

**PENGARUH PROSES *OIL HEAT TREATMENT* TERHADAP SIFAT FISIS
DAN ANATOMIS KAYU SENGON (*Falcataria moluccana*) DAN KAYU
TULIP AFRIKA (*Spathodea campanulata*)**

(SKRIPSI)

Oleh

**FAIZ AL QORNY
2114151023**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PENGARUH PROSES *OIL HEAT TREATMENT* TERHADAP SIFAT FISIS
DAN ANATOMIS KAYU SENGON (*Falcataia moluccana*) DAN KAYU
TULIP AFRIKA (*Spathodea campanulata*)**

Oleh

Faiz Al Qorny

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH PROSES *OIL HEAT TREATMENT* TERHADAP SIFAT FISIS DAN ANATOMIS KAYU SENGON (*Falcataia moluccana*) DAN KAYU TULIP AFRIKA (*Spathodea campanulata*)

Oleh

FAIZ AL QORNY

Penurunan luas dan produksi hutan alam akibat deforestasi di Indonesia mendorong pemanfaatan hutan tanaman cepat tumbuh seperti sengon (*Falcataia moluccana*) sebagai alternatif bahan baku. Di sisi lain, tulip Afrika (*Spathodea campanulata*) merupakan spesies asing invasif yang berpotensi dimanfaatkan dari limbah eradikasinya. Namun, kedua jenis kayu tersebut memiliki keawetan rendah sehingga diperlukan modifikasi untuk meningkatkan kualitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas menggunakan minyak (*oil heat treatment*, OHT) terhadap sifat fisis dan anatomis kayu sengon dan tulip Afrika. Perlakuan dilakukan pada variasi suhu 160°C, 180°C, 200°C, dan 220°C dengan durasi 2 jam menggunakan metode eksperimen skala laboratorium. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan suhu perlakuan menurunkan tingkat kecerahan (L^*) dan meningkatkan perubahan warna total (ΔE^*). Perubahan berat kayu meningkat hingga suhu 180°C lalu menurun, sedangkan susut volume meningkat seiring suhu. Kerapatan kayu menunjukkan pola naik-turun, kadar air menurun secara konsisten, dan daya serap air juga berkurang pada suhu lebih tinggi. Secara anatomis, terjadi penurunan diameter pembuluh vertikal dan tangensial akibat modifikasi struktur jaringan. Perlakuan OHT terbukti efektif memodifikasi sifat fisis dan anatomi kayu sengon dan tulip Afrika, sehingga berpotensi meningkatkan kualitas dan nilai guna kedua jenis kayu tersebut dalam aplikasi industri.

Kata kunci : spesies cepat tumbuh, spesies asing invasif, *oil heat treatment*

ABSTRACT

THE EFFECT OF OIL HEAT TREATMENT PROCESS ON THE PHYSICAL AND ANATOMICAL PROPERTIES OF SENGON WOOD (*Falcataia moluccana*) AND AFRICAN TULIP WOOD (*Spathodea campanulata*)

By

FAIZ AL QORNY

The decline in the area and productivity of natural forests due to deforestation in Indonesia has encouraged the use of fast-growing plantation species such as sengon (*Falcataia moluccana*) as an alternative raw material. In addition, African tulip (*Spathodea campanulata*), an invasive alien species, has potential to be utilized from eradication waste. However, both wood types possess low natural durability, thus requiring modification to improve their quality. This study aims to examine the effects of oil heat treatment (OHT) on the physical and anatomical properties of sengon and African tulip wood. Treatments were conducted at temperatures of 160°C, 180°C, 200°C, and 220°C for 2 hours using a laboratory-scale experimental method. The results showed that increasing treatment temperature reduced lightness (L^*) and increased total color change (ΔE^*). Wood weight increased up to 180°C and then decreased, while volumetric shrinkage continued to rise. Wood density showed a fluctuating pattern, moisture content consistently decreased, and water absorption significantly declined at higher temperatures. Anatomically, a reduction in vertical and tangential vessel diameters was observed, indicating structural modifications in the wood tissues. OHT was proven effective in modifying the physical and anatomical properties of sengon and African tulip wood, thereby enhancing their quality and potential for industrial utilization.

Keywords: fast growing species, alien invasive species, oil heat treatment

Judul Skripsi

: **PENGARUH PROSES OIL HEAT TREATMENT
TERHADAP SIFAT FISIS DAN ANATOMIS
KAYU SENGON (*Falcataia moluccana*) DAN
KAYU TULIP AFRIKA (*Spathodea campanulata*)**

Nama

: **Faiz Al Qorny**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114151023

Jurusan

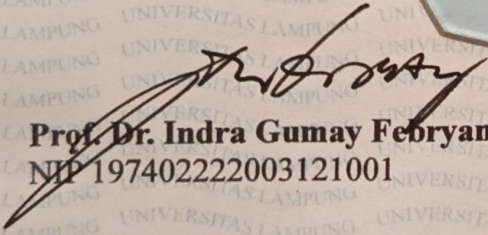
: Kehutanan

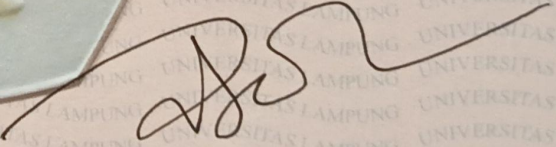
Fakultas

: Pertanian

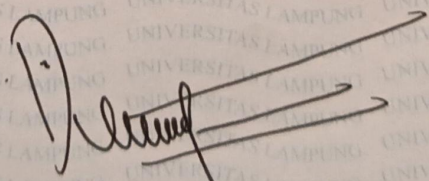


1. Komisi Pembimbing


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


Intan Fajar Suri, S.Hut., M.Sc.
NIP 199606032023212033

2. Ketua Jurusan Kehutanan


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.**

Sekretaris : **Intan Fajar Suri, S.Hut., M.Sc.**

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

2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Juni 2025

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Faiz Al Qorny
NPM : 2114151023
Jurusan : Kehutanan
Alamat Rumah : Jl. Letnan Arsyad, Kelurahan Kayuringin, Kecamatan
Bekasi Selatan, Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat

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

“Pengaruh Proses *Oil Heat Treatment* terhadap Sifat Fisis dan Anatomis Kayu Sengon (*Falcataia moluccana*) dan Kayu Tulip Afrika (*Spathodea campanulata*)”

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 di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung,
Yang membuat pernyataan



Faiz Al Qorny
NPM 2114151023

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Faiz Al Qorny, atau akrab disapa Faiz, lahir di Bekasi, 12 November 2002. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Zaenal Arifin dan Ibu Romlah. Penulis memiliki dua adik perempuan bernama Fathya Raudhatus Shalihah dan Fathinah Haura Banah serta adik laki-laki bernama Falah Al Miqdad. Penulis menempuh pendidikan di SDIT Al Husna pada tahun 2009-2015, SMPIT Al Husna pada tahun 2015-2018, SMAIT Adzkia pada tahun 2018-2021. Tahun 2021, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti organisasi seperti Anggota Himpunan Mahasiswa Kehutanan (Himasyilva) Universitas Lampung tahun 2022-2024. Pada bulan Juli-Agustus tahun 2023. Selain itu, penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (2024), Bahasa Inggris (2024), Pemanenan Hasil Hutan (2024), Struktur dan Sifat-Sifat Kayu (2025), dan Penggergajian dan Pemesinan Kayu (2025). Pada Bulan Januari tahun 2024, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Mekar Indah Jaya, Kecamatan Banjar Baru, Kabupaten Tulang Bawang. Pada Bulan Januari-Februari tahun 2024, Penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum Pengelolaan Hutan Lestari (PU-PHL) di Kampus Lapangan Universitas Gadjah Mada yaitu KHDTK Getas, Kecamatan Kradenan, Blora, Jawa Tengah dan Hutan Pendidikan Wanagama, Kecamatan Gunung Kidul, Jawa Tengah.

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT karena berkat rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa manusia dari zaman kebodohan ke zaman yang penuh ilmu pengetahuan. Skripsi yang berjudul “Pengaruh Proses *Oil Heat Treatment* terhadap Sifat Fisis dan Anatomis Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*) dan Kayu Tulip Afrika (*Spathodea campanulata*)” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Universitas Lampung. 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. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A. IPM., ASEAN. Eng. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM. selaku Ketua Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. selaku pembimbing utama sekaligus pembimbing akademik yang telah membimbing, memberikan arahan, nasihat, dan motivasi kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Intan Fajar Suri, S.Hut., M.Sc. selaku pembimbing kedua yang telah membimbing, memberikan arahan, nasihat, dan motivasi kepada penulis dalam proses perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini.

6. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut, M.Sc. selaku dosen penguji atas arahan, kritik, dan saran yang telah diberikan kepada penulis pada seluruh rangkaian proses penyusunan skripsi.
7. Seluruh Bapak Ibu Dosen dan Staff Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan membantu selama proses perkuliahan dan menuntut ilmu di Universitas Lampung.
8. Orang tua penulis yaitu Bapak Zaenal Arifin dan Ibu Romlah serta adik-adik penulis yaitu Fathya Raudhatul Shalihah, Fathinah Haura Banah, dan Falah Al Miqdad yang selalu memberikan doa, semangat, kasih sayang, dan dukungan moril maupun materil selama ini.
9. Seorang yang menjadi renjana penulis, Khoirun Arin Nisyah dimana telah banyak membantu dan memberikan semangat di perkuliahan.
10. Teman seperbimbingan Teknologi Hasil Hutan (Raden Aji, Ahmad Izzuddin Ar Rofi, Fania Naviza, dan Anom Tahta Permana) yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan skripsi.
11. Saudara seperjuangan Angkatan 2021 (Laboriosa) serta keluarga besar Himasyilva Universitas Lampung. Seluruh pihak yang terlibat dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi masih banyak kekurangan. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca.

Bandar Lampung,
Penulis,



Faiz Al Qorny

Bismillahirrahmanirrahim
Karya Tulis ini Kupersembahkan untuk Kedua Orang Tuaku tersayang
Abi Zaenal Arifin dan Umi Romlah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Rumusan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	5
1.3. Kerangka Pemikiran	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Karakteristik Kayu Sengon (<i>Falcataria moluccana</i>)	7
2.2. Karakteristik Kayu Tulip Afrika (<i>Spathodea campanulata</i>)	9
2.3. Modifikasi Kayu	12
2.4. <i>Oil Heat Treatment</i>	14
III. METODE PENELITIAN	17
3.1. Tempat dan Waktu	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.3. Metode Pengambilan Data	17
3.3.1. Pengadaan Sampel	17
3.3.1. Persiapan Sampel	18
3.3.2. Pelaksanaan Penelitian	18
3.3.2.1. Pengkondisian sampel	18
3.3.2.2. Proses <i>oil heat tretament</i>	19
3.3.2.3. Pengukuran variabel setelah perlakuan	19
3.4. Analisis Data	23

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Pengaruh <i>Oil Heat Treatment</i> terhadap Sifat Fisik Kayu Sengon (<i>Falcataria moluccana</i>) dan Tulip Afrika (<i>Spathodea campanulata</i>)	25
4.1.1. Warna.....	25
4.1.2. Perubahan Berat	31
4.1.3. Penyusutan Volume	34
4.1.4. Kerapatan	37
4.1.5. Kadar Air	40
4.1.6. Daya Serap Air	44
4.2. Pengaruh <i>Oil Heat Treatment</i> terhadap Sifat Anatomi Kayu Sengon (<i>Falcataria moluccana</i>) dan Tulip Afrika (<i>Spathodea campanulata</i>)	48
4.1.1. Diameter Vessel.....	48
V. SIMPULAN	57
5.1. Simpulan.....	57
5.2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Proses modifikasi termal dan kondisi pemanasannya	14
2. Hasil uji ANOVA untuk parameter perubahan berat kayu sengon.....	33
3. Hasil uji lanjut DUNCAN untuk kayu sengon.....	33
4. Hasil uji ANOVA untuk parameter perubahan berat kayu tulip Afrika ...	33
5. Hasil uji lanjut DUNCAN untuk kayu tulip Afrika	34
6. Hasil uji ANOVA untuk parameter penyusutan volume kayu sengon	36
7. Hasil uji lanjut DUNCAN untuk kayu sengon.....	36
8. Hasil uji ANOVA untuk parameter penyusutan volume kayu tulip Afrika	37
9. Hasil uji ANOVA untuk parameter kerapatan kayu sengon.....	38
10. Hasil uji lanjut DUNCAN untuk kayu sengon.....	39
11. Hasil uji ANOVA untuk parameter kerapatan kayu tulip Afrika.....	39
12. Hasil uji lanjut DUNCAN untuk kayu tulip Afrika	40
13. Hasil uji ANOVA untuk parameter kadar air kayu sengon	42
14. Hasil uji lanjut DUNCAN untuk kayu sengon.....	43
15. Hasil uji ANOVA untuk parameter kadar air kayu tulip Afrika	43
16. Hasil uji lanjut DUNCAN pada parameter kadar air kayu tulip Afrika.	44
17. Hasil uji ANOVA untuk parameter daya serap air kayu sengon	46
18. Hasil uji lanjut DUNCAN pada parameter daya serap air kayu sengon	46
19. Hasil uji ANOVA untuk parameter daya serap air kayu tulip Afrika	47
20. Hasil uji lanjut DUNCAN pada parameter daya serap air kayu tulip Afrika	47

21. Hasil uji ANOVA untuk parameter penyusutan diameter vertikal	
vessel kayu sengon.....	52
22. Hasil uji lanjut DUNCAN pada parameter penyusutan diameter	
vertikal vessel kayu sengon.....	53
23. Hasil uji ANOVA untuk parameter penyusutan diameter horizontal	
vessel kayu sengon	53
24. Hasil uji lanjut DUNCAN pada parameter penyusutan diameter	
horizontal vessel kayu sengon	54
25. Hasil uji ANOVA untuk parameter penyusutan diameter vertikal	
vessel kayu tulip Afrika	55
26. Hasil uji lanjut DUNCAN pada parameter penyusutan diameter	
vertikal vessel kayu tulip Afrika	55
27. Hasil uji ANOVA untuk parameter penyusutan diameter horizontal	
vessel kayu tulip Afrika.....	56
28. Hasil uji lanjut DUNCAN pada parameter penyusutan diameter	
horizontal vessel kayu tulip Afrika	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran	6
2. Ukuran sampel penelitian.....	18
3. Titik pengambilan data warna pada kayu.....	21
4. Pengambilan diameter vessel kayu	23
5. Perubahan tingkat kecerahan kayu sengon dan tulip Afrika setelah OHT pada berbagai suhu perlakuan	26
6. Perubahan nilai L^* pada kayu sengon dan kayu tulip Afrika setelah OHT	27
7. Perubahan nilai a^* pada kayu sengon dan kayu tulip Afrika setelah OHT	28
8. Perubahan nilai b^* pada kayu sengon dan kayu tulip Afrika setelah OHT	29
9. Perubahan nilai ΔE^* pada kayu sengon dan kayu tulip Afrika setelah OHT	31
10. Perubahan berat kayu sengon dan kayu tulip Afrika setelah OHT	32
11. Penyusutan volume kayu sengon dan kayu tulip Afrika setelah OHT ...	35
12. Perubahan kerapatan kayu sengon dan kayu tulip Afrika setelah OHT.	38
13. Perubahan kadar air kayu sengon dan kayu tulip Afrika setelah OHT ..	42
14. Perubahan daya serap air kayu sengon dan kayu tulip Afrika setelah OHT	45

15. Perubahan diameter vessel setelah OHT pada kayu sengon pada perbesaran 12x	49
16. Perubahan diameter vessel setelah OHT pada kayu sengon pada perbesaran 12x	50

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Rumusan Masalah

Hutan alam di Indonesia sangat penting untuk produksi kayu, terutama untuk konstruksi dan industri (Abdullah *et al.*, 2022). Namun pertumbuhan penduduk yang semakin bertambah mendorong deforestasi terhadap kawasan hutan di Indonesia. Berdasarkan data statistik *Global Forest Watch* (2023), luas hutan yang hilang di Indonesia sebesar 144.000 ha. Pembukaan lahan untuk pemukiman, pertanian, dan pertambangan menjadi kegiatan yang menyebabkan deforestasi. Hal ini sangat mengkhawatirkan karena peluang industri kehutanan sangat bergantung pada lahan kelola dan pengelolaan sumber daya hutan itu sendiri (Mutaqin *et al.*, 2022).

Luasan hutan alam dan produksinya yang terus berkurang akibat deforestasi, mendorong pengembangan hutan tanaman sebagai penghasil kayu bulat untuk kebutuhan manusia (Sarjono *et al.*, 2017). Berdasarkan data statistik yang dimiliki Direktorat Jenderal Pengelolaan Hutan Lestari (2023), produksi kayu bulat dalam 5 tahun terakhir dari hutan alam pada 2019 sebesar 6,31 juta m³. Angka produksi ini kemudian pada 2023 menurun sebesar 4,54 juta m³. Sedangkan produksi pada hutan tanaman dalam 5 tahun terakhir pada 2019 sebesar 39,44 juta m³. Berbeda dari hutan alam, produksi kayu bulat pada hutan tanaman di tahun 2023 meningkat sebesar 52,80 juta m³. Karena produksi dari hutan alam yang tidak besar dan terus mengalami penurunan, maka hutan tanaman menjadi pilihan untuk dikembangkan dimaksimalkan potensinya. Penanaman pohon dengan jenis yang cepat tumbuh atau disebut juga *fast growing tree species* pada hutan tanaman menjadi pilihan untuk membantu memaksimalkan produksi kayu. Beberapa jenis pohon *fast growing tree species* yang sudah dikenal diantaranya eukaliptus

(*Eucalyptus sp.*), mangium (*Acacia mangium*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), dan sengon (*Falcataria moluccana*) (Effendi, 2012).

Salah satu jenis pohon *fast growing species* yang banyak ditanam yaitu pohon sengon. Sengon memiliki keunggulan daur tumbuh yang pendek, mudah pengelolaannya, dan banyak diminati pada pasar penjualan (Darmawan *et al.*, 2015). Karena nilai ekonomis tinggi dan manfaat ekologisnya yang luas, sengon sangat potensial untuk dipilih sebagai salah satu komoditas dalam pembangunan kehutanan. Kayu sengon saat ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri dan bahan baku seperti kayu untuk pertukangan. Dikarenakan pertumbuhannya yang cepat lalu permintaan pasar yang tinggi, membuat banyak industri kayu gergajian memilih jenis kayu sengon sebagai bahan baku (Tukan *et al.*, 2012).

Walau memiliki waktu pertumbuhan yang cepat, pohon *fast growing tree species* memiliki kualitas kayu yang kurang bagus. Faktor umur berpengaruh terhadap kerapatan dan volume pohon, dimana pertambahan umur cenderung meningkatkan volume akibat akumulasi jumlah dan massa sel (Munir, 2018). Kualitas keawetan alami pada kayu sangat dipengaruhi oleh kelas umurnya, dimana kayu yang lebih tua atau kayu yang mendekati waktu penebangan umumnya menunjukkan keawetan yang lebih tinggi (Candiana *et al.*, 2019). Kondisi tersebut akan berpengaruh pada industri pengolahan kayu yang bergantung pada kayu bulat alami berkualitas sebagai bahan baku (Pasaribu dan Sisilia, 2021).

Selain pohon sengon, pemanfaatan tanaman lain untuk meningkatkan produksi kayu dapat diperoleh dari tanaman spesies asing invasif atau disebut *invasive alien species*. Tanaman tulip Afrika (*Spathodea campanulata*) termasuk *invasive alien species*, tanaman yang pertumbuhannya cepat dan penyebarannya yang sulit dihentikan. Menurut Świątek *et al.* (2022), *Spathodea campanulata* yang termasuk dalam famili Bignoniaceae, juga disebut pohon tulip Afrika, berasal dari Afrika Tropis Barat dan telah mengalami penyebaran spesies ke Amerika Selatan, Karibia, dan Kepulauan Pasifik.

Karena sifatnya yang invasif, telah dilakukan upaya pengendalian seperti eradikasi dengan beberapa metode diantaranya secara mekanis, kimiawi, dan biologi (Tjitrosoedirdjo *et al.*, 2016). Eradikasi merupakan upaya atau langkah

yang dilakukan untuk sepenuhnya menghapuskan atau membasmi penyakit, organisme, atau populasi yang dianggap merugikan atau mengganggu. Beberapa bagian dari tumbuhan dapat dimanfaatkan secara tradisional menjadi obat-obatan, dan kayunya digunakan untuk ukiran, pertukangan, konstruksi ringan, pembuatan drum, dan keperluan kayu bakar (Boakye *et al.*, 2023). Pemanfaatan limbah hasil eradikasi kayu tulip Afrika diharapkan mendukung kebutuhan konstruksi dan industri.

Jenis pohon *fast growing tree species* maupun *invasive alien species* yang telah disebutkan memiliki kesamaan yaitu pertumbuhannya yang cepat. Dengan cara yang tepat maka jenis pohon *invasive alien species* dapat dimanfaatkan sama halnya seperti pohon *fast growing tree species* untuk mengatasi ketidakseimbangan persediaan dan permintaan kayu yang berpengaruh pada perkembangan industri perkayuan nasional (Fakhri *et al.*, 2018). Namun rencana pemanfaatan ini tidak sesuai dengan keadaan kualitas dan mutu kayunya. Kayu sengon termasuk kedalam kayu kelas IV-V yaitu kelas kurang awet (Dayadi, 2021). Sedangkan untuk kayu tulip Afrika sendiri termasuk kedalam kayu kelas V yaitu sangat tidak awet (Jasni *et al.*, 2016).

Proses modifikasi dan pengawetan menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan usia pakai kayu serta meningkatkan ketahanan kayu. Proses modifikasi kayu sendiri merupakan suatu upaya untuk mengubah bentuk tampilannya menjadi lebih menarik dan memperbaiki sifat-sifat fisis serta mekanis tanpa menghilangkan fungsi asli dari kayu tersebut. (Hidayat dan Febrianto, 2018). Salah satu cara modifikasi kayu yang diketahui yaitu menggunakan suhu panas atau biasa disebut modifikasi panas. Proses modifikasi kayu menggunakan suhu ini bernama *heat treatment*. Penerapan *heat treatment* dalam berbagai kondisi, seperti udara, nitrogen, uap, minyak, dan vakum, diketahui dapat meningkatkan mutu dan sifat kayu (Militz *et al.*, 2014). *Oil heat treatment* merupakan metode modifikasi kayu yang memanfaatkan minyak sebagai media penghantar panas untuk memperbaiki sifat kayu melalui kombinasi efek panas dan minyak, dengan keunggulan distribusi panas yang lebih merata dan efektif (Umar *et al.*, 2016).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *oil heat treatment* (OHT) efektif dalam meningkatkan sifat fisis dan sifat anatomis, terutama pada jenis kayu cepat tumbuh yang memiliki densitas dan durabilitas rendah. Ma'ruf *et al.* (2023) melaporkan bahwa peningkatan suhu OHT pada kayu sengon dan mindi menyebabkan perubahan warna yang signifikan, penurunan kadar air, serta peningkatan kerapatan dan stabilitas dimensi kayu. Selain itu, penelitian oleh Abdillah *et al.* (2020) juga memperlihatkan bahwa penerapan OHT pada kayu sengon dan kelapa mampu menurunkan kadar air kesetimbangan serta meningkatkan ketahanan terhadap serapan air, meskipun disertai dengan penurunan kekuatan tekan pada suhu perlakuan tinggi. Menurut Suri *et al.* (2021b), OHT yang dilakukan pada kayu mindi dan gmelina mampu meningkatkan stabilitas dimensi dan mengurangi higroskopisitas kayu. Selain itu, perlakuan ini juga menyebabkan perubahan sifat anatomis, seperti penyusutan lumen, kolaps dinding sel, dan penurunan porositas akibat suhu tinggi dan penetrasi minyak. Perubahan ini secara langsung memengaruhi perilaku higroskopis dan tampilan visual kayu.

Berdasarkan penjelasan di atas sudah banyak penelitian yang mengkaji tentang modifikasi kayu *fast growing tree species* dengan metode *oil heat treatment*, namun sedikit yang menggunakan perbandingan dengan kayu dari tumbuhan *invasive alien species*. Tulip Afrika yang bersifat invasif ini diharapkan akan dapat diatasi populasi dan limbah eradikasinya di alam dengan pemanfaatan pada kayunya. Maka dari itu dilakukanlah penelitian ini untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis dari kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan kayu tulip Afrika (*Spathodea campanulata*) serta pengaruhnya melalui metode *oil heat treatment*. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi perbandingan untuk bahan kajian penelitian berikutnya.

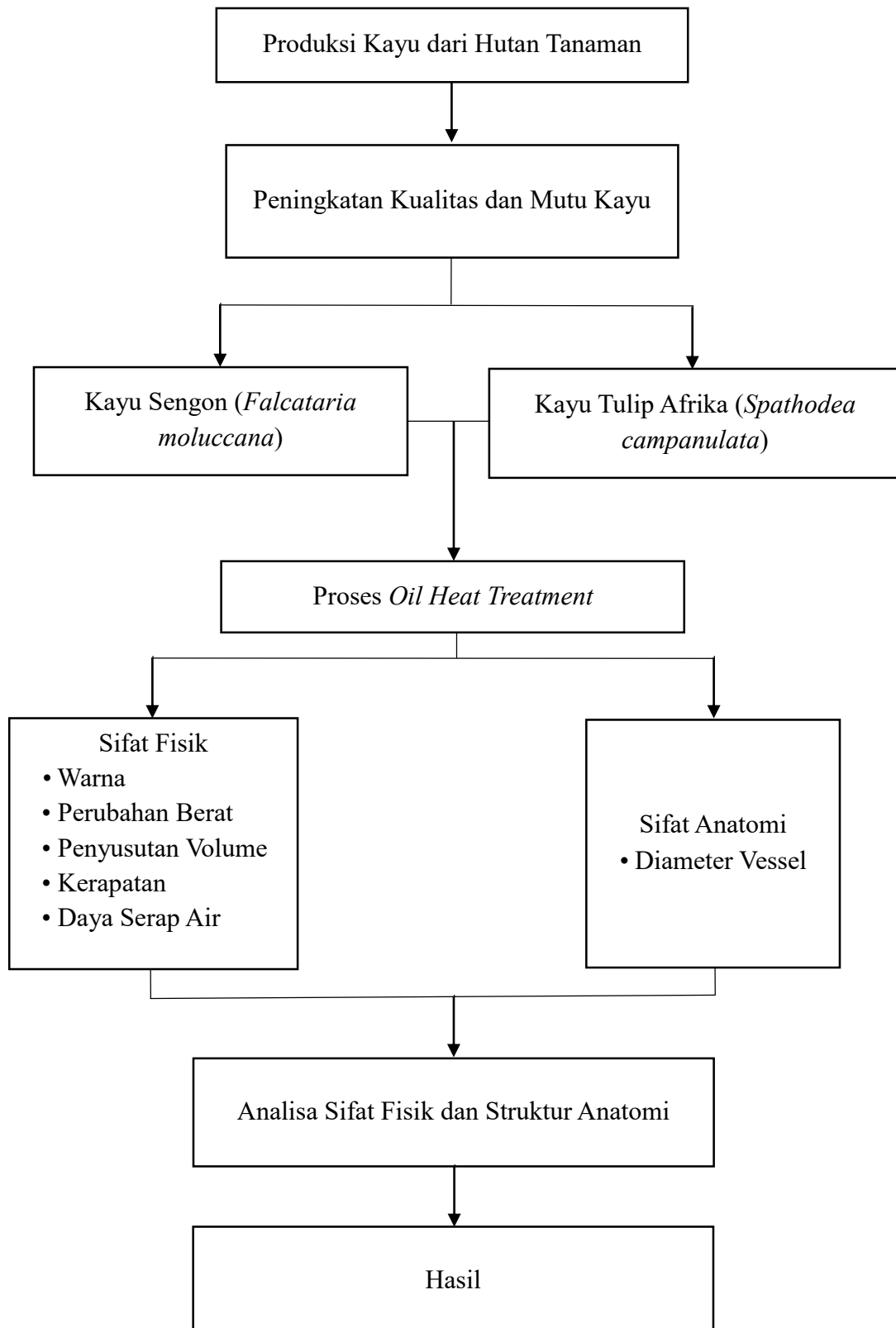
1.2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh metode *oil heat treatment* terhadap sifat fisis kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan kayu tulip Afrika (*Spathodea campanulata*).
2. Mengetahui pengaruh metode *oil heat treatment* terhadap sifat anatomi kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan kayu tulip Afrika (*Spathodea campanulata*).

1.3. Kerangka Pemikiran

Deforestasi yang mengurangi produksi kayu dari hutan alam menimbulkan tantangan dalam pemenuhan kebutuhan kayu bulat. Solusi yang diambil adalah pengembangan hutan tanaman, terutama dengan spesies cepat tumbuh (*Fast Growing Species*) yang memiliki daur pendek. Namun, hal ini sering kali mengorbankan mutu dan kualitas kayu karena usia pohon yang lebih singkat mempengaruhi kekuatan dan keawetan kayu. Untuk mengatasi masalah ini, diterapkan proses *heat treatment* guna meningkatkan kualitas kayu. Perlakuan *oil heat treatment* pada kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan kayu tulip Afrika (*Spathodea campanulata*) bertujuan meningkatkan sifat fisik dan anatomi kayu. Penelitian ini juga mengeksplorasi peningkatan kualitas kayu sengon dan pemanfaatan kayu dari spesies invasif seperti tulip Afrika sebagai solusi terhadap limbah dari proses eradikasi kayu. Kerangka penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*)

Spesies cepat tumbuh atau disebut juga *fast growing tree species* merupakan sebutan yang mengacu pada tanaman atau pohon yang memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat (Nuraini *et al.*, 2023). Di Indonesia jenis pohon cepat tumbuh (*Fast Growing Species*) yang umum ditanam salah satunya adalah sengon (*Falcataria moluccana*). Tanaman ini memiliki sebaran alami di beberapa wilayah Melanesia seperti Papua, Papua Nugini, dan Kepulauan Solomon, serta di Taompala yang berada di Sulawesi Selatan, Indonesia (Hadiyan, 2010). Menurut Achmad *et al.*, (2004), tanaman ini diperkenalkan oleh Teysmann yang dibawa ke Kebun Raya Bogor pada tahun 1871 untuk ditanam. Sampai hari ini sengon sudah banyak tersebar di seluruh daerah Indonesia. Karena termasuk ke jenis pohon cepat tumbuh (*Fast Growing Species*) dan kemampuannya beradaptasi dengan lingkungan serta memiliki nilai ekonomi yang tinggi menjadikannya pohon yang paling banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia (Inkasari *et al.*, 2016). Menurut Darma *et al.*, (2022), tanaman sengon termasuk kedalam famili Leguminosae yang merupakan suku polong-polongan dengan kemampuan fiksasi nitrogen dari udara. Sengon memiliki beberapa nama lokal di beberapa daerah Indonesia seperti jeungjing, kalbi, batai, tedehu pute dan lainnya. Menurut Gunawan (2019), susunan klasifikasi sengon adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Ordo : Fabales
 Famili : Fabaceae
 Genus : *Falcataria*
 Spesies : *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes

Sengon merupakan tanaman yang berkembang biak secara generatif. Sengon berbunga dan berbuah umumnya ketika musim panas yaitu pada bulan Juni-November. Benih yang dapat dihasilkan dari sengon diperkirakan mencapai 40.000-55.000 biji atau 30.000 biji per liter (Baskorowati, 2014). Sengon memiliki bunga besar berbilangan lima dan tersusun secara malai. Penyerbukan bunga sengon dibantu oleh angin dan serangga (Rudjiman, 1994 ; Baskorowati, 2014).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Jasni (2016), menyatakan bahwa kayu sengon termasuk kedalam kelas awet IV-V yaitu kurang awet. Umur tanam pohon sengon yang singkat seperti di hutan tanaman memiliki dampak yang sangat berpengaruh terhadap kualitas kayunya. Hal ini dikarenakan penambahan tebal dinding sel yang terus membesar setiap tahun. Semakin lama umur tanam pohon sengon maka kadar lignin, selulosa dan hemiselulosa akan meningkat (Pari, 1996). Pohon yang lebih tua cenderung menghasilkan kayu dengan serat yang lebih padat dan rapat, serta cincin kayu yang lebih padat pula. Hal ini menyebabkan kayu sengon yang lebih tua memiliki kekuatan yang lebih baik dan daya tahan yang lebih lama. Meskipun demikian, aspek-aspek lain seperti kondisi tanah dan iklim juga berpengaruh dalam membentuk kualitas kayu sengon (Khalif *et al.*, 2014). Dengan demikian, keberadaan kayu sengon di Indonesia secara signifikan mendukung industri perkayuan dan penggergajian dengan menyediakan material kayu yang dibutuhkan (Utama *et al.*, 2019).

Beberapa penelitian seperti yang dilakukan oleh Trisanti *et al.* (2015), melaporkan bahwa kayu sengon asal Jawa Timur yang dijadikan serbuk memiliki kandungan selulosa sebesar 41,1%, hemiselulosa 22,26%, dan lignin 17,51%. Umumnya selulosa menjadi senyawa dengan persentase terbesar, namun hal ini

tidak selalu menjadi hal yang pasti karena umur panen dan jenis kayu sangat berpengaruh. Selain itu kayu sengon juga memiliki zat ekstraktif di dalamnya. Zat ekstraktif yang terdapat dalam kayu sengon dari Kalimantan Barat yaitu rata-rata sebesar 3,22% (Putra *et al.*, 2018).

Dengan kandungan selulosa, hemiselulosa, lignin, dan zat ekstraktif, kayu sengon memiliki potensi luas dalam berbagai aplikasi. Jenis kayu seperti *Falcataria moluccana* memiliki densitas rendah yang memudahkan proses pengeringan, pemotongan, dan pemesinan (Alamsyah *et al.*, 2007). Kayu ini umum digunakan untuk konstruksi ringan seperti rangka atap dan elemen non-struktural (Basyaruddin *et al.*, 2019), serta diolah menjadi meubel, papan laminasi, dan dekorasi interior (Wulandari dan Amin, 2022). Selain itu, kayu sengon juga dimanfaatkan sebagai bahan baku pulp, panel, partisi, dan rumah prefabrikasi. Dalam bentuk *laminated veneer lumber* (LVL), sengon dapat digunakan untuk struktur tekan dan lentur yang disambung dengan pengencang baut dalam sistem konstruksi bangunan (Basuki *et al.*, 2015). Ketersediaannya yang melimpah dan kemudahan dalam pengerjaan menjadikan sengon sebagai alternatif bahan baku yang ekonomis dan berkelanjutan.

2.2. Karakteristik Kayu Tulip Afrika (*Spathodea campanulata*)

Tulip Afrika (*Spathodea campanulata*) memiliki nama lain pohon kecrutan, pohon api, dan pohon kiacret. Jenis ini dinamakan tulip Afrika karena bentuk bunganya yang menyerupai lonceng (*campanulate*) (Larrue *et al.*, 2014), dan merupakan spesies asli dari Afrika bagian barat (Rangaiah *et al.*, 2004). Pohon tulip Afrika (*Spathodea campanulata*) merupakan tanaman yang ditemukan pertama kali oleh Ambroise Marie François Joseph Palisot de Beauvois pada tahun 1805 dan merupakan famili Bignoniaceae, yang mencakup lebih dari 800 spesies (Choudhury *et al.*, 2011). Bunga tulip Afrika tersusun dalam malai, lalu bunganya majemuk dan tegak setiap cabang pada ujungnya. Setiap bulannya tulip Afrika menghasilkan ± 30 bunga yang mekar secara bersamaan (Pimenta *et al.*, 2021). Dalam fase pohon, tanaman ini memiliki diameter batang antara 19 hingga 90 cm, tajuk silinder yang tumbuh tegak, dan daun majemuk menyirip genap yang memanjang dengan ujung meruncing, berwarna hijau muda hingga tua serta

permukaan licin (Umasugi *et al.*, 2021). Adapun klasifikasi dari pohon tulip Afrika adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Ordo : Scrophulariales
 Famili : Bignoniaceae
 Genus : *Spathodea*
 Spesies : *Spathodea campanulata* P. Beauv

Pohon tulip Afrika pertama kali diperkenalkan di Indonesia sebelum masa kemerdekaan. Jenis pohon berfamili Bignoniaceae ini dibawa oleh pemerintah kolonial Belanda pada tahun 1923 yang ditujukan sebagai peneduh jalan (Nasri dan Ngakan, 2022). Awal mulanya tulip Afrika banyak ditanam di kota Bandung. Seiring berjalannya waktu tanaman ini makin banyak dikenal dan disebarluaskan ke seluruh Indonesia serta dijadikan tanaman hias. Namun disayangkan penyebaran tanaman ini yang cepat, mengakibatkan tulip Afrika menjadi salah satu tanaman spesies invasif atau disebut juga *invasive alien species*. Tulip Afrika yang invasif ini dimasukkan kedalam ‘100 Spesies Asing Invasif Terburuk di Dunia’ oleh *Invasive Species Specialist Group* (ISSG) (Lowe *et al.*, 2000).

Invasive Alien Species (IAS) secara signifikan berdampak terhadap degradasi ekosistem dengan mengganggu keanekaragaman hayati asli dan mengubah fungsi ekosistem (Polce *et al.*, 2023). Ekosistem yang di dominasi oleh *invasive alien species* dapat menyebabkan persaingan antara tanaman asli sehingga spesies invasif sungguh menjadi ancaman nyata pada keanekaragaman biologi (Tjitrosoedirdjo *et al.*, 2016). Tulip Afrika dilaporkan menjadi masalah karena merupakan spesies invasif di beberapa tempat seperti di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (Syadza dan Dewi, 2022), Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung (Ngakan dan Nasri, 2022), dan kawasan hutan KPHL Kota Sorong (Yuliana dan Lekitoo, 2018). Menurut Sitepu (2020), eradikasi menjadi pilihan untuk mengatasi penyebaran *invasive alien species* seperti tulip Afrika yang berupa pemusnahan dengan memotong dan mencabut hingga ke bagian akar pohon.

Walau telah dilakukan eradikasi, tulip Afrika memiliki kemampuan regenerasi yang patut diwaspadai karena untuk pohon dewasa dapat beregenerasi melalui akar dan patahan cabang (PIER, 2016). Pembakaran menjadi salah satu cara untuk mencegah tumbuhnya individu baru dari batang ataupun akar yang tersisa. Namun pembakaran ini kurang bermanfaat karena hanya akan menghasilkan sisa pembakaran kayu berupa residu seperti karbon (Sayfullah *et al.*, 2022). Pemanfaatan kayu dari pohon tulip Afrika menjadi gagasan sebagai bentuk inovasi pemanfaatan sisa eradikasi. Hal ini menjadi salah satu upaya memenuhi kebutuhan industri kayu dan bentuk kontribusi di sektor kehutanan untuk meningkatkan ekonomi negara Indonesia (Suryandari, 2008).

Berdasarkan penelitian Jasni *et al.* (2016), kayu dari pohon tulip Afrika berada pada kelas awet V (di bawah naungan) yaitu sangat tidak awet. Kayu tulip Afrika pada penelitian tersebut diambil di daerah Jawa Barat dan memiliki kandungan selulosa sebesar 54,27 %, lignin 31,73%, dan zat ekstraktif 2,25%. Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Kolapo *et al.* (2024) menyatakan bahwa kandungan hemiselulosa yang berada pada batang kayu tulip Afrika sebesar 26,47%, dan alpha-selulosa sebesar 44,21%. Untuk zat ekstraktif yang terdapat pada pohon tulip Afrika juga cukup beragam. Pada bagian bunga yang sudah mekar terdapat senyawa flavonoid, alkaloid, terpenoid dan tanin (Jafar *et al.*, 2020).

Kayu tulip Afrika (*Spathodea campanulata*) meskipun tergolong ringan, lunak, dan mudah membusuk, tetap dimanfaatkan di beberapa negara untuk keperluan tertentu. Kayu tulip Afrika di Singapura digunakan dalam industri pembuatan kertas, sedangkan di Filipina digunakan sebagai bahan baku kayu lapis (Lim, 2014). Dari aspek kimia, kandungan lignin dan zat ekstraktif yang cukup tinggi dalam kayu tulip Afrika diketahui berpengaruh terhadap proses pemasakan pulp dan kualitas hasil kertas, sehingga membuka peluang pemanfaatan dalam industri pulp dan kertas meskipun dalam skala terbatas (Kolapo *et al.*, 2024). Selain itu, kayu dari tumbuhan ini ditempat asalnya juga dimanfaatkan secara tradisional untuk ukiran, pertukangan, konstruksi ringan, pembuatan drum, serta kayu bakar (Boakye *et al.*, 2023).

2.3. Modifikasi Kayu

Modifikasi kayu mengacu pada proses yang meningkatkan sifat kayu, meningkatkan daya tahan, stabilitas, dan ketahanan terhadap faktor lingkungan (Spear *et al.*, 2024). Modifikasi kayu memiliki beberapa metode dalam penerapannya. Metode termal, mekanik, dan kimia menjadi metode yang banyak diterapkan untuk melindungi dan melestarikan kayu ketika pemakaian (Khademibami dan Bobadilha, 2022). Modifikasi ini bertujuan untuk meningkatkan daya tahan dan umur pakai kayu.

Modifikasi kayu merupakan perlakuan secara kimiawi, biologis, atau fisik untuk meningkatkan sifat-sifat kayu yang diinginkan (Hidayat *et al.*, 2018; Abdillah *et al.*, 2020). Kayu yang dimodifikasi harus tetap aman bagi manusia dan lingkungan serta tidak mengandung zat beracun selama penggunaannya. Bahan kimia seperti boron dan kreosot biasa digunakan untuk mencegah serangan jamur dan serangga penggerek. Namun, efektivitas bahan kimia tersebut dapat menurun akibat pelarutan oleh air hujan atau penguapan akibat panas, sehingga kayu berisiko kembali menunjukkan sifat alaminya dan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan (Hidayat dan Febrianto, 2018).

Berdasarkan studi oleh Hidayat dan Febrianto (2018), modifikasi kayu dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu aktif dan pasif. Modifikasi aktif menyebabkan perubahan pada struktur kimia kayu, sedangkan modifikasi pasif hanya memengaruhi sifat fisiknya tanpa mengubah komposisi kimia. Perlakuan tersebut bisa dilakukan pada dinding sel maupun rongga sel kayu. Metode modifikasi yang umum digunakan meliputi modifikasi kimia, impregnasi (Prihatini *et al.*, 2023a), dan modifikasi termal. Setiap metode memiliki tujuan spesifik dalam meningkatkan performa kayu terhadap kondisi lingkungan. Dengan demikian, kayu termodifikasi dapat dimanfaatkan sebagai bahan furniture, kusen, dan konstruksi bangunan (Prihatini *et al.*, 2023b).

Dalam modifikasi kimia, reagen akan bereaksi dengan polimer kayu dan membentuk ikatan kimia dengan substrat (Hidayat dan Febrianto, 2018). Proses ini membantu meningkatkan stabilitas dimensi kayu dengan mengatur penyerapan serta pelepasan air dari dinding sel. Selain itu, pelapisan menggunakan cat atau pernis pada permukaan kayu juga dilakukan untuk mencegah serangan jamur dan

meningkatkan ketahanan terhadap perubahan dimensi (Febrianto *et al.*, 2014; Hidayat *et al.*, 2018; Ma'ruf *et al.*, 2020). Namun, perlindungan ini bersifat sementara karena bahan pelapis dapat rusak seiring waktu. Ketika perlindungan hilang, kayu menjadi rentan terhadap air dan celah terbuka dapat menyebabkan retakan.

Modifikasi termal adalah salah satu metode modifikasi kayu yang umum diterapkan dengan menggunakan suhu tinggi untuk mengubah sifat-sifat kayu. Menurut Mandraveli *et al.* (2024), beberapa proses modifikasi termal yang paling banyak dikomersialkan mulai berkembang di Eropa sejak sekitar tahun 1970. Salah satu proses awal adalah *FeuchteWärmeDruck* (FWD) di Jerman sekitar tahun 1980, meskipun tidak berkembang secara industri dalam skala besar. Pada periode yang sama, di Belanda dikembangkan proses PLATO dan di Prancis dikenal dengan Bois Perdure, keduanya memiliki prinsip kerja yang mirip dengan proses rektifikasi. Memasuki tahun 1990-an, ThermoWood® mulai diperkenalkan di Finlandia dan hingga tahun 2016 telah digunakan secara luas di Eropa maupun di berbagai negara lainnya. Proses lain yang juga muncul adalah TERMOVUOTO, yaitu modifikasi termal dengan sistem vakum yang terbukti memberikan hasil lebih baik pada sifat mekanis kayu (Candelier *et al.*, 2016). Salah satu proses terbaru adalah *oil heat treatment* (OHT) yang mulai dikembangkan di Jerman sekitar tahun 2000, dan hingga kini terus dikembangkan karena kemampuannya dalam meningkatkan stabilitas dimensi dan ketahanan kayu terhadap kelembaban (Sandberg *et al.*, 2017). Beberapa metode modifikasi termal terhadap kayu disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Proses modifikasi termal dan kondisi pemanasannya (Sandberg *et al.*, 2017).

Proses	Suhu (°C)	Durasi (Jam)	Media
FWD (Giebler, 1983)	120-180	15	Uap
Plato (Sandberg <i>et al.</i> , 2016)	150-180/170-190	4-5/70-120	Uap/Udara panas
ThermoWood (Meyer <i>et al.</i> , 2016)	130/185-215/80-90	30-70	Uap
Le Bois Perdure (Sandberg <i>et al.</i> , 2016)	200-230	12-36	Uap
Retification (Sandberg <i>et al.</i> , 2016)	160-240	8-24	Nitrogen atau gas lain
OHT (Sandberg <i>et al.</i> , 2016)	180-220	24-36	Minyak sayur
ThermoVuoto (Candelier <i>et al.</i> , 2014)	160-220	<25	Vakum

2.4. Oil Heat Treatment

Teknik modifikasi kayu perlu dipilih secara tepat berdasarkan jenis kayu dan aplikasi yang diinginkan (Lukmandaru dan Susanti, 2018). *Oil heat treatment* (OHT) merupakan metode modifikasi termal yang efektif dalam meningkatkan kualitas fisis dan stabilitas dimensi kayu. Perlakuan ini dapat mengurangi kadar air, daya serap air, dan tingkat susut kayu melalui penurunan gugus hidroksil yang bersifat higroskopis (Dubey *et al.*, 2012a). Selain itu, OHT menyebabkan perubahan warna dan peningkatan kerapatan relatif akibat impregnasi minyak ke dalam jaringan kayu (Suri *et al.*, 2022). Peningkatan suhu selama OHT juga dapat menurunkan viskositas minyak, sehingga penetrasi minyak menjadi lebih efektif dan berkontribusi terhadap perubahan berat dan stabilitas dimensi kayu. Dari aspek anatomis, perlakuan panas menyebabkan penyempitan diameter pembuluh dan modifikasi struktur dinding sel, yang memperkuat ketahanan kayu terhadap degradasi biologis (Lee *et al.*, 2018). Dengan demikian, OHT tidak hanya meningkatkan sifat fisis kayu seperti densitas dan kestabilan dimensi, tetapi juga mengubah struktur mikroskopis yang mendukung keawetan dan nilai guna kayu dalam industri.

Oil heat treatment adalah salah satu metode yang banyak digunakan untuk meningkatkan mutu kayu dengan memanfaatkan sifat-sifat panas dan tekanan minyak dalam menembus struktur kayu (Hao *et al.*, 2021). Proses ini melibatkan pemanasan kayu pada suhu yang tinggi dalam lingkungan minyak, yang kemudian

menembus pori-pori kayu dan memperbaiki sifat-sifat fisik dan mekaniknya. Keuntungan lainnya adalah perlakuan dengan minyak dapat memberikan perlindungan alami terhadap serangan hama dan jamur, mengurangi kebutuhan akan bahan kimia tambahan untuk pengawetan kayu (Dubey *et al.*, 2012a). Dengan menggunakan minyak sebagai agen perawatan, proses *oil heat treatment* juga dianggap lebih ramah lingkungan daripada metode kimia konvensional, karena tidak menghasilkan limbah beracun. Secara keseluruhan, perawatan panas minyak merupakan solusi yang efektif dan berkelanjutan untuk meningkatkan mutu kayu sambil mempertahankan keberlanjutan lingkungan (Hidayat *et al.*, 2020). Penggunaan minyak dalam proses modifikasi panas membutuhkan suhu yang lebih tinggi antara 140°C dan 220°C, menyebabkan perubahan kimia pada bagian penyusun kayu (Karlinasari *et al.*, 2018). Perlakuan panas mengurangi kandungan air dalam selulosa dan hemiselulosa, yang berarti lebih sedikit air yang dapat terikat pada gugus hidroksil, sehingga meningkatkan sifat hidrofobiknya (Perdoch *et al.*, 2024). Hal ini terjadi karena gugus hidroksil kayu merupakan gugus fungsi yang paling reaktif terhadap air. Melalui modifikasi kayu, gugus hidroksil tersebut berubah menjadi zat lain yang digunakan selama proses modifikasi (Ross, 2021).

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *oil heat treatment* (OHT) merupakan metode modifikasi termal yang efektif dalam meningkatkan kualitas kayu cepat tumbuh. Abdillah *et al.* (2020) melaporkan bahwa penerapan OHT pada kayu sengon dan kelapa mampu menurunkan kadar air kesetimbangan serta meningkatkan ketahanan terhadap serapan air, meskipun disertai penurunan kekuatan tekan pada suhu tinggi. Hasil ini diperkuat oleh Ma'ruf *et al.* (2023), yang menunjukkan bahwa peningkatan suhu OHT pada kayu sengon dan mindi menyebabkan perubahan warna yang signifikan, penurunan kadar air, serta peningkatan kerapatan dan stabilitas dimensi kayu. Suri *et al.* (2021b) menambahkan bahwa perlakuan ini juga memengaruhi sifat anatomis kayu, seperti penyusutan lumen dan kolaps dinding sel, yang berkontribusi terhadap penurunan higroskopisitas dan peningkatan kehalusan permukaan.

Kayu yang diberikan perlakuan OHT juga dapat dilihat dari sisi variasi durasi seperti yang dilaporkan Prayoga *et al.* (2020) bahwa durasi OHT memengaruhi

perubahan warna, kadar air, berat, dan volume kayu akasia dan jabon, mengindikasikan pentingnya pengaturan waktu perlakuan yang tepat. Zevan *et al.* (2020) melaporkan bahwa OHT pada kayu gmelina dan mindi mengubah sifat fisis serta memengaruhi kekuatan mekanis, namun dampaknya relatif kecil dibandingkan metode perlakuan panas lainnya. Hidayat *et al.* (2022) melengkapi temuan tersebut dengan menunjukkan bahwa penggunaan berbagai jenis minyak dalam OHT pada kayu jabon turut memengaruhi perubahan berat, kadar air, kekuatan mekanis, dan ketahanan terhadap air, sehingga menekankan pentingnya pemilihan media perlakuan yang sesuai. Sebagai pembanding media perlakuan, Suri *et al.* (2022) menunjukkan bahwa OHT menghasilkan sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dibandingkan perlakuan udara, terutama pada kayu *royal paulownia* dan *korean white pine*, memperkuat metode OHT sebagai metode yang potensial untuk peningkatan mutu kayu industri. Selain itu juga menurut Suri *et al.* (2021a) OHT dapat merubah warna dan berat kayu *Paulownia tomentosa* dan *Pinus koraiensis* serta menjaga keawetannya dari serangan jamur pelapuk coklat dan putih (Suri *et al.*, 2023). Kemudian perubahan warna yang terjadi setelah perlakuan OHT dapat dilihat pengaruhnya terhadap preferensi konsumen. Hal ini seperti yang penelitian yang dilakukan oleh Permana *et al.* (2025), dimana bambu apus dan bambu ater yang diberi perlakuan OHT membuat warnanya semakin gelap sehingga menimbulkan perbedaan preferensi dari konsumen berdasarkan gender.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan selama tiga bulan dimulai dari bulan Februari–April 2025 di *Workshop* Teknologi Hasil Hutan untuk melakukan pemotongan sampel dan proses *oil heat treatment*. Sedangkan pengujian, dan pengolahan data hasil dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan kayu sengon (*Falcataria moluccana*), kayu tulip Afrika (*Spathodea campanulata*) sebagai bahan utama dan minyak kelapa sawit (FILMA, PT SMART TBK., Surabaya, Indonesia) untuk media pemanasan. Sedangkan peralatan yang digunakan yaitu, oven (BJPX - Summer, PT. Innotech System, Jakarta, Indonesia), *oil bath* (C-WHT-S2; Chang Shin Science, Seoul, Korea), mesin amplas (Maktec MT941, Anjo, Jepang) timbangan digital, kaliper (Mitutoyo 150mm Digital Caliper 0.01 mm, Kawasaki, Jepang), penggaris, tallysheet, kamera (Canon EOS 100D, Tokyo, Jepang), *scanner general colorimeter* (AMT507, Qingdao, China), mikroskop stereo (ZEISS Stemi DV4, Jena, Jerman), aplikasi IBM SPSS Statistics 24, aplikasi YAIS dan laptop.

3.3. Metode Pengambilan Data

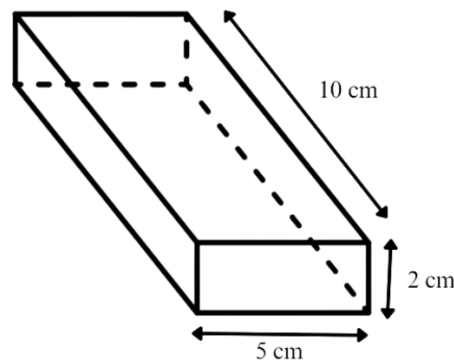
3.3.1. Pengadaan Sampel

Kayu sengon (*Falcataria moluccana*) berusia lima tahun dengan tinggi tegakan ± 5 meter yang telah diproses melalui penggergajian menjadi papan kayu diperoleh dari pengusaha *sawmill* kayu di Kecamatan Kedaton, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Kemudian ada kayu tulip Afrika (*Spathodea*

campanulata) yang diperoleh dari penebangan di Universitas Lampung, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung dengan tinggi ± 5 meter yang kemudian diproses melalui penggergajian menjadi papan kayu.

3.3.2. Persiapan Sampel

Kayu sengon dan kayu tulip Afrika yang telah diubah menjadi papan dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 5 cm, dan tebal 2 cm (Gambar 2). Sampel dipilih dengan kriteria papan dengan serat lurus dan tanpa cacat alami. Tiga sampel tanpa perlakuan (kontrol) dan tiga ulangan untuk setiap suhu perlakuan (160°C , 180°C , 200°C , 220°C) total sampel yang disiapkan, masing-masing berlangsung selama 2 jam untuk perlakuan panas minyak.



Gambar 2. Ukuran sampel penelitian.

3.3.3. Pelaksanaan Penelitian

3.3.3.1. Pengkondisian sampel

Sebelum perlakuan sampel diampelas untuk meratakan dan memperhalus permukaan kayu. Papan kayu ditimbang menggunakan timbangan digital untuk menentukan berat basahanya untuk pengukuran berat. Sampel kemudian diukur menggunakan kaliper dengan ketelitian 0,01 mm, pengukuran panjang, lebar, tinggi, dilakukan pada empat titik mulai dari kanan. Sampel kayu juga diukur warnanya pada empat titik yang berbeda menggunakan colorimeter. Kemudian sampel kayu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam yang kemudian setelahnya ditimbang untuk mendapatkan data berat kering kayu setelah melawati proses pengovenan.

3.3.3.2. Proses *oil heat treatment*

- a. Tahapan awal dalam proses *oil heat treatment* dilakukan dengan memasukkan sampel kayu ke dalam media minyak yang suhunya dinaikkan secara bertahap dari 25–30°C hingga mencapai suhu target maksimum.
- b. Proses perlakuan dilanjutkan dengan menstabilkan suhu media pemanas (*oil bath*) pada masing-masing temperatur perlakuan, yaitu 160°C, 180°C, 200°C, dan 220°C selama durasi pemanasan selama dua jam untuk setiap suhu.
- c. Setelah perlakuan selesai, sampel kayu diangkat dari media minyak dan dibiarkan pada suhu ruang hingga permukaannya tidak lagi mengandung sisa minyak.
- d. Tahap selanjutnya adalah melakukan pengovenan selama 24 jam dengan suhu 100°C dan kemudian penimbangan terhadap sampel guna memperoleh data massa setelah perlakuan *oil heat treatment*.

3.3.3.3. Pengukuran parameter setelah perlakuan

a. Warna

Pengujian perubahan warna kayu dilakukan untuk mengidentifikasi adanya perubahan warna akibat perlakuan suhu tinggi pada proses *oil heat treatment* (OHT). Uji dilakukan pada empat titik di kedua sisi papan sampel kayu sengon dan tulip Afrika (Gambar 3), dengan pengambilan data warna sebelum dan setelah perlakuan. Bagian permukaan kayu diukur warnanya menggunakan *scanner general colorimeter*, dan perubahan warna yang terjadi dievaluasi berdasarkan sistem yang telah ditetapkan, yaitu sistem CIE-LAB (Ayata *et al.*, 2018). Sistem CIE-LAB sendiri merupakan sistem pengukuran warna yang dikembangkan pada 1976. Sistem CIE-Lab terdiri dari tiga parameter warna, yaitu L^* , a^* , dan b^* . Parameter L^* menggambarkan kecerahan (*Lightness*), dengan nilai maksimum 100 (putih) dan nilai minimum 0 (hitam). Parameter a^* menunjukkan kromatisitas merah/hijau, dimana nilai positif menunjukkan arah merah ($+a^*$) dan nilai negatif menunjukkan arah hijau ($-a^*$). Sementara itu, parameter b^* menggambarkan kromatisitas kuning/biru, dengan nilai positif mengarah ke kuning ($+b^*$) dan nilai negatif mengarah ke biru ($-b^*$) (Hidayat *et al.*, 2017). 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_1^* = Tingkat Kecerahan (hitam ke putih) sebelum perlakuan

L_2^* = Tingkat Kecerahan (hitam ke putih) sesudah perlakuan

a_1^* = Kromatisitas (merah ke hijau) sebelum perlakuan

a_2^* = Kromatisitas (merah ke hijau) sesudah perlakuan

b_1^* = Kromatisitas (kuning ke biru) sebelum perlakuan

b_2^* = Kromatisitas (kuning ke biru) sesudah perlakuan

ΔL^* = Selisih nilai L^* awal dan akhir setelah perlakuan

Δa^* = Selisih nilai a^* sebelum dan sesudah perlakuan

Δb^* = Selisih nilai b^* sebelum dan sesudah perlakuan

ΔE^* = Perubahan warna keseluruhan

Nilai perubahan warna keseluruhan (ΔE^*) digunakan untuk menentukan tingkat perbedaan warna (Cui *et al.*, 2004; Valverde dan Moya, 2014). Sehingga klasifikasi perubahan warna dapat ditentukan sebagai berikut.

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

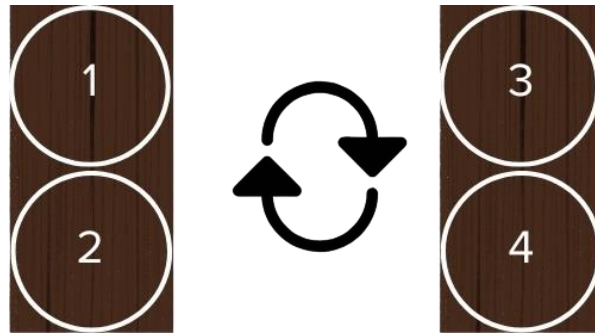
$0,5 < \Delta E^* \leq 1,5$ = Perubahan warna sedikit

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

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

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

$\Delta E^* > 12$ = Warna berubah total secara keseluruhan (Hidayat *et al.*, 2017)



Gambar 3. Titik pengambilan data warna pada kayu

b. Perubahan berat dan penyusutan volume

Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada setiap variabel dengan ukuran sampel uji 10 cm x 5 cm x 2 cm (panjang × lebar × tebal). Perubahan berat dan penyusutan volume diukur menggunakan standar JIS A 5908. Untuk menghitung perubahan berat (PB) dan susut volume (VS) dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

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

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

Keterangan:

PB = Persentase perubahan berat (%)

VS = Persentase susut volume (%)

ma = Berat sebelum perlakuan (g)

mb = Berat setelah perlakuan (g)

Va = Volume sampel sebelum perlakuan (cm³)

Vb = Volume sampel setelah perlakuan (cm³)

c. Kerapatan/Densitas

Kerapatan diperoleh dari sampel pada setiap variasi suhu dan control. ukuran sampel uji 10 cm x 5 cm x 2 cm (panjang × lebar × tebal). Rumus untuk perhitungan ini sebagai berikut.

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

Keterangan:

ρ = Kerapatan (g/cm³)

m = Berat sampel (g)

v = Volume sampel (cm^3)

d. Kadar air

Prinsip penetapan kadar air adalah menguapkan bagian air bebas yang terdapat di dalam bahan sampai terjadi keseimbangan antara kadar air bahan dengan udara udara sekitar selama 14 hari. Kemudian sampel dikeringkan dengan menggunakan energi panas yang kemudian ditimbang. Berat awal (B_a) dan berat kering tanur (BKT) diukur untuk menentukan kadar air sampel. Pengujian kadar air (MC) dilakukan dengan 3 kali ulangan dengan ukuran sampel Rumus berikut digunakan untuk menghitung kadar air dalam kayu. uji 10 cm x 5 cm x 2 cm (panjang $\times$ lebar $\times$ tebal). Persamaan standar (SNI 8021:2014) digunakan untuk mengetahui kadar kayu sebelum dan sesudah perlakuan sebagai berikut.

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

Keterangan:

MC = Kadar Air (%)

BB = Bobot basah Awal (g)

BK = Bobot kering tanur setelah perlakuan (g)

e. Daya serap air

Tingkat daya serap air menunjukkan persentase air yang diserap oleh sampel kayu setelah direndam selama dua minggu. Proses perendaman dilakukan dengan merendam potongan papan uji berukuran 5 cm x 2 cm x 2 cm (panjang x lebar x tebal) dalam air selama 14 hari. Tujuan perlakuan ini adalah untuk mengamati perubahan fisik dan visual pada papan sampel kayu. Daya serap air ini dapat dihitung menggunakan standar JIS Z 2101 dengan rumus berikut.

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

Keterangan:

WA = Daya serap air (%)

mw = Berat setelah perendaman (g)

ma = Berat sebelum perendaman (g)

f. Diameter vessel

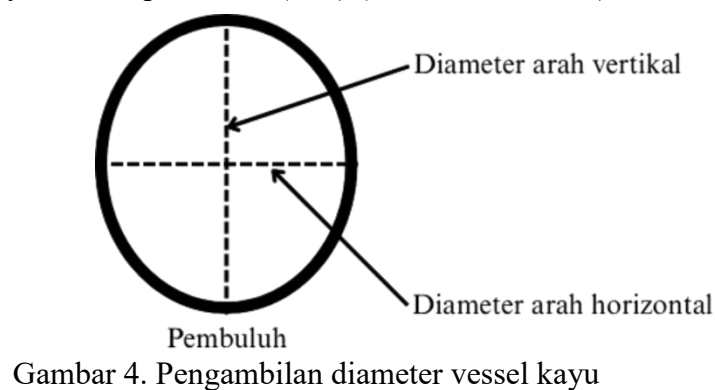
Mikrograf sampel kayu akan diambil dengan mikroskop stereo ZEISS Stemi DVP. Pengambilan titik gambar berada pada penampang transversal kayu dan dua area yang masih berdekatan. Jumlah gambar vessel yang diambil berjumlah total 10 pada masing-masing area. Diameter vertikal dan horizontal pembuluh kayu awal akan diukur menggunakan aplikasi pengukur gambar (YAIS). Kemudian, diameter pori-pori kayu yang telah didapatkan akan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Vessel Diameter} = \frac{(D1 - D2)}{D2} \times 100\%$$

Keterangan:

D1 = Diameter kayu sebelum perlakuan (mm)

D2 = Diameter kayu setelah perlakuan (mm) (Kwon *et al.*, 2009).



Gambar 4. Pengambilan diameter vessel kayu

3.4. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis statistic deskriptif. Analisis statistik deksriptif merupakan analisis statistik yang bertujuan untuk memberikan gambaran rinci dan ringkas tentang kumpulan data yang telah diperoleh (Wajdi *et al.*, 2024). Analisis statistik merupakan metode analisis data yang paling umum digunakan untuk penelitian kuantitatif. Metode analisis statistik deskriptif ini berfokus pada pengukuran, keobjektifan, dan generalisasi hasil penelitian yang telah diolah dari data tersedia (Creswell, 2014). Data yang diperoleh pada penelitian diolah kemudian dilakukan pengujian. Pengujian berupa uji analisis sidik ragam (ANOVA) untuk melihat perbedaan pengaruh yang signifikan. Uji analisis sidik ragam (ANOVA) dilakukan pada aplikasi IBM SPSS Statistics 24. Rumus persamaan dari pengujian seperti berikut.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} : Pengamatan pada satuan percobaan suhu ke-i, replikasi ke-j, dan pengukuran ke-k. dari faktor A (jenis kayu) dan faktor B (suhu perlakuan 160°C, 180°C, 200°C, dan 220°C)

μ : Mean populasi

α_i : Pengaruh suhu ke-i.

β_j : Pengaruh replikasi ke-j.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Pengaruh taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B

ρ_k : Pengaruh pengukuran ke-k dari faktor kelompok

ϵ_{ijk} : Kesalahan acak dari taraf-i, taraf-j, dan taraf-k

Kemudian untuk mengidentifikasi cara spesifik mana yang berbeda secara signifikan diantara perlakuan, maka dilakukan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat kepercayaan 95%. Uji DMRT adalah metode statistik yang digunakan untuk membandingkan rata-rata di antara perlakuan yang berbeda (Chew, 1976)

V. SIMPULAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa metode *oil heat treatment* (OHT) memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat fisis dan anatomi kayu sengon dan tulip Afrika. Pada parameter warna, nilai ΔE^* mencapai >12 pada suhu 220°C yang menunjukkan perubahan warna total. Perubahan berat kayu tertinggi terjadi pada suhu 180°C untuk sengon dan tulip Afrika, kemudian penurunan terbesar pada suhu 220°C untuk sengon dan tulip Afrika. Penyusutan volume terbesar tercatat pada suhu 220°C untuk sengon, sedangkan tulip Afrika menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Kerapatan tertinggi dicapai pada suhu 180°C untuk sengon dan tulip Afrika. Kadar air menurun drastis dari awal hingga mencapai 5–6% pada suhu tertinggi. Daya serap air juga menurun secara signifikan seiring peningkatan suhu perlakuan. Pada aspek anatomi, diameter pembuluh vertikal dan tangensial menurun, menandakan terjadinya modifikasi struktur jaringan kayu akibat OHT.

5.2. Saran

Disarankan agar penelitian lanjutan mengeksplorasi variasi jenis minyak dan durasi perlakuan untuk memperoleh hasil yang lebih optimal. Pengujian tambahan terhadap sifat mekanis, seperti kekuatan lentur dan tekan, dapat memberikan gambaran lebih komprehensif terhadap kelayakan kayu hasil OHT untuk aplikasi struktural. Selain itu, penting untuk melakukan uji ketahanan terhadap jamur dan rayap guna menilai keawetan hasil perlakuan. Pemanfaatan kayu tulip Afrika sebagai alternatif bahan baku industri diharapkan dapat menjadi solusi dalam pengelolaan spesies invasif. Aplikasi metode OHT juga berpotensi dikembangkan untuk jenis kayu lainnya dengan kualitas rendah.

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. in: *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan* LPPM Universitas Lampung, Bandar Lampung. pp. 564-569.
- Abdulah, L., Yulianti, M. 2022. How the growth of natural forests meets Indonesia's demand for wood for construction and household furniture?. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 959(1): 012070.
- Achmad, B., Mulyana, S., Badrunasar, A. 2004. *Pemeliharaan Hutan Rakyat Jenis Sengon*. Al Basia. Jakarta
- Afkar, H., Febryano, I. G., Duryat, Suri, I. F., Hidayat, W. 2022. Pengaruh perlakuan panas *oil heat treatment* terhadap perubahan warna kayu jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Warta Rimba: Jurnal Ilmiah Kehutanan*, 10(5): 97–104.
- Alamsyah EM, Nan LC, Yamada M, Taki K, Yoshida H. 2007. Bondability of tropical fast-growing tree species I: Indonesian wood species. *Journal of Wood Science*. 53: 40-46.
- Altay, Ç., Çiftçi, D. 2024. Determination of some physical properties of oil heat treated oriental beech wood. *Journal of Forestry (DUJOF)*. 20(1): 361-374
- American Association State Highway and Transportation Officials Standard. 2017. *Annual Hand Book ASTM E 10 – 01 Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*. ASTM International Unites States. Pennsylvania.
- Ayata, Ü. 2019. Effects of artificial weathering on the surface properties of ultraviolet varnish applied to lemonwood (*Citrus limon* (L.) Burm.). *BioResources*. 14(4): 8313–8323.

- Bak, M., Németh, R. 2012. Changes in swelling properties and moisture uptake rate of oil-heat-treated poplar (*Populus× euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*. 7(7): 5128-5137.
- Bal, B. C. 2015. Physical properties of beech wood thermally modified in hot oil and in hot air at various temperatures. *Maderas Ciencia y tecnología*. 17(4): 789-798.
- Baskorowati, L. 2014. *Budidaya Sengon Unggul (Falcataria moluccana) untuk Pengembangan Hutan Rakyat*. IPB Press. Bogor.
- Basuki, A., Supriyadi, A., Pamungkas, B. A. 2015. Sambungan batang tekan dan momen lentur *laminated veneer lumber* (LVL) kayu sengon (*Paraserianthes falcataria*) dengan alat pengencang baut. *Matriks Teknik Sipil*. 3(1): 59–64.
- Basyaruddin, B., Awali, J. 2019. Potensi pemanfaatan kayu gelam dan kayu sengon dalam dunia konstruksi berdasarkan uji kuat lentur. *Rekayasa Sipil*. 13(3): 193-198.
- Bekhta, P., Niemz, P. 2003. Effect of high temperature on the change in colour, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung*. 57(5): 539-546.
- Bessala, L. F. B., Gao, J., He, Z., Wang, Z., Yi, S. 2023. Effects of heat treatment on color, dimensional stability, hygroscopicity and chemical structure of Afrormosia and Newtonia wood: A comparative study of air and palm oil medium. *Polymers*. 15(3): 774.
- Boakye, M. K., Agyemang, A. O., Gbadegbe, R. S., Quashie, M., Turkson, B. K., Adanu, K. K., Wiafe, E. D. 2023. Ethnobotanical applications of *Spathodea campanulata* P. Beauv. (African tulip tree) in Ghana. *Ethnobotany Research and Applications*. 25: 1-12.
- Boonstra, M. J., Rijdsdijk, J. F., Sander, C., Kegel, E., Tjeerdsma, B., Militz, H., Stevens, M. 2006. Microstructural and physical aspects of heat treated wood: Part 2. Hardwoods. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 8(3): 209-218.
- Boonstra, M.J., Van Acker, J., Kegel, E., Stevens, M. 2007. Optimisation of a two-stage heat treatment process: Durability aspects. *Wood Sci. Technol*. 41 (1): 31-57
- Cabezas-Romero, J. L., Salvo-Sepúlveda, L., Contreras-Moraga, H., Pérez-Peña, N., Sepúlveda-Villarreal, V., Wentzel, M., Ananías, R. A. 2021. Microstructure of thermally modified *radiata pine* wood. *Bioresources*. 16(1): 1523.

- Candelier, K., Dumarcay, S., Petrissans, A., Gerardin, P., Pétrissans, M. 2014. Advantage of vacuum versus nitrogen to achieve inert atmosphere during softwood thermal modification. *Pro Ligno*. 10(4):10-17.
- Candelier, K., Thevenon, M. F., Petrissans, A., Dumarcay, S., Gerardin, P., Petrissans, M. 2016. Control of wood thermal treatment and its effects on decay resistance: a review. *Annals of Forest Science*, 73(3), 571-583.
- Candiana, C., Sulistyono, S., Deni, D. 2019. Keawetan alami jenis kayu jati (*Tectona grandis*, linn. F.), mahoni (*Swietenia macrophylla* King) dan sengon (*Paraserianthes falcataria*, L) pada umur 5 tahun. *Wanaraksa*.13(01): 1-12.
- Chew, V. 1976. Uses and abuses of Duncan's multiple range test. In *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 89(1): 251-252.
- Choudhury, S., Datta, S., Talukdar, A. D., dan Choudhury, M. D. 2011. Phytochemistry of the family Bignoniaceae-A review. *Assam University Journal of Science and Technology*. 7(1): 145-150.
- Christy, E. O., Siska, G. 2024. Studi pendahuluan kualitas kayu hutan tanaman *Eucalyptus pellita* f. Muell dengan teknologi modifikasi panas *oil heat treatment* (OHT): preliminary study of wood quality of plantation forest of *Eucalyptus pellita* f. Muell with oil heat treatment heat modification technology. *HUTAN TROPIKA*. 19(2): 207-212.
- Creswell, J. W., Creswell, J. D. 2017. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches, Fifth Edition*. Sage publications. New York.
- Cui, W., Kamdem, D. P., Rypstra, T. 2004. Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform spectroscopy (DRIFT) and color changes of artificial weathered wood. *Wood and Fiber Science*. 36(3): 291-301.
- Darma, S., Dhonanto, D., Hasibuan, A. S. 2022. Analisis kandungan N-total dan pH tanah yang ditanami *Leguminosae Cover Crops* (LCC) pada umur tanam serta dosis pengapuran berbeda. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*. 4(2): 75-80.
- Darmawan, W., Nandika, D., Massijaya, Y., Kabe, A., Rahayu, I., Denaud, L., Ozarska, B. 2015. Lathe check characteristics of fast growing sengon veneers and their effect on LVL glue- bond and bending strength. *Journal of Materials Processing Technology*. 215: 181-188.
- Dayadi, I. 2021. Ketahanan api kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) yang diawetkan dengan bahan pengawet boraks: fire resistance of sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) preserved with borax. *Perennial*. 17(1): 19-25.

- Dubey, M. K., Pang, S., Walker, J. 2010. Color and dimensional stability of oil heat-treated radiata pinewood after accelerated UV weathering. *Forest Products Journal*. 60(5): 453-459.
- Dubey, M. K., Pang, S., Walker, J. 2012a. Changes in chemistry, color, dimensional stability and fungal resistance of *Pinus radiata* D. Don wood with oil heat-treatment. *Holzforschung*. 1(65):1-14.
- Dubey, M. K., Pang, S., Walker, J. 2012b. Oil uptake by wood during heat-treatment and post-treatment cooling, and effects on wood dimensional stability. *European Journal of Wood and Wood Products*. 70(1): 183-190.
- Effendi, R. 2012. Kajian keberhasilan pertumbuhan tanaman nyawai (*Ficus variegata* Blume) di KHDTK Cikampek, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 9(2): 95-104.
- Esteves, B., Pereira, H. 2009. Wood modification by heat: A review. *BioResources*, 15(3): 6243–6278.
- Fakhri, F., Suprayogi, I. 2018. Potensi kayu jenis cepat tumbuh (*Fast Growing Species*) sebagai material alternatif komponen kapal kayu yang berkelanjutan. *Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan (SENPLING)*. 53(4): 130-142.
- Giebeler, E. 1983. Dimensionsstabilisierung von Holz durch eine Feuchte/Wärme/Druck-Behandlung. *Holz als Roh-und Werkstoff*. 41(3): 87-94.
- Gunawan, H., Mindawati, N., Wardani, M. 2019. *100 Spesies Pohon Nusantara Target Ex Situ Taman Keanekaragaman Hayati*. IPB Press. Bogor.
- Hadiyan, Y. 2010. Evaluasi pertumbuhan awal kebun benih semai uji keturunan sengan (*Falcataria moluccana* sinonim: *Paraserianthes falcataria*) umur 4 bulan di Cikampek, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 7(2): 85- 91.
- Hao, X., Wang, Q., Wang, Y., Han, X., Yuan, C., Cao, Y., Li, Y. 2021. The effect of oil heat treatment on biological, mechanical and physical properties of bamboo. *Journal of wood science*. 2(67), 1-14.
- Hardianto, A. H., Ma'ruf, S. D., Hidayat, W. 2020. Oil heat treatment kayu sengan (*Falcataria moluccana*) dan kelapa (*Cocos nucifera*) pada berbagai durasi perlakuan. *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam Untuk Pembangunan Berkelanjutan*, 287–292.

- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J., Park, B., Banuwa, I. S., Febrianto, F., Kim, N. 2017. Color change and consumer preferences towards color of heat-treated korean white pine and royal paulownia woods. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 45(2): 213-222.
- Hidayat, W., Febrianto, F. 2018. *Teknologi modifikasi kayu ramah lingkungan: modifikasi panas dan pengaruhnya terhadap sifat-sifat kayu*. Pusaka Media. Bandar Lampung.
- Hidayat, W., Febrianto, F., Purusatama, B. D., dan Kim, N. H. 2018. Effects of heat treatment on the color change and dimensional stability of *Gmelina arborea* and *Melia azedarach* woods. in: *E3S Web of Conferences*. 03010.
- Hill, C. 2007. Wood modification: chemical, themal and other process. *Chicester: John Wiley & Sons Ltd*. Bangor.
- Huang, X., Jiang, J., Liu, R., Zhang, Y. 2020. Color modification and chemical changes of wood surface by thermal treatment in vegetable oils. *Industrial Crops and Products*, 146: 112180.
- Inkasari, L. A. C., Baskorowati, L., Damayanti, A. 2016. Perbedaan struktur xilem batang sengon (*Falcataria moluccana*) dari provenan solomon dan wamena. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. 10(1): 1-11.
- Jafar, W., Masriany, Sukmawaty, E. 2020. Uji fitokimia ekstrak etanol bunga pohon hujan (*Spathodea campanulata*) secara in vitro. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi, Teknologi dan Kependidikan*. 8(1): 327-334.
- Jämsä, S., Viitaniemi, P. 2001. Heat treatment of wood–Better durability without chemicals. In *Rapp AO. Review on heat treatments of wood. In: Special Seminar: Environmental Optimization of Wood Protection*. (pp. 21-26).
- Jasni, J . 2016. Keawetan 57 jenis kayu Indonesia alami dengan pengujian di bawah naungan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 34(3): 179-188.
- Jasni, J., Pari, G., Satiti, E. R. 2016. Komposisi kimia dan keawetan alami 20 jenis kayu Indonesia dengan pengujian di bawah naungan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 34(4): 323-333.
- Japanese Standard Association. 2003. *Japanesse Industrial Standard Particle Board JIS A 5908*. Japanese Standard Association. Tokyo.
- Japanese Standard Association. 1994. *Japanesse Industrial Standard Particle Board JIS Z 2101*. Japanese Standard Association. Tokyo.

- Jiang, H., Lu, Q., Li, G., Li, M., Li, J. 2020. Effect of heat treatment on the surface color of rubber wood (*Hevea brasiliensis*). *Wood Research*. 65(4). 633-644.
- Kačík, F., Kubovský, I., Bouček, J., Hřčka, R., Gaff, M., Kačíková, D. 2022. Colour and chemical changes of black locust wood during heat treatment. *Forests*. 14(1): 73.
- Karlinasari, L., Yoresta, F. S., 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.
- Khalif, U., Utami, S. R., Kusuma, Z. 2014. Pengaruh penanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*) terhadap kandungan C dan N tanah di Desa Slamparejo, Jabung, Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 1(1): 9- 15.
- Kolapo, M. A., Oluwadare, A. O., Olatunji, L. A., Kolapo, S. R., Oso, A. O. 2024. Chemical composition of *Spathodea campanulata* wood and its impact on pulping and papermaking. *FUW Trends in Science & Technology Journal*. 9(1): 93–98.
- Kwon, S. M., Kim, N. H., Cha, D. S. 2009. An investigation on the transition characteristics of the wood cell walls during carbonization. *Wood science and technology*. 43: 487-498.
- Laskowska, A., Rogoziński, T., Wilczyński, K. 2021. Colour changes of wood subjected to thermal treatment in vegetable oil *Forests*. 12(3): 296.
- Lee, S. H., Ashaari, Z., Lum, W. C., Halip, J. A., Ang, A. F., Tan, L. P., Tahir, P. M. 2018. Thermal treatment of wood using vegetable oils: A review. *Construction and Building Materials*. 181: 408-419.
- Lim, T. K. 2013. *Spathodea campanulata*. In *Edible medicinal and non-medicinal plants: Volume 7, Flowers* (pp. 559–570). Dordrecht.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. ISSG. Auckland.
- Lukmandaru, G., Susanti, D., Widyorini, R. 2018. Chemical properties of modified mahogany wood by heat treatment. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 7(1), 37-46.

- Mandraveli, E., Mitani, A., Terzopoulou, P., Koutsianitis, D. 2024. Oil heat treatment of wood—a comprehensive analysis of physical, chemical, and mechanical modifications. *Materials*, 17(10): 2394.
- Ma'ruf, S. D., Bakri, S., dan Hidayat, W. 2020. Pengaruh *oil heat treatment* terhadap perubahan warna dan stabilitas dimensi kayu gmelina (*Gmelina arborea*) dan kelapa (*Cocos nucifera*). in: *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan LPPM Universitas Lampung*. Bandar Lampung.(pp-218–221).
- Meyer, L., Brischke, C., Treu, A., Larsson-Brelid, P. 2016. Critical moisture conditions for fungal decay of modified wood by basidiomycetes as detected by pile tests. *Holzforschung*, 70(4): 331-339.
- Militz H, Altgen M 2014 Processes and properties of thermally modified wood manufactured in Europe. In *Deterioration and Protection of Sustainable Biomaterials*. 11(58): 269- 285.
- 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.
- Munir, A. 2018. Pengaruh umur tanaman terhadap dimensi pohon sengon (*Paraserianthes falcataria* L.) pada Ketinggian tempat tumbuh yang berbeda. *Wanamukti: Jurnal Penelitian Kehutanan*. 21(1): 67-82.
- Nasri, N., Ngakan, P. O. 2022. Jenis asing invasif: Kiacret (*Spathodea campanulata* P. Beauv.) di Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung, Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 19(2): 193-206.
- Nuraini, R., Harlena, S., Amalya, F., Ariestiandy, D. 2023. Klasifikasi jenis tanaman *fast growing species* menggunakan algoritma radial basis function berdasarkan citra daun. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*. 4(4): 2005-2014.
- Pari, G. 1996. Analisis komponen kimia dari kayu sengon dan kayu karet pada beberapa macam umur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 14(8): 321-327.
- Pasaribu, G., Sisilia, L. 2021. Peningkatan mutu kayu jati (*Tectona grandis*) hasil penjarangan asal Kabupaten Cianjur. *Tengkawang: Jurnal Ilmu Kehutanan*. 2(1): 14-23.
- Perdoch, W., Treu, A., Mazela, B., Majka, J., Czajkowski, Ł., Olek, W. 2024. Hydrophobic and hygroscopic properties of cellulose treated with silicone agents. *European Journal of Wood and Wood Products*. 82(1): 1-12.

- Permana, A. T., Suri, I. F., Febryano, I. G., Hidayat, W. 2025. The effect of oil heat treatment on the color and the community's color preferences of two *Gigantochloa* species. *Global Forest Journal*. 3(02): 94-102.
- Pétrissans, M., Pétrissans, A., Gérardin, P. 2013. Pore size diameter, shrinkage and specific gravity evolution during the heat treatment of wood. *Journal of Innovation In Forest Industry And Engineering Design*. 1(3): 18–24.
- PIER. 2016. Pacific island ecosystems at risk: *Spathodea campanulata*. http://www.hear.org/pier/species/spathodea_campanulata.htm
- Pimenta, V. R. A., Dias, M. M., Reis, M. G. 2020. Hummingbird (*Aves: Trochilidae*) assemblage using resources from the exotic African tulip tree, *Spathodea campanulata* (Bignoniaceae) in a Neotropical altered environment, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 81(1): 137-143.
- 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. in: *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan* LPPM Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia. pp. 212–217
- Prihatini, E., Wahyuningtyas, I., Rahayu, I. S., Ismail, R. 2023. Pengaruh larutan furfural alkohol dan nanopartikel SiO₂ pada beberapa metode impregnasi kayu jabon. *Indonesian Journal of Laboratory*. (3): 7-13.
- Prihatini, E., Wahyuningtyas, I., Rahayu, I. S., Ismail, R. 2023. Modification of fast-growing wood into magnetic wood with impregnation method using Fe₃O₄ nanoparticles. *Jurnal Sylva Lestari*. 11(2): 204-217.
- Putra, A. F. R., Wardenaar, E., Husni, H. 2018. Analisa komponen kimia kayu sengon (*Albizia falcataria* (L.) Fosberg) berdasarkan posisi ketinggian batang. *Jurnal Hutan Lestari*. 6(1): 83-89.
- Rangaiah, K., Purnachandra, R. S., Solomon, R. A. J. 2004. Bird-pollination and fruiting phenology in *Spathodea campanulata* Beauv (Bignoniaceae). *Beitrage zur Biologie der Pflanzen*. 73(3), 395.
- Ross R. 2021. *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. Madison. Department of Agriculture Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Rudjiman. 1994. *Dendrologi*. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Sandberg, D., Kutnar, A. 2016. Thermally modified timber: recent developments in Europe and North America. *Wood and fiber science*. 48(1): 28-39.

- Sandberg, D., Kutnar, A., Mantanis, G. 2017. Wood modification technologies-a review. *iForest-Biogeosciences and forestry*. 10(6): 895-908.
- Sarjono, A., Lahjie, A.M., Kristiningrum, R., Herdiyanto. 2017. Produksi kayu bulat dan nilai harapan lahan jabon (*Anthocephalus cadamba*) di PT Intraca Hutani Lestari. *Jurnal Hutan Tropis*. (5)1: 22-30.
- Sayfullah, M.S., Bahar, S. B., Mirna, M., Susanto, H.K. 2022. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Yang Menggunakan Bahan Tambah Karbon Sisa Pembakaran Kayu. *SCEJ (Shell Civil Engineering Journal)*. 7(2), 70-80.
- Sitepu, B. S. 2020. Keragaman dan pengendalian tumbuhan invasif di KHDTK Samboja, Kalimantan Timur (*Diversity and management of invasive plants in Samboja research forest, Kalimantan Timur*). *Jurnal Sylva Lestari*. 8(3): 351-365.
- Sundqvist, B., Morén, T. 2002. The influence of wood polymers and extractives on wood colour induced by hydrothermal treatment. *European Journal of Wood and Wood Products*, 60(5): 375-376.
- 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.
- Suri, I. F., Kim, J. H., Purusatama, B. D., Yang, G. U., Prasetya, D., Lee, S. H., Hidayat, W., Febrianto, F., Park, B. H., dan Kim, N. H. 2021a. 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., Prasetya, D., Kwon, G. J., 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*. 80(6): 1389-1399.
- Suri, I. F., Purusatama, B. D., Lee, S., Kim, N., Hidayat, W., Ma'ruf, S. D., Febrianto, F. 2021b. 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., Hidayat, W., Hwang, W. J., Iswanto, A. H., Park, S. Y., Lee, S. H., Kim, N. H. 2023. Durability of heat-treated *Paulownia tomentosa* and *Pinus koraiensis* woods in palm oil and air against brown- and white-rot fungi. *Scientific Reports*. 13(1): 21929.

- Suryandari, E. Y. 2008. Analisis permintaan kayu bulat industri pengolahan kayu. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 5(1): 15-26.
- Świątek, Ł., Sieniawska, E., Sinan, K.I., Zengin, G., Uba, A.I., Bene K, Maciejewska-Turska, M., Rajtar, B., Polz-Dacewicz, M., Aktumsek, A. 2022. Bridging the chemical profiles and biological effects of *Spathodea campanulata* extracts: a new contribution on the road from natural treasure to pharmacy shelves. *Molecules*. 27(15): 46-59.
- Syadza, M. A. F., Dewi, B. S. 2022. Dominansi Spesies Tumbuhan Asing *Spathodea campanulata* di Resort Pemerihan, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. In *Prosiding. Seminar Nasional Konservasi*. 2(34): 257-264 .
- Tiryaki, S., Yildiz, U. C. 2015. Prediction of heat-treated wood color change using artificial neural network models. *Measurement*. 63: 30–35.
- Tjitrosoedirdjo, S., Tjitrosoedirdjo, S. S., Setyawati, T. 2016. *Tumbuhan Invasif dan Pendekatan Pengelolaannya*. Seameo Biotrop. Bogor.
- Trisanti, P. N., Setiawan, S., Nura'ini, E., Sumarno, S. 2018. Ekstraksi selulosa dari serbuk gergaji kayu sengon melalui proses delignifikasi alkali ultrasonik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 19(3): 113-119.
- Tukan, C. J. M., Yulianti, J. M., Darusman, D. 2012. Pemasaran kayu dari lahan petani di Provinsi Lampung. *Agrivita*. 26(1): 131-141.
- Umar, I., Zaidon, A., Lee, S.H., Halis, R. 2016. Oil heat treatment of rubberwood for optimum changes in chemical constituents and decay resistance. *Journal of Tropical Forest Science*. 28(1): 88-96.
- Umasugi, F., Nurmawan, W., Saroisong F. 2021. Produksi serasah pohon *Spathodea campanulata*, *Ficus benjamina* dan *Palaquium obovatum* di Taman Hutan Raya Gunung Tumpa. *Cocos*. 8(8):1-13.
- Utama, R. C., Febryano, I. G., Herwanti, S., 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.
- Valverde, J. C., Moya, R. 2014. Correlation and modeling between color variation and quality of the surface between accelerated and natural tropical weathering in *Acacia mangium*, *Cedrela odorata* and *Tectona grandis* wood with two coating. *Color Research & Application*. 39(5): 519-529.
- Wahab, R., Edin, T., Mokhtar, N., Sulaiman, M. S., Ghani, R. S. M., & Razak, M. H. 2020. Monitoring Changes in the Colour, Strength and Chemical Properties of Oil Heat Treated 18-Years Old Cultivated *Acacia mangium*. *Recent Research Advances in Biology*. 4(5): 48-66.

- Wajdi, F., Seplyana, D., Juliastuti, J., Rumahlewang, E., Fatchiatuzahro, F., Halisa, N. N., Rusmalinda, S., Kristiana, R., Niam, M.F., Purwanti, E.W., Melinasari, S., Kusumaningrum, R. 2024. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Penerbit Widina. Bandung
- Wang, J. Y., Cooper, P. A. 2005. Effect of oil type, temperature and time on moisture properties of hot oil-treated wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*. 63(6): 417-422.
- Welzbacher, C.R, Brischke, C., Otto Rapp, A. 2007. Influence of treatment temperature and duration on selected biological, mechanical, physical and optical properties of thermally modified timber. *Wood Material Science and Engineering*. 2(2): 66-76.
- Wulandari, F. T., Amin, R. 2022. Sifat fisika dan mekanika papan laminasi kayu sengon: physical and mechanical properties of laminate boards sengon wood. *HUTAN TROPIKA*. 17(1): 40-50.
- Yuliana, S., Lekitoo, K. 2018. Invasive alien plants of Sorong City protected forest management unit (PFMU), West Papua. In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* 4(1): 92-96).
- Zevan, R., Ma'ruf, S. D., Riniarti, M., Duryat, and Hidayat, W. 2020. Karakteristik kayu gmelina (*Gmelina arborea*) dan mindi (*Melia adezarch*) setelah perlakuan panas dengan minyak. in: *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan* LPPM Universitas Lampung, Bandar Lampung. pp. 421-425.
- Zhan, T., Zhu, J., Liu, Z., Li, T., Peng, H., Jiang, J., Lyu, J. 2022. Meta-analysis of chromatic properties of heat-treated wood. *European Journal of Wood and Wood Products*. 80(4): 851-858.