

**PENINGKATAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS KAYU JABON
(*Anthocephalus cadamba*) MELALUI PERLAKUAN PANAS AIR HEAT
TREATMENT**

(Skripsi)

Oleh

**Lusy Rahmawati
1914151039**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENINGKATAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS KAYU JABON (*Anthocephalus cadamba*) MELALUI PERLAKUAN PANAS *AIR HEAT TREATMENT*

Oleh

LUSY RAHMAWATI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu perlakuan *air heat treatment* (170°C, 190°C, dan 210°C) terhadap sifat fisis kayu jabon (*Anthocephalus cadamba*) serta pengaruh suhu perlakuan *air heat treatment* (170°C, 190°C, dan 210°C) terhadap sifat mekanis kayu jabon. Kayu jabon diberikan perlakuan panas *air heat treatment* dengan suhu perlakuan 170°C, 190°C, dan 210°C selama 4 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya suhu perlakuan menyebabkan penurunan nilai (ΔE^*) pada suhu 170°C mengalami sedikit perubahan warna dikarenakan terdegradasinya zat ekstraktif pada kayu, sedangkan pada suhu 190°C, dan 210°C mengalami perubahan warna total. Kayu jabon juga mengalami penurunan berat, penyusutan volume, penurunan nilai kerapatan dan kadar air seiring dengan meningkatnya suhu perlakuan dan terdegradasinya polimer pada kayu serta terserapnya air yang berada pada dinding sel akibat perlakuan panas. Daya serap air dan stabilitas dimensi pada kayu juga terjadi peningkatan karena berkurangnya kemampuan sifat hidrofobik kayu. Terjadinya penurunan kuat tekan pada kayu juga akibat degradasi hemiselulosa akibat perlakuan panas dan suhu perlakuan yang semakin meningkat. Penurunan nilai kekerasan yang terjadi diakibatkan suhu perlakuan yang meningkat

serta kehilangannya berat dalam jumlah cukup tinggi yang bisa melemahkan kayu. Perlakuan panas *air heat treatment* dapat mempengaruhi sifat fisis dan mekanis pada kayu jabon seiring dengan meningkatnya suhu perlakuan akibat terdegradasinya senyawa kimia pada kayu.

Kata kunci: Kayu Jabon, modifikasi kayu, *air heat treatment*, sifat fisis, sifat mekanis

ABSTRACT

ENHANCEMENT OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF JABON WOOD (*Anthocephalus cadamba*) THROUGH AIR HEAT TREATMENT

By

LUSY RAHMAWATI

*This study aimed to determine the effect of air heat treatment temperature (170°C, 190°C, and 210°C) on the physical properties of wood (*Anthocephalus cadamba*) and the effect of air heat treatment temperature (170°C, 190°C, and 210°C) on the mechanical properties of jabon wood. Heat treatment of jabon wood was conducted at 170°C, 190°C, and 210°C for 4 hours. The results showed that as the treatment temperature increased, the overall color changes (ΔE^*) decreased. Jabon wood heat treated at 170°C experienced a slight color change due to the degradation of extractive substances in the wood, while at 190°C and 210°C it experienced a total discoloration. Jabon wood also experienced a decrease in weight, volume shrinkage, decrease in density and moisture content along with increasing treatment temperature and degradation of the polymer in the wood and absorption of water in the cell walls due to heat treatment. The water absorption capacity and dimensional stability of wood also decrease due to the reduced ability of the hydrophobic properties of wood. The decrease in compressive strength of wood is also due to hemicellulose degradation due to heat treatment and increasing treatment temperatures. The decrease in the hardness value that occurs is due to the increased treatment temperature and the loss of weight in a high enough amount that can weaken the wood. Air heat treatment can affect the physical and mechanical properties of Jabon wood as the treatment temperature increases due to the degradation of chemical compounds in the wood.*

Keywords: Jabon wood, wood modification, air heat treatment, physical properties, mechanical properties

**PENINGKATAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS KAYU JABON
(*Anthocephalus cadamba*) MELALUI PERLAKUAN PANAS AIR HEAT
TREATMENT**

Oleh

LUSY RAHMAWATI

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PENINGKATAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS KAYU JABON (*Anthocephalus cadamba*) MELALUI PERLAKUAN PANAS AIR HEAT TREATMENT**

Nama Mahasiswa : **Lusy Rahmawati**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914151039

Program Studi : Kehutanan

Fakultas : Pertanian



1. **Komisi Pembimbing**

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

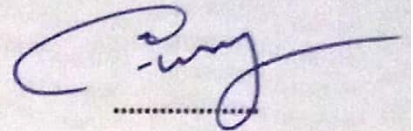
2. **Ketua Jurusan Kehutanan**

Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.
NIP 197402222003121001

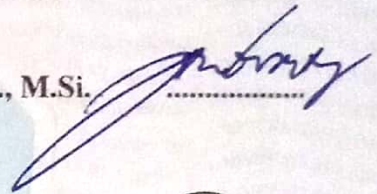
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

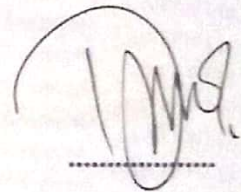
Ketua : **Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.**



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



Penguji
Bukan Pembimbing : **Duryat, S.Hut., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **31 Januari 2023**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lusy Rahmawati
NPM : 1914151039
Jurusan : Kehutanan
Alamat Rumah : Kp. Duren Baru Talang Rt. 01 Rw.07 No.35, Ds. Susukan,
Kec. Bojonggede, Kab. Bogor, Prov. Jawa Barat

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul: “ **Peningkatan Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*) Melalui Perlakuan Panas Air Heat Treatment** ”

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan apabila sebagian atau seluruh data pada skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi. Jika dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 17 Februari 2023
Yang membuat pernyataan



Lusy Rahmawati
NPM 1914151039

RIWAYAT HIDUP



Lusy Rahmawati atau biasa disapa Lusya, lahir di Jakarta, 07 Oktober 2000 sebagai anak pertama dari dua bersaudara yang merupakan anak pasangan Bapak Arifin dan Almh. Ibu Agustina Sungkowo. Penulis menempuh pendidikan di SDN Pabuaran 01 yang diselesaikan pada tahun 2012, SMPN 2 Bojonggede yang diselesaikan pada tahun 2015, dan SMAN 1 Bojonggede yang diselesaikan pada tahun 2018. Program Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) tahun 2019 menghantarkan penulis menjadi mahasiswa di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyulva) sebagai Anggota. Penulis juga pernah menjadi pengurus bagian *Event Organizer* di Unit Kegiatan Mahasiswa Radio Kampus Universitas Lampung (UKM-Rakanila) pada periode tahun 2021-2022. Selama perkuliahan berlangsung, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum mata kuliah Biologi tahun 2020 dan 2021. Penulis mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada bulan Januari-Februari tahun 2022 di Desa Karyasari, Kecamatan Leuwiliang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Penulis juga pernah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Kampus Lapangan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Desa Getas, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Blora, Jawa Tengah dan di Hutan Pendidikan Wanagama 1 pada bulan Agustus 2022 selama 20 hari. Penulis pernah menjadi pemakalah pada kegiatan Seminar Nasional Ilmu Lingkungan tahun 2022 dengan judul “Pengaruh Perlakuan Panas *Air Heat Treatment* Terhadap Perubahan Warna Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*)”.

Teruntuk Ayah dan Almh. Ibu Tersayang

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Peningkatan Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*) Melalui Perlakuan Panas *Air Heat Treatment*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana kehutanan pada Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Tidak lupa shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta para sahabatnya hingga ke akhir zaman. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada beberapa pihak sebagai berikut :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan dosen penguji atas kesediaannya memberikan bimbingan, motivasi, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut, M.Sc. selaku dosen pembimbing tunggal atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Duryat, S.Hut., M.Si.. selaku dosen penguji atas arahan, saran dan kritik yang telah diberikan sampai selesainya penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dr.Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan dukungan, bimbingan dan saran selama penulis menepuh pendidikandi Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kehutanan yang telah membimbing dan mendidik penulis selama menempuh masa studi.
7. Almh. Ibu Agustina Sungkowo yang telah membesarkan dan mendidik penulis hingga bisa sampai dititik ini.
8. Bapak Arifin dan Mama Julianti serta Aulia Anggita, Dina Kamaladuri, dan Puput Qothrunada serta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, doa, serta motivasi yang tidak pernah putus.
9. Mbak Intan Fajar Suri, S.Hut., M.Sc. yang telah membimbing dan memberikan masukan serta arahan selama penulis melakukan penelitian.
10. Terima kasih kepada Ukhti Assyifa, Hade Afkar, Daffa Naufalian, Porto Mauritio, M. Dimaz Nugraha, M. Alfaridzi sebagai tim Teknologi Hasil Hutan yang telah memberikan bantuan, serta dukungan selama penelitian.
11. Terima kasih kepada Adelia Anggraini, Vina Puspita Dewi, Dita Hydayah, Ukhti Assyifa yang senantiasa memberikan warna dan semangat serta dukungan maupun saran yang bersifat membangun selama di perkuliahan.
12. Teman-teman seperjuangan angkatan 2019 (Formics), serta seluruh keluarga besar Himasyilva dan UKM Rakanila semoga kebersamaan, kekeluargaan, dan tali silaturahmi dapat terus terjalin dengan baik.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian dan penyusunan skripsi.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan mereka semua yang telah diberikan kepada penulis. Penulis berharap kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Bandar Lampung

Lusy Rahmawati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	1
I.PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
II.TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Potensi Kayu Jabon.....	5
2.2 Pemanfaatan Kayu Jabon	6
2.3 Gambaran Umum Kayu Jabon.....	7
2.4 Modifikasi Kayu	8
2.5 Modifikasi Panas Pada Kayu	9
2.6 <i>Air Heat Treatment</i> (AHT)	10
2.7 Pengaruh Perlakuan AHT Terhadap Sifat Kayu	10
2.7.1 Sifat Fisis Kayu.....	11
2.7.2 Sifat Mekanis Kayu.....	12
III.METODE PENELITIAN	14
3.1 Tempat dan Waktu.....	14
3.2 Bahan dan Alat.....	14
3.3 Metode Pengambilan Data.....	14
3.3.1 Penebangan Pohon	14
3.3.2 Persiapan Sampel	15
3.3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.3.4 Analisis Data.....	21
IV.HASIL DAN PEMBAHASAN	
Error! Bookmark not defined.	
4.1 Sifat Fisis Kayu Jabon Setelah diberikan Perlakuan Panas <i>Air Heat Treatment</i> (AHT)	
Error! Bookmark not defined.	

4.1.1 Perubahan Warna	
Error! Bookmark not defined.	
4.1.2 Perubahan Berat dan Penyusutan	
Error! Bookmark not defined.	
4.1.3 Kerapatan	
Error! Bookmark not defined.	
4.1.4 Kadar Air	
Error! Bookmark not defined.	
4.1.5 Daya Serap Air.....	
Error! Bookmark not defined.	
4.1.6 Stabilitas Dimensi	
Error! Bookmark not defined.	
4.2 Sifat Mekanis Kayu Jabon Setelah Diberikan Perlakuan Panas Air Heat Treatment (AHT)	
Error! Bookmark not defined.	
4.2.1 Kuat Tekan.....	
Error! Bookmark not defined.	
4.2.2 Kekerasan.....	
Error! Bookmark not defined.	
V.SIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 Simpulan	22
5.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perubahan warna total pada kayu.....	
Error! Bookmark not defined.	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka penelitian.	4
2. Proses penebangan, pemotongan kayu, dan panel kayu yang telah dipotong.	15
3. Pola pengukuran perubahan warna, penimbangan sampel, dan pengukuran lebar sampel.	16
4. Tampilan visual kayu jabon sebelum dan sesudah AHT.	Error!
Bookmark not defined.	
5. Perubahan nilai L^* pada kayu jabon.	Error!
Bookmark not defined.	
6. Perubahan nilai a^* pada kayu jabon.	Error!
Bookmark not defined.	
7. Perubahan nilai b^* pada kayu jabon.	Error!
Bookmark not defined.	
8. Perubahan berat pada kayu jabon.	Error!
Bookmark not defined.	
9. Penyusutan volume pada kayu jabon.	Error!
Bookmark not defined.	
10. Perubahan kerapatan kayu jabon.	Error!
Bookmark not defined.	
11. Perubahan kadar air setelah perlakuan AHT.	Error!
Bookmark not defined.	
12. Perubahan kadar air setelah perlakuan AHT.	Error!
Bookmark not defined.	
13. Perubahan stabilitas dimensi kayu jabon.	Error!
Bookmark not defined.	
14. Perubahan nilai kuat tekan pada kayu jabon.	Error!
Bookmark not defined.	
15. Nilai kekerasan pada kayu jabon.	Error!
Bookmark not defined.	

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Pasokan kayu yang saat ini ada di Indonesia berasal dari hutan tanaman dan hutan alam. Sebanyak 85% pasokan kayu saat ini merupakan kayu yang berasal dari hutan tanaman di Indonesia (Hidayat *et al.*, 2017a; Haryanto *et al.*, 2021; Zevan *et al.*, 2020). Saat ini, pengelolaan hutan tanaman adalah salah satu terobosan penting sebagai tempat pemasok kayu bahan baku industri dan rumah tangga (Siadari *et al.*, 2013; Sarjono *et al.*, 2017). Luas kawasan hutan tanaman di Indonesia hingga tahun 2019 mencapai sekitar 5,1 juta ha, dan salah satu yang paling vital adalah hutan tanaman pulp/HTI-pulp (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021). Saat ini hutan tanaman banyak mengembangkan jenis tanaman. Kayu cepat tumbuh (*fast-growing species*) adalah tanaman yang banyak dikembangkan pada hutan tanaman saat ini (Febrianto *et al.*, 2010; Hidayat *et al.*, 2013; Muhamad *et al.*, 2019). Jenis tanaman cepat tumbuh antara lain sengon (*Falcataria molucana*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), binuang (*Octomeles sumatrana*), akasia (*Acacia penninervis*), *Eucalyptus* dan lainnya (Hidayat *et al.*, 2011; Sarjono *et al.*, 2017).

Jabon (*Anthocephalus cadamba*) adalah salah satu jenis tumbuhan asli Indonesia yang cocok sebagai dasar pembangunan dan pengembangan hutan tanaman. Pohon jabon termasuk ke dalam kategori pohon yang pertumbuhannya cepat (Mansur dan Tuheteru, 2011). Jenis kayu Jabon sangat potensial untuk dikembangkan dan memenuhi keperluan industri (Hidayat *et al.*, 2021). Karakteristik kayu cepat tumbuh adalah berat jenisnya rendah dan dapat berdampak pada stabilitas dimensi kayu (Baskara *et al.*, 2022; Febrianto *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2022).

Kekurangan kayu cepat tumbuh terdapat pada berat jenis serta stabilitas dimensinya yang rendah (Arsad, 2015). Untuk mengantisipasi kekurangan tersebut maka diperlukannya modifikasi pada kayu. Modifikasi kayu merupakan suatu keadaan di mana berubahnya kondisi kayu secara permanen (Hidayat dan Febrianto, 2018). Modifikasi kayu mencakup perlakuan kimiawi, biologis, maupun fisis untuk memperbaiki suatu material (Hill, 2006). Terdapat beberapa jenis modifikasi kayu, yaitu modifikasi kimiawi, permukaan, impregnasi, dan panas (Esteves *et al.*, 2009). Modifikasi kayu dilakukan untuk meminimalisir kerusakan pada kayu, modifikasi dengan perlakuan panas dilakukan tanpa menggunakan bahan kimia yang beracun. Perlakuan panas pada kayu tersebut dilakukan dengan suhu kisaran 160°C - 260°C dan waktu pengerjanya relatif singkat (Esteves *et al.*, 2009).

Kayu yang diberi perlakuan panas juga dapat menaikkan sifat hidrofobik kayu dan warna kayu bisa menjadi lebih gelap (Hidayat dan Febrianto, 2018). Terdapat beberapa macam metode perlakuan panas terhadap kayu, yaitu perlakuan panas dengan udara (*Air Heat Treatment*), uap (*Thermowood Treatment*), dan kombinasi antara udara dan uap (*Plato Wood Treatment*), dan perlakuan panas menggunakan minyak (*Oil Heat Treatment*) (Esteves *et al.*, 2009).

Perlakuan panas *air heat treatment* dapat meningkatkan stabilitas dimensi pada kayu setelah diberi perlakuan jika dibandingkan dengan kayu yang belum diberi perlakuan (Kocafe *et al.*, 2008). Beberapa penelitian mengenai perlakuan panas pada kayu cepat tumbuh sudah banyak dilakukan dan hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan panas pada kayu cepat tumbuh mempengaruhi perubahan stabilitas dimensi kayu (Hidayat *et al.*, 2017b; Priadi *et al.*, 2019; Suri *et al.*, 2021a). Suri *et al.* (2022) melaporkan terjadinya perubahan pada warna, kerapatan, penyusutan volume, dan perubahan berat jika dibandingkan dengan sebelum kayu diberi perlakuan. Suharjo *et al.* (2018) mendapatkan hasil berupa kerapatan kayu jabon menurun setelah diberi perlakuan. Karlinasari *et al.* (2018) melakukan perlakuan panas terhadap sifat fisis kayu jabon didapatkan hasil berupa perubahan warna dan kekerasan kayu menurun dan berpengaruh secara nyata setelah diberi perlakuan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk melengkapi penelitian sebelumnya dan untuk

melihat efek suhu perlakuan *air heat treatment* pada suhu 170°C, 190°C, dan 210°C terhadap sifat fisis dan mekanis kayu jabon sebelum dan sesudah perlakuan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh suhu perlakuan *air heat treatment* terhadap sifat fisis kayu jabon.
2. Mengetahui pengaruh suhu perlakuan *air heat treatment* terhadap sifat mekanis kayu jabon.

1.3 Kerangka Pemikiran

Dari waktu ke waktu, kayu dari hutan rakyat terus meningkat potensi dan pemanfaatannya (Sarjono *et al.*, 2017; Utama *et al.*, 2019). Hal tersebut disebabkan oleh sebagian besar kayu yang tumbuh di hutan rakyat termasuk jenis kayu cepat tumbuh (*fast growing species*) dan kayu jabon (*Anthocephalus cadamba*) termasuk salah satu tanaman yang digunakan dalam jumlah banyak. Namun, secara umum kayu yang terletak di hutan tanaman kualitasnya rendah (Priadi dan Maretha, 2015; Ridjayanti *et al.*, 2021).

Kayu jabon memiliki kerapatan yang rendah yaitu 0,42 g/cm³ (Mansur dan Tuheteru, 2010). Modifikasi dengan perlakuan panas adalah salah satu teknologi terbaru yang digunakan untuk meningkatkan beberapa sifat kayu (Biziks *et al.*, 2013; Hidayat *et al.* 2016). Perlakuan panas juga dapat mempengaruhi anatomi kayu, namun hal ini tergantung pada metode perlakuan panas yang digunakan atau pada proses yang dilewati oleh kayu (Boonstra *et al.*, 2006; Hidayat *et al.*, 2017c).

Salah satu cara atau usaha dalam menaikkan kualitas kayu adalah memodifikasi kayu dengan perlakuan panas pada suhu 160°C-260°C (*heat treatment*). Berbagai efek dari *heat treatment* di antaranya adalah perubahan daya tahan dan warna kayu. Sifat warna dan daya tahan kayu merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan saat memanfaatkan kayu untuk berbagai produk seperti *cladding* (struktur eksterior), *decking* (lantai), *furniture* (perabotan rumah tangga), dan produk lainnya (Hidayat *et al.*, 2020; Karlinasari *et al.*, 2018; Rahmah *et al.*, 2020). Modifikasi kayu

dilakukan untuk meminimalisir kerusakan pada kayu. Modifikasi dengan sentuhan panas pada kayu menjadi pengaplikasian alternatif yang secara alami mampu mengubah keawetan kayu tanpa memanfaatkan bahan kimia beracun, sehingga lebih ramah lingkungan daripada dengan jenis kayu lainnya (Hidayat dan Febrianto, 2018; Hidayat *et al.*, 2017d). Diagram alir kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir kerangka penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Potensi Kayu Jabon

Ada kurang lebih 4.000 macam kayu di Indonesia dan masih sebagian kecil saja yang sifat dan kegunaannya sudah diketahui (Indosaptono *et al.*, 2014). Produktifitas hutan tanaman industri semakin dibutuhkan sejak pasokan kayu dari hutan alam semakin berkurang (Aisyah *et al.*, 2021; Nugroho, 2022; Hidayat *et al.*, 2021). Kebutuhan kayu semakin meningkat, tetapi ketersediaan kayu dari kawasan hutan alam terus berkurang seiring berjalannya waktu, sehingga masyarakat tidak bisa lagi mengandalkan hutan alam sebagai pemasok kayu (Aminah *et al.*, 2013; Herwanti, 2015; Hidayat *et al.*, 2017e). Terdapat berbagai macam tanaman yang banyak ditanam pada hutan tanaman dan yang paling banyak yaitu jenis tanaman cepat tumbuh dan salah satunya adalah Jabon (*Anthocephalus cadamba*) (Sarjono *et al.*, 2017).

Hutan tanaman industri jabon terbesar di Indonesia berada di kabupaten Gorontalo Utara atau HTI PT. Gorontalo Citra Lestari (GCL) yang memiliki luas area 46.170 hektar di bekas area Eks PT Inimexintra. Pada tanggal 12 Mei 2011, PT GCL memperoleh Ijin Usaha Pemanfaatan hasil Hutan Kayu pada Hutan Tanaman (IUPHHK-HT) berdasarkan SK Menhut No.261/Menhut-II/2011. Hasil kayu yang dihasilkan akan langsung diolah menjadi berbagai jenis kayu olahan seperti *plywood*, *laminating board*, *polyester*, *floor base*, dan lain-lain (Katingan, 2022).

Kayu jabon (*Anthocephalus cadamba*) rata-rata memiliki berat jenis sekitar 0,42 – 0,48 g/cm³ dan termasuk kedalam kelas kuat III - IV, dan kelas awet V (Mansur dan Tuheteru, 2010; Martawijaya *et al.*, 2005). Berdasarkan data statistik BPS Kabupaten Kediri terkait produksi di KPH Kediri 2019 – 2021, produksi kayu

jabon tahun 2019 – 2020 mengalami kenaikan sebesar 1.405,58 m³, dan mengalami penurunan pada tahun 2021 sebesar 1.680,88 m³ (BPS, 2021).

2.2 Pemanfaatan Kayu Jabon

Kayu jabon memiliki beberapa manfaat yaitu sebagai bahan bangunan, komponen struktural yang bebannya ringan seperti rangka dinding atau plafon, dan sebagai komponen non struktural seperti partisi, lis, dan papan pelapis dinding. Kayu jabon sendiri amat rentan dari serangan organisme yang merusak kayu jika digunakan secara berhubungan langsung dengan tanah, tidak bisa dipakai di area terbuka dan lebih tahan lama di bawah naungan atap. Jabon juga bisa dimanfaatkan untuk mebel, kerajinan tangan (ukiran, patung, dan mainan anak-anak), kayu komposit (kayu lapis, papan partikel, papan semen, papan serat), peti mati, palet, alat ukur dan gambar, pensil, tusuk gigi, sendok dan gagang es krim, kotak dan batang korek api, *moulding*, pulp dan kertas, dan cetakan beton (Lempang, 2014).

Kayu jabon dimanfaatkan sebagai lapisan atas dan inti kayu lapis cocok sebagai bahan membuat papan partikel, papan semen, dan papan karton (Soerianegara dan Lemmens, 2005). Manfaat terpenting dari kayu jabon adalah untuk menghasilkan kertas berkualitas rendah - sedang. Jabon pun dapat dijadikan sebagai pohon peneduh dan bermanfaat untuk penghijauan kembali serta rehabilitasi lahan.

Jabon merupakan komoditi andalan pada industri kayu lantaran tanaman ini mempunyai berbagai keunggulan dibandingkan jenis kayu lain. Keunggulan jabon antara lain (Mulyana *et al.*, 2011).

1. Jabon termasuk jenis kayu cepat tumbuh. Memiliki diameter batang yang dapat tumbuh berkisar 5 -10 cm per tahun, dan tingginya bertambah berkisar 3 - 6 m per tahun.
2. Pemanenan jabon relatif singkat karena tanaman dengan batang berdiameter 30 - 50 cm hanya perlu waktu sekitar 5 - 6 tahun untuk panen.
3. Hasil kayu gelondongan yang diolah di dalam mesin rotari membuat *veneer* basah menggunakan kualitas yang lebih baik daripada menggunakan kayu Sengon. Di masa mendatang, kayu Jabon direncanakan dapat dijadikan sebagai pengganti kayu Meranti dan menjadi material standar kayu lapis.

4. Kayu Jabon relatif baik dijadikan sebagai bahan bangunan, bahan pembuatan rangka rumah atau perabot lainnya. Kayu ini termasuk tipe kayu yang mudah diukir untuk mempercantik tampilannya.
5. Limbah kayu jabon biasa dimanfaatkan menjadi bahan dasar aglomerat dan pulp kertas. Sedangkan kayu jabon yang kualitasnya sangat buruk digunakan untuk membuat balok, papan buah, peti, dan sumpit.
6. Batang kayunya berbentuk silindris dan lurus. Bercabang ukuran mini dan mendatar. Pemangkasan alami jabon membantu rangsangan pada batang untuk tumbuh lebih bebas dan lebih tinggi dari tanaman lain seperti sengon.
7. Jabon merupakan pohon pionir dan mampu tumbuh pada keadaan tanah yang kritis, misalnya dapat hidup pada tanah liat, lempung podsolik coklat, maupun tanah berbatu. Karena itu, jabon bisa dimanfaatkan untuk reboisasi, reklamasi bekas lubang humus, dan sebagai pohon peneduh.

2.3 Gambaran Umum Kayu Jabon

Taksonomi yang dimiliki Jabon menurut Veriasa (2021), sebagai berikut.

Kingdom: Plantae

Divisi: Magnoliophyta

Kelas: Magnoliopsida

Ordo: Rubiales

Famili: Rubiaceae

Genus: Anthocephalus

Spesies: Anthocephalus cadamba

Jabon (*Anthocephalus cadamba*) termasuk tanaman cepat tumbuh famili *Rubiaceae* yang memiliki berbagai manfaat. Jabon sudah mulai dikembangkan sebagai tanaman yang diusahakan di Hutan Tanaman Industri (HTI) (Pratiwi, 2003). Tanaman jabon memiliki berbagai kelebihan jika dibandingkan dengan tanaman lainnya antara lain: distribusi yang luas, teknik budi daya yang mudah, dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi (Mansur dan Tuheteru 2010).

Keunggulan jabon adalah cabang mendatar dan tiang penyangga setinggi 1,5 m, batang berbentuk silinder yang tingkat kelurusannya sangat baik, warna kayu jabon putih kekuningan, sehingga sesuai dengan karakteristik bahan baku mebel.

Bahan *furniture*, kayu jabon padat, berbutir halus, sehingga sangat awet, cocok untuk bahan baku triplek atau mebel. Tanaman jabon dapat tumbuh hingga setinggi 45 m, yang panjangnya tanpa cabang mencapai 30 m dan memiliki diameter hingga 160 cm (Mulyana, 2011). Tanaman ini termasuk dalam kategori tanaman cepat tumbuh yang pertumbuhan diameter batangnya berkisar 7 - 10 cm per tahun dan tinggi berkisar 3 - 6 m per tahun (Mansur dan Tuheteru 2010).

2.4 Modifikasi Kayu

Modifikasi kayu merupakan istilah yang biasanya menjelaskan penerapan metode kimia, fisik, atau biologis untuk mengubah sifat suatu bahan. Tujuan dari modifikasi kayu adalah untuk mendapatkan kinerja kayu yang lebih baik yang dapat meningkatkan stabilitas dimensi, daya tahan terhadap pembusukan dan pelapukan, dan lain-lain (Hill, 2011). Kunci penting transformasi kayu bisa berbentuk modifikasi aktif, yang mengarah pada merubah sifat kimia suatu material atau modifikasi pasif, di mana sifat dapat berubah tanpa mengubah sifat kimia material (Sanberg *et al.*, 2017).

Proses modifikasi kimiawi pada kayu dibutuhkan dimana terjadi reaksi kimia suatu zat dengan komponen polimer kayu (*lignin*, *hemiselulosa*, atau *selulosa*), yang mengarah pada pembentukan ikatan kovalen antara polimer dinding sel dan reagen (Rowell, 2012). Modifikasi kayu merupakan suatu perubahan kimia kayu yang termasuk sebagai salah satu bentuk transformasi aktif karena polimer dinding sel mengalami perubahan secara kimiawi (Hill, 2011).

Impregnasi kayu merupakan suatu metode modifikasi kayu yang memiliki tujuan untuk mengubah sifat kayu dengan memodifikasinya di bagian tingkat dinding sel kayu menggunakan bahan kimia maupun kombinasi bahan kimia yang dapat mendukung pembentukan bahan yang sifatnya sebagai penggempur (Hill, 2006). Proses tersebut merupakan proses modifikasi pasif, yang mana sekalipun berpengaruh terhadap sifat kayu, tetapi perubahan kimia pada kayu tidak akan terjadi. Modifikasi pasif melibatkan impregnasi dinding sel dengan monomer, lalu mengalami proses polimerisasi *in situ*, guna mengisi rongga dan dinding sel (Xu, 2020).

Stabilitas dimensi dan daya tahan pada kayu solid dapat meningkatkan akibat perlakuan panas. Penerapan perawatan ini pada panel kayu yang khusus ditujukan untuk pengaplikasian di luar ruangan dapat meningkatkan sifat kelembaban dan ketahanannya dari serangan jamur (Paul *et al.*, 2005).

2.5 Modifikasi Panas Pada Kayu

Modifikasi kayu dengan panas bertujuan untuk mengubah komposisi kimia makromolekul kayu sedemikian rupa sehingga mempengaruhi sifat fisik dan biologi kayu (Hill, 2005). Fungsi modifikasi panas pada kayu adalah untuk meningkatkan sifat produk akhir dan memiliki peran penting dalam ketahanan kayu. Proses panas untuk kayu telah dikomersialkan karena dikenal di Jerman sebagai "*Lignostone*" dan "*Lignifol*"; dan dikenal sebagai "*Staybwood*" di Amerika Serikat (Koitelainen, 2006).

Perlakuan panas pada kayu terdiri dari berbagai macam metode yaitu, perlakuan panas dengan uap (*Thermowood Treatment*), modifikasi panas dengan metode *Thermowood*, yaitu dengan memberi perlakuan pada kayu menggunakan uap air panas. Uap tersebut digunakan sebagai pengganti udara dalam suatu reaktor. Perlakuan panas dengan kombinasi antara udara dan uap (Homan *et al.*, 2004) (*Plato Wood Treatment*), di Belanda modifikasi panas pada kayu disebut sebagai Plato. Dalam hidrotermolisis, kayu dipanaskan dalam uap panas di suhu 160 °C - 185 °C (tahap pertama), lalu secara konvensional dikeringkan dengan udara (tahap kedua), dan diakhiri dengan perawatan dan pemeliharaan di suhu berkisar 170 °C - 190 °C (tahap ketiga) (Homan *et al.*, 2004). *Oil Heat Treatment*, minyak panas tidak akan mengubah kayu dengan baik jika hanya di suhu rendah 60 °C - 90 °C dimana impregnasi sangat tidak optimal untuk kayu (Hill, 2005; Prihastono *et al.*, 2020). Penggunaan minyak saat proses perlakuan panas memerlukan suhu yang lebih tinggi, biasanya antara 180 dan 220 °C, menyebabkan unsur penyusun kayu berubah secara kimiawi (Sailer *et al.*, 2000). Perlakuan panas dengan udara (*Air Heat Treatment*), mengubah panas di suhu tinggi ($\geq 170^{\circ}\text{C}$) bisa mengubah sifat kimiawi bagian penyusun kayu (*poliosa*, *selulosa* dan *lignin*). Saat memberi perlakuan panas pada kayu membutuhkan kondisi tertentu seperti waktu dan suhu, serta jenis kayunya (Paul *et al.*, 2007).

2.6 Air Heat Treatment (AHT)

Menurut Paul *et al.* (2007), mengubah kayu dengan proses pemanasan adalah cara yang efisien untuk meningkatkan kestabilan dan ketahanan terhadap kerusakan akibat jamur pembusuk. Perlakuan ini biasa dilakukan untuk jenis kayu dengan daya tahan rendah. Proses perlakuan panas membutuhkan kondisi tertentu seperti waktu dan suhu, serta jenis kayunya. Perlakuan panas dengan suhu atau AHT dilakukan dengan menggunakan oven dan dilakukan perlakuan panas dengan suhu tinggi dan dalam waktu tertentu (Areza dan Widyorini, 2013). Perlakuan panas pada kayu dilakukan untuk memberikan bentuk melengkung pada kayu, yang banyak dipakai pada berbagai barang kayu bagian lengkungan seperti mebel, kusen pintu atau jendela, alat musik dan olahraga, dan mainan (Hill, 2005).

Perlakuan panas dengan suhu dilakukan dengan memberikan perlakuan pada kayu dinaikkannya suhu dengan cepat menggunakan panas dan uap ke tingkat sekitar 100°C. Setelah itu suhu meningkat terus hingga batas dibutuhkannya. Bahan baku bisa berasal dari kayu pra-kering. Uap digunakan untuk mencegah terjadinya keretakan pada kayu yang dapat mempengaruhi perubahan kimia yang terjadi di kayu. Perlakuan dilakukan hingga kelembaban kayu berkurang menjadi hampir nol. Uap digunakan untuk mencegah kayu terbakar pada suhu tinggi dan juga dapat mempengaruhi perubahan kimia pada kayu (Sahin, 2017). Modifikasi panas kayu hanya terjadi di suhu berkisar 180°C - 260°C, pada suhu di bawah 140°C sedikit mengubah sifat kayu dan jika suhu lebih dari 260°C maka dapat merusak komponen penyusun kayu (Hill, 2005).

Peningkatan mutu kayu dengan pemanasan telah dikembangkan di beberapa negara. Rapp dan Sailer (2001), menyatakan bahwa percobaan pertama dilakukan guna menaikkan daya tahan kayu dari serangan jamur dalam *hot metal bath*. Hill (2006) menyatakan bahwa beberapa dekade terakhir adanya peningkatan nilai komersil pada kayu hasil modifikasi termal khususnya di Eropa.

2.7 Pengaruh Perlakuan AHT Terhadap Sifat Kayu

Pengaruh perlakuan panas terhadap berbagai sifat kayu dipengaruhi oleh waktu dan suhu yang digunakan, perlakuan yang diterapkan, panjangnya waktu perlakuan yang diterapkan, serta jenis dan karakteristik kayu yang digunakan (Prayoga *et al.*, 2020). Suhu yang digunakan dalam AHT ($> 150^{\circ}\text{C}$) dapat

mempengaruhi sifat fisik dan mekanis pada kayu secara permanen. AHT juga mengubah warna kayu menjadi lebih gelap sesuai dengan intensitas suhu yang digunakan, hal ini juga mengurangi penyusutan dan pembengkakan kayu dan meningkatkan keseimbangan kadar air kayu, namun di lain sisi perlakuan tersebut juga menurunkan sifat kekuatan pada kayu (Rapp, 2001).

Peningkatan sifat-sifat produk akhir kayu yang diberi perlakuan panas akan memainkan peran penting dalam bidang pengawetan kayu di masa depan, karena dapat meningkatkan daya tahan hasil akhir produk dalam pemanfaatannya terhadap biodeteriorasi tanpa membawa efek bahaya bagi kesehatan dan lingkungan (Rapp, 2001). Adanya peningkatan sifat-sifat kayu setelah dilakukannya proses pemanasan tersebut juga dapat meningkatkan penggunaan pada jenis-jenis kayu non komersil.

2.7.1 Sifat Fisis Kayu

Semua kayu pada dasarnya memiliki sifat fisis dan mekanis yang berbeda, sehingga memiliki variasi masing-masing antara satu jenis dengan jenis lainnya, antar satu jenis pohon, maupun antar bagian. Perbedaan sifat ini memiliki pengaruh terhadap keawetan kayu yang pada dasarnya digolongkan berdasarkan kekuatan dan keawetan. Sifat fisis kayu merupakan sifat yang bisa diidentifikasi secara nyata menggunakan panca indera tanpa bantuan alat bantu. Perubahan warna, berat jenis, kadar air, penyusutan kayu, kerapatan, daya serap air, dan stabilitas dimensi termasuk sifat fisis pada kayu (Dwianto dan Marsoem, 2008).

Perubahan warna diuji di papan sampel kayu guna mengecek adanya perubahan warna yang disebabkan oleh adanya suhu yang tinggi pada proses AHT. Nilai kilap dan warna bahan kayu berbeda-beda. Sistem CIE Lab* dimanfaatkan untuk melihat perubahan warna sampel kayu yang diberi dan tidak diberi perlakuan panas (Ayata *et al.*, 2018). Suri *et al.* (2021b) melaporkan adanya perubahan warna pada sampel kayu yang dilakukan percobaan *air heat treatment*. Esteves *et al.* (2009) melaporkan bahwa adanya perubahan warna menjadi lebih gelap pada sampel kayu yang mengalami perlakuan panas.

Menurut Haygreen *et al.* (2003), salah satu sifat fisis kayu yang sangat penting ialah berat jenis kayu. Pada umumnya berat jenis dan kerapatan yang

mempengaruhi sifat mekanis kayu. Peningkatan berat jenis akan menambah kekakuan kayu. Esteves *et al.* (2009) melaporkan bahwa perlakuan panas yang dilakukan mengubah komposisi kimia yang ada pada kayu, sehingga kayu mengalami penurunan berat jenis. Suri *et al.* (2022) melaporkan bahwa dengan dilakukannya perlakuan panas dengan udara terjadi penurunan massa secara signifikan pada sampel kayu.

Kadar air atau kadar air kayu segar saat pohon tumbuh hidup berkisar antara 30% - 300% (Iswanto, 2008). Varian kayu, posisi kayu pada batang, dan kondisi cuaca selama satu tahun merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi variasi kadar air. Air dalam kayu bisa dikelompokkan menjadi tiga, air bebas, yaitu air yang terdapat di dalam rongga sel, air terikat terletak di dalam dinding sel, dan uap air berada di atas air bebas yang terletak di dalam rongga sel (Haygreen *et al.*, 2003). Jo *et al.* (2021) melaporkan bahwa adanya penurunan kadar air pada sampel kayu yang diberi perlakuan AHT.

Penyusutan adalah berkurangnya dimensi kayu yang disebabkan oleh perubahan kadar air kayu atau penurunan di bawah titik jenuh serat (TJS) (Iswanto, 2008). Kadar air yang berubah di atas TJS tidak berpengaruh pada perubahan dimensi. Kayu bersifat anisotropis ketika menyusut dan mengembang, dengan perubahan kadar air yang tetap, kayu bisa mengalami perubahan dimensi yang berbeda dalam tiga dimensinya, yaitu radial, tangensial, dan longitudinal. Perubahan dimensi terkecil terjadi pada arah longitudinal (arah sepanjang batang). Perubahan menengah terjadi pada arah radial (arah jari-jari kayu) dan terbesar pada arah tangensial (arah tegak lurus jari-jari) (Usman, 2014). Dari penelitian yang sudah dilakukan, Jo *et al.* (2021) melaporkan ada kenaikan penyusutan dan kerapatan pada sampel kayu yang diberi perlakuan. Esteves *et al.* (2009) melaporkan bahwa adanya peningkatan stabilitas dimensi pada kayu yang diberi perlakuan panas.

2.7.2 Sifat Mekanis Kayu

Kekuatan dan stabilitas dimensi adalah sifat mekanis kayu. Kekuatan adalah kesanggupan suatu material dalam membawa suatu beban maupun gaya yang mengenainya. Sifat mekanis secara umum adalah ciri utama produk kayu yang nantinya digunakan sebagai bahan material gedung (Haygreen *et al.*, 2003).

Suri *et al.* (2022) melaporkan bahwa perlakuan panas AHT yang diberikan pada kayu terjadi peningkatan kuat tekan kayu di suhu 180 – 200°C dan menurun dengan cepat pada suhu 220°C. Boonstra *et al.* (2007) juga melaporkan kuat tekan kayu *Pinus sylvestris* dengan perlakuan panas AHT meningkat sekitar 28% setelah perlakuan pada suhu 165°C dan 185°C selama 90 menit, dan dijelaskan bahwa peningkatan kekuatan tekan mungkin karena jumlah yang lebih rendah air terikat dan peningkatan kristalinitas kayu setelahnya perawatan panas. Selain itu Yildiz *et al.* (2006) menjelaskan penurunan kekuatan tekan pada kayu *Picea orientalis* yang diberi perlakuan panas AHT pada kisaran suhu 150 hingga 200°C, terutama terjadi karena terjadinya degradasi hemiselulosa dalam polimer kayu.

Gunduz *et al.* (2008) melaporkan bahwa kekerasan kayu *Pinus nigra* yang diberi perlakuan panas AHT dengan suhu kisaran 120 – 180°C selama 2 – 10 jam. Korkut dan Hiziroglu (2009) juga melaporkan bahwa kekerasan Kayu *Corylus colurna* setelah diberi perlakuan AHT mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu dan durasi perlakuan. Cao *et al.* (2012) melaporkan kekerasan kayu *Cunninghamia lanceolata* yang diberi perlakuan AHT pada suhu di bawah 200°C meningkat, dan suhu 200°C merupakan parameter penting untuk memodifikasi sifat mekanik kayu.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan pada bulan September-Oktober 2022 di Workshop Teknologi Hasil Hutan dengan melakukan persiapan sampel dan perlakuan panas *heat treatment*. Sedangkan evaluasi dan pengolahan data hasil perlakuan akan dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan kayu jabon (*Anthocephalus cadamba*) sebagai bahan utama. Sedangkan peralatan yang digunakan yaitu, mesin amplas, *thermo couple*, oven, timbangan digital, kaliper, penggaris, *tallysheet*, kamera, *scanner general colorimeter*, alat uji ketahanan dan kuat tekan UTM (*Universal Testing Machine*), dan laptop.

3.3 Metode Pengambilan Data

3.3.1 Penebangan Pohon

Kayu jabon (*Anthocephalus cadamba*) berusia 7 tahun dengan tinggi tegakan ± 20 meter yang berasal dari hutan tanaman rakyat di dalam Kawasan KPHP Gedong Wani, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung, ditebang dengan menggunakan *chainsaw*, selanjutnya kayu yang sudah ditebang dan dalam keadaan rebah dipotong. Masing-masing bagian yang dipotong membentuk log-log kayu dengan ukuran ± 30 cm. Setelah selesai dilakukan pembagian batang kemudian log

tersebut dibawa ke panglong kayu untuk dilakukan pemotongan kayu dengan ukuran yang lebih kecil. Gambar 2 adalah proses penyiapan kayu Jabon.



Gambar 2. Proses penebangan, pemotongan kayu, dan panel kayu yang telah dipotong.

3.3.2 Persiapan Sampel

Sampel kayu jabon dipotong kecil-kecil kemudian diolah menjadi papan berukuran 30 cm x 10 cm x 2 cm (panjang x lebar x tebal). Hanya papan berserat lurus dan tanpa cacat alami saja yang akan terpilih. Total sampel yang disiapkan adalah menggunakan 3 sampel tanpa perlakuan (kontrol) dan 3 ulangan untuk masing-masing suhu perlakuan (170°C, 190°C, 210°C) dengan durasi waktu 4 jam untuk perlakuan *air heat treatment*.

3.3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.3.1 Pengukuran Parameter Sebelum Perlakuan

Sampel kayu berukuran 30 x 10 x 2 cm³ diamplas lalu ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mendapatkan data berat basah. Kemudian pada sampel kayu digambarkan 3 pola menggunakan pensil untuk dilakukan pengukuran warna. Selanjutnya dilakukan pengukuran warna menggunakan *general colorimeter*. Setelah selesai dilakukan pengukuran perubahan warna, sampel kayu selanjutnya dicek data berat kering ovennya dengan cara memasukkan sampel kayu ke dalam oven dengan suhu 100 °C. Melakukan pengukuran lebar pada 3 titik, menggunakan kaliper, dan pengukuran berat sampel sebelum dilakukan

proses AHT. Proses pengamplasan, penimbangan, dan pengukuran lebar pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola pengukuran perubahan warna, penimbangan sampel, dan pengukuran lebar sampel.

3.3.3.2 Proses Air Heat Treatment (AHT)

- a. Langkah awal AHT adalah memasukkan sampel ke dalam oven.
- b. Menstabilkan temperatur oven dengan suhu 170°C, 190°C, dan 210°C dengan masing-masing durasi 4 jam.
- c. Selesai tahap perlakuan panas dengan udara dilanjutkan dengan mendinginkan sampel di dalam oven dalam keadaan oven mati untuk menstabilkan suhu sampel.

Selanjutnya menimbang sampel guna memperoleh data berat setelah diberi perlakuan AHT. Kemudian memotong sampel menjadi beberapa bagian, untuk dilakukan uji sifat fisis dan mekanis pada kayu.

3.3.3.3 Pengukuran Parameter Setelah Perlakuan

1. Sifat Fisis Kayu

a. Warna Kayu

Perubahan warna kayu diuji guna mengetahui adanya warna yang berubah akibat mendapat perlakuan suhu panas yang tinggi pada proses AHT. Pengujian dilakukan

pada tiga pola di setiap papan sampel kayu jabon, pengambilan data warna dilakukan sebelum dan sesudah AHT bagian permukaannya diampelas dengan *scanner general colorimeter* dan perubahan warna yang terjadi dievaluasi sesuai system yang sudah ditentukan yaitu sistem CIE-*Lab**. Sehingga perubahan warna diperoleh sebagai berikut: L^* , a^* , b^* dan ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^* . Perubahan warna ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^* dapat dihitung dengan persamaan 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^* = Tingkat Kecerahan (hitam ke putih)

L_2^* = Nilai L^* sesudah perlakuan AHT

L_1^* = Nilai L^* sebelum perlakuan AHT

a^* = Kromatisitas (merah ke hijau)

a_2^* = Nilai a^* setelah AHT

a_1^* = Nilai a^* sebelum AHT

b^* = Kromatisitas (kuning ke biru)

b_2^* = Nilai b^* setelah perlakuan AHT

b_1^* = Nilai b^* sebelum perlakuan AHT

ΔL^* = Perbedaan antara nilai L^* akhir dan awal sesudah AHT.

Δa^* = Perbedaan antara nilai a^* sesudah dan sebelum AHT.

Δb^* = Perbedaan antara nilai b^* sesudah dan sebelum AHT.

ΔE^* = Perubahan warna akibat perlakuan pemanasan

Perubahan warna dapat ditentukan berdasarkan derajat perubahan warna dengan menggunakan klasifikasi berikut:

$0,0 < \Delta E^* \leq 0,5$ = perubahan warna samar

$0,5 < \Delta E^* \leq 1,5$ = perubahan warna sedikit

$1,5 < \Delta E^* \leq 3$ = perubahan warna nyata

$3 < \Delta E^* \leq 6$ = perubahan warna besar

$6 < \Delta E^* \leq 12$ = perubahan warna sangat besar

$\Delta E^* > 12$ = perubahan warna total

b. Perubahan Berat dan Penyusutan

Setelah dilakukan pemanasan pada kayu dilakukan evaluasi data sifat fisisnya. Proses pengujian berlangsung sebanyak 3 kali repetisi dengan ukuran sampel uji 30 cm x 10 cm x 2 cm (panjang x lebar x tebal). Perubahan Berat (PB) dan susut volume (VS) dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

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

Keterangan:

PB = Persentase perubahan berat (%)

VS = Persentase susut volume (%)

ma = berat sebelum AHT (g)

mb = berat setelah AHT (g)

Va = volume sampel sebelum AHT (cm³)

Vb = volume sampel setelah AHT (cm³)

c. Kerapatan

Kerapatan merupakan keadaan banyaknya massa suatu zat per satuan volume. Kerapatan biasanya dinyatakan sebagai rasio perbandingan antara berat dan volume, dimana nilai kerapatan ditentukan dengan mengukur volume (panjang, lebar dan tebal) dan menimbang dari sampel kondisi kering udara. Uji kerapatan, kadar air menggunakan sampel uji yang sudah selesai dipotong setelah dilakukan proses AHT dengan ukuran 4 cm x 2 cm x 2 cm (panjang, x lebar x tebal) sebanyak 3 kali. Kerapatan dihitung berdasarkan standar KS F 2198 (2011), menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan:

ρ = Kerapatan (g/cm³)

m = Berat sampel (g)

v = Volume sampel (cm³)

d. Kadar Air

Prinsip penentuan kadar air yaitu dengan melakukan penguapan air bebas yang terkandung dalam sampel dengan bantuan energi panas sampai terjadi keseimbangan antara kadar air sampel dan udara sekitarnya. Data kadar air diambil dari persiapan akhir hingga setelah dioven dari proses AHT. Persamaan standar (SNI 8021. 2014) sebagai acuan untuk mengetahui kadar air:

$$KA = \frac{BA - BKO}{BKO} \times 100\%$$

Keterangan:

KA = Kadar Air (%)

BA = Bobot Awal (g)

BKO = Bobot Kering Oven (g)

Total sampel yang diuji sebanyak 3 buah dengan ukuran masing-masing 5 cm x 5 cm x 2 cm.

e. Daya Serap Air

Daya serap air memperlihatkan persentase jumlah air yang terserap oleh sampel kayu setelah direndam selama 2 minggu. Perendaman air dilakukan dengan cara merendam potongan papan sampel uji yang berukuran 4 cm x 2 cm, x 2 cm (panjang x lebar x tebal) dalam air selama 2 minggu. Perlakuan ini dilakukan guna melihat perubahan secara fisik dan visual papan sampel kayu. Daya serap air dihitung menggunakan rumus berikut:

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

Keterangan:

WA = daya serap air (%) ma = berat sebelum direndam (g)

mw = berat setelah direndam (g)

f. Stabilitas Dimensi

Stabilitas dimensi kayu yaitu suatu kemampuan yang dimiliki kayu guna menahan perubahan dimensi yang terjadi akibat kondisi kadar air yang berubah. Untuk menghitung stabilitas dimensi digunakan rumus perhitungan :

$$\text{Stabilitas Dimensi} = \frac{\text{Dimensi Awal} - \text{Dimensi Akhir}}{\text{Dimensi Awal}} \times 100\%$$

Keterangan :

Dimensi Awal = Ukuran dimensi sebelum diberi perlakuan (cm^3).

Dimensi Akhir = Ukuran dimensi sesudah diberi perlakuan (cm^3).

2. Sifat Mekanis Kayu

a. Kuat Tekan

Kuat tekan atau keteguhan tekan merupakan kekuatan kayu untuk menahan beban atau muatan yang diberikan pada kayu. Pengambilan sampel sama seperti saat pengujian kadar air. Kekuatan tekan sejajar serat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kuat Tekan (N/mm}^2\text{)} = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas bidang tekan (mm^2)

b. Kekerasan

Kekerasan kayu diukur dalam satuan N. Kekerasan kayu yang ada rata-rata sekitar 320 – 720 N. Di laboratorium kita dapat menguji coba kekuatan kayu dengan cara menekan kayu dengan mesin penekan, untuk mengetahui besarnya kuat tekan sejajar dengan serat (σ) yaitu dengan melihat nilai Pmax atau nilai beban maksimum yang mampu diterima oleh kayu tanpa terjadi deformasi plastis pada kayu tersebut.

3.3.4 Analisis Data

Analisis data menggunakan analisis statistik deskriptif, yaitu analisis statistik yang menyajikan gambaran umum tentang karakteristik setiap variabel penelitian berdasarkan nilai rata-rata (mean), nilai maksimum, nilai minimum, dan standar deviasi. Penelitian yang dilakukan menggunakan desain penelitian dengan 4 perlakuan yaitu Kontrol dengan 1 sampel, perlakuan dengan suhu 170°C, 190°C, dan 210°C dengan masing-masing perlakuan 3 sampel.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh perlakuan AHT pada kayu jabon dengan suhu 170, 190, dan 210°C dapat mempengaruhi sifat fisis pada kayu. Seiring dengan meningkatnya suhu yang digunakan menyebabkan terjadinya perubahan warna total pada kayu, penyusutan berat dan volume yang tinggi, penurunan kerapatan dan kadar air seiring meningkatnya suhu perlakuan disebabkan oleh terdegradasinya senyawa kimia yang ada pada kayu akibat perlakuan panas, daya serap air pada suhu 190°C mengalami penyerapan air paling tinggi dan stabilitas dimensi yang meningkat setelah diberikan perlakuan AHT.
2. Pengaruh perlakuan AHT pada kayu jabon dengan suhu 170, 190, dan 210°C dapat mempengaruhi sifat mekanis kayu. Semakin tinggi suhu yang diberikan terjadi penurunan kuat tekan dan kekerasan pada kayu. Hal ini terjadi akibat terjadinya degradasi hemiselulosa yang dapat meningkatkan kristalinitas pada kayu. Penurunan yang terjadi akibat adanya perlakuan panas dengan suhu tinggi pada kayu terjadinya peningkatan di awal akibat adanya peningkatan ikatan silang pada lignin dan akibat terjadinya penurunan berat kayu dalam jumlah besar.

5.2 Saran

Saran dalam penelitian ini adalah diperlukannya lebih banyak penelitian menggunakan metode AHT dengan menggunakan jenis kayu cepat tumbuh yang lain untuk melihat dan mengetahui pengaruh modifikasi panas pada jenis kayu lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M., Ma'ruf, S. D., Kaskoyo, H., Safe'i, R., dan 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.
- Abdillah, I. B., Hadi, Y. S., Massijaya, M. Y., Pari, G., dan Arsyad, W. O. M. 2020. Color Changes and Smoke Penetration of Jabon (*Anthocephalus Cadamba*) and Tusam (*Pinus Merkusii*) Woods After Smoke Treatment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 415 (1): 1-5.
- Abdurrahman dan Nurwati H. 2006. Pemanfaatan Kayu Hutan Rakyat untuk Komponen Bangunan. *Prosiding Seminar Hasil Litbang Hasil Hutan 2006*. 130-148.
- Aisyah, S., Haryadi, J., Maulana, M. I., Prasetia, D., Hidayat, W., Lubis, M. A. R., Kim, N. H., dan Febrianto, F. 2021. Effects of Strands Pre-treatment and Adhesive Type on the Properties of Oriented Strand Board Made from Gmelina (*Gmelina arborea*) Wood. *Jurnal Sylva Lestari* 9(3): 475–487.
- Aminah, L. N., Qurniati, R., dan Hidayat, W. 2013. Kontribusi Hutan Rakyat terhadap Pendapatan Petani di Desa Buana Sakti Kecamatan Batanghari Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari* 1(1): 47–54.
- Areza, M. S. dan Widyorini, R. 2013. Pengaruh Metode Dan Waktu Perlakuan Panas Terhadap Sifat Kimia Kayu Jati Umur 15 Tahun. Repository UGM. Universitas Gadjah Mada.
- Arsad, E. 2015. Teknologi Pengelolaan dan Manfaat Bambu. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 7(1): 45-52.
- Ayata, U., Gurleyen, T., dan Gurleyen, L. 2018. Effect of Heat Treatment on Colour and Glossiness Properties of Zebrano, Sapelli and Merbau Woods. *Furniture and Wooden Material Research Journal* 1(1): 11-20.

- Bekhta, P. dan Niemz, P. 2003. Effect of High Temperature on the Change in Color, Dimensional Stability and Mechanical Properties of Spruce Wood. *Holzforschung* 57(5): 539-546.
- Boonstra, M. J., dan Tjeerdsma, B.F. 2006. Chemical Analysis of Heat Treated Softwoods. *Holz als Roh-und Werkstoff* 64: 204-211.
- Boonstra, M.J., Van Acker, J., Kegel, E., dan Stevens, M. 2007. Optimisation of a Two-Stage Heat Treatment Process: Durability Aspects. *Wood Science Technology* 41(1): 31-57.
- Badan Pusat Statistik 2021. Produksi dan Nilai Produksi Tanaman Kehutanan 2019-2021. BPS Kabupaten Kediri.
- Baskara, M. I. A., Hapsoro, D., Maulana, M. I., Prasetia, D., Hidayat, W., Lubis, M. A. R., Kim, N. H., dan Febrianto, F. 2022. Physical and Mechanical Properties of Oriented Strand Board from Three Species of Plantation Forests at Various Resin Contents. *Jurnal Sylva Lestari* 10(1): 49–62.
- Biziks, V., Andersons, B., Belkova, L., Kapaca, E., dan Militz, H. 2013: Changes in The Microstructure of Birch Wood After Hydrothermal Treatment. *Wood Science and Technology* 47: 717-735.
- Cao Y, Jiang J, Lu J, Huang R, Zhao X, dan Jiang J. 2012. Properties of Steam-Heat-Treatment on Mechanical Properties of Chinese Fr. *BioResources* 7(1):1123–1133.
- Darwis, A., Wahyudi, I., Dwianto, W., dan Cahyono, T. D. 2017. Densified Wood Anatomical Structure and The Effect of Heat Treatment on The Recovery of Set. *Journal of the Indian Academy of Wood Science* 14(1): 24-31.
- Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat. 2018. *Statistik Kehutanan Jawa Barat*. Bandung: Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat.
- Dubey, M.J., Pang, S., 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.
- Dwianto, W. dan Marsoem, S.N. 2008. Tinjauan Hasil-Hasil Penelitian Faktor-Faktor Alam yang Mempengaruhi Sifat Fisik dan Mekanik Kayu the Physical and Mechanical Properties of Bisbul Wood (*Diospyros blancoi* A.DC) 55 Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 6(2): 85-100.
- Esteves, B.M., dan Pereira, H. 2009. Wood Modification by Heat Treatment: A Review. *BioResources* 4(1): 370-404.

- Esteves, B.M., Nunes, L., Domingos, I., dan Pereira, H. 2013. Comparison between Heat Treated Sapwood and Heartwood from *Pinus pinaster*. *Eur. Journal Wood Product* 72: 53-60.
- Esteves, B., Şahin, S., Ayata, U., Domingos, I., Ferreira, J., dan Gürleyen, L. 2021. Effect of Heat Treatment on Shore-D Hardness of some Wood Species. *BioResources* 16(1): 1482.
- Fakhri, F., Siregar, Y. I., Sujianto, S., dan Suprayogi, I. 2017. Uji kekuatan dan Ketahanan Enam Jenis Kayu Cepat Tumbuh (*Fast Growing Species*) terhadap Serangan Biota Laut sebagai Alternatif Bahan Lambung Kapal. *Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan*: 46-51.
- Febrianto, F., Royama, L. I., Hidayat, W., Bakar, E. S., Kwon, J. H., dan Kim, N. H. 2009. Development of Oriented Strand Board from Acacia Wood (*Acacia mangium Willd*): Effect of Pretreatment of Strand and Adhesive Content on the Physical and Mechanical Properties of OSB. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 37(2): 121–127.
- Febrianto, F., Hidayat, W., Samosir, T. P., Lin, H. C., dan Soong, H. D. 2010. Effect of Strand Combination on Dimensional Stability and Mechanical Properties of Oriented Strand Board made from Tropical Fast Growing Tree Species. *Journal of Biological Sciences* 10(3): 267–272.
- Guller, B. 2012. Effects of Heat Treatment on Density, Dimensional Stability and Color of *Pinus nigra* Wood. *Afr Journal Biotech* 11(9): 2204– 2209.
- Gunduz, G., Korkut, S., dan Korkut, D.S. 2008. The Effects of Heat Treatment on Physical and Technological Properties and Surface Roughness of Camiyani Black Pine (*Pinus Nigra Arn. Subsp. Pallasiana Var. Pallasiana*) Wood. *Bioresour Technology* 99(7) :2275–2280.
- Gunduz, G., Aydemir, D., dan Korkut, S. 2010. The Effect of Heat Treatment on some Mechanical Properties and Color Changes of *Uludag Fir* Wood. *Drying Technology* 28(2): 249-255.
- Haryanto, A., Hidayat, W., Hasanudin, U., Iryani, D. A., Kim, S., Lee, S., dan Yoo, J. 2021. Valorization of Indonesian Wood Wastes through Pyrolysis: A Review. *Energies* 14(5): 1407.
- Haygreen, J.G., Bowyer, J.L., dan Shmulsky, R. 2003. Forest Products and Wood Science: An Introduction. 4th ed. *Iowa State Press*, Ames, IA 553.
- Herwanti, S. 2015. Potensi Kayu Rakyat pada Kebun Campuran di Desa Pesawaran Indah Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(3): 113-120.

- Hidayat, W., Sya'bani, M. I., Purwawangsa, H., Iswanto, A. H., dan Febrianto, F. 2011. Effect of Wood Species and Layer Structure on Physical and Mechanical Properties of Strand Board. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 9(2): 134–140.
- Hidayat, W., Carolina, A., dan Febrianto, F. 2013. Physical, Mechanical, and Durability Properties of OSB Prepared from CCB Treated Fast Growing Tree Species Strands. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 11(1): 55–61.
- Hidayat, W., Jang, J. H., Park, S. H., Qi, Y., Febrianto, F., Lee, S. H., dan 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., dan 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. H., Febrianto, F., Lee, S. H., Chae, H. M., Kondo, T., dan Kim, N. H. 2017a. Carbonization Characteristics of Juvenile Woods from Some Tropical Trees Planted in Indonesia. *Journal of the Faculty of Agriculture* 62(1): 145–152.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J., Park, B., Banuwa, I. S., Febrianto, F., dan Kim, N. 2017b. 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., dan Kim, N. H. 2017c. Effect of Mechanical Restraint on the Properties of Heat-treated *Pinus koraiensis* and *Paulownia tomentosa* Woods. *BioResources* 12(4) 7539–7551.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., dan Kim, N. H. 2017d. Effect of Mechanical Restraint on Drying Defects Reduction in Heat-treated Okan Wood. *BioResources* 12(4): 7452–7465.
- Hidayat, W., Kim, Y. K., Jeon, W. S., Lee, J. A., Kim, A. R., Park, S. H., Maail, R. S., dan Kim, N. H. 2017e. Qualitative and Quantitative Anatomical Characteristics of Four Tropical Wood Species from Moluccas, Indonesia. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 45(4): 369–381.
- Hidayat, W., dan Febrianto, F. 2018. *Teknologi Modifikasi Kayu Ramah Lingkungan: Modifikasi Panas dan Pengaruhnya Terhadap Sifat-Sifat Kayu*. Pusaka Media. Bandar Lampung.
- Hidayat, W., Suri, I. F., Safe'i, R., Wulandari, C., Satyajaya, W., Febryano, I. G., dan Febrianto, F. 2019. Keawetan dan Stabilitas Dimensi Papan Partikel

- Hibrida Bambu-Kayu dengan Perlakuan Steam dan Perendaman Panas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 17(1): 68-82.
- Hidayat, W., Ma'ruf, S. D., Abdillah, M., Prayoga, S., Zevan, R., Prihastono, G. B. A., Hardianto, A. H., and Ridjayanti, S. M. 2020. *Perlakuan Minyak Panas (Hot Oil Treatment) pada Kayu*. Pusaka Media. Bandar Lampung. Indonesia.
- Hidayat, W., Rubiyanti, T., Sulistio, Y., Iryani, D. A., Haryanto, A., Amrul, Yoo, J., Kim, S., Lee, S., dan Hasanudin, U. 2021. Effects of Torrefaction Using COMB Dryer/Pyrolizer on the Properties of Rubberwood (*Hevea brasiliensis*) and Jabon (*Anthocephalus cadamba*) Pellets. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Biomass (ICSB 2019)*: 209–213.
- Hill, C.A.S., Forster, S.C., Farahani, M.R.M., Hale, M.D.C., Ormondroyd, G.A., dan 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.
- Hill, C. 2011. Wood Modification: an Update. *Bioresources* : 918-919.
- Hillis, W.E. 2004. High Temperature and Chemical Effects on Wood Stability. *Wood Science and Technology* 18 (4): 281–293
- Homan, W. J., dan Jorissen, A. J. M. 2004. Wood Modification Developments. *Heron* 49(4): 361-385.
- Indosaptono, D., Sukawi., dan Indraswara, M.S. 2014. *Kayu kelapa (glugu) sebagai alternatif bahan konstruksi bangunan*. Modul. 14(1): 53-58.
- Jo, J. I., Kim, S. H., Kim, D. H., Purusatama, B. D., Suri, I. F., Yang, G. U., dan Kim, N. H. 2021. Effect of Hot-Water Extraction on the Hygroscopicity, Shrinkage, and Swelling of *Paulownia Tomentosa* Wood. *BioResources* 16(1), 1276.
- Karlinasari, L. 2007. *Analisis Kekakuan Kayu Berdasarkan Pengujian nondestruktif Metode Gelombang Ultrasonik dan Kekuatan Lentur Kayu berdasarkan Pengujian Destruktif*. Disertasi. Program pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Karlinasari, L., Yoresta, F. S., dan Priadi, T. 2018. Karakteristik Perubahan Warna dan Kekerasan Kayu Termodifikasi Panas pada Berbagai Suhu dan Jenis Kayu (Color Changes and Hardness Properties of Thermally Modified Wood at Various Temperatures and Wood Species). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 16(1): 68-82.

- Kartal, S.N., dan Hwang, W., Imamura, Y. 2007. Water Absorbtion Of Borontreated And Heat-Modified Wood. *Journal Wood Science Technology* 53: 454-457.
- Katingan Timber Group. 2022. <https://katingan.com/> . diakses pada tanggal 07 Januari 2022 pukul 21.17
- Kocaeffe, D., Shi, J. L., Yang, D. Q., dan Bouazara, M. 2008. Mechanical Properties, Dimensional Stability, and Mold Resistance of Heat-Treated Jack Pine and Aspen. *Journal Forest Product* 58(6): 88-93.
- Korkut, S., dan Hiziroglu, S. 2009. Effect of Heat Treatment on Mechanical Properties of Hazelnut Wood (*Corylus colurna L.*). *Mater Des* 30(5): 1853–1858.
- Kotilainen, R., Toivannen, T., dan Alén, R. 2006. FTIR Monitoring of Chemical Changes in Softwood During Heating. *Journal Wood Chemical Technology* 20(3): 307-320.
- Lempang, M. 2014. Sifat Dasar dan Potensi Kegunaan Kayu Jabon Merah. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea* 3 (2): 163 -175.
- Mansur, I., dan Tuheteru, F.D. 2010. *Kayu Jabon*. Penebar Swadaya. Jakarta. 118 hlm.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Mandang, Y., Prawira, S., dan Kadir, K. 2005. *Atlas Kayu Indonesia Jilid II*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan.
- Mazzanti, P., Togni, M., dan Uzielli, L. 2012. Drying Shrinkage and Mechanical Properties of Poplar Wood (*Populus Alba L.*) Across the Grain. *Journal Cultural Heritage* 13(3): 85–89.
- Mburu, F., Dumarçay, S., dan Gérardin, P. 2007. Evidence of Fungicidal and Termicidal Properties of *Prunus Africana* Heartwood Extractives. *Holzforschung* 61: 323–325.
- Muhamad, S., Marwanto, Maulana, M. I., Maulana, S., Fatrawana, A., Hidayat, W., Sari, R. K., dan Febrianto, F. 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.
- Mulyana, D. 2011. *Bertanam Jabon*. Agromedia Pustaka. Bogor. 78 hal.
- Mulyana, D., Asmarahman, C., dan Fahmi, I. 2011. *Panduan Lengkap Bisnis dan Bertanam Kayu Jabon*. Penebar Swadaya. Jakarta. 142 hlm

- Nugroho, A. 2022. Kebijakan Pengelolaan Hutan Kayu Indonesia. STANDAR: Better Standard Better Living 1(4): 1-4.
- Park, S. H., Jang, J. H., Qi, Y., Hidayat, W., Hwang, W. J., Febrianto, F., dan Kim, N. H. 2016. Color Change of Major Wood Species Planted in Indonesia by Ultraviolet Radiation. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 44(1): 9–18.
- Patel, S. S., dan Gayathri, K. M. Universal Testing Machine Motion Control System. *Index Copernicus Value* 4 (8): 1317-1320.
- Paul, W. M., Ohlmeyer, H., dan Leithoff. 2005. Optimising the Properties of OSB by a One-Step Heat Pre-Treatment Process. *Holz als Rohund Werkstoff Journal* 64: 227-234.
- Paul, W. M., Ohlmeyer, H., dan Leithoff. 2007. Thermal Modification of OSB-Strands by a One-Step Heat Pre-Treatment – Influence of Temperature on Weight Loss, Hygroscopicity and Improved Fungal Resistance. *Holz als Rohund Werkstoff Journal* 65 (1): 57-63.
- Poncsak, S.; Kocafe, D.; Bouzara, M.; dan Pichette. 2006. A. Effect of High Temperature Treatment on the Mechanical Properties of Birch (*Betula Pendula*). *Wood Science and Technology* 40 (8): 647–663.
- Poncsac, S., Kocafe, D., dan Younsi, R. 2011. Improvement of the heat treatment of Jack pine (*Pinus banksiana*) using Thermo Wood technology Eur. *Journal Wood Product* 69: 281-286.
- Pratiwi. 2003. Prospek Pohon Jabon Untuk Pengembangan Hutan Tanaman. *Buletin Penelitian Kehutanan* 4. Bogor. 62-66.
- Prayoga, S., Ma'ruf, S. D., Febryano, I. G., Duryat, D., dan 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 2020*. 212 – 217.
- Priadi, T. dan Maretha, S. D. 2015. Sifat Keawetan dan Fisis-Mekanis Kayu Kecapi dan Rambutan Setelah Perlakuan Pemanasan Minyak sebagai Upaya Peningkatan Mutu Kayu Ramah Lingkungan. *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Tropis* 13(2) :146–160.
- Priadi, T., Sholihah, M., dan 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.
- Prihastono, G. B. A., Ma'ruf, S. D., Febryano, I. G., Duryat, dan Hidayat, W. 2020. Perbandingan Sifat-Sifat Kayu Gmelina dan Mindi setelah Oil Heat

- Treatment pada Berbagai Durasi Perlakuan. *Prosiding Seminar Nasional Konservasi* : 82–87.
- Rahmah, N., Kaskoyo, H., Saputro, S. G., dan Hidayat, W. 2020. Analisis Biaya Produksi Furnitur: Studi Kasus di Mebel Barokah 3, Desa Marga Agung, Lampung Selatan. *Jurnal Sylva Lestari* 8(2): 207–217.
- Rapp, A. 2001. Review on Heat Treatments of Wood, COST ACTION E22-Environmental Optimisation of Wood Protection. *Proceedings of Special Seminar in Antibes*. 1-19.
- Rani, I. T., Hidayat, W., Febryano, I. G., Iryani, D. A., Haryanto, A., dan Hasanudin, U. 2020. Pengaruh Torefaksi terhadap Sifat Kimia Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 9(1): 63–70
- Ratminingsih, N. M. 2010. Penelitian Eksperimental dalam Pembelajaran Bahasa Kedua. *Prasi: Jurnal Bahasa, Seni, Dan Pengajarannya* 6 (11). 30-40.
- Ridjayanti, S. M., Hidayat, W., Bazenet, R. A., Banuwa, I. S., dan Riniarti, M. 2021. Pengaruh Variasi Kadar Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*). *Perennial* 17(1): 5–11.
- Rowell, RM. 2012. *Wood Chemistry and Wood Composites*. CRC Press, United States.
- Rubiyanti, T., Hidayat, W., Febryano, I. G., dan Bakri, S. 2019. Karakteristik Pelet Kayu Karet (*Havea brasiliensis*) Hasil Torefaksi dengan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB). *Jurnal Sylva Lestari* 7(3): 321–331.
- Sailer, M., Rapp, A.O., Leithof, H., dan Peek, R.D. 2000. Upgrading of Wood by Application of an Oil Heat Treatment. *Holz Roh Werkst* 58:15–22.
- 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.
- Salca, E. A., Kobori, H., Inagaki, T., Kojima, Y., dan Suzuki, S. 2016. Effect of Heat Treatment on Colour Changes of Black Alder and Beech Veneers. *Jurnal Wood Science* 62(4): 297–304.
- Sandberg, D., Kutnar, A., dan Mantanis, G. 2017. Wood Modification Technologies – a Review. *iForest* 10(6): 895-908.
- Sandoval-Torres, S., Jomaa, W., Marc, F., dan Puiggali, J.R. 2010. Causes of Color Changes in Wood During Drying. *Forest Studies in China* 12(4): 167-175.

- Saputra, B., Tambunan, K. G. A., Suri, I. F., Febryano, I. G., Iswandaru, D., dan Hidayat, W. 2022. Effects of Torrefaction Temperature on the Characteristics of Betung (*Dendrocalamus asper*) Bamboo Pellets. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 11(2): 339–353.
- Sarjono, A., Lahjie, A. M., Kristiningrum, R., dan Herdiyanto, H. 2017. Produksi Kayu Bulat dan Nilai Harapan Lahan Jabon (*Anthocephalus cadamba*) di PT Intraca Hutani Lestari. *Jurnal Hutan Tropis* 5(1): 22-30.
- Shi, J. L., Kocaefe, D., dan Zhang, J. 2007. Mechanical Behaviour of Québec Wood Species Heat-Treated using Thermo Wood Process. *Holz als Roh- und Werkstoff* 65(4): 255-259.
- Sivrikaya, H., Tesařová, D., Jeřábková, E., dan Can, A. 2019. Color Change and Emission of Volatile Organic Compounds from *Scots Pine* Exposed to Heat and Vacuum-Heat Treatment. *Journal of Building Engineering* 26: 100918.
- Soerianegara, I., dan Lemmens, R. H. M. J. 2005. Plant Resources of South-East Asia 5(1): Timber Trees: *Major Commercial Timbers*. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen. 610 hlm.
- Sucipto, T. 2009. *Stabilitas Dimensi Kayu*. Departemen Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Suharjo, A. A. C. 2018. Sifat Fisis Kayu Jati (*Tectona grandis Lf*) dan Jabon (*Neolamarckia cadamba Roxb.*) Hasil Modifikasi Panas. Repository IPB.
- Sulistio, Y., Febryano, I. G., Yoo, J., Kim, S., Lee, S., Hasanudin, U., dan Hidayat, W. 2020. Pengaruh Torefaksi dengan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB) dan Electric Furnace terhadap Pelet Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Jurnal Sylva Lestari* 8(1): 65–76.
- Suri, I. F., Purusatama, B. D., Lee, S. H., Kim, N. H., Hidayat, W., Ma'ruf, S. D., dan Febrianto, F. 2021a. Characteristic Features of the Oil-Heat Treated Woods from Tropical Fast Growing Wood Species. *Wood Research* 66(3): 365–378.
- Suri, I. F., Kim, J. H., Purusatama, B. D., Yang, G. U., Prasetia, D., Lee, S. H., Hidayat, W., Febrianto, F., Park, B. H., dan Kim, N. H. 2021b. Comparison of the Color and Weight Change in *Paulownia tomentosa* and *Pinus koraiensis* Wood Heat-treated in Hot Oil and Hot Air. *BioResources* 16(3): 5574–5585.
- Suri, I. F., Purusatama, B. D., Kim, J. H., Yang, G. U., Prasetia, D., Kwon, G. J., Hidayat, W., Lee, S. H., Febrianto, F., dan 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.

Sundqvist, B.; Karlsson, O.; dan Westermark, U. 2006. Determination of Formic-Acid and Acetic Acid Concentrations Formed during Hydrothermal Treatment of Birch Wood and its Relation to Colour, Strength and Hardness. *Wood Science and Technology* 40 (7): 549-561.

Tankut, N., Tankut, A.N., dan Zor, M. 2014. Mechanical Properties of Heat Treated Wooden Material Utilized in the Construction of Outdoor Sitting Furniture. *Turk Journal Agriculture* 38:148–158.

Uribe, B.E.B., dan Ayala, O.A. 2015. Characterization of Three Wood Species (Oak, Teak and Chanul) Before and After Heat Treatment. *Jurnal Indian Acad Wood Science* 12(1):54–62.

Usman, F. H. 2014. Stabilitas dimensi berdasarkan suhu pengeringan dan jenis kayu. *Jurnal Hutan Lestari* 2(2).

Utama, R. C., Febryano, I. G., Herwanti, S., dan Hidayat, W. 2019. Saluran Pemasaran Kayu Gergajian Sengon (*Falcataria moluccana*) pada Industri Penggergajian Kayu Rakyat di Desa Sukamarga, Kecamatan Abung Tinggi, Kabupaten Lampung Utara. *Jurnal Sylva Lestari* 7(2): 195–203.

Veriasa, T. O., Zanzibar, M., Bramasto, Y., Damayanti, R. U., Yuniarti, N., dan Wibowo, L. R. 2021. The Integration of Social Forestry, Science and Local Community in the Collaborative Muna Teak (*Tectona Grandis*) Development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 917(1), p. 012003

Wang, X.H., Fei, B.H., dan Liu, J.L. 2014. Effect of Vacuum Heat Treatment Temperature on Physical and Mechanical Properties of *Eucalyptus Pellita* Wood. *Wood Fiber Science* 46(3):368–375.

Widarti, A. 2017. *Energi Terbarukan dari Batang Kelapa Sawit: Konversi Menggunakan Proses Torefaksi*. Institut Pertanian Bogor. Institut Petanian Bogor.

Widyorini, R., Khotimah, K., dan Prayitno, T. A. 2014. Pengaruh Suhu dan Metode Perlakuan Panas Terhadap Sifat Fisika dan Kualitas Finishing Kayu Mahoni. *Jurnal Ilmu Kehutanan* 8(2): 65-74.

Xu, W. 2020. Wood Modification with Resin Impregnation Technology for Value-Added Services. *SVOA Materials Science and Technology*. Science Volks.

Yang, G. U., Purusatama, B. D., Kim, J. H., Suri, I. F., Prasetia, D., Hidayat, W., Febrianto, F., Lee, S. H., dan Kim, N. H. 2022. Physical and Chemical

Characteristics of the Bamboo Culm and Wood Carbonized at Low Temperature. *BioResources* 17(3): 4837–4855.

Yildiz, S., Gezer, E.D., dan Yildiz, U.C. 2006. Mechanical and Chemical Behavior of Spruce Wood Modified by Heat. *Build Environ* 41: 1762–1766.

Yulianto, T., Febryano, I. G., Iryani, D. A., Haryanto, A., Hasanudin, U., dan Hidayat, W. 2020. Perubahan Sifat Fisis Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit Hasil Torefaksi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 9(2): 104–111.

Zevan, R., Ma'ruf, S. D., Riniarti, M., Duryat, dan Hidayat, W. 2020. Karakteristik Kayu Gmelina (*Gmelina arborea*) dan Mindi (*Melia adezarach*) setelah Perlakuan Panas dengan Minyak. *Prosiding Seminar Nasional Konservasi*: 421–425.

Zhang, S., Qibin, Y., dan Beaulieu, J. 2004. Genetic Variation in Veneer Quality and its Correlation to Growth in White Spruce. *Canadian Journal of Forest Research* : 1311-1318.