

**PENGARUH SUHU PERLAKUAN PANAS DENGAN MINYAK
TERHADAP PERUBAHAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS KAYU
SENGON (*Falcataria moluccana*) DAN KAYU KELAPA (*Cocos nucifera*)**

(SKRIPSI)

Oleh

Muhammad Abdillah



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2020**

ABSTRAK

PENGARUH SUHU PERLAKUAN PANAS DENGAN MINYAK TERHADAP PERUBAHAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS KAYU SENGON (*Falcataria moluccana*) DAN KAYU KELAPA (*Cocos nucifera*)

Oleh

MUHAMMAD ABDILLAH

Kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan jenis tanaman yang banyak diusahakan di hutan rakyat dan memiliki potensi sebagai alternatif pasokan kayu di Indonesia. Namun kayu sengon dan kelapa memiliki kualitas yang rendah dibandingkan kayu dari hutan alam, sehingga diperlukan inovasi teknologi yang dapat memperbaiki kualitas kayu. Salah satu teknologi yang diduga potensial untuk meningkatkan stabilitas dimensi dan kekuatan kayu adalah modifikasi kayu. Salah satu teknologi modifikasi kayu yang relatif sederhana dan ramah lingkungan adalah perlakuan panas. Perlakuan panas adalah pemaparan kayu pada suhu berkisar antara 160°C-260°C menggunakan berbagai media pemanasan seperti uap dan minyak nabati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu perlakuan panas dengan minyak atau *Oil Heat Treatment* (OHT) terhadap sifat fisis dan mekanis kayu sengon dan kelapa. Proses OHT dilakukan pada suhu 180°C, 200°C, 220°C, dan 240°C selama 2 jam dengan

Muhammad Abdillah

menggunakan minyak nabati sebagai media pemanasan. Evaluasi sifat fisis meliputi perubahan warna, perubahan berat, susut volume, kerapatan, kadar air kesetimbangan, dan daya serap serap air. Evaluasi sifat mekanik dilakukan dengan menguji kekerasan dan kekuatan tekan kayu. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan suhu pada proses OHT mempengaruhi perubahan sifat fisis kayu sengon dan kelapa. Peningkatan suhu OHT menyebabkan perubahan warna keseluruhan (ΔE^*) yang masuk dalam klasifikasi $\Delta E^* > 12$ (perubahan warna total). Perubahan berat dan penyusutan volume yang semakin tinggi, kerapatan, kadar air dan daya serap yang menurun setelah diberi perlakuan OHT. Peningkatan suhu pada modifikasi panas mempengaruhi perubahan sifat mekanis kayu sengon dan kelapa meliputi kekuatan tekan dan kekerasan kayu yang menurun setelah di OHT.

Kata kunci: *oil heat treatment*, sifat fisis, sifat mekanis, suhu perlakuan.

**PENGARUH SUHU PERLAKUAN PANAS DENGAN MINYAK
TERHADAP PERUBAHAN SIFAT FISIS MEKANIS KAYU SENGON
(*Falcataria moluccana*) DAN KAYU KELAPA (*Cocos nucifera*)**

Oleh

Muhammad Abdillah

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2020**

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	5
1.3. Manfaat Penelitian	5
1.4. Kerangka Pemikiran	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Potensi Kayu Sengon dan Kelapa.....	9
2.2. Gambaran Umum Sengon (<i>Falcataria moluccana</i>) dan Kayu Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>).....	12
2.2.1. Sengon (<i>Falcataria moluccana</i>)	12
2.2.2. Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>)	14
2.3. Modifikasi Kayu	16
2.4. Perlakuan Panas dengan Minyak.....	18
2.5. Sifat Fisis dan Mekanis Kayu.....	20
2.6. Warna Kayu	20
2.7. Perubahan Berat dan Susut Volume	22
2.8. Hubungan Kayu dan Air.....	22
III. METODE PENELITIAN	24
3.1. Waktu dan Tempat.....	24
3.2. Alat dan Bahan	24
3.3. Metode Pengambilan Data.....	25
3.3.1. Persiapan Sampel.....	25
3.3.2. Proses OHT.....	25
3.3.3. Pengkondisian Sampel OHT.....	27
3.4. Pengujian Sifat Fisis Kayu	27
3.4.1. Warna Kayu	27
3.4.2. Perubahan Berat dan Susut Volume	28
3.4.3. Kerapatan	28

	Halaman
3.4.4. Kadar Air dan Daya Serap	29
3.5. Pengujian Sifat Mekanis Kayu	30
3.5.1. Kekuatan Tekan	30
3.5.2. Kekerasan	31
3.6. Analisis Data	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Pengaruh Suhu Perlakuan Panas dengan Minyak (OHT) terhadap Sifat Fisis Kayu Sengon dan Kelapa	34
4.1.1. Perubahan Warna Kayu (L^* , a^* , b^* dan ΔE^*)	34
4.1.2. Perubahan Berat dan Susut Volume	44
4.1.3. Kerapatan	50
4.1.4. Kadar Air dan Daya Serap Air	53
4.2. Pengaruh Suhu perlakuan OHT terhadap Perubahan Sifat Mekanis Kayu Sengon dan Kelapa	59
4.2.1. Kekerasan Kayu	59
4.2.2. Kekuatan Tekan	63
V. SIMPULAN DAN SARAN	67
5.1. Simpulan	67
5.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1	Analisis ragam perubahan sifat fisis dan mekanis kayu sengon dan kelapa.	32
2	Hasil Uji ANOVA pada parameter kecerahan (L^*).	36
3	Hasil Uji Lanjut Duncan parameter L^* untuk suhu perlakuan sengon dan kelapa.	37
4	Hasil Uji Lanjut Duncan parameter L^* untuk suhu perlakuan sengon.	37
5	Hasil Uji Lanjut Duncan parameter L^* untuk suhu perlakuan kelapa.	37
6	Hasil Uji ANOVA pada parameter perubahan warna keseluruhan (ΔE^*).	41
7	Hasil Uji Lanjut Duncan parameter ΔE^* untuk suhu perlakuan sengon dan kelapa.	41
8	Hasil Uji Lanjut Duncan parameter ΔE^* untuk suhu perlakuan sengon.	42
9	Hasil Uji Lanjut Duncan parameter ΔE^* untuk suhu perlakuan kelapa.	42
10	Hasil Uji ANOVA pada parameter perubahan berat (PB).	46
11	Hasil Uji Lanjut Duncan parameter PB untuk suhu perlakuan sengon dan kelapa.	46

Tabel	Halaman
12 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter PB untuk suhu perlakuan sengon.....	46
13 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter PB untuk suhu perlakuan kelapa.....	47
14 Hasil Uji ANOVA pada parameter susut volume (<i>VS</i>).	49
15 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter VS untuk suhu perlakuan sengon dan kelapa.....	49
16 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter VS untuk suhu perlakuan sengon.....	50
17 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter VS untuk suhu perlakuan kelapa.....	50
18 Hasil Uji ANOVA pada parameter kerapatan (ρ).....	52
19 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter ρ untuk suhu perlakuan sengon dan kelapa.....	54
20 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter ρ untuk suhu perlakuan sengon.....	53
21 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter ρ untuk suhu perlakuan kelapa.....	53
22 Hasil Uji ANOVA pada Uji kadar air (<i>EMC</i>).	55
23 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter <i>EMC</i> untuk suhu perlakuan sengon dan kelapa.....	56
24 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter <i>EMC</i> untuk suhu perlakuan sengon.....	56
25 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter <i>EMC</i> untuk suhu perlakuan kelapa.....	56
26 Hasil Uji ANOVA pada parameter daya serap (<i>WA</i>).	58

Tabel	Halaman
27 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter <i>WA</i> untuk suhu perlakuan sengon dan kelapa.....	58
28 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter <i>WA</i> untuk suhu perlakuan sengon.....	59
29 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter <i>WA</i> untuk suhu perlakuan kelapa.....	59
30 Hasil Uji ANOVA pada parameter kekerasan.....	62
31 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter kekerasan untuk suhu perlakuan sengon dan kelapa.....	62
32 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter kekerasan untuk suhu perlakuan sengon.....	62
33 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter kekerasan untuk suhu perlakuan kelapa.....	63
34 Hasil Uji ANOVA pada parameter kekuatan tekan.....	65
35 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter kekuatan tekan untuk suhu perlakuan sengon dan kelapa.....	65
36 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter kekuatan tekan untuk suhu perlakuan sengon.....	65
37 Hasil Uji Lanjut Duncan parameter kekuatan tekan untuk suhu perlakuan kelapa.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1.	Diagram alir kerangka penelitian.....	8
2.	Temperatur dan durasi OHT.	26
3.	Proses OHT.....	26
4.	Pengaruh suhu OHT terhadap parameter kecerahan (L^*) pada kayu sengon dan kelapa.....	35
5.	Pengaruh suhu OHT terhadap parameter kromatisitas merah ke hijau (a^*) pada kayu sengon dan kelapa.	38
6.	Pengaruh suhu OHT terhadap parameter kromatisitas kuning ke biru (b^*) pada kayu sengon dan kelapa.	39
7.	Pengaruh suhu setelah OHT terhadap parameter perubahan warna keseluruhan (ΔE^*).	40
8.	Perubahan warna kayu sebelum dan sesudah OHT pada suhu yang berbeda: (a) Kayu sengon dan (b) Kayu kelapa.	43
9.	Persentase perubahan berat (PB) setelah OHT.	45
10.	Persentase susut volume (VS) setelah OHT.....	48
11.	Kerapatan kayu (ρ) setelah OHT.	51
12.	Persentase kadar air (EMC) sebelum dan setelah OHT.....	54
13.	Persentase daya serap (WA) sebelum dan setelah OHT.....	57
14.	Kekerasan kayu sebelum dan setelah OHT.	61
15.	Kekuatan tekan sebelum dan setelah OHT.....	64

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Kayu merupakan salah satu hasil dari sumber daya alam yang penting yaitu hutan (Iskandar dan Supriadi, 2017). Kayu biasanya dikenal sebagai bahan bangunan yang sering digunakan dan terus mengalami peningkatan kebutuhannya terutama digunakan sebagai bahan furnitur dan bangunan (Priadi dan Maretha 2015; Utama *et al.*, 2019). Bahan bangunan gedung dan perumahan umumnya menggunakan jenis-jenis kayu yang berkualitas baik, misalnya kayu meranti (*Shorea spp*), kayu keruing (*Dipterocarpus kunstleri* King) dan lain-lain, namun potensi/ketersediaan jenis kayu tersebut semakin menurun, di sisi lain permintaan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya perkembangan pembangunan perumahan penduduk (Suroño dan Arsad, 2010). Kebutuhan pasokan kayu terus meningkat, namun belum bisa terpenuhi secara optimal karena tutupan lahan hutan yang semakin menurun (Hidayat *et al.*, 2017a).

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, pada tahun 2016 terjadi peningkatan pemanfaatan kayu dari hutan tanaman, dengan jenis pohon cepat tumbuh sekitar 10% supaya memenuhi kebutuhan kayu di industri

(Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2017). Produksi kayu bulat dari hutan alam dan hutan tanaman seluruh Indonesia pada tahun 2018 yaitu 7.020.985,76 m³ dan 40.945.378,90 m³ (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2019) Menurut Sarjono *et al.* (2017), dengan berkurangnya luasan hutan alam, maka perlu dikembangkan hutan tanaman sebagai penghasil bahan baku kayu untuk kebutuhan manusia atau untuk kebutuhan industri. Pasokan bahan baku kayu yang terbatas pada industri perindustrian nasional membuat industri perindustrian beralih pada bahan baku pengganti seperti kayu sengon (*Falctaria moluccana*), kayu karet (*Hevea brasiliensis*), kayu akasia mangium (*Acacia mangium*) dan kayu kelapa (*Cocos nucifera*) (Balfas, 2007; Tjoanda, 2014). Kayu kelapa adalah jenis kayu yang banyak ditemukan di negara tropis seperti Indonesia (Phebryanti, 2015). Kayu kelapa hingga saat ini dikenal sebagai tanaman kehidupan, karena hampir setiap bagian tanaman ini dapat dimanfaatkan. Kayu kelapa merupakan salah satu bagian dari tanaman kelapa yang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan (Harsono, 2015).

Fungsi kayu kelapa sebagai pengganti kayu baku secara mekanis dapat terpenuhi, namun secara fisis memiliki kekurangan yang muncul sehubungan dengan stabilitas dimensi kayu kelapa (Tjoanda, 2014). Kayu sengon termasuk kayu yang berasal dari hutan tanaman, pada umumnya tergolong ke dalam jenis kayu cepat tumbuh (*fast growing species*) yang kualitasnya lebih rendah jika dibandingkan dengan kayu yang berasal dari hutan alam, baik kerapatan, kekerasan dan kekuatannya (Nandika *et al.*, 2015). Rendahnya kualitas kayu sengon terutama

disebabkan oleh massa kayu masih didominasi oleh massa kayu muda (*juvenile wood*) dengan sel-sel kayu yang masih pendek dan dinding sel yang relatif tipis jika dibandingkan dengan kayu dewasa (*mature wood*) (Darmawan *et al.*, 2013).

Kayu sengon dan kayu kelapa juga rentan terhadap berbagai kerusakan yang diakibatkan organisme perusak kayu. Kayu kelapa rentan terhadap serangan serangga organisme semacam *mycoplasma* dan jamur (Tjoanda, 2014). Kondisi tersebut menyebabkan pemanfaatan dan nilai ekonomi kayu sengon dan kayu kelapa relatif rendah. Kayu sengon dan kelapa diharapkan menjadi jenis yang semakin penting bagi industri perkayuan di masa yang akan datang, terutama ketika persediaan kayu pertukangan dari hutan alam semakin berkurang (Febrianto *et al.*, 2010; Krisnawati *et al.*, 2011; Utama *et al.*, 2019). Supaya pemanfaatan kayu sengon dan kelapa dapat optimal sehingga mampu menggantikan peranan kayu hutan alam yang dipergunakan selama ini, diperlukan inovasi teknologi yang dapat memperbaiki kualitas kayu.

Salah satu teknologi yang diduga potensial untuk meningkatkan stabilitas dimensi dan kekuatan kayu adalah modifikasi kayu. Kerusakan kayu dapat diminimalisir dengan modifikasi kayu, salah satunya melalui perlakuan panas (Esteves dan Pereira 2009). Modifikasi kayu dengan perlakuan panas adalah metode yang efektif dalam meningkatkan stabilitas dimensi dan daya tahan kayu terhadap kerusakan yang disebabkan oleh jamur pembusuk (Paul *et al.*, 2005). Menurut Abimanyu *et al.* (2019), kerusakan tanaman oleh faktor biotik dan abiotik akan

terlihat dari penampakan organ tanaman yang mengalami ketidaknormalan maupun adanya organisme pengganggu. Perlakuan panas adalah pemaparan kayu pada suhu berkisar antara 160°C-260°C, di mana suhu kurang dari 160°C tidak menyebabkan perubahan berarti pada kayu sementara suhu lebih dari 260°C menyebabkan penurunan kualitas kayu (Esteves dan Pereira, 2009; Lee *et al.*, 2018). Perlakuan panas dapat mengurangi sifat higroskopis pada kayu dan memperbaiki stabilitas dimensi pada kayu (Wang dan Cooper, 2005). Hill (2006) menyatakan bahwa modifikasi panas pada kayu menyebabkan perubahan warna kayu menjadi lebih gelap tergantung suhu dan waktu perlakuan panas. Perlakuan panas dapat dilakukan pada media yang berbeda-beda seperti nitrogen, uap panas, udara, dan minyak (Hidayat dan Febrianto, 2018a).

Perlakuan panas dengan minyak atau *oil heat treatment* (OHT) menggunakan media minyak nabati pada kondisi kadar oksigen yang terbatas untuk mencegah kayu terbakar selama proses perlakuan panas (Esteves dan Pereira 2009; Hidayat dan Febrianto *et al.*, 2018b). Minyak yang tidak jenuh dapat teroksidasi ketika terpapar oksigen di atmosfer yang menjadi lapisan pelindung di permukaan kayu (Lee *et al.*, 2018). Secara umum perlakuan panas menurunkan kekuatan kayu, tetapi pada taraf yang masih bisa dimaklumi. Supaya penurunan kekuatan kayu tidak terlalu tinggi dan masih dapat dimaklumi, maka penentuan suhu tertentu dalam penggunaannya sangat perlu dilakukan.

Penelitian tentang perlakuan panas telah dilakukan sebelumnya (Esteves dan Pereira, 2009; Pratama, 2013; Militz dan Altgen, 2014; Hidayat *et al.*, 2015; Priadi dan Maretha, 2015; Candelier, 2016; Gerardin, 2016; Hidayat *et al.*, 2016; Hidayat *et al.*, 2017b; Hidayat dan Febrianto, 2018b; Lukmandaru *et al.*, 2018; Mejias dan Moya, 2018; Sulistyowati, 2019). Berdasarkan penelusuran literatur, penelitian tentang OHT kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan kayu kelapa (*Cocos nucifera*) belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu OHT terhadap sifat fisis dan mekanis kayu sengon dan kelapa.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini, yaitu.

1. Mengetahui pengaruh suhu perlakuan panas dengan minyak (OHT) terhadap perubahan sifat fisis kayu sengon dan kelapa.
2. Mengetahui pengaruh suhu OHT terhadap perubahan sifat mekanis kayu sengon dan kelapa.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah modifikasi panas dengan minyak dapat dijadikan salah satu solusi perbaikan mutu kayu. Ditinjau dari hasil penelitian modifikasi panas dengan minyak mampu memperbaiki sifat-sifat kayu

terutama kayu yang dihasilkan dari pohon cepat tumbuh. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai bahan referensi dan bahan baku acuan bagi pemerintah, mahasiswa dan masyarakat untuk menentukan suhu perlakuan panas dengan minyak yang optimal terhadap sifat fisis mekanis kayu kelapa dan sengon.

1.4. Kerangka Pemikiran

Sejumlah penelitian tentang perlakuan panas telah dilakukan sebelumnya antara lain: Esteves dan Pereira (2009), telah melakukan peninjauan komprehensif tentang modifikasi kayu dengan perlakuan panas. Ulasan tentang metode panas perlakuan kayu untuk menghasilkan kayu komposit dengan sifat yang lebih baik telah disusun oleh (Palaez-Smaniago *et al.*, 2013). Ketahanan kayu mindi (*Melia azedarach* L.) dari rayap kayu kering *Cryptotermes cynocephalus* setelah perlakuan pemanasan (Pratama, 2013). Militz dan Altgeen (2014), telah meninjau beberapa penelitian perlakuan panas komersial metode modifikasi pada kayu di Eropa dan pengaruhnya terhadap sifat kayu.

Sifat keawetan dan fisis-mekanis kayu kecap dan rambutan setelah perlakuan pemanasan minyak sebagai upaya peningkatan mutu kayu ramah lingkungan (Priadi dan maretha, 2015). Hidayat *et al.* (2015), mengevaluasi pengaruh suhu dan metode penjepitan selama perlakuan panas pada sifat fisik dan mekanik kayu Okan. Berbagai alternatif non-biosida untuk kayu pelestarian di mana beberapa metode perlakuan panas dan kimia dikaji oleh (Gerardin, 2016). Candelier

(2016), telah melakukan ulasan terfokus pada resistensi pembusukan kayu yang diberikan perlakuan panas. Hidayat *et al.* (2016), mengevaluasi pengaruh durasi perlakuan dan penjemputan selama modifikasi panas kayu Okan. Pengaruh pengekgangan mekanik terhadap pengurangan cacat pengeringan pada kayu Okan yang dipanaskan (Hidayat *et al.*, 2017a).

Pengaruh pengekgangan mekanik pada sifat pinus putih Korea (*Pinus koraiensis*) dan royal paulownia (*Pauwlonia tomentosa*) melalui perlakuan panas (Hidayat *et al.*, 2017d). Perubahan warna dan preferensi konsumen terhadap warna pinus putih Korea (*Pinus koraiensis*) dan royal paulownia (*Pauwlonia tomentosa*) yang dipanaskan diulas oleh Hidayat *et al.* (2017d). Mejias dan Moya (2018), membahas tentang pengaruh *thermo-treatment* terhadap sifat fisik-mekanik, warna, daya tahan jamur kayu jati dan gmelina dari hutan tanaman.

Ulasan tentang sifat kimia kayu mahoni yang dimodifikasi dengan perlakuan panas (Lukmandaru *et al.*, 2018). Hidayat *et al.* (2018b), meningkatkan sifat warna dan stabilitas dimensi kayu gmelina (*Gmelina arborea*) dan mindi (*Melia azedarach*) melalui perlakuan panas. Ulasan tentang efek perlakuan panas dan penggunaan *aluminium foil* pada sifat fisik dan mekanik kayu (Sulistyowati, 2019). Berdasarkan penelusuran literatur, penelitian tentang OHT kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan kayu kelapa (*Cocos nucifera*) belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk

mengetahui pengaruh OHT terhadap sifat fisik dan mekanis kayu sengon dan kelapa. Diagram alir kerangka pikir disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Potensi Kayu Sengon dan Kelapa

Menurut Indosaptono *et al.* (2014), ada sekitar 4.000 kayu di Indonesia dan dari 4.000 jenis kayu tersebut baru sebagian kecil saja yang telah diketahui sifat dan kegunaannya. Akibatnya jenis kayu lain yang justru memiliki potensi lebih besar, ternyata di hati masyarakat pemakaian kayu masih sedikit peminatnya. Persoalan sedikitnya minat masyarakat pemakai kayu harus dipecahkan, supaya semua jenis kayu yang telah diketahui sifat-sifatnya bisa dimanfaatkan secara menyeluruh dan terpadu, salah satu diantaranya adalah kayu sengon dan kayu kelapa. Menurut Fauzan *et al.* (2019), tingginya laju pertumbuhan populasi manusia menyebabkan kebutuhan akan kayu semakin meningkat.

Kebutuhan kayu semakin meningkat saat ini seiring pertambahan penduduk sementara kayu yang berasal dari hutan negara jumlahnya semakin berkurang sehingga hutan negara tidak bisa lagi diandalkan sebagai pemasok kayu bagi masyarakat (Herwanti, 2015). Salah satu masalah yang perlu diantisipasi oleh industri perkayuan di Indonesia saat ini yaitu ketersediaan bahan baku kayu

(Sulastiningsih *et al.*, 2006). Sehingga pengembangan bahan baku sebagai alternatif kayu sangat diperlukan (Hidayat *et al.*, 2019).

Kayu sangat potensial dengan berbagai jenisnya, karakter yang dimiliki dan variabilitas beragam, maka sangat perlu diteliti sifat-sifat kayu sehingga dapat diketahui kemampuan kayu untuk penggunaannya menyangkut higroskopisitas (kemampuan kayu menyerap dan menghilangkan air), stabilitas dimensi, warna kayu, kerapatan dan kemampuan lainnya sehingga penggunaan kayu bisa dimanfaatkan secara lebih luas (Kailola *et al.*, 2019). Seiring perkembangan jaman, penebangan kayu liar marak terjadi dan menimbulkan keterbatasan pasokan bahan baku kayu pada industri perindustri nasional, sehingga perlahan industri perindustri mulai mencari alternatif bahan pengganti seperti kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan kayu kelapa (*Cocos nucifera*).

Kebutuhan ekonomi menjadi alasan petani hutan rakyat menanam jenis kayu cepat tumbuh (Anatika *et al.*, 2019; Winarni *et al.*, 2019). Menurut Pratama *et al.* (2015); Puspita *et al.* (2020); Wanderi *et al.* (2019), pengelolaan hutan rakyat pada umumnya dilakukan secara sederhana dan tradisional oleh masyarakat setempat, biasanya ditanami tanaman pangan dan juga tumbuhan berkayu. Berdasarkan penelitian Pratiwi *et al.* (2019), biasanya jenis kayu yang ditanami oleh petani di lahan tersebut adalah jenis kayu sengon (*Falcataria moluccana*), durian (*Durio zibethinus*), jengkol (*Pithecellobium lobatum*), petai (*Parkia speciosa*), mahoni (*Swietenia macrophylla*), afrika (*Veronia amygdalina*) dan

randu (*Ceiba pentandra*). Sengon merupakan salah satu jenis pohon cepat tumbuh yang ditanam di hutan rakyat (Hidayat *et al.*, 2017c). Jangka waktu panen kayu sengon berkisar 4 - 6 tahun dan penjualan kayu sengon juga lebih mudah dilakukan (Putra *et al.*, 2018; Astana *et al.*, 2016; Kusnawati *et al.*, 2018; Utama *et al.*, 2019). Kayu sengon termasuk kayu kelas kuat IV sampai V dengan berat jenis rata-rata 0,33 serta kelas awet IV sampai V. Secara umum kayu sengon mempunyai nilai penyusutan yang rendah. Menurut Hartanto (2011), anggapan miring terhadap kayu sengon memang tak salah. Kayu *Falcataria moluccana* itu berbobot jenis 0,33 dan kerapatan 0,46–0,65 g/cm³. Kategori tersebut menunjukkan kayu sengon dalam tingkat keawetan hanya kelas IV. Meski begitu kayu sengon dapat bertahan lama hingga 40-an tahun dengan pengawetan perlakuan panas.

Tanaman kelapa tumbuh menyebar dan dapat dijumpai hampir di seluruh Indonesia (Pramunendar dan Supriyanto, 2014). Menurut Phebryanti (2015), memanfaatkan kayu kelapa sebagai bahan material bisa mengurangi kelangkaan kayu-kayu mahal yang sedang terjadi. Pemanfaatan kayu kelapa berdasarkan penelitian Rangkang *et al.* (2016), menunjukkan bahwa bagian batang kelapa bawah luar memberikan performa yang lebih baik (unggul) dibandingkan dengan bagian batang kelapa lainnya. Lebih lanjut, nilai dari hampir semua jenis pengujian, yang meliputi: berat jenis, kadar air, kuat tekan sejajar serat, kuat tekan tegak lurus serat, kekerasan, kuat geser sejajar serat, kuat tarik sejajar serat, penyusutan volumetris dan kuat lentur kayu kelapa, cenderung memberikan trend

yang sama. Fenomena tersebut terlihat pada semua kayu kelapa dari berbagai daerah (lokasi pengambilan) yang diuji.

Biasanya kayu kelapa tidak banyak digunakan secara maksimal, selain dapat diolah karena memiliki motif serat yang menarik, penggunaan batang kayu kelapa dapat membantu mengurangi limbah kayu kelapa. Selama ini kayu kelapa secara tradisional lebih banyak digunakan sebagai konstruksi berat, seperti balok dan kaso. Penggunaan kayu kelapa mulai divariasikan sebagai komponen bangunan seperti pintu, jendela, lantai, dan perabotan. Akhir-akhir ini karena kekhawatiran tentang bumi dan pemanasan global, kayu kelapa telah digunakan secara efektif sebagai pengganti kayu konvensional dalam beberapa tujuan, terutama komponen perumahan, perabot dan kerajinan tangan, ini akan membantu mengurangi penggunaan kayu konvensional (Tjoanda, 2014).

2.2. Gambaran Umum Sengon (*Falcataria moluccana*) dan Kayu Kelapa (*Cocos nucifera*)

2.2.1. Sengon (*Falcataria moluccana*)

Klasifikasi yang dimiliki Sengon sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Fabales

Famili : Fabaceae
Genus : Falcataria
Spesies : *Falcataria moluccana*

Dalam bahasa latin, tanaman sengon umumnya dikenal dengan nama *Falcataria moluccana*, masuk dalam *famili Fabaceae*. Nama sengon sempat berganti-ganti dalam kurun waktu sekitar dua puluh tahun, mengikuti kajian para taksonom, yaitu *Albizia falcataria*, berganti menjadi *Paraserianthes falcataria*, dan terakhir *Falcataria moluccana*. Ketiga nama ilmiah ini dibenarkan secara ilmiah, namun penggunaan *Falcataria moluccana* lebih dianjurkan (Baskorowati, 2014). Sengon disenangi masyarakat pada umumnya, karena tumbuhnya cepat, sehingga dapat segera menghasilkan dan kayunya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga atau menjadi penambah pendapatan keluarga. Sengon sudah dapat dipanen pada umur 4-6 tahun, dan dapat menghasilkan kayu bulat hingga 372 m³/ha. Pohon sengon banyak dikenal sebagai pohon yang serba guna, karena dari daun hingga perakarannya semua dapat dimanfaatkan (Safe'i, 2015).

Sengon memiliki ciri-ciri umum berupa pohon berukuran sedang hingga besar, tinggi bisa mencapai 40 m, tinggi batang bebas cabang 20 m. Sengon tidak memiliki banir, kulit licin, berwarna kelabu muda, bulat agak lurus. Diameter pohon dewasa dapat mencapai 100 cm atau lebih. Tajuk sengon berbentuk perisai, jarang, selalu hijau. Sengon berdaun majemuk, panjang 40 cm, terdiri dari 8-15 pasang tangkai daun berisi 15-25 helai daun. Buah berbentuk polong, pipih,

lurus dan tidak bersekat-sekat waktu muda berwarna hijau, berubah kuning sampai coklat setelah masak. Permintaan ekspor kayu sengon sampai dengan saat ini terus meningkat. Meningkatnya permintaan ekspor kayu sengon karena kayu sengon cocok digunakan sebagai bahan baku *veneer*, kayu gergajian, kayu lapis, papan partikel dan pulp dengan harga yang relatif murah (Mulyana dan Asmarahman, 2012).

2.2.2. Kelapa (*Cocos nucifera*)

Klasifikasi yang dimiliki Kelapa sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Ordo : Arecales
Famili : Arecaceae
Genus : *Cocos*
Spesies : *Cocos nucifera*

Istilah kayu kelapa telah dibakukan untuk material batang kelapa, namun tidak seperti pohon konvensional pada umumnya, kelapa (*Cocos nucifera* L) tidak termasuk dalam famili tumbuhan pohon, tetapi termasuk dalam keluarga tumbuhan palem (*Family arecaceae*). Seperti tumbuhan berbiji tunggal lainnya, kelapa memiliki bundel serat pembuluh (bintik-bintik merah coklat pada bagian-

silang yang tersebar di jaringan otot dasar *parenchymatic* yang berwarna kekuningan. Bundel tersebut berisi air dan sistem transportasi hara (pembuluh xilem dan floem) merupakan serat berdinding tebal yang memberikan kekuatan bagi batang dan berisi sel *parenchymatic paratracheal*. Pada prinsipnya, semakin ke pusat batang, kepadatannya semakin berkurang, dan ini terjadi pada sepanjang batang tersebut (Tjoanda, 2014).

Pada umumnya, batang kelapa mengarah lurus ke atas dan tidak bercabang, kecuali pada penanaman di pinggir sungai, tebing dan lain-lain. Pertumbuhan tanaman akan melengkung menyesuaikan arah sinar matahari. Pada ujung batang terdapat titik tumbuh yang merupakan jaringan meristem yang berfungsi membentuk daun, batang dan bunga. Setelah umur 3-4 tahun yaitu pada waktu pangkal batang terbentuk, maka lingkaran batang tidak akan tumbuh membesar lagi. Sifat fisis dan mekanis kayu kelapa akan berbeda di setiap daerah tergantung dari varietas, usia dan tempat tumbuh. Sebagai contoh: kayu kelapa dari Sulawesi berwarna coklat gelap, sedangkan yang dari pulau Jawa berwarna coklat terang (Gumirang, 2011).

Penggunaan batang kayu kelapa sebagai bahan baku pengganti kayu pada umumnya baru dimulai secara intensif dalam tahun terakhir 2014 (Tjoanda, 2014). Oleh karena itu, memperkenalkan jenis kayu kelapa kepada masyarakat umum akan sangat membantu dalam skala penggunaan kayu kelapa. Beberapa kekurangan kayu kelapa yang harus diatasi adalah kayu kelapa memiliki kadar air

yang cukup besar, mudah terserang jamur atau serangga, mudah mengalami pecah serat dan mudah lapuk jika terkena air (Phebryanti, 2015).

2.3. Modifikasi Kayu

Kayu memiliki kelebihan seperti tampilannya yang alami, indah, multifungsi, kuat, distribusi yang luas, mudah diproses, dan pastinya bahan yang terbarukan. Karakteristik alami juga dimiliki kayu, namun kurang menguntungkan seperti ketidakstabilan terhadap kelembaban serta terdegradasi oleh rayap, api, mikroorganisme, dan radiasi ultraviolet. Kayu yang cepat tumbuh memiliki kekurangan seperti berat jenis dan keawetan alami rendah yang berdampak pada ketahanan kayu serta stabilitas dimensi yang rendah (Arsad, 2015). Banyak cara bisa diterapkan untuk menanggulangi karakteristik yang kurang diinginkan dari kayu, seperti melakukan pengawetan kayu menggunakan formulasi bahan kimia beracun terhadap organisme perusak kayu. Tetapi penggunaan bahan kimia dalam proses perlakuan dengan bahan kimia menimbulkan kekhawatiran terkait dengan potensi dampaknya terhadap lingkungan, oleh sebab itu diperlukannya modifikasi kayu yang ramah lingkungan.

Modifikasi kayu didefinisikan sebagai semua jenis penerapan proses yang meningkatkan sifat-sifat kayu sesuai dengan yang diinginkan, sehingga sifat kayu yang ditingkatkan tidak hilang (Hill, 2006). Proses yang dilakukan meliputi

perlakuan kimia, biologis atau fisis pada kayu yang menghasilkan peningkatan sifat-sifat yang diinginkan selama masa penggunaan kayu termodifikasi tersebut. Metode modifikasi kayu terdiri dari modifikasi panas, modifikasi kimia, modifikasi permukaan dan modifikasi impregnasi (Hidayat dan Febrianto, 2018a).

Modifikasi panas adalah alternatif perlakuan ramah lingkungan yang menarik untuk review menambah nilai kayu yang kurang bernilai dengan meningkatkan warna, stabilitas dimensi, dan daya tahan alami (Esteves dan Pereira, 2009; Allegretti *et al.*, 2009; Zonuncio *et al.*, 2014; Hidayat *et al.*, 2017a). Modifikasi panas adalah peningkatan sifat-sifat kayu dengan cara mengaplikasikan suhu panas pada kayu dengan suhu tinggi 160°C-260°C dalam waktu singkat (Hill, 2006; Kocaefe *et al.*, 2015). Menurut Hidayat dan Febrianto (2018a), terdapat tiga fase dalam proses modifikasi panas, yaitu :

1. Fase pertama disebut fase pengeringan, terjadi antara suhu ruangan (sekitar 20°C-30°C) hingga 100°C. Pada fase pengeringan ini air bebas dalam rongga sel (*free water*) dan air terikat dalam sel (*bound water*) keluar melalui penguapan tanpa menyebabkan perubahan terhadap struktur dan komposisi kimia kayu (Pang *et al.*, 1994; Johanson *et al.*, 1997; Poncsak *et al.* 2006).
2. Fase kedua terjadi antara 140°C hingga 260°C, atau disebut fase modifikasi. Pada fase modifikasi, perubahan unsur kayu yang diinduksi oleh panas terjadi dan menyebabkan perubahan komposisi kimia kayu yang permanen. Fase modifikasi dianggap sebagai fase paling penting dari proses modifikasi panas karena menentukan degradasi dalam kayu atau tingkat modifikasi struktural

(Hill, 2006). Menurut Esteves dan Pererira (2009), perubahan yang terjadi pada fase modifikasi ini terutama tergantung pada suhu dan durasi yang digunakan.

3. Fase terakhir disebut fase pendinginan dan pengkondisian kayu. Pendinginan dilakukan dengan tujuan menurunkan suhu tanur dan pengkondisian dilakukan dengan tujuan supaya menyesuaikan kadar air kayu termodifikasi panas dengan kondisi kelembapan dan suhu lingkungan di mana produk kayu tersebut akan digunakan (Hill 2006).

Berdasarkan beberapa ulasan penelitian (Hidayat dan Febrianto, 2018a) bahwa pengembangan teknologi modifikasi panas terus dikembangkan pada beberapa dekade terakhir dengan munculnya berbagai produk kayu termodifikasi panas yang menembus pasar komersial seperti: *Thermo Wood, Plato Wood, Oil Heat Treatment, Perdure Wood dan Rectified Wood*.

2.4. Perlakuan Panas dengan Minyak

Menurut Hidayat dan Febrianto (2018a), perlakuan panas dengan minyak atau *Oil Heat Treatment* (OHT) dikembangkan oleh Prof. Dr. A. Rapp pada tahun 1998 yang bekerjasama dengan *Federal Research Centre for Forestry and Forest* di Hamburg. Perlakuan panas bisa meningkatkan daya saing kayu perkebunan cepat tumbuh menggunakan cara yang ramah lingkungan dengan mengatasi beberapa kekurangan seperti daya tahan rendah dan ketidakstabilan dimensi (Hill, 2006). Menurut (Dubey *et al.*, 2012), bahwa minyak tidak hanya berfungsi sebagai media

transfer panas tetapi juga mengecualikan oksigen dari spesimen yang diberi perlakuan panas, meminimalkan degradasi panas dari beberapa konstituen kayu.

Kayu merupakan bahan bangunan yang ideal karena terbarukan dan hijau. Namun, stabilitas dimensi dan daya tahan yang rendah dapat membatasi penggunaannya dalam aplikasi struktural. Oleh karena itu, modifikasi diperlukan untuk memperbaiki masalah tersebut. OHT sebagai metode modifikasi kayu yang ramah lingkungan dan sebagai media pemanas telah menarik perhatian peneliti-peneliti akan fakta bahwa minyak bisa berfungsi sebagai sebuah prosedur perlakuan yang sangat baik dalam memperlakukan kayu. Berdasarkan penelitian Lee *et al.* (2018), menyajikan sebuah review yang telah dilakukan beberapa peneliti tentang efek dari perlakuan panas dengan minyak pada sifat-sifat kayu seperti stabilitas warna, stabilitas dimensi, kekuatan mekanik dan daya tahan terhadap rayap dan jamur serta potensinya untuk digunakan sebagai konstruksi dan bahan bangunan. Ulasan penelitian yang dilakukan Lee *et al.* (2018), menyatakan bahwa minyak adalah media pemanasan yang baik untuk menyalurkan panas dengan mudah dan merata ke dalam sampel kayu. Perlakuan panas dengan minyak sangat tergantung pada jenis minyak yang digunakan. Oleh karena itu dalam penelitian ini menggunakan satu jenis minyak yang digunakan untuk semua sampel kayu yang di OHT.

2.5. Sifat Fisis dan Mekanis Kayu

Pengetahuan tentang sifat fisis dan mekanis kayu masih terbatas, sementara kayu sangat potensial dengan berbagai jenisnya, memiliki karakter dan variabilitas yang beragam maka sangat perlu diteliti sifat-sifat kayu supaya dapat diketahui kemampuan kayu dalam penggunaannya menyangkut higrokopisitas (kemampuan kayu menyerap dan menghilangkan air) dan kerapatan sehingga penggunaan kayu bisa dimanfaatkan secara lebih luas (Kailola *et al.*, 2019).

2.6. Warna Kayu

Sifat warna dibahas karena sifat warna mempunyai manfaat dalam pengenalan jenis maupun manfaat secara komersial. Seperti halnya sifat kimia kayu, selain masih terbatas, juga karena sifat warna kayu kelapa dan sengon selama ini masih dilaporkan secara kualitatif. Selain corak serat yang indah, warna kayu yang bagus dan homogen juga sering dijadikan syarat dalam penggunaan kayu sebagai mebel dan kayu lapis (Shmulsky dan Jones, 2011). Berdasarkan hasil uji preferensi konsumen yang dilakukan Hidayat *et al.* (2017d), menunjukkan bahwa, warna yang lebih gelap dari kayu yang dipanaskan lebih disukai oleh konsumen dibandingkan dengan warna kayu yang lebih terang dari kayu yang tidak diolah.

Warna kayu adalah aspek penting yang mempengaruhi penampilan keseluruhan produk kayu (Gasparik *et al.*, 2019). Berbagai produk seperti furnitur, seni, dan alat musik, sangat tergantung pada penampilan mereka, sehingga warna mereka

merupakan faktor penting. Berdasarkan penelitian Mejias dan Moya (2018), perubahan warna keseluruhan (ΔE^*) kayu yang diberi perlakuan panas juga meningkat dengan meningkatnya suhu perlakuan panas. Gubal dari *Tectona grandis* dan *Gmelina arborea*, memiliki warna yang lebih jelas, menunjukkan perubahan warna yang lebih mencolok dibandingkan kayu keras. Untuk meningkatkan sifat warna kayu kelapa (*Cocos nucifera*) dan sengon (*Falcataria moluccana*) pada penelitian ini, dilakukan perlakuan panas pada 180°C, 200°C, 220°C, dan 240°C untuk 2 jam dengan 3 kali ulangan.

Perlakuan panas merupakan salah satu metode modifikasi kayu dan diketahui bahwa perlakuan panas mengubah sifat teknologi kayu. Hasil penelitian Ayata *et al.* (2018), dari data yang diperoleh dapat dikatakan bahwa, nilai warna dan kilau kayu zebrano, sapelli dan merbau dipengaruhi oleh perlakuan panas. Alasan untuk aplikasi perlakuan panas yaitu untuk melindungi bahan kayu. Warna kayu digelapkan oleh perlakuan panas. Penggelapan warna tergantung pada jumlah waktu dan suhu dalam aplikasi perlakuan panas. Dalam penelitian sebelumnya, Zonuncio *et al.* (2014), menetapkan bahwa sifat fisik dan kolorimetri dari grandis Eucalyptus setelah perlakuan panas pada 140°C, 170°C, 200°C bahwa sifat fisik dan kolorimetri dari grandis Eucalyptus setelah perlakuan panas pada 140°C, 170°C, 200°C dan 230°C selama 3 jam. perlakuan panas juga mengurangi L^* , a^* dan b^* nilai-nilai grandis Eucalyptus sampel kayu. Menurut Pincelli *et al.* (2012), diperoleh efek pemanasan L^* , a^* , b^* , C dan H sifat panas diperlakukan

Eucalyptus saligna dan *Pinus caribaea* var. *hondurensis* hutan di 120°C, 140°C, 160°C dan 180°C.

2.7. Perubahan Berat dan Susut Volume

Kayu sebagai bahan lignoselulosa terbarukan merupakan bahan bangunan yang ideal yang mudah dikerjakan dan menawarkan kelebihan seperti rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi dan energi pemrosesan yang lebih rendah (Lee *et al.*, 2018). Menurut Jihannanda (2013), umumnya kayu-kayu yang terberat adalah kayu yang terkuat dan kekuatan, kekerasan, serta sifat-sifat teknis lainnya berbanding lurus dengan berat jenis. Kehilangan berat dan penyusutan volume terjadi pada kayu gubal dan kayu teras setelah kayu dimodifikasi panas. Menurut Esteves dan Pereira (2009), kehilangan berat dan penyusutan volume selama modifikasi panas pada suhu yang lebih tinggi dari 160°C biasanya terjadi karena degradasi ekstraktif, hemiselulosa dan sejumlah molekul selulosa di daerah amorf.

2.8. Hubungan Kayu dan Air

Kayu adalah bahan yang higroskopik. Menurut Hidayat dan Febrianto (2018a), Kayu memiliki sifat seperti busa (*sponge*) yang menyerap air serta mengembang dalam kondisi lembab dan mengeluarkan air ke lingkungannya ketika udara mengering dan suhu naik. Air di dalam kayu tersimpan dalam rongga sel dan dinding sel kayu. Air di dalam kayu berdasarkan lokasinya dikelompokkan ke

dalam air bebas (*free water*) dan air terikat (*bound water*), di mana air bebas berada didalam rongga sel, sedangkan air terikat berada di dalam dinding sel kayu (Glass dan Zelinka, 2010).

Kehilangan berat dan penyusutan volume berbeda dengan kadar air kesetimbangan (EMC) dan penyerapan air (WA) yang biasanya menurun dengan meningkatnya suhu perlakuan. Jamsa dan Viitaniemi (2001), menjelaskan bahwa penurunan tersebut adalah hasil dari peningkatan hidrofobisitas dinding sel sebagai akibat dari penurunan jumlah gugus hidroksil oleh reaksi kimia yang terjadi selama modifikasi panas, sehingga penyerapan air berkurang. Antara EMC dan WA menunjukkan bahwa penurunan EMC berpengaruh positif pada sifat kayu (Ros, 2010; Jones, 2011). Tidak hanya itu, perubahan EMC juga dapat mempengaruhi sifat mekanis, karena secara umum, peningkatan kadar air akan menurunkan kekuatan dan kekakuan kayu (Suhasman *et al.*, 2009).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Maret-April 2020, di *Workshop* Teknologi Hasil Hutan dan Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: mesin amplas, kompor, tungku, *thermo couple*, oven, penggaris, *caliper*, timbangan elektrik, *tallysheet*, kamera, *scanner general colorimeter*, UTM, dan laptop. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: kayu kelapa (*Cocos nucifera*), kayu sengon (*Falcataria moluccana*), minyak goreng nabati (FILMA), dan gas elpiji 12 kg.

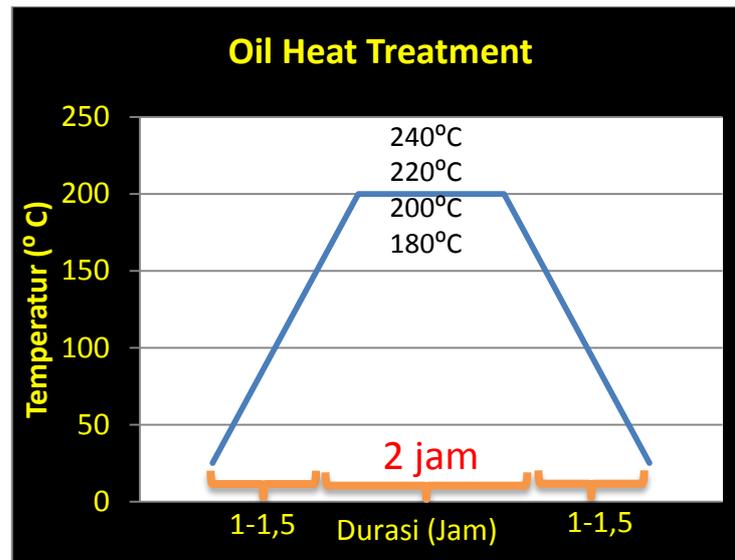
3.3. Metode Pengambilan Data

3.3.1. Persiapan Sampel

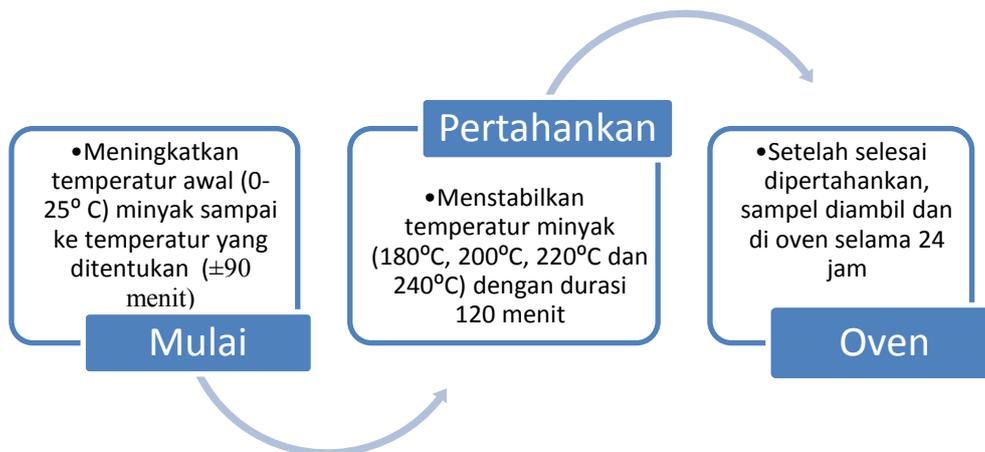
Bahan kayu papan yang dibeli dari panglong dipersiapkan. Kemudian dikonversi menjadi papan dengan dimensi 30 cm (panjang), 10 cm (lebar) dan 2 cm (tebal). Papan dengan serat lurus dan bebas dari cacat alami saja yang dipilih. Total sampel yang dipersiapkan adalah 30 sampel dengan rincian masing-masing jenis kayu menggunakan 3 sampel tanpa perlakuan (kontrol) dan 3 ulangan setiap suhu perlakuan (180°C, 200°C, 220°C, dan 240°C). Sampel uji dilakukan pengeringan dalam oven dengan suhu $100^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, ditimbang berat sebelum OHT (m_a), diukur volume sebelum OHT (V_a) dan warna sebelum OHT.

3.3.2. Proses OHT

Proses selanjutnya yaitu perlakuan panas dengan minyak dalam reaktor OHT. Seluruh bagian sampel uji kayu direndam dalam minyak panas. Suhu yang digunakan adalah 180°C, 200°C, 220°C, dan 240°C selama 2 jam. Proses OHT diawali dengan dimasukkannya minyak dan sampel ke dalam reaktor dengan temperatur, durasi yang telah ditentukan. Proses OHT dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Temperatur dan durasi OHT.



Gambar 3. Proses OHT.

3.3.3. Pengkondisian Sampel OHT

Sampel yang telah di OHT, ditiriskan selama 15 menit, dan dilakukan pembersihan permukaan kayu dari minyak. Kemudian sampel dioven selama 24 jam pada suhu $100^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, ditimbang berat setelah OHT (m_b), diukur volume setelah OHT (V_b) dan warna setelah OHT.

3.4. Pengujian Sifat Fisis Kayu

3.4.1. Warna Kayu

Pengujian dilakukan dengan 3 kali pengulangan dengan ukuran sampel uji 30 cm x 10 cm x 2 cm (panjang × lebar × tebal). Pengambilan data warna dilakukan menggunakan sistem CIE-Lab *scanner general colorimeter* (Hidayat *et al.*, 2017d). Sistem CIE-Lab menggunakan 3 parameter warna yaitu kecerahan (L^*), kromatisitas merah/hijau (a^*), dan kromatisitas kuning/biru (b^*). Perubahan kecerahan (ΔL^*), perubahan kromatisitas merah/hijau (Δa^*), perubahan kromatisitas kuning/biru (Δb^*), dan perubahan warna total (ΔE^*) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta L^* &= L_a^* \text{ (sebelum OHT)} - L_b^* \text{ (setelah OHT)} \\ \Delta a^* &= a_a^* \text{ (sebelum OHT)} - a_b^* \text{ (setelah OHT)} \\ \Delta b^* &= b_a^* \text{ (sebelum OHT)} - b_b^* \text{ (setelah OHT)} \\ \Delta E^* &= (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}\end{aligned}$$

Keterangan:

- L^* = Kecerahan (+ = cerah, - = gelap)
- a^* = Kromatisitas merah/hijau (+ = merah, - = hijau)
- b^* = kromatisitas kuning/biru (+ = kuning, - = biru)
- ΔL^* = Perubahan nilai L^* sebelum dan sesudah perlakuan pemanasan
- Δa^* = Perubahan nilai a^* sebelum dan sesudah perlakuan pemanasan
- Δb^* = Perubahan nilai b^* sebelum dan sesudah perlakuan pemanasan
- ΔE^* = Perubahan warna keseluruhan

Menurut Valeverde dan Moya (2014) bahwa, perubahan warna dapat ditentukan dengan derajat perubahan warna dengan klasifikasi sebagai berikut.

$0,0 < \Delta E^* \leq 0,5$ = perubahan dapat dihiraukan

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

3.4.2. Perubahan Berat dan Susut Volume

Setelah di OHT kayu dievaluasi sifat fisis mekanisnya. Pengujian dilakukan dengan 3 kali pengulangan dengan ukuran sampel uji 30 cm x 10 cm x 2 cm (panjang × lebar × tebal). Perubahan Berat (*PB*) dan susut volume (*VS*) dihitung dengan persamaan sebagai 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 OHT (g)

mb = berat setelah OHT (g)

Va = volume sampel sebelum OHT (cm³)

Vb = volume sampel setelah OHT (cm³)

3.4.3. Kerapatan

Kerapatan merupakan salah satu sifat fisik yang menunjukkan perbandingan antara massa benda terhadap volume yang dimilikinya, dengan kata lain kerapatan

adalah banyaknya massa zat per satuan volume. Kerapatan pada umumnya dinyatakan dalam perbandingan berat dan volume, yaitu dengan cara menimbang dan mengukur volume (panjang, lebar dan tebal) dalam keadaan kering udara. Pengujian kerapatan, kadar air menggunakan sampel uji yang telah dipotong setelah OHT dengan ukuran 4 cm x 2 cm x 2 cm (panjang, x lebar x tebal) dengan 3 kali ulangan. Kerapatan dihitung berdasarkan standar KS F 2198 (2011), dengan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

ρ = Kerapatan (g/cm^3)
 m = Berat sampel (g)
 v = Volume sampel (cm^3)

3.4.4. Kadar Air dan Daya Serap

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 dengan menggunakan energi panas. Berat awal (B_a) dan berat kering tanur (BKT) diukur untuk menentukan kadar air sampel sebelum dan setelah modifikasi panas. Pengujian kadar air (EMC) dilakukan dengan 3 kali ulangan dengan ukuran sampel uji 4 cm x 2 cm x 2 cm (panjang x lebar x tebal). Persamaan standar (SNI 8021. 2014) yang digunakan untuk menghitung kadar air:

$$EMC = \frac{(B_a - BKT)}{BKT} \times 100\%$$

Keterangan:

EMC = Kadar Air (%)

Ba = Bobot awal (g)
 BKT = Bobot kering tanur (g)

Daya serap air tidak masuk dalam standar JIS A 5908-2003 akan tetapi daya serap air tetap harus diperhatikan karena mempengaruhi kualitas kayu, daya serap air menunjukkan persentase banyaknya air yang diserap oleh sampel kayu setelah perendaman selama 2 minggu. Perlakukan perendaman air yaitu dengan memperlakukan potongan papan sampel dengan ukuran sampel uji 4 cm × 2 cm, × 2 cm (panjang × lebar × tebal) yang direndam dalam air dengan rentan waktu 2 minggu. Perlakuan ini dilakukan untuk melihat perubahan visual dan fisik pada papan sampel kayu kelapa dan sengon. Daya serap air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

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

3.5. Pengujian Sifat Mekanis Kayu

3.5.1. Kekuatan Tekan

Kuat tekan atau keteguhan tekan/kompresi adalah kekuatan kayu untuk menahan muatan atau beban yang bekerja. Sampel uji diambil sama seperti pada pengujian kadar air. Ukuran sampel uji adalah 4 cm x 2 cm x 2 cm (panjang × lebar × tebal). Kekuatan tekan sejajar serat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas bidang tekan (mm^2)

3.5.2. Kekerasan

Kekerasan adalah kemampuan kayu untuk menahan gaya yang membuat takik atau lekukan atau kikisan (abrasi). Uji kekerasan disebut sebagai pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini bisa diketahui dengan mudah gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran uji kekerasan hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongan sebagai material ulet atau getas. Untuk menentukan kekerasan kayu digunakan bola baja dengan diameter 11,3 mm yang ditekan masuk ke dalam benda uji sampai setengah diameter bola masuk ke dalam benda uji (kayu kelapa). Jumlah penetrasi adalah masing-masing 2 titik untuk arah longitudinal, radial dan tangensial. Ukuran sampel uji 50 mm x 50 mm x 150 mm (panjang × lebar × tebal). Pengujian kekerasan dan kekuatan tekan // serat mengacu pada ASTM D 143-94 (2000).

3.6. Analisis Data

Hasil pengukuran sifat fisis dan mekanis diuji menggunakan analisis varians (ANOVA). Untuk menguji homogenitas data, uji Duncan dilakukan pada tingkat kepercayaan 95%. Anova dilakukan untuk menguji hipotesis tentang faktor

perlakuan terhadap keragaman data hasil percobaan atau untuk menyelidiki ada tidaknya pengaruh perlakuan terhadap keragaman data hasil penelitian.

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

Y_{ijk} : pengamatan pada satuan percobaan ke-I yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke-j dari faktor A (jenis kayu sengon dan kelapa) dari faktor B (suhu perlakuan 180°C, 200°C, 220°C, dan 240°C)

μ : mean populasi

ρ_k : pengaruh taraf ke-k dari faktor kelompok

α_i : pengaruh taraf ke-i dari faktor A

β_j : pengaruh taraf ke-j dari faktor B

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

ϵ_{ijk} : pengaruh acak dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij. $\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$.

ANOVA dari penelitian ini akan disajikan sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 1 Analisis ragam perubahan sifat fisis dan mekanis kayu sengon dan kelapa.

SK	db	JK	KT	F-hit	Ftabel 0.05
Perlakuan	t-1	JKP	JKP/dbP	$\frac{KTP}{KTG}$	
Kelompok	r-1	JKK	JKK/dbK	$\frac{KTK}{KTG}$	
Galat Total	(t-1)-(r-1) tr-1	JKG JKT	JKG/dbG		

Keterangan :

SK : Sumber Keragaman

db : derajat bebas ; P : Perlakuan ; G : Galat

JK : Jumlah Kuadrat ; P : Perlakuan ; G : Galat ; T : Total
KT : Kuadrat Tengah
t : jumlah perlakuan yang digunakan dalam penelitian
r : jumlah ulangan yang digunakan dalam penelitian

Nilai F-hitung yang diperoleh dari ANOVA tersebut dibandingkan dengan F-tabel pada selang kepercayaan 95% dengan kaidah keputusan:

1. Apabila $F\text{-hitung} \leq F\text{-tabel}$, maka perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pengujian fisis mekanis kayu sengon dan kelapa pada selang kepercayaan 95%
2. Apabila $F\text{-hitung} \geq F\text{-tabel}$, maka perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap pengujian fisis mekanis kayu sengon dan kelapa pada selang kepercayaan 95%.

Apabila suhu perlakuan memberikan pengaruh nyata atau sangat nyata terhadap sifat fisis dan mekanis maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji Duncan. Pengujian homogenitas data dilakukan dengan uji Duncan pada tingkat kepercayaan 95%. Analisis statistik menggunakan perangkat lunak *IBM SPSS Statistics 20*.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini sebagai berikut :

1. Peningkatan suhu pada proses OHT mempengaruhi perubahan sifat fisis kayu sengon dan kelapa. Peningkatan suhu OHT menyebabkan perubahan warna keseluruhan (ΔE^*) yang masuk dalam klasifikasi $\Delta E^* > 12$ (perubahan warna total). Perubahan berat dan penyusutan volume yang semakin tinggi, kerapatan, kadar air dan daya serap yang menurun setelah diberi perlakuan OHT.
2. Peningkatan suhu pada modifikasi panas mempengaruhi perubahan sifat mekanis kayu sengon dan kelapa meliputi kekuatan tekan dan kekerasan kayu yang menurun setelah OHT.

5.2. Saran

Perlakuan panas dengan minyak (OHT) merupakan salah satu alternatif perbaikan sifat-sifat kayu, penggunaan suhu dan durasi terlalu tinggi pada proses perlakuan panas menyebabkan kerusakan pada sifat alami kayu sengon dan kayu kelapa. Penggunaan suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan kerusakan pada sifat mekanis kayu, sehingga penggunaan kayu tidak disarankan untuk konstruksi bangunan,

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, B., Safe'i, R., Hidayat, W. 2019. Aplikasi metode *forest health monitoring* dalam penilaian kerusakan pohon di hutan kota Metro. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3): 289–298.
- Allegretti, O., Brunetti, M., Cuccui, I., Ferrari, S., Nocetti, M., Terziev, N. 2012. Thermo-vacuum modification of spruce (*Picea abies Karst*) and fir (*Abies alba Mill*) wood. *BioResources*. 7(3): 3656-3669.
- Anatika, E., Kaskoyo, H., Febryano, I. G. Banuwa, I.S. 2019. Pengelolaan hutan rakyat di Kabupaten Tulang Bawang Barat. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(1): 42-51.
- Arsad, E. 2015. Teknologi pengelolaan dan manfaat bambu. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 7(1): 45-52.
- ASTM. 2000. D 143-94. *Standart Test Methods for Small Clear Specimens of Timber*. ASTM. Philadelpia.
- Ayata, U., Gurleyen, T., 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.
- Bal, B.C. 2014. Some physical and mechanical properties of thermally modified juvenile and mature black pine wood. *European Journal of Wood Products*. 72: 61-66.
- Balfas, J. 2007. Perlakuan resin pada kayu kelapa (*Cocos nucifera*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 25(2): 108-118.
- Baskorowati, L., 2014. *Budidaya Sengon Unggul (Falcataria moluccana) untuk Pengembangan Hutan Rakyat*. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Jakarta. 48 hlm.
- 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.

- Boonstra, M.J., Van Acker, J., Kegel, E., Stevens, M. 2007. Optimisation of a two-stage heat treatment process: durability aspects. *Wood Science and Technology*. 41(1): 31-57.
- Candelier, K., Thevenon, M., Petrissans A., Durmacay, S., Gerardin, P., Petrissans, M. 2016. Control of wood thermal treatment and its effects on decay resistance: A review. *Annals of Forest Science*. 73(1): 571-583.
- Darmawan, W., Nandika, D., Rahayu, I., Fournier, M., Marchal, R. 2013. Determination of juvenile and mature transition ring for fast growing sengon and jabon wood. *Journal of the Indian academy of wood science*. 10(1): 39-47.
- 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.
- Esteves, B.M., Pereira, H. 2009. Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*. 4(1): 370-404.
- Fauzan, H., Sulistyawati E., Lastini, T. 2019. Strategi pengelolaan untuk pengembangan hutan rakyat di Kecamatan Rancakalong, Kabupaten Sumedang. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(2):164-17.
- Febrianto, F., Hidayat, W., Samosir, T.P., Lin, H.C., 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.
- Gasparik, M., Gaff, M., Kacik, F., Sikora, A. 2019. Color and chemical changes in teak (*Tectota grandis* L. F.) and meranti (*Shorea spp*) wood after thermal treatment. *BioResources*. 14(2): 2667-2683.
- Gerardin, P. 2016. New alternatives for wood preservation based on thermal and chemical modification of wood - a review. *Annals of Forest Science*. 73(1): 559-570.
- Glass, S.V., Zelinka, S.L. 2010. Chapter 4: *Moisture Relations and Physical Properties of Wood*. In Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison. 190 hlm.
- Gumirang, R. 2011. *Kayu Kelapa Glugu*.
<<http://jualkayukelapa.blogspot.co.id/2011/11/kayukelapa-glugu.html>>. Diakses pada 28 Februari 2020.

- Hardjanto. 2017. *Pengelolaan Hutan Rakyat*. Buku. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 174 hlm.
- Harsono, D. 2015. Sifat fisis dan mekanis batang kelapa (*Cocos nucifera* L.) dengan proses pemadatan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 7(2): 39-48.
- Hartono, R., Hidayat, W., Damayanti, R., Others. 2019. Effect of impregnation methods and bioresin concentration on physical and mechanical properties of soft-inner part of oil palm trunk. *Journal of Physics: Conference Series*. 1282(1): 012078.
- Hartanto, H. 2011. *Cara Pembudidayaan Sengon*. Brilliant Books. Yogyakarta.
- 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., 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., Jang, J. H., Park, S. H., Qi, Y., Febrianto, F., Lee, S. H., Kim, N. H. 2015. Effect of temperature and clamping during heat treatment on physical and mechanical properties of okan (*Cylicodiscus gabunensis* Taub. Harms) Wood. *Bioresources*. 10(4): 6961–6974.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J.H., Febrianto, F., Lee, S.H., Kim, N.H. 2016. Effect of treatment duration and clamping on the properties of heat-treated okan wood. *Bioresources*. 11(4): 10070–10086.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J.H., Febrianto, F., Kim, N.H. 2017a. Effect of mechanical restraint on drying defects reduction in heat-treated okan wood. *Bioresources*. 12(4): 7452–7465.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J.H., Febrianto, F., Kim, N.H. 2017b. 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., Lee, S.H., Chae, H.M., Kondo, T., Kim, N.H. 2017c. Carbonization characteristics of juvenile woods from some tropical trees planted in Indonesia. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University*. 62(1): 145–152.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J.H., Park, B.H., Banuwa, I.S., Febrianto, F., Kim, N.H. 2017d. 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. 2018a. *Teknologi Modifikasi Kayu Ramah Lingkungan: Modifikasi Panas dan Pengaruhnya Terhadap Sifat-Sifat Kayu*. Buku. Pusaka Media. Bandar Lampung.
- Hidayat, W., Febrianto, F., Purusatama, B.D., Kim, N.H. 2018b. Effects of heat treatment on the color change and dimensional stability of *Gmelina arborea* and *Melia azedarach* woods. in: *E3S Web of Conferences*. 03010.
- Hidayat, W., Suri, I.F., Safe'i, R., Wulandari, C., Satyajaya, W., Febryano, I.G., 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.
- Hill, C.A.S. 2006. *Wood Modification – Chemical, Thermal and Other Processes*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Homan, W.J., Jorissen, A.J.M. 2004. Wood modification developments. *Heron*. 49(4): 360-369.
- Indosaptono, D., Sukawi., Indraswara, M.S. 2014. Kayu kelapa (glugu) sebagai alternatif bahan konstruksi bangunan. *Modul*. 14(1): 53-58.
- Iskandar, M.I., Supriadi, A. 2017. Pengaruh jenis kayu dan jumlah lapisan terhadap sifat venir lamina (The effect of wood species and the number of layer for laminated veneer properties). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 22(1): 34-40.
- Jihannanda, P. 2013. *Studi Kuat Lentur Balok Laminasi Kayu Sengon dengan Kayu Kelapa di Daerah Gunung Pati Semarang*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang. 91 hlm.
- Johanson, A., Fhyr, C., Rasmuson, A. 1997. High temperature convective drying of wood chips with air and superheated steam. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 40(12): 2843-2858.
- Kailola, J., Simanjuntak, R., Punyia, K. 2019. Kandungan kadar air (H₂O) dari jenis kayu jati (*Tectona grandis*) dan kayu sengon (*Paraserianthes falcataria*) asal Tobelo Kabupaten Halmahera Utara. *Jurnal Agribisnis Perikanan*. 11(2): 311-316.
- Karlinasari, L., Yoresta, S.Y., Priadi, T. 2018. Karakteristik perubahan warna dan kekerasan kayu termodifikasi panas pada berbagai suhu dan jenis kayu. *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Tropis*. 16(1): 68-82.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2017. *Statistika Kehutanan Indonesia 2016*. Buku. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta. 355 hlm.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2019). *Statistik Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2018*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kim, Y. S. 2016. Research trend of the heat-treatment of wood for improvement of dimensional stability and resistance to biological degradation. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 44(3): 457-476.
- Kocaeefe, D., Huang, X., Kocaeefe, Y. 2015. Dimensional stabilization of wood. *Current Forestry Reports*. 1(3): 151-161.
- Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M., Kanninen, M. 2011. *Paraserienthes falcataria (L.) Nielsen: Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas*. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Lee, W.H., Lim, H.M., Kang, H.Y. 2015. The color change of korean pine specimens oil-heat-treated at 180 and 200°C. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 43(4): 438-445.
- Lee, S.H., Ashaari, Z., Lum, W.C., Halip, J.A., Ang, A.F., tan, L.P., Chin, K.L., Tahir, P.M. 2018. Thermal treatment of wood using vegetable oils: A review. *Construction and Building Materials*. 181(1): 408-419.
- Lukmandaru, G., Susanti, D., Widyorini, R. 2018. Sifat kimia kayu mahoni yang dimodifikasi dengan perlakuan panas. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 7(1): 37-46.
- Mejias, L.D.M., Moya, R. 2018. Effect of thermo-treatment on the physical and mechanical, color, fungal durability of wood of tectona grandis and *Gmelina arborea* from forest plantations. *Materials Science*. 24(1): 59-68.
- Militz, H., Altgen, M. 2014. *Processes and properties of thermally modified wood manufactured in Europe*, in: Schultz, T.P., Goodell, B., Nicholas, D.D. (Eds.). *Deterioration and Protection of Sustainable Biomaterials*. American Chemical Society. Washington.
- Mitsui, K., Takada, H., Sugiyama, M., Hasegawa, R. 2001. Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment: part 1 effect of treatment conditions on the change in color. *Holzforschung*. 55 (6): 601-605.
- Mulyana, D., Asmarahman, C. 2012. *Untung Besar dari Bertanam Sengon*. Buku. Agro Media Pustaka. Jakarta. 146 hlm.

- Nandika, D., Darmawan, W., Arinana. 2015. Peningkatan kualitas kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) nielsen) melalui teknik kompregnasi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 25 (2): 125-135.
- Pang, S., Langrish, T. A. G., Keey, R. B. 1994. Moisture movement in softwood timber at elevated temperatures. *Dry Technol.* 12(8): 1897-1914.
- Phebryanti, S. 2015. Kayu kelapa sebagai bahan alternatif untuk mebel di area public rumah tinggal. *Jurnal Intra*. 3 (1): 53-56.
- Poncsak, S., Kocaefe, D., Bouazara, M., Pichette, A. 2006. Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*). *Wood Science and Technology*. 40(8): 647-663.
- Pratama, A.R., Yuwono, S.B. Hilmanto, R. 2015. Pengelolaan hutan rakyat oleh kelompok pemilik hutan rakyat di Desa Bandar Dalam Kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(2): 99-112.
- Pratiwi, A.M., Kaskoyo, H. dan Herwanti, S. 2019. Efisiensi pemasaran agroforestri berbasis kopi berdasarkan keragaan pasar: studi kasus di Pekon Air Kubang, Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3): 299-308.
- Priadi, T., dan Maretha, S.D. 2015. Sifat keawetan dan fisis-mekanis kayu kecapi dan rambut setelah perlakuan pemanasan minyak sebagai upaya peningkatan mutu kayu ramah lingkungan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 13(2): 146-160.
- Pramunendar, R.A., Supriyanto, C. 2014. Klasifikasi kualitas kayu kelapa menggunakan gray-level co-occurrence matrix berbasis backpropagation dan algoritma genetika. *Semantik*. 4(1): 250-253.
- Pratama, A. 2013. *Ketahanan Kayu Mindi (Melia azedarach L.) dari Rayap Kayu Kering Cryptotermes cynocephalus setelah Perlakuan Pemanasan*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 34 hlm.
- Puspita, N.T., Qurniati, R., Febryano, I.G. 2020. Modal sosial masyarakat pengelola Hutan Kemasyarakatan di Kesatuan Pengelolaan Hutan Batutegei. *Jurnal Sylva Lestari*. 8(1): 54-64.
- 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.
- Rangkang, J., Sondakh, F., Saerang, E.J. 2016. Karakteristik kayu kelapa di berbagai zona di Indonesia Timur berdasarkan sifat fisis dan mekanisnya. *Jurnal Teknik Sipil Jurnal*. 23(2): 89-98.

- Safe'i, R. 2015. *Kajian Kesehatan Hutan dalam Pengelolaan Hutan Rakyat di Provinsi Lampung*. Disertasi. Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 124 hlm.
- Sarjono, A., Lahjie, A., 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.
- Shmulsky, R., Jones, P.D. 2011. *Forest Product and Wood Science – An Introduction*. 6 th Edition. John Wiley & Sons Inc. Mississippi.
- Sulastiningsih, I.M, Novitasari., Turoso A. 2006. Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel bambu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 24(1): 1-8.
- Surono., Arsad, E. 2010. Perbaikan mutu kayu kelas kuat rendah dengan cara fisik dan kimia. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 2(1): 9–16.
- Tjoanda, S. 2014. Perancangan mebel bar stool dengan material kayu kelapa. *Dimensi Interior*. 12(2): 72-77.
- 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.
- Wanderi, Qurniati, R. Kaskoyo, H. 2019. Kontribusi tanaman agroforestri terhadap pendapatan dan kesejahteraan petani. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(1): 118-127.
- 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 : 417-422.
- Winarni, S., Yuwono, S.B., Herwanti, S. 2016. Struktur pendapatan, tingkat kesejahteraan dan faktor produksi agroforestri kopi pada Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Batutegi (Studi di Gabungan Kelompok Tani Karya Tani Mandiri). *Jurnal Sylva Lestari* 4(1): 1–10.
- Won, K.R., Hong, N.E., Park, H.M., Moon, S.O., Byeon, H.S. 2015. Effects of heating temperature and time on the mechanical properties of heat-treated woods. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 43(2): 168-176
- Xie, Y., Fu, Q., Wang, Q., Xiao, Z., Militz, H. 2013. Effects of chemical modification on the mechanical properties of wood. *European Journal of Wood and Wood Products*. 71(1): 401- 416.

Zonuncio, A.J.V., Motta, J.P., Silveria, T.A., Farias, E.D.S., Trugilho, P.F. 2014. Physical and colorimetric changes in *Eucalyptus grandis* wood after 8 heat treatment. *Bioresources*. 9(1): 293-30.