu dinaikkan. Menurut Hidayat dan Febrianto (2018), kayu akan lebih tahan terhadap organisme perusak kayu seperti jamur ketika tingkat kadar airnya lebih rendah. Pendapat lain dari Ma'ruf (2019), apabila suhu perlakuan minyak panas meningkat, kerapatan kayu akan berkurang. Suri (2021) melakukan penelitian lain yang menunjukkan bahwa kayu *gmelina* (*Gmelina arborea*) dan mindi (*Melia azedarach*) mengalami perubahan berat setelah dilakukan perlakuan panas dengan minyak (*oil heat treatment*). *Oil heat treatment* pada suhu 180°C dan 200°C terjadi peningkatan berat kayu. *Heat treatment* juga mempengaruhi keawetan dan stabilitas dimensi pada kayu (Paul *et al.*, 2005).

Keefektifan metode *oil heat treatment* sangat bergantung pada jenis minyak yang akan digunakan sebagai media pemanas dan juga durasi perlakuan (Wahab *et al.*, 2016). Minyak dengan titik didih tinggi biasanya lebih disukai. Sebuah studi tentang proses perlakuan panas dilakukan oleh Wahab *et al.* (2019) menggunakan solar sebagai media pemanas. Efektivitas bambu yang dipanaskan untuk penggunaan di dalam ruangan telah ditunjukkan secara eksperimental. Namun, untuk penggunaan di luar ruangan, hasilnya agak mengecewakan. Hal ini dapat dikaitkan dengan titik didih minyak solar yang rendah (sekitar 150°C). Penelitian Wahab *et al.* (2019) tentang *oil heat treatment* pada *Gigantochloa scortechinii* dengan minyak sawit menunjukkan bahwa bambu yang dipanaskan memiliki ketahanan yang baik terhadap serangga dan jamur saat terkena panas pada suhu 180°C selama 1 jam.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan dari bulan Februari sampai Oktober 2024. Workshop Teknologi Hasil Hutan dijadikan tempat untuk persiapan sampel bambu andong dan melakukan proses *air heat treatment*. Sementara itu Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung menjadi tempat untuk proses *oil heat treatment*, pengujian sifat fisis dan menganalisa data dari setiap perlakuan.

3.2. Alat dan Bahan

Peralatan pada penelitian ini antara lain *oil bath* dengan volume 5L, oven, meteran, penggaris, timbangan elektrik, kaliper, kamera, *tally sheet*, laptop, dan *scanner general colorimeter*. Bahan yang digunakan yaitu minyak nabati dan bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) dewasa yang berasal dari hutan di Desa Cilimus, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran.

3.3. Metode Perolehan Data

3.3.1 Pengambilan Sampel

Bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) berumur ± 5 tahun dengan tinggi batang sekitar 20 m ditebang dengan sebilah golok. Kemudian, bambu dalam posisi rebah dipotong dan diambil bagian pangkal batangnya dengan ukuran ± 4 m. Setelah pemotongan batang bambu selesai dilakukan, potongan bambu dibawa ke lokasi penelitian untuk diproses lebih lanjut.

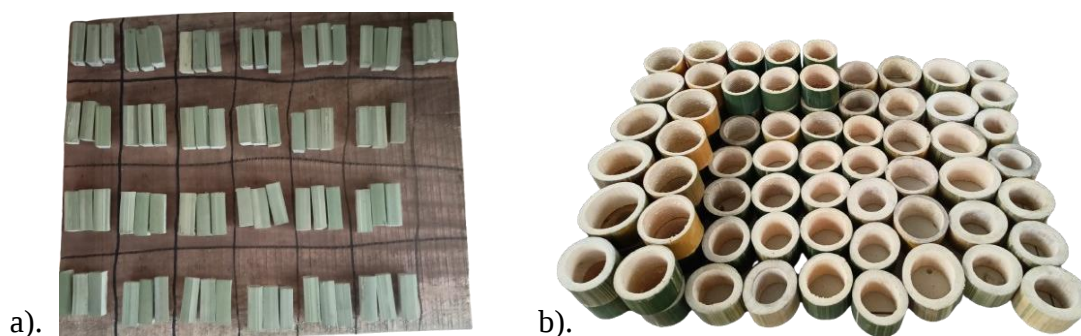
3.3.2 Persiapan Sampel

Bambu yang telah didapat selanjutnya diambil bagian pangkalnya, dipotong menjadi beberapa bagian dengan ukuran setiap sampel ± 5 cm. Bambu yang dipakai hanya yang memiliki serat yang baik tanpa cacat alami. Perlakuan *oil heat treatment* dan *air heat treatment* memakai sampel (kontrol) tiga kali pengulangan dengan menggunakan suhu (180°C , 200°C , 220°C , dan 240°C) berdurasi 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Kemudian bambu akan dibuat dalam beberapa ukuran ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Jenis Ukuran Sampel dalam Uji Sampel

No.	Uji	Bentuk dan Dimensi
1.	Warna	Tabung ($5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$)
2.	Perubahan Berat	Tabung ($5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$)
3.	Kadar Air Kesetimbangan	Tabung ($5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$)
4.	Penyusutan Volume	Papan ($1\text{ cm} \times 1\text{ cm} \times 3\text{ cm}$)
5.	Kerapatan	Papan ($1\text{ cm} \times 1\text{ cm} \times 3\text{ cm}$)
6.	Daya Serap Air	Papan ($1\text{ cm} \times 1\text{ cm} \times 3\text{ cm}$)
7.	Pengembangan Volume	Papan ($1\text{ cm} \times 1\text{ cm} \times 3\text{ cm}$)

Visual bambu yang sudah dipotong sesuai dengan bentuk dan dimensi ditunjukkan oleh Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Persiapan sampel sesuai bentuk dan ukuran a) papan b) tabung.

3.3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.3.1. *Air Heat Treatment*

Dalam proses ini, langkah pertama *air heat treatment* adalah memasukkan sampel ke dalam oven. Kemudian, suhu oven diatur menjadi dengan suhu yang telah ditentukan (180°C, 200°C, 220°C, dan 240°C) berdurasi 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Setelah tahap *air heat treatment* selesai, oven dimatikan dan sampel disimpan dalam oven tersebut untuk mempertahankan suhu yang konstan.

3.3.3.2. *Oil Heat Treatment*

Dalam proses ini, sampel dimasukkan ke dalam *oil bath* dengan volume 5L. Kemudian dilakukan proses *oil heat treatment* dengan menargetkan suhu yang telah ditentukan (180°C, 200°C, 220°C, dan 240°C) berdurasi 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Setelah tahap *oil heat treatment* selesai, sampel diangkat dan ditiriskan. Kemudian disimpan dalam suhu ruangan 26-28°C dan kelembaban relatif 80% selama beberapa waktu untuk tahap lebih lanjut.

3.3.3.3. Pengukuran Parameter setelah Perlakuan

1. Sifat Fisis

a. Warna Bambu

Analisis perubahan warna bambu dilakukan untuk menentukan apakah perlakuan panas yang tinggi menyebabkan perubahan warna atau tidak. Dilakukan pengujian terhadap empat pola pada setiap sampel bambu, data warna diambil sebelum dan sesudah perlakuan panas, bambu dipindai dengan alat *scanner general colorimeter*, dan setiap perubahan warna yang terlihat diukur dengan menggunakan sistem *CIE-Lab**. Rumus perubahan warna sebagai berikut :

$$\Delta L^* = L_2^* - L_1^*$$

$$\Delta a^* = a_2^* - a_1^*$$

$$\Delta b^* = b_2^* - b_1^*$$

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

Keterangan:

L_1^* = Kecerahan sebelum perlakuan panas

L_2^* = Kecerahan setelah perlakuan panas

- a_1^* = Kromatisitas (merah - hijau) sebelum perlakuan panas
 a_2^* = Kromatisitas (merah - hijau) setelah perlakuan panas
 b_1^* = Kromatisitas (kuning - biru) sebelum perlakuan panas
 b_2^* = Kromatisitas (kuning - biru) setelah perlakuan panas
 ΔE^* = Transformasi warna akibat perlakuan panas
 ΔL^* = Diferensiasi skor L^* akhir dan awal setelah perlakuan panas
 Δa^* = Diferensiasi skor a^* setelah dan sebelum perlakuan panas
 Δb^* = Diferensiasi skor b^* setelah dan sebelum perlakuan panas

Dengan menggunakan klasifikasi berikut, perubahan warna dapat diukur berdasarkan tingkat perubahannya:

- $0,0 < \Delta E^* \leq 0,5$ = Warna berubah samar
 $0,5 < \Delta E^* \leq 1,5$ = Warna berubah sedikit
 $1,5 < \Delta E^* \leq 3$ = Warna berubah nyata
 $3 < \Delta E^* \leq 6$ = Warna berubah besar
 $6 < \Delta E^* \leq 12$ = Warna berubah sangat besar
 $\Delta E^* > 12$ = Warna berubah total

b. Perubahan Berat dan Penyusutan

Bambu yang telah selesai proses *heat treatment*, data tentang sifat fisisnya kemudian dievaluasi. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali dengan sampel uji berukuran 5 cm x 5 cm. Perhitungan perubahan berat dan penyusutan dilakukan dengan rumus berikut:

$$PB = \frac{(ma - mb)}{ma} \times 100\%$$

$$VS = \frac{(Va - Vb)}{Va} \times 100\%$$

Keterangan:

PB = Perubahan berat (%)

VS = Susut volume (%)

ma = Nilai berat sebelum perlakuan panas (g)

mb = Nilai berat setelah perlakuan panas (g)

Va = volume sampel sebelum perlakuan panas (cm³)

Vb = volume sampel setelah perlakuan panas (cm³)

c. Kerapatan

Sampel setelah dilakukan perlakuan panas kemudian dipotong agar dapat digunakan untuk uji kerapatan. Perhitungan kerapatan menggunakan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) 2002 03-6844-2002, dengan rumus berikut:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Keterangan:

ρ = Kerapatan sampel (g/cm^3)

m = Berat sampel uji (g)

v = Volume sampel uji (cm^3)

d. Daya Serap Air

Pengukuran penyerapan air menunjukkan proporsi penyerapan air oleh sampel bambu setelah perendaman selama 2 minggu. Tujuan dari perlakuan ini adalah untuk mengamati perubahan secara visual pada sampel bambu. Perhitungan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$WA = \frac{(mw - ma)}{ma} \times 100\%$$

Keterangan:

WA = Daya serap air (%)

ma = Bobot sebelum perendaman (g)

mw = Bobot setelah perendaman (g)

e. Pengembangan Volume

Bambu setelah perendaman dilakukan pengujian pengembangan volume untuk mengetahui kapasitas bambu untuk menahan perubahan ukuran sehingga mengacu pada stabilitas dimensi bambu tersebut. Stabilitas dimensi akan meningkat jika terjadi penurunan daya serap air dan pengembangan volume yang lebih rendah (Yang *et al.*, 2016). Perhitungan pengembangan volume bambu menggunakan rumus berikut:

$$PV = \frac{D2 - D1}{D1} \times 100\%$$

Keterangan:

PV = Pengembangan volume (%)

D₁ = Volume awal sebelum perendaman (cm³)

D₂ = Volume akhir sesudah perendaman (cm³)

f. Kadar Air Kesetimbangan (EMC)

Untuk mengetahui kadar air, dilakukan dengan menggunakan energi panas untuk menguapkan air bebas dalam sampel hingga kadar air sampel sama dengan kadar air di sekitarnya. Proses pengumpulan data kadar air dimulai dari langkah terakhir persiapan hingga selesai prosedur perlakuan panas.

$$EMC = \frac{(ma - mb)}{mb} \times 100\%$$

Keterangan

EMC = Kadar air kesetimbangan

ma = Berat kering udara selama 30 hari

mb = Berat setelah perlakuan

3.4. Analisis Data

Data parameter yang telah diuji (perubahan berat, penyusutan volume, kerapatan, daya serap air, pengembangan volume) dianalisis menggunakan analisis statistik, yaitu ANOVA (*Analysis of Variance*). Data tersebut berupa nilai rata-rata (*mean*), nilai maksimum, nilai minimum, dan standar deviasi. Kemudian untuk membuktikan pengaruh dari faktor yang digunakan akan dianalisis menggunakan uji lanjut Duncan. Hasil tersebut pula akan dijelaskan secara deskriptif dengan membandingkan penelitian-penelitian terdahulu.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa.

1. Perlakuan panas (*heat treatment*) memberikan pengaruh terhadap sifat fisis bambu andong. Bambu andong yang diberi perlakuan *air heat treatment* dan *oil heat treatment* mengalami perubahan warna menjadi lebih gelap, penurunan berat, penyusutan volume, penurunan kerapatan, daya serap air dan pengembangan volume yang menurun sehingga stabilitas dimensi bambu meningkat, dan menurunnya kadar air kesetimbangan. Perubahan sifat fisis tersebut disebabkan oleh degradasi selulosa dan hemiselulosa bambu.
2. Perubahan warna bambu setelah *oil heat treatment* lebih gelap dibandingkan *air heat treatment* dimana nilai tingkat perubahan warna (ΔE) bambu andong setelah *oil heat treatment* lebih tinggi dibandingkan *air heat treatment*. Perubahan berat bambu setelah diberi *air heat treatment* mengalami penurunan berat sedangkan *oil heat treatment* pada suhu dan durasi rendah mengalami kenaikan berat akibat terserapnya minyak ke dalam bambu. Penyusutan volume bambu setelah *oil heat treatment* lebih tinggi dibandingkan *air heat treatment*. Penurunan daya serap air bambu andong setelah *oil heat treatment* lebih baik dibandingkan setelah *air heat treatment*.

5.2. Saran

Penulis menyarankan pada penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengaruh perlakuan panas terhadap bambu dapat dilakukan pengujian jenis bambu lain dengan suhu dan durasi yang lebih bervariasi serta membuktikan ketahanan bambu sebagai produk furnitur terhadap organisme perusak kayu.

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. *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam Untuk Pembangunan Berkelanjutan*. 564–569.
- Afkar, H., Febryano, I.G., Duryat, D., Suri, I.F. dan Hidayat, W. 2023. Pengaruh Perlakuan Panas Oil Heat Treatment terhadap Perubahan Warna Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Jurnal Warta Rimba*. 10(5): 97-104.
- Areza, M. S., Widyorini, R. 2013. *Pengaruh metode dan waktu perlakuan panas terhadap sifat kimia kayu jati umur 15 tahun*. Repository UGM. Universitas Gadjah Mada.
- Awoyemi, L., Jones, P.I. 2011. Anatomical explanations for the changes in properties of western red cedar (*Thuja plicata*) wood during heat treatment. *Wood Science and Technology*. 4(5): 261–267.
- Azadeh, A., Ghavami, K. 2018. The influence of heat on shrinkage and water absorption of *Dendrocalamus giganteus* bamboo as a functionally graded material. *Constr. Build. Mater.* 186: 145–154.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Statistik Produksi Kehutanan*. Badan Pusat Statistik Indonesia. Jakarta.
- Biziks, V., Andersons, B., Belkova, L., Kapaca, E., Militz, H. 2013: Changes in the microstructure of birch wood after hydrothermal treatment. *Wood Science and Technology*. 47: 717-735.
- Brito, F.M.S. Paes, J.B. da Oliveira, J.T.S. Arantes, M.D.C. Vidaurre, G.B., Brocco, V.F. 2018. Physico-mechanical characterization of heat-treated glued laminated bamboo. *Constr. Build. Mater.* 190: 719–727.
- Burton, A.W., Ong, K., Rea, T., Chan, I.Y., 2009. On the estimation of average crystallite size of zeolites from the scherrer equation: a critical evaluation of its application to zeolites with one-dimensional pore systems. *Microporous and Mesoporous Materials*. 117(1): 75-90.

- Cao, S., Cheng, S., Cai, J. 2022. Research progress and prospects of wood high-temperature heat treatment technology. *BioResources*. 17(22): 3702–3717.
- Chung, M.J., Wang, S.Y. 2017. Effects of peeling and steam-heating treatment on basic properties of two types of bamboo culms (*Phyllostachys makinoi* and *Phyllostachys pubescens*). *Wood Sci*. 17(63): 473–482.
- Damayanto, I.P.G.P., Fefirenta, A.D. 2021. Pola persebaran marga bambu di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. 7(1): 24-41.
- Dubey, M.K., Pang, S., dan Walker, J. 2012. Changes in chemistry, color, dimensional stability and fungal resistance of *Pinus radiata* D.Don wood with oil heat treatment. *Holzforschung*. 66(1): 49- 57.
- Eny, J., Sisillia, L., Yanti, H. 2024. Eksplorasi jenis bambu penghasil bigar dan karakteristik bigar bambu dari Desa Suruh Tembawang Kabupaten Sanggau. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*. 8(2): 448-456.
- Esteves, B.M., Pereira, H.M. 2009. Wood modification by heat treatment. *Bio Resources*. 4(1): 340-404.
- Fang, W.; Niu, S.; Shen, D.; Cai, J.; Zhuang, R.; Li, Y. 2015. XRD and FTIR analysis on bamboo culm treated by high-temperature hot water extraction. *J. Zhejiang For. Sci. Technol*. 35: 47–50.
- Febrianti, Y., Krisnawati, Y., Riastuti, R. D. 2022. Pengetahuan masyarakat terhadap pemanfaatan bambu sebagai tumbuhan obat. *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*. 5(1): 221-234.
- Febrianto, F., Jang, J.H., Lee, S.H., Santosa, I.A., Hidayat, W., Kwon JH., Kim, N.H. 2015. Effect of bamboo species and resin content on properties of oriented strand board prepared from steam treated bamboo strands. *BioResource*. 10(2): 2642-2655.
- Febrianto F, Sumardi I, Hidayat W, Maulana S. 2017. *Papan untai bambu berarah: material unggul untuk komponen bangunan struktur*: IPB Press. Bogor. 163 hlm.
- Febrianto, F., Muhamad, S., Marwanto., Maulana, M., Maulana, S., Fatrawana, S., Hidayat, W., Sari, R.K., 2019. Sifat fisis dan mekanis papan partikel hibrida dari kayu cepat tumbuh dan bambu dengan perlakuan perendaman panas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 17(1): 47-57.
- 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. *Seminar Nasional Konservasi 2020*. 287-292.

- Hardiwinoto, S., Wibisono, M. G., Suryanto, P., Jihad, A. N. 2024. *Silvikultur: Ilmu Seni dan Teknologi Membangun Hutan*. UGM PRESS. 238hlm.
- He, W., Song, J., Wang, T., Li, J., Xie, L., Yang, Y., Zhang, Q. 2017. Effect of heat oil treatment on bamboo scrimber properties. *Journal of Forestry Engineering*. 2(5): 15-19.
- Hidayat, W., Jang, J.H., Park, S.H., Qi, Y., Febrianto, F., Lee, S.H., 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., Qi, Y., Jang, J.H., Febrianto, F., Lee, S.H., Kim, N.H., 2016: Effect of treatment duration and clamping on the properties of heat-treated Okan wood. *BioResources*. 11(4): 10070-10086.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J., Park, B., Banuwa, I.S., Febrianto, F., Kim, N. 2017. Color change 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.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., Kim, N. H. 2017a. Effect of mechanical restraint on drying defects reduction in heat-treated okan wood. *BioResources*. 12(4): 7452–7465.
- Hidayat, W., Febrianto, F. 2018. *Teknologi Modifikasi Kayu Ramah Lingkungan: Modifikasi Panas dan Pengaruhnya Terhadap Sifat-Sifat Kayu*. Pusaka Media. Bandar Lampung. 113 hlm.
- Hidayat, W., Febrianto, F., Purusatama, B. D., Kim, N. H. 2018. Effects of heat treatment on the color change and dimensional stability of *Gmelina arborea* and *Melia azedarach* woods. *E3S Web of Conferences*. 68: 03010.
- Hidayat, W., Ma'ruf, S. D., Abdillah, M., Prayoga, S., Zevan, R., Prihastono, G. B. A., Hardianto, A. H., Ridjayanti, S. M. 2020. *Perlakuan Minyak Panas (Hot Oil Treatment) pada Kayu*. Pusaka Media. Bandar Lampung. 58 hlm.
- Hidayat, W., Suri, I. F., Febryano, I. G., Afkar, H., Rahmawati, L., Duryat, D., Kim, N. H. 2024. Elevating timber sustainability: exploring non-chemical wood modification via air heat treatment for diverse applications. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*. 19(1): 119–128.
- Hidayat, W., Suri, I. F., Febryano, I. G., Afkar, H., Rahmawati, L., Kim, N. H. 2024. Effects of oil and air heat treatment on color and weight changes of jabon (*Anthocephalus cadamba*) wood. *AIP Conference Proceedings*. 2970: 050032.

- Hill, C.A.S., Forster, S.C., Farahani, M.R.M., Hale, M.D.C., Ormondroyd, G.A., Williams. 2005. Investigation of the cell wall micropore blocking as a possible mechanism for the decay resistance of anhydride. *Modified Wood. Int Biodeterior Biodegrad.* 55(1): 69–76.
- Hill, C. 2006. *Wood Modification. Chemical, Thermal and Other Processes*. London: John Wiley & Sons. 223 hlm.
- Hill, C. 2011. Wood modification: an update. *Bioresources*. 6(2): 918-919.
- Hong, Y., Weng, F., Pan, X. 2020. The Optimization of bamboo heat treatment process. *Journal of Bamboo Research*. 39(02): 45–50.
- Jasni, J., Damayanti, R., Pari, R. 2017a. Ketahanan alami jenis-jenis bambu yang tumbuh di Indonesia terhadap rayap tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 35(4): 289-301.
- Jasni, J., Damayanti, R., Sulastiningsih, I.M. 2017b. Pengklasifikasian ketahanan 20 jenis bambu terhadap rayap kayu kering. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 35(3): 171-183.
- Jin, K., Kong, L., Liu, X., Jiang, Z., Tian, G., Yang, S. 2019. Understanding the xylan content for enhanced enzymatic hydrolysis of individual bamboo fiber and parenchyma cells. *ACS Sustain Chem Eng*. 7(22): 18603–18611.
- Karlinasari, L., Yoresta, S. Y., Priadi, T. 2018. Karakteristik perubahan warna dan kekerasan kayu termodifikasi panas pada berbagai suhu dan jenis kayu. *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Tropis*. 16(1): 68-82.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2023. *Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*. Jakarta.
- Kim, Y., Kim, B., Park, H., Choi, Y. H., Kim, K. J., Park, S. Y. 2024. Improvement of Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) properties using a heat treatment process for landscaping materials and evaluation of its durability against biotic/abiotic factors. *Forests*. 15(1) : 101.
- Li, Z. Z., Luan, Y., Hu, J. B., Fang, C. H., Liu, L. T., Ma, Y. F., Fei, B. H. 2022. Bamboo heat treatments and their effects on bamboo properties. *Construction and Building Materials*. 331. 127320.
- Liese, W., Kohl, M. 2015. *Bamboo -The Plant and its Uses*. Springer. Switzerland. 356 hlm.
- Ly, B.C.K., Dyer, E.B., Feig, J.L., Chien, A.L., and Bino, S.D. 2020. Research techniques made simple: cutaneous colorimetry: a reliable technique for objective skin color measurement. *Journal of Investigative Dermatology*. 140: 3 -12.

- Mahdi., Yonariza., Yuerlita., Yurike, Y.S.S. 2020. Performance analysis of production forest management unit of Dharmasraya district, West Sumatra Province. *Geography and Geography Education*. 4(1): 77–84.
- Manalo, R.D., Acda, M.N. 2009. Effects of hot oil treatment on physical and mechanical properties of three species of Philippine bamboo. *Journal of Tropical Forest Science*. 21(1): 19-24.
- Ma'ruf, S. D., Bakri, S., Hidayat, W. 2020. Pengaruh *oil heat treatment* terhadap perubahan warna dan stabilitas dimensi kayu gmelina (*Gmelina arborea*) dan kelapa (*Cocos nucifera*). *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam Untuk Pembangunan Berkelanjutan*: 218–221.
- Ma'ruf, S. D., Bakri, S., Febryano, I. G., Setiawan, A., Haryanto, A., Suri, I.F., Hidayat, W. 2021. *Effects of Eco-frendly Hot Oil Treatment on the Wood Properties of Gmelina Aborea and Cocos Nucifera*. In International Conference on Sustainable Biomass. Atlantis Press. 202: 190-194.
- Maulana, S. 2018. *Sifat fisis, mekanis, dan keawetan oriented strand board bambu andong dan betung dengan perlakuan steam pada strand* (Doctoral dissertation, Tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor).
- Maulana, M. I., Nawawi, D. S., Wistara, N. J., Sari, R. K., Nikmatin, S., Maulana, S., Febrianto, F. 2018. Perubahan kadar komponen kimia bambu andong akibat perlakuan steam. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 16(1): 83-92.
- Mutaqin, D. J., Nurhayani, F. O., Rahayu, N. H. 2022. Performa Industri Hutan Kayu dan Strategi Pemulihan Pascapandemi Covid-19. *Bappenas Working Papers*. 5(1): 48-62.
- Pandian, B.R., Nasir, M., Ibrahim, M. 2022. *Characterization of nanomaterial used in nanobioremediation*. Science Direct. 579-594.
- Paul, W. M., Ohlmeyer, H., Leithoff. 2005. Optimising the Properties of OSB by a One-Step Heat Pre-Treatment Process. *Holz als Rohund Werkstoff Journal*. 6(4): 227-234.
- Prayoga, S., Ma'ruf, S. D., Febryano, I. G., Duryat, Hidayat, W. 2020. Peningkatan kualitas kayu cepat tumbuh: pengaruh durasi perlakuan panas dengan minyak terhadap sifat-sifat kayu akasia dan jabon. *Prosiding Seminar Nasional Konservasi* . 212–217.
- Priadi, T., Sholihah, M., Karlinasari, L. 2019. Water absorption and dimensional stability of heat-treated fast-growing hardwoods. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 47(5): 567-578.

- Priyanto, A., Hantarum, H., Sudarno, S. 2018. Pengaruh variasi ukuran partikel briket terhadap kerapatan, kadar air, dan laju pembakaran pada briket kayu sengon. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*. pp. 541-546.
- Putra, I.G.A.P., Putra, N.T.S., Gunawarman, A.A.G.R., Putra, I.B.G.P. 2021. Potensi bambu sebagai bahan alternatif untuk furniture. *Jurnal Ilmiah Jurusan Arsitektur Universitas Warmadewa*. 9(1): 56-60.
- Rafidah S., Razak, W., Zaidon, A. 2008. Effect of oil heat treatment on chemical constituents of semantan bamboo (*Gigantochloa scortechinii*). *Journal of Sustainable Development*. 1(1): 91-98.
- Rani, I. T., Hidayat, W., Febryano, I. G., Iryani, D. A., Haryanto, A., Hasanudin, U. 2020. Effect of torefaction on the chemical properties of empty fruit bunch pellets. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 9 (1): 63-70.
- Rowell, RM. 2012. *Wood Chemistry and Wood Composites*. CRC Press, United States. 219 hlm.
- Sahin, H. I. 2017. Heat Treatment Application Methods and Effects of Heat Treatment on Some Wood Properties. *International Conference on Engineering and Natural Science (ICENS), Budapest*: 540-543.
- Salim, R., Ashaari, Z., Samsi, H. W., Wahab, R., Alamjuri, R. H. 2010. Effect of oil heat treatment on physical properties of semantan bamboo (*Gigantochloa scortechinii* Gamble). *Modern Applied Science*. 4(2). 107.
- Sandberg, D., Kutnar, A., Mantanis, G. 2017. Wood Modification Technologies a Review. *iForest*. 10(6): 895-908.
- Sharma B., Harries K.A., Ghavami K. 2013. Methods of determining transverse mechanical properties of full-culm bamboo. *Journal of Construction and Building Materials*. 38(2013): 627-637.
- Sinyo, Y., Sirajudin, N., Hasan, S. 2017. Pemanfaatan tumbuhan bambu : kajian empiris etnoekologi pada masyarakat kota Tidore Kepulauan. *Jurnal Pendidikan MIPA*. 1(2): 57–69.
- Srinivas, K., Pandey, K. K. 2012. Effect of heat treatment on color changes, dimensional stability, and mechanical properties of wood. *Journal of wood chemistry and technology*. 32(4): 304-316.
- Sujarwanta, A., Zen, S. 2016. Identifikasi jenis dan potensi bambu (*Bambusa sp.*) sebagai senyawa antimalaria. *Jurnal Pendidikan Biologi*. 11(2): 131–51.

- Sulastiningsih, I.M, Novitasari, Turoso, A. 2009. *Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel bambu*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Suri, I. F., Purusatama, B. D., Lee, S. H., Kim, N. H., Hidayat, W., Ma'ruf, S. D., Febrianto, F. 2021. Characteristic features of the oil-heat treated woods from tropical fast growing wood species. *Wood Research*. 66(3): 365–378.
- Suri, I. F., Purusatama, B. D., Kim, J. H., Yang, G. U., Prasetya, D., Kwon, G. J., Hidayat, W., Lee, S. H., Febrianto, F., Kim, N. H. 2022. Comparison of physical and mechanical properties of *Paulownia tomentosa* and *Pinus koraiensis* wood heat-treated in oil and air. *European Journal of Wood and Wood Products*. 1–11.
- Suri, I. F., Purusatama, B. D., Kim, J.-H., Hidayat, W., Iswanto, A. H., Park, S.-Y., Lee, S.-H., Kim, N.H. 2023. Artificial weathering effects on the physical and chemical properties of *Paulownia tomentosa* and *Pinus koraiensis* woods heat-treated in oil and air. *Forests*. 14(8): 1546.
- Suri, I. F., Hidayat, W., Febryano, I. G., Hilmanto, R., Hadida, R. H., Awandi, H. 2024. Pengaruh modifikasi panas *oil heat treatment* terhadap perubahan warna dan berat pada bambu betung (*Dendrocalamus asper*) dan bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*). *MAKILA*. 18(1): 136–147.
- Tang, T., Zhang, B., Liu, X., Wang, W., Chen, X., Fei, B. 2019. Synergistic effects of tung oil and heat treatment on physicochemical properties of bamboo materials. *Sci. Rep.* 19(9): 1–11.
- 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*. 19(22): 85-99.
- Tiryaki, S., Bardak, S., Aydin, A., Nemli, G. 2016. Analysis of volumetric swelling and shrinkage of heat treatment woods: Experimental and artificial neural network modeling approach. *Maderas. Ciencia y tecnología*. 18(3): 477-492.
- Wahab, R., W.S. Hashim, S., Mahmud, M. Janshah. 2004. The performance of an oil-cured tropical bamboo species *Gigantochloa scortechinii* in a six months ground contacts tests. *Journal of Borneo Science*. 16: 25-32.
- Wahab, R., M. Aminuddin., W.S. Hashim, S. Othman. 2005. Effect of heat treatment using palm oil on properties and durability of Semantan bamboo. *Journal of Bamboo and Rattan*. 4(3): 211-220.
- Wahab, R., Izyan, S., Mahmud, M.R., Sukhairi, S., Othman, A.T. Tamer, 2012. Changes in strength and chemical contents of oil heat treated 15-year-old cultivated acacia hybrid. *International Journal of Chemistry*. 4(4): 90-100.

- Wahab, R., Rasat, M.S.M., Mohammad, M., Samsi, H.W., Mustafa, M.T., Ahmad, M.I. 2016. Properties of oil heat-treated four years old tropical bamboo *Gigantochloa levis*. *Advances in Environmental Biology*. 10(2): 13-19.
- Wahab, R., Samsi, H.W., Sulaiman, M.S., Ghani, R.S.M., Mokhtar, N. 2019. Properties of altered matured *Bambusa vulgaris* via heat treatment process. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 10: 257-264.
- Wahyudi, I., Sitanggang, J.J. 2016. Kualitas kayu meranti merah (*Shorea leprosula*) hasil budidaya. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. 21(2): 140-145.
- Wang, Q., Wu, X., Yuan, C., Lou, Z., Li, Y. 2020. Effect of saturated steam heat treatment on physical and chemical properties of bamboo. *Molecules*. 25(8): 1190-1999.
- Welzbacher, C.R., Wehsener, J., Rapp, A.O., Haller, P. 2008. Thermo-mechanical densification combined with thermal modification of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) in industrial scale– Dimensional stability and durability aspects. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 6(6): 39–49.
- Welzbacher, C.R., Rassam, G., Talaei, A., Brischke, C., 2011: Microstructure, strength and structural integrity of heat-treated beech and spruce wood. *Wood Material Science and Engineering*. 6: 219-227.
- Widarti, A. 2017. *Energi Terbarukan dari Batang Kelapa Sawit: Konversi Menggunakan Proses Torefaksi*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Widjaja, E.A., 1995. *Gigantochloa pseudoarundinacea*. PROSEA (Plant Resources of South-East Asia) Foundation. Bogor, Indonesia. 116-118.
- Widjaja, E.A., 2011. The utilization of bamboo: At present and for the future. *Proceedings of International Seminar Strategies and Challenges on Bamboo and Potential Non-Timber Forest Products (NTFP) Management and Utilization*. 79-85.
- Widjaya E.A. 2012. The utilization of bamboo: at present and for the future. *Proceedings of International Seminar Strategies and Challenges on Bamboo and Potential Non-Timber Forest Products (NTFP) Management and Utilization*. 23-24.
- Widnyana K. 2012. Bambu dengan berbagai manfaatnya. *Bumi Lestari*. 8(1): 1-10.
- Xu, W. 2020. Wood Modification with Resin Impregnation Technology for Value-Added Services. *SVOA Materials Science and Technology*. Science Volks.

- Yang, T.H., Lee, C.H., Lee, C.J., Cheng, Y.W. 2016. Effects of different thermal modification media on physical and mechanical properties of moso bamboo. *Constr. Build. Mater.* 119: 251–259.
- Yani, A. P. 2012. Keanekaragaman dan Populasi Bambu di Desa Talang Pauh, Bengkulu Tengah. *Jurnal Exacta*. 10(1): 61–70.
- Zhang, Y.M., Yu, Y.L., Yu, W.J. 2013. Effect of thermal treatment on the physical and mechanical properties of *Phyllostachys pubescens* bamboo. *J. Wood Prod.* 71: 61–67.
- Zhang, Y., Yu, W. 2015. Changes in Surface Properties of Heat-Treated *Phyllostachys pubescens*. Bamboo. *BioResources*. 10(4): 6809–6818.
- Zhang, B., Chen, X., Tang, T., Liu, X., Fei, B. 2018. Research on the physico-mechanical properties of moso bamboo with thermal treatment in tung oil and its influencing factors. *Materials*. 12(4): 599-610.
- Zevan, R., Ma'ruf, S. D., Riniarti, M., Duryat., Hidayat, W. 2020. Karakteristik kayu gmelina (*Gmelina arborea*) dan mindi (*Melia adazarach*) setelah perlakuan panas dengan minyak. in: *Seminar Nasional Konservasi*. 421-425.
- Zulkarnaen, R. N., Andila, P. S. 2015. *Dendrocalamus spp* Bambu raksasa koleksi Kebun Raya Bogor. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 1(3): 534-538.