

PENGARUH DURASI PERLAKUAN PANAS DENGAN MINYAK (*OIL HEAT TREATMENT*) TERHADAP PERUBAHAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS KAYU AKASIA (*Acacia mangium*) DAN KAYU JABON (*Anthocephalus cadamba*)

(Skripsi)

Oleh

SELDI PRAYOGA



**UNIVERSITAS LAMPUNG
2020**

ABSTRAK

PENGARUH DURASI PERLAKUAN PANAS DENGAN MINYAK (*OIL HEAT TREATMENT*) TERHADAP PERUBAHAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS KAYU AKASIA (*Acacia mangium*) DAN KAYU JABON (*Anthocephalus cadamba*)

Oleh

Seldi Prayoga

Proses perlakuan panas dengan minyak atau *oil heat treatment* adalah proses pemanasan kayu pada kisaran suhu 180 - 260° C dalam reaktor berisi minyak nabati panas. *Oil heat treatment* (OHT) bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat kayu cepat tumbuh. Minyak nabati yang digunakan dalam proses OHT dapat menjadi media pemanasan yang baik dan mampu membatasi oksigen dalam reaktor. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh durasi perlakuan panas dengan minyak terhadap sifat fisis dan sifat mekanis kayu akasia (*Acacia mangium*) dan kayu jabon (*Anthocephalus cadamba*). OHT dilakukan pada suhu 200° C dengan durasi perlakuan 1, 2, 3, dan 4 jam. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen skala laboratorium. Rancangan percobaan yang digunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan 5 perlakuan berbeda terhadap pengaruh durasi dengan ulangan sebanyak 3 kali dan

terdapat 2 jenis kayu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring peningkatan durasi perlakuan menyebabkan penurunan tingkat kecerahan (L^*) menjadi semakin gelap sehingga perubahan warna (ΔE^*) meningkat. Durasi perlakuan pada OHT sangat mempengaruhi kadar air (KA) dan kerapatan (ρ) menurun seiring peningkatan durasi. Hal tersebut juga terjadi pada penambahan perubahan berat (PB) kayu dan perubahan susut volume (VS). Seiring penambahan durasi perlakuan menyebabkan penurunan tingkat daya serap (WA) kayu terhadap air. Namun seiring penambahan durasi perlakuan panas dengan minyak mengakibatkan penurunan kekuatan tekan dan kekerasan pada kayu.

Kata kunci : Durasi perlakuan, perubahan warna, perlakuan panas dengan minyak, sifat fisis kayu, sifat mekanis kayu.

PENGARUH DURASI PERLAKUAN PANAS DENGAN MINYAK (*OIL HEAT TREATMENT*) TERHADAP PERUBAHAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS KAYU AKASIA (*Acacia mangium*) DAN KAYU JABON (*Anthocephalus cadamba*)

Oleh

Seldi Prayoga

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN KEHUTANAN
FAKULTAS PERTANIAN
2020**

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang dan Masalah	1
B. Tujuan Penelitian	4
C. Manfaat Penelitian	5
D. Kerangka Pemikiran	5
E. Hipotesis Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Deskripsi Pohon Jabon	8
B. Keunggulan dan Kegunaan Jabon	9
C. Deskripsi Pohon Akasia	12
D. Kegunaan Kayu Akasia	13
E. Modifikasi Kayu	14
F. Pengaruh Bahan	19
G. Perlakuan Panas dengan Minyak (<i>Oil Heat Treatment</i>)	20
III. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat	23
B. Alat dan Bahan	23
C. Rancangan Percobaan	24
D. Pelaksanaan Penelitian	24
1. Persiapan Bahan	24
2. Pengukuran Parameter Sebelum Perlakuan	25
3. Proses Oil Heat Treatment (OHT)	26
E. Pengukuran Parameter Setelah OHT	27
1. Warna Kayu	27
2. Perubahan Berat dan Susut Volume	28
3. Kerapatan	29
4. Kadar Air	30
5. Daya Serap Air	31
6. Kekuatan Tekan	31
7. Kekerasan	32

	Halaman
F. Analisis Data	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Perubahan Warna	34
B. Kadar Air (KA)	43
C. Kerapatan (ρ).....	46
D. Susut Volume (VS)	50
E. Perubahan Berat Kayu (PB)	53
F. Daya Serap Air (WA).....	56
G. Kekuatan Tekan	59
H. Kekerasan.....	62
V. SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	66
B. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tata letak percobaan dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL)	24
2. Analisis ragam perubahan sifat fisis dan mekanis kayu akasia dan jabon	33
3. Hasil uji anova untuk parameter tingkat kecerahan (L^*)	36
4. Hasil uji lanjut duncan untuk durasi perlakuan.....	36
5. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu akasia.....	37
6. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu jabon.....	37
7. Hasil uji anova untuk parameter perubahan warna (ΔE^*).....	42
8. Hasil uji lanjut duncan untuk durasi perlakuan.....	42
9. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu akasia.....	43
10. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu jabon.....	43
11. Hasil uji anova untuk parameter kadar air (KA).....	45
12. Hasil uji lanjut duncan untuk durasi perlakuan.....	46
13. Hasil uji lanjut duncan untuk akasia.	46
14. Hasil uji lanjut duncan untuk jabon.	46
15. Hasil uji anova untuk parameter kerapatan (ρ)	48
16. Hasil uji lanjut duncan untuk durasi perlakuan.....	49
17. Hasil uji lanjut duncan untuk akasia.	49

Tabel	Halaman
18. Hasil uji lanjut duncan untuk jabon.	49
19. Hasil uji anova untuk parameter susut volume (VS).	52
20. Hasil uji lanjut duncan untuk durasi perlakuan.....	52
21. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu akasia.....	52
22. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu jabon.....	53
23. Hasil uji anova untuk parameter perubahan berat (PB)	55
24. Hasil uji lanjut duncan untuk durasi perlakuan.....	55
25. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu akasia.....	55
26. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu jabon.....	56
27. Hasil uji anova untuk parameter daya serap air (WA).....	58
28. Hasil uji lanjut duncan untuk durasi perlakuan.....	58
29. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu akasia.....	58
30. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu jabon.....	59
31. Hasil uji anova untuk parameter kekuatan tekan	61
32. Hasil uji lanjut duncan untuk durasi perlakuan.....	61
33. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu akasia.....	61
34. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu jabon.....	62
35. Hasil uji anova untuk parameter kekerasan	64
36. Hasil uji lanjut duncan untuk durasi perlakuan.....	64
37. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu akasia.....	65
38. Hasil uji lanjut duncan untuk kayu jabon.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka penelitian	6
2. Pola Pemotongan contoh uji.....	27
3. Pengaruh durasi terhadap perubahan kecerahan (L^*) pada kayu akasia dan jabon.	35
4. Pengaruh durasi terhadap parameter a^* pada kayu akasia dan jabon.	38
5. Pengaruh durasi terhadap parameter b^* pada kayu akasia dan jabon.	39
6. Pengaruh durasi perlakuan panas dengan minyak pada perubahan warna kayu akasia.	40
7. Pengaruh durasi perlakuan panas dengan minyak pada perubahan warna kayu jabon.	40
8. Pengaruh durasi terhadap perubahan warna (ΔE^*) pada kayu akasia dan jabon.	41
9. Pengaruh durasi terhadap kadar air (KA) pada kayu akasia dan jabon.	44
10. Pengaruh durasi terhadap kerapatan (ρ) pada kayu akasia dan jabon.	47
11. Pengaruh durasi pada susut volume (VS) pada kayu akasia dan jabon.	51
12. Pengaruh durasi terhadap perubahan berat (PB) pada kayu akasia dan jabon.	54
13. Pengaruh durasi terhadap daya serap air (WA) pada kayu akasia dan jabon.	57

Gambar	Halaman
14. Pengaruh durasi terhadap kekuatan tekan pada kayu akasia dan jabon.	60
15. Pengaruh durasi terhadap kekuatan keras pada kayu akasia dan jabon.	63

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan Masalah

Kayu adalah bahan utama yang dihasilkan oleh pohon, sehingga sifat-sifat kayu sangat bervariasi antar jenis pohon, dalam satu jenis pohon, bahkan dalam satu tegakan (Hidayat dan Febrianto, 2018a). Kayu merupakan bahan mentah yang diproses untuk dijadikan barang lain. Dengan adanya kemajuan teknologi, bahan mentah kayu dapat dapat dijadikan berbagai produk seperti kertas, tekstil, furniture dan sebagainya. Kayu memiliki sifat-sifat spesifik seperti sifat elastis, ulet, tahan terhadap beban dan berbagai sifat lain yang tidak dimiliki oleh beton, baja hingga plastik. Kasmudjo (2012) menyatakan bahwa karakter sifat fisik kayu dapat dilihat secara langsung oleh mata yaitu, warna kayu (termasuk serat kayu), bau, kesan raba (termasuk tekstur), kilap, kekerasan, dan berat.

Nurwati *et al.* (2007) menyatakan bahwa sifat-sifat kayu seperti sifat fisik kayu (kadar air, berat jenis, kerapatan dan penyusutan) dan sifat mekanik kayu (kekuatan lentur, kekuatan tekan, kekuatan tarik, keteguhan belah, dan keteguhan geser), merupakan sifat-sifat kayu yang penting dalam pemanfaatannya.

Kerapatan kayu mempengaruhi sifat higroskopis, penyusutan, kekuatan, sifat

akustik, dan kelistrikan serta sifat-sifat lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan kayu selanjutnya (Hidayat *et al.*, 2013).

Seiring berkurangnya luasan hutan alam, perlu pengembangan hutan tanaman sebagai penghasil bahan baku kayu untuk kebutuhan manusia atau kebutuhan industri (Hidayat *et al.*, 2017a). Terdapat beberapa jenis tanaman cepat tumbuh (*fast growing tree species*) seperti sengon (*Falcataria moluccana*), jabon, akasia, dan lainnya bisa menjadi primadona walaupun fungsinya berbeda (Febrianto *et al.*, 2009; Hidayat *et al.*, 2011; Utama *et al.*, 2019). Kayu akasia telah ditanam secara besar-besaran di berbagai Provinsi di Indonesia, dan dimasa depan kayu ini akan menggantikan kayu-kayu komersial (Nurwati *et al.*, 2007). Nair dan Sumardi (2000), menyatakan bahwa kayu jabon memiliki peluang tinggi bagi hutan tanaman industri dan tanaman reboisasi (penghijauan) di Indonesia, karena pertumbuhan yang cepat, mudah beradaptasi dengan tempat tumbuh, perlakuan silvikultur yang relatif mudah, tidak mudah terserang hama dan penyakit yang serius. Jenis jabon diharapkan menjadi pertimbangan bagi industri perkayuan di Indonesia pada masa mendatang saat pasokan kayu dari hutan alam telah berkurang (Sulistio *et al.*, 2020).

Kebutuhan akan kayu terus meningkat terutama yang mempunyai kualitas, mudah diolah dan ketahanan terhadap serangan organisme perusak kayu. Indonesia memiliki lebih dari 4.000 jenis kayu yang telah diketahui dan sekitar 80-85% diantaranya termasuk kayu tidak awet (Kelas III-V) yang rentan terhadap serangan organisme perusak kayu (Febrianto *et al.*, 2015; Hidayat *et al.*, 2019).

Kayu akasia dan kayu jabon merupakan jenis kayu dari jenis pohon cepat tumbuh. Pohon cepat tumbuh berpotensi menghasilkan kayu yang berkualitas rendah, baik dari sifat fisis maupun sifat mekanisnya (KLHK, 2017). Sifat-sifat kayu yang berkualitas rendah akan mempengaruhi pada proses penggunaan kayu baik dalam segi keawetan dan kekuatan kayu. Kayu cepat tumbuh memiliki kekurangan seperti berat jenis dan keawetan alami rendah yang berdampak pada ketahanan kayu serta stabilitas dimensi yang rendah (Arsad, 2015; Febrianto *et al.*, 2010; Rubiyanti *et al.*, 2019). Untuk mengantisipasi kekurangan kayu tersebut, diperlukan perlakuan modifikasi kayu.

Perlakuan panas adalah pemaparan kayu pada suhu berkisar antara 180°C - 260°C, di mana suhu lebih rendah tidak menyebabkan perubahan berarti pada kayu sementara suhu yang lebih tinggi sangat merusak kayu (Esteves dan Pereira, 2009; Lee *et al.*, 2018). Menurut Paul *et al.* (2005), modifikasi kayu dengan perlakuan panas adalah metode yang efektif dalam meningkatkan stabilitas dimensi dan daya tahan kayu terhadap kerusakan yang disebabkan oleh jamur pembusuk. Modifikasi panas yang dilakukan menyebabkan perubahan pada sifat kimia penyusun kayu (hemiselulosa, selulosa, dan lignin). Wang dan Cooper (2005) menyatakan bahwa modifikasi panas dapat mengurangi sifat higroskopis pada kayu dan memperbaiki stabilitas dimensi pada kayu. Modifikasi panas pada kayu menyebabkan perubahan warna kayu menjadi lebih gelap tergantung suhu dan waktu perlakuan panas (Hill, 2006).

Perlakuan temperatur tinggi dengan minyak nabati pada kayu telah dijelaskan oleh penelitian sebelumnya (Dubey *et al.*, 2012). Modifikasi panas dengan minyak telah terbukti unggul sebagai perbaikan mutu kayu (Lee *et al.*, 2018). Minyak yang tidak jenuh dapat teroksidasi ketika terpapar oksigen di atmosfer yang menjadi lapisan pelindung di permukaan kayu (Hyvonen *et al.*, 2007). Modifikasi panas dengan minyak nabati mampu meningkatkan sifat-sifat kayu melalui pengaruh panas dan minyak (Lee *et al.*, 2018).

Berdasarkan literatur yang telah dibaca oleh peneliti, pengaruh durasi perlakuan panas menggunakan minyak nabati (minyak sawit) atau *oil heat treatment* (OHT) terhadap perubahan sifat-sifat pada kayu akasia dan kayu jabon belum pernah dilakukan, sehingga penelitian ini sangat menarik untuk dilakukan.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah.

1. Mengetahui pengaruh durasi *oil heat treatment* (OHT) terhadap perubahan sifat fisis dan perubahan warna kayu akasia dan kayu jabon.
2. Mengetahui pengaruh durasi *oil heat treatment* (OHT) terhadap sifat mekanis pada kayu akasia dan kayu jabon.

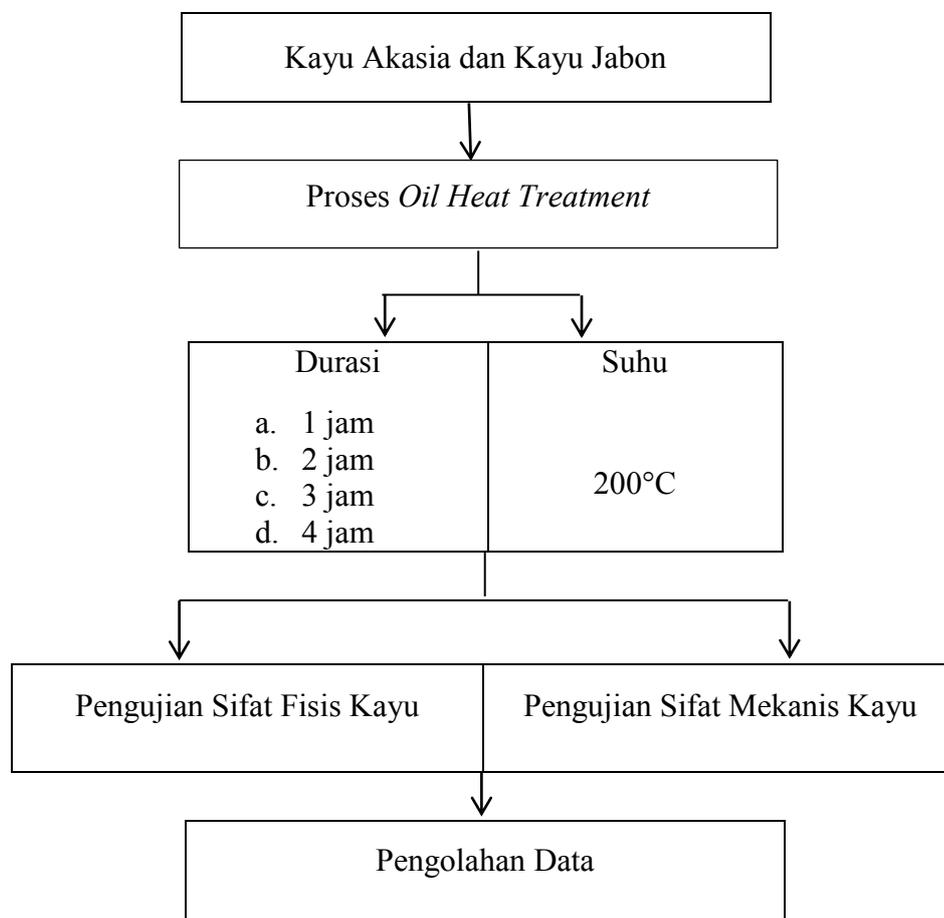
C. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu 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.

D. Kerangka Pemikiran

Jenis pohon akasia dan jabon adalah jenis yang sering ditanam di hutan rakyat dan hutan produksi serta termasuk jenis pohon yang cepat tumbuh. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2016 melaporkan peningkatan pemanfaatan kayu dari hutan tanaman, dengan jenis pohon cepat tumbuh sekitar 10% guna memenuhi kebutuhan kayu di industri (KLHK 2017). Diperlukan peningkatan kualitas kayu cepat tumbuh terutama stabilitas dimensi dan keawetan. Salah satu upaya yang dilakukan guna peningkatan kualitas kayu dengan modifikasi kayu melalui perlakuan panas suhu tinggi (*heat treatment*). Beberapa pengaruh dari *heat treatment* adalah perubahan pada warna serta keawetan kayu. Sifat warna dan keawetan menjadi hal yang dipertimbangkan dalam aplikasi pemanfaatan kayu untuk beberapa produk seperti *cladding* (struktur eksterior), *decking* (lantai), *garden furniture* (perabot rumah tangga) maupun produk lain yang tidak memerlukan kekuatan yang tinggi karena bukan termasuk untuk keperluan struktural (Karlinasari *et al.*, 2018).

Diperlukan modifikasi kayu yang ramah lingkungan dengan modifikasi panas. Salah satu cara mengubah kayu untuk memperbaiki atau mengatasi satu atau lebih dari kekurangan kayu (Hidayat dan Febrianto, 2018a). Pelakuan panas pada kayu menyebabkan peningkatan ketahanan pada jenis kayu lunak maupun kayu keras (Esteves dan Pereira, 2009). Diagram alir kerangka pikir disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka penelitian.

E. Hipotesis Penelitian

Dugaan sementara dalam penelitian ini yaitu modifikasi panas dengan minyak mampu memperbaiki sifat-sifat alami kayu akasia dan jabon, meliputi sifat fisis dan sifat mekanis kayu. Durasi perlakuan dijadikan sebagai acuan perbandingan perubahan sifat-sifat kayu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Pohon Jabon

Menurut Mansur dan Tuheteru (2010), susunan klasifikasi pohon jabon putih yaitu:

Regnum : *Plantae*

Subregnum : *Tracheobionta*

Superdivisi : *Spermatophyta*

Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Sub-kelas : *Asteridae*

Ordo : *Rubiales*

Famili : *Rubiaceae*

Genus : *Anthocephalus*

Jenis : *Anthocephalus cadamba (Roxb.) Miq.*

Mulyana *et al.* (2011) menyatakan bahwa jabon adalah asli Indonesia dan memiliki pengembangan cukup baik, karena jabon termasuk pohon cepat tumbuh, mampu tumbuh diberbagai jenis tanah, dan tidak rentan terserang hama dan penyakit. Tinggi pohon jabon dapat mencapai 45 m dengan panjang batang bebas

cabang 30 m, diameter batang 160 cm, batang berbentuk lurus dan silindris, bertajuk tinggi, dengan cabang mendatar, pangkal batang berbanir sampai ketinggian 1,50 m. Memiliki kulit luar berwarna kelabu-cokelat sampai cokelat, sedikit beralur dangkal. Berdaun tunggal, panjang tangkai 1,5-4 cm, helaian daun berbentuk ellips atau lonjong, kadang hampir bundar. Ukuran bunga cukup besar, semacam bunga bongkol, diameter 4,5-6 cm. Panjang buah 6 mm dilapisi daun kelopak, bagian bawah agak lunak, berbiji banyak. Kayu jabon memiliki berat jenis 0,42 (0,29-0,56), Kelas kuat III-IV, dan Kelas awet V (Mulyana *et al.*, 2011).

Persebaran alamiah Jabon di beberapa negara yaitu, di Australia, Cina, India, Indonesia, Malaysia, Papua Nugini, Filipina, Singapura, dan Vietnam. Jabon adalah jenis pohon yang disukai baik di habitat alami maupun di luar habitat alaminya. Jabon juga berhasil diintroduksi di Kosta Rika, Puerto Riko, Afrika Selatan, Suriname, Taiwan, Venezuela, dan Negara-negara subtropis dan tropis lainnya (Orwa *et al.*, 2009). Di Indonesia, persebaran alami jabon hampir tersebar di seluruh wilayah Indonesia, seperti Sumatera, Jawa Barat, Jawa Timur, Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan, Sulawesi, Nusa Tenggara Barat, dan Papua (Mansur dan Tuheteru, 2010).

B. Keunggulan dan Kegunaan Jabon

Jabon adalah jenis lokal Indonesia yang pertumbuhannya cepat (*fast growing species*) dan dapat tumbuh subur di hutan tropis. Jabon menjadi komoditi andalan saat ini di industri perkayuan karena jabon memiliki beberapa keunggulan

dibandingkan tanaman kayu lainnya. Beberapa keunggulan jabon yaitu (Mulyana *et al.*, 2011).

1. Jabon tergolong jenis tanaman yang cepat tumbuh. Pertumbuhan diameter batang pertahun sekitar 5-10 cm dan pertumbuhan tinggi pohon sekitar 3-6 m pertahun.
2. Pemanenan kayu jabon relatif singkat. Karena pemanenan dengan diameter batang 30-50 cm hanya membutuhkan waktu 5-6 tahun.
3. Hasil log kayu yang dimasukkan ke dalam mesin *rotary* menghasilkan *veneer* basah dengan kualitas lebih baik dibandingkan dengan kayu sengon. Bahkan kayu jabon kedepannya diproyeksikan sebagai pengganti kayu meranti sebagai bahan baku kayu lapis.
4. Kayu jabon cukup baik digunakan untuk bahan konstruksi, sebagai bahan pembuatan kusen rumah atau perlengkapan lainnya. Penggunaan kayu jabon mudah diukir untuk memperindah penampilannya.
5. Penggunaan limbah kayu jabon dapat digunakan sebagai bahan baku papan partikel dan bubur kertas. Sedangkan kayu jabon berkualitas paling rendah dimanfaatkan sebagai pembuatan balok, papan buah, peti, dan sumpit.
6. Pohon jabon memiliki batang kayu yang lurus dan silindris. Bercabang berukuran kecil dan mendatar. Kemampuan pemangkasan alami pada jabon merangsang batang tumbuh bebas dan tinggi dibandingkan dengan tanaman lain seperti sengon.
7. Jabon adalah tumbuhan pionir dan dapat tumbuh di lahan kritis, seperti tanah liat, tanah lempung podsolik coklat, dan tanah berbatu. Sebab itu, jabon dapat digunakan sebagai penghijauan, reklamasi lahan bekas tambang, dan peneduh.

8. Jabon relatif lebih tahan serangan hama dan penyakit dibandingkan dengan pohon sengon.

Soerianegara dan Lemmens (1993) menyatakan bahwa penggunaan kayu jabon digunakan sebagai lapisan permukaan maupun lapisan inti kayu lapis dan sesuai untuk pembuatan papan partikel, papan bersemen, dan papan kertas. Kegunaan kayu jabon yang terpenting ialah untuk membuat kertas bermutu rendah hingga sedang. Jabon juga bisa digunakan sebagai pohon peneduh yang digunakan untuk reboisasi dan rehabilitasi lahan.

Di India, keseluruhan bagian pohon jabon sudah dimanfaatkan secara komersial. Bunga jabon digunakan sebagai bahan parfum khas india yang disebut “*attar*”. Bunga pohon jabon juga dikembangkan sebagai pendukung usaha lebah madu. Warna kuning getah akar pohon jabon dapat digunakan sebagai bahan celupan pewarna yang dapat digunakan dalam kerajinan tangan. Kulit kayu yang telah kering dimanfaatkan untuk bahan obat demam dan sebagai obat kuat. Di Negara India, campuran kulit kayu jabon dengan kulit kayu mangga (*Mangifera indica*) dan kulit kayu meranti (*Shorea robusta*) digunakan untuk bahan obat penyakit kolera dan stroke, sedangkan air seduhan kulitnya dipercaya dapat menyembuhkan penyakit disentri (Mansur dan Tuheteru, 2010).

C. Deskripsi Pohon Akasia

Hall *et al.* (1980) dan Turnbull (1986) menyatakan klasifikasi pohon akasia adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Subkingdom : *Tracheobionta*
Super Divisi : *Spermatophyta*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Magnoliopsida*
Sub kelas : *Rosidae*
Ordo : *Fabales*
Famili : *Fabaceae*
Genus : *Acacia*
Spesies : *Acacia mangium* Willd.

Jenis akasia tumbuh secara alami di hutan tropis lembab di Australia bagian timur laut, Papua Nugini dan Kepulauan Maluku kawasan timur Indonesia. Pada pertengahan tahun 1960-an setelah dikenalkan ke Sabah, dan Malaysia, akasia dikenalkan di banyak Negara, termasuk Indonesia, Malaysia, Papua Nugini, Bangladesh, Cina, India, Filipina, Sri Lanka, Thailand, dan Vietnam. Jenis akasia pertama kali dikenalkan di Indonesia yaitu di daerah Maluku pada akhir tahun 1970-an sebagai jenis pohon untuk program reboisasi (Pinyopusarerk *et al.*, 1993).

Menurut National Research Council (1983), akasia dapat tumbuh baik di lokasi yang miskin unsur hara, bahkan dapat tumbuh cepat di lokasi tanah asam dan tergedasi. Akasia dapat tumbuh di tanah dengan kandungan oksida besi dan kandungan alumuniumnya tinggi atau biasa disebut tanah laterit (Otsamo, 2002). Meskipun demikian, akasia akan tumbuh lambat bahkan kerdil di bawah naungan dan lingkungan salin (asin) (National Research Council 1983). Gunn dan Midgley (1991) menyatakan bahwa akasia tumbuh melimpah di hutan-hutan pasca terjadinya gangguan, di sepanjang jalan dan bekas-bekas peladangan berpindah di Indonesia dan Papua Nugini.

D. Kegunaan Kayu Akasia

Akasia adalah jenis pohon cepat tumbuh yang umum digunakan dalam program pembangunan hutan tanaman di Asia Pasifik. Keunggulan dari pohon akasia adalah yaitu pertumbuhan yang cepat, kayu berkualitas baik, dan kemampuan toleransi terhadap berbagai jenis tanah dan lingkungan (National Research Council 1983). Kayu akasia dapat digunakan sebagai bahan pembuatan *pulp*, kertas, papan partikel, krat dan kepingan-kepingan kayu. Kemudian dapat digunakan untuk kayu gergajian, *moulding*, mebel dan vinir.

Kayu akasia memiliki nilai kalori sebesar 4800-4900 kkal/kg, kayunya dapat dimanfaatkan sebagai kayu bakar dan dijadikan produk arang, daunnya dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, cabang, dan daun-daun kering dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Sisa serbuk gergaji yang tidak terpakai bisa dimanfaatkan sebagai substrat berkualitas tinggi untuk produksi jamur yang dapat dimakan

(Lemmens *et al.*, 1995). Ginoga (1997) menyatakan bahwa jenis kayu akasia tergolong dalam Kelas kuat III untuk kategori ketangguhan kayu, mutu sangat baik (Kelas I) untuk umur pohon 9-10 tahun dan dan mutu baik (Kelas II) untuk umur pohon 7 tahun dalam bidang permesinan/penggergajian yaitu penyerutan, pembentukan, dan pengamplasan pada kayu yang sudah kering udara.

Pohon akasia juga berfungsi sebagai pohon penayang, ornamen, penyaring pembatas, dan penahan angin, serta dapat ditanam pada sistem wanatani dan sebagai pencegah erosi. Akasia banyak diminati oleh petani sebagai peningkatan kesuburan tanah ladang atau padang rumput. Pohon akasia mampu tumbuh cepat walaupun disekitar gulma yang agresif, seperti alang-alang (*Imperata cylindrical*). Akasia juga dapat mengatur nitrogen udara dan menghasilkan cukup banyak seresah, yang dapat menambah aktivitas biologis tanah dan rehabilitasi sifat-sifat fisika dan kimia pada tanah (Krisnawati *et al.*, 2011).

E. Modifikasi Kayu

Menurut Hill (2006), modifikasi kayu adalah suatu cara mengubah sifat kayu menjadi lebih baik dibandingkan sifat alaminya. Perbaikan sifat kayu antara lain tahan terhadap pembusukan (*decay*) meningkatkan stabilitas dimensi, serapan air rendah, meningkatkan kekuatan kayu, dan lain sebagainya. Menurut Hidayat *et al.* (2018b), modifikasi kayu adalah proses perlakuan kimia, biologis maupun fisis pada kayu yang bertujuan meningkatkan sifat-sifat kayu yang diinginkan. Kayu yang termodifikasi harus tidak beracun dan tidak ada pelepasan zat beracun pada saat penggunaan.

Pengawetan dengan bahan kimia (boron, kreosot, dll) mampu mengurangi serangan jamur dan hama penggerek terhadap kayu. Namun bahan kimia yang digunakan akan terus berkurang, karena terpapar panas atau tercuci oleh air hujan. Bahan kimia yang tercuci oleh air hujan akan mengalir ke lingkungan dan menyebabkan pencemaran. Seiring waktu sifat kayu akan kembali pada keadaan awal (Hidayat dan Febrianto, 2018a). Hidayat dan Febrianto (2018a), menyatakan pelaburan vernis, pelitur, atau bahkan pengecatan pada lapisan luar kayu dengan tujuan mengurangi serangan jamur perusak kayu dan meningkatkan stabilitas dimensi kayu. Namun perlakuan tersebut tidak bersifat permanen. Retak pada kayu dapat menyebabkan celah masuknya air dan celah menguap dan tercucinya bahan yang digunakan pada perlakuan, sehingga sifat-sifat asli kayu kembali. Menurut Hidayat dan Febrianto (2018a), terdapat dua jenis modifikasi yaitu modifikasi aktif dan modifikasi pasif. Modifikasi aktif adalah modifikasi yang menghasilkan perubahan pada sifat kimia kayu, dan modifikasi pasif adalah modifikasi yang menghasilkan perubahan pada sifat kayu namun tanpa terjadi perubahan pada sifat kimianya. Perlakuan tersebut berlaku pada dinding sel atau rongga sel. Modifikasi kayu dapat dibedakan menjadi beberapa metode yaitu, modifikasi kimia, modifikasi impregnasi, modifikasi permukaan dan modifikasi panas.

Menurut Hidayat dan Febrianto (2018a), modifikasi kimia kayu adalah reaksi reagen kimia terhadap konstituen polimer kayu, sehingga menghasilkan pembentukan ikatan antara reagen dengan substrat. Modifikasi kimia kayu dikembangkan dengan tujuan meningkatkan stabilitas dimensi akibat penyerapan

dan pelepasan air dari dinding sel. Dampak lain dari modifikasi kimia yaitu, peningkatan fisik dan mekanik, peningkatan daya tahan terhadap degradasi fisis, kimia, dan biologis.

Hidayat dan Febrianto (2018a) menyatakan modifikasi impregnasi adalah metode pengisian bahan pengisi (*impregnant*) ke dalam kayu dengan tujuan meningkatkan sifat-sifat kayu yang diinginkan. Prinsip pada modifikasi ini adalah untuk mengisi dinding sel kayu dengan bahan kimia, atau kombinasi bahan kimia, kemudian menimbulkan reaksi yang menghasilkan bahan terkunci di dinding sel kayu.

Dalam fase impregnasi dinding sel harus dalam keadaan mengembang untuk memastikan aksesibilitas bahan pengisi. Komponen molekul pada bahan pengisi cukup kecil sehingga mampu menembus ke dalam dinding sel kayu. Fiksasi bahan pengisi dapat bereaksi melalui dua mekanisme utama, impregnasi monomer atau oligomer, diikuti oleh polimerisasi di dalam dinding sel dan difusi bahan terlarut, lalu diberi perlakuan lanjutan agar bahan pengisi tidak tercuci di dalam dinding sel.

Modifikasi permukaan adalah perlakuan yang mengaplikasikan bahan kimia, fisis atau biologis ke permukaan kayu dengan tujuan meningkatkan sifat-sifat kayu yang diinginkan. Modifikasi permukaan memiliki tujuan yang sama dengan modifikasi impregnasi, namun pada modifikasi permukaan, perlakuan hanya dilakukan pada beberapa lapisan pertama dari permukaan kayu. Modifikasi permukaan kayu telah diaplikasikan untuk menambah daya tahan kayu terhadap ultraviolet (UV), mengurangi daya serap terhadap air, meningkatkan kompatibilitas

menggunakan bahan pelapis atau matriks, dan meningkatkan ikatan antar permukaan kayu (Hidayat dan Febrianto, 2018a).

Kayu termodifikasi panas adalah kayu yang telah mengalami perlakuan panas dengan suhu tinggi berkisar 140-280°C dengan berbagai durasi perlakuan panas. Tujuan dari perlakuan panas ini ialah memodifikasi komponen-komponen sel pada kayu sehingga sifat-sifat kayu berubah (Esteves dan Pereira 2009; Hill, 2011; Sandberg *et al.*, 2017; Hidayat *et al.*, 2017c). Salah satu kelebihan dari kayu termodifikasi yaitu stabilitas dimensi yang lebih baik, lebih awet, serta ramah lingkungan karena penggunaan dengan bahan kimia terbatas. Sifat-sifat mekanis dan corak serta warna yang telah berubah masih dapat berfungsi dengan baik dan tetap memenuhi persyaratan dan keinginan pasar terutama perkeras konstruksi.

Faktor-faktor yang menentukan keberhasilan suatu perlakuan panas pada kayu yaitu suhu dan waktu perlakuan, kondisi atmosfer lingkungan, sistem tertutup dan terbuka, jenis kayu, dan sistem kondisi kadar air kayu saat proses perlakuan panas (Hill 2006, dan Boonstra, 2008). Menurut Hidayat dan Febrianto (2018a), modifikasi pada kayu dilakukan pada kondisi tanpa oksigen atau kadar oksigen yang dibatasi untuk mencegah terbakarnya kayu pada proses perlakuan panas. Oleh sebab itu, perlakuan panas menggunakan media nitrogen (Hakkou *et al.*, 2005), uap (Boonstra *et al.*, 2007), minyak (Dubey *et al.*, 2012), dan menggunakan vakum (Allegretti *et al.*, 2012).

Penggunaan suhu tinggi di atas 200°C dan waktu perlakuan di atas 24 jam menimbulkan pengaruh positif pada penurunan kadar air setimbang, peningkatan stabilitas dimensi dan keawetan kayunya (Esteves dan Pereira, 2009), akan tetapi menyebabkan kerugian pada penurunan keteguhan rekat (Sernek *et al.*, 2008), serta sifat kekuatan kayunya (Dwianto dan Norimoto, 1999). Varga dan Zee (2008) menemukan keteguhan rekat optimal pada kayu black locust diperoleh setelah perlakuan panas dengan *steaming* pada suhu 108°C selama 3 jam dan suhu 105°C selama 7,5 jam pada kayu sapupuir. Dwianto dan Norimoto (1999) yang melakukan perlakuan termal pada kayu sugi, pinus (*Pinus merkusii*), dan albizia dengan suhu pemanasan 160°C, 180°C, dan 200°C dengan waktu perlakuan 1-24 jam mendapati kenaikan tertinggi kekuatan ketiga jenis kayu tersebut pada perlakuan suhu 160°C selama 3 jam dan 180°C selama 1 jam.

Perubahan sifat kimia, fisika, dan struktur kayu selama perlakuan panas mempengaruhi kemampuan bahan perekat melekat pada permukaan kayu. Perbaikan stabilitas pada dimensi kayu akan meningkatkan sifat perekatan karena akan menurunkan kembang susut kayu yang direkat sehingga kembang susut kayu tidak berpengaruh pada garis perekatnya. Kayu yang diberi perlakuan panas akan meningkatkan peluang untuk terjadi *inactivated surface*, yaitu kondisi kayu sulit mengalami *wetting* (pembasahan). Hal ini disebabkan oleh panas, terjadi peningkatan pergerakan ekstraktif dalam kayu yang merangsang peluang bergerak dan menempelnya di permukaan kayu (Forbes, 1998).

Perlakuan panas kayu adalah alternatif perawatan ramah lingkungan yang menarik untuk menambah nilai kayu yang kurang bernilai dengan meningkatkan warna, stabilitas dimensi, dan daya tahan alami (Hidayat *et al.*, 2017d; Hidayat, 2018b). Menurut Allegretti *et al.* (2012), 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*.

Hasil penelitian Homan dan Jorissen (2004), menyebutkan bahwa bila suhu modifikasi panas dinaikan maka sifat kekuatan kayu semakin menurun dan malah sebaliknya sifat ketahanan terhadap serangan organisme perusak kayu semakin meningkat karena naiknya suhu pemanasan minyak menyebabkan degradasi komponen kimia penyusun kayu seperti selulosa dan hemiselulosa sehingga kekuatan kayu menurun, disamping itu karena kurangnya sumber makan (selulosa dan hemiselulosa) maka kayu tersebut tidak diserang oleh organisme perusak kayu.

F. Pengaruh Bahan

Militz (2002) menyatakan bahwa perlakuan panas pada kayu, harus memperhatikan jenis kayu yang digunakan sebagai bahan. Karena terdapat beberapa perbedaan jenis kayu yang bereaksi dengan tekanan suhu tinggi, khususnya antara kayu keras dan kayu lunak. Sebab kayu memiliki sifat kimia, sifat fisika yang bersatu dengan sifat-sifat kayu lainnya. Sehingga perlunya perlakuan tersendiri khususnya untuk modifikasi panas pada kayu tersebut.

Perlakuan dengan *hydrothermal* atau *hygrothermal* pada beberapa jenis kayu menyebabkan berkurangnya berat kayu. Sifat tersebut lebih banyak pada kayu keras dibandingkan dengan kayu lunak. Hill (2006) menyatakan penggunaan kayu lunak (*softwood*) dan kayu keras (*hardwood*) memberikan respons yang berbeda terhadap perlakuan panas. Terdapat juga perbedaan terhadap respons perlakuan panas pada kayu dengan kerapatan tinggi dan kayu dengan kerapatan rendah.

Bentuk dan dimensi contoh uji sangat mempengaruhi modifikasi panas pada kayu. Tingkat perpindahan panas yang tinggi dari permukaan kayu ke dalam bagian kayu memberikan suatu temperatur yang sama dicontoh uji. Walaupun daya hantar panas pada kayu yang kering sangat rendah, dan metode pemanasan ini merupakan suatu perlakuan yang harus dilakukan. Pemindahan panas dari permukaan ke dalam kayu dilakukan dengan baik dengan menggunakan uap panas. Pada kayu yang ukurannya besar perlakuan panas dapat dilakukan dengan baik dengan cara pemindahan kalor dengan sistem pemanasan uap panas (Hill *et al.*, 2005). Hill (2006) menyatakan transfer panas pada ukuran kayu yang lebih tebal membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan kayu yang tipis.

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

Perlakuan panas dengan minyak adalah pengaplikasian panas pada kayu menggunakan media minyak nabati yang dipanaskan. Perlakuan panas atau OHT dikembangkan oleh Prof. Dr. A Rapp pada tahun 1998 bekerja sama dengan *Federal Research Centre For Forestry and Forest* di Hamburg. Proses OHT

dilakukan dengan memasukan minyak dan kayu ke dalam tanur dengan memanaskan kayu pada suhu 180°C sampai 260°C (Rapp, 2001).

Tahapan pelaksanaan modifikasi panas dengan metode minyak panas, kayu dengan ukuran tertentu diberi perlakuan *hydrothermolysis* kemudian dikeringkan dan perlakuan secara konvensional selanjutnya dikondisikan pada ruangan pengeringan selanjutnya finising. Kayu diimpregnasi vacuum dengan minyak panas yang reaktif, dimana minyak panas masuk dan keluar dalam suatu reaktor. Selanjutnya mengeluarkan air yang tersisa di dalam kayu dimana suhu perlakuannya di atas 100°C dan memasukan minyak panas lagi. Reaksi minyak reaktif dengan kayu pada suhu 200°C mengeluarkan minyak panas dari permukaan kayu dan *oxidative polymerisation* dan menghasilkan kayu yang telah dimodifikasi dengan minyak panas. Perlakuan temperatur tinggi dengan minyak nabati pada kayu telah dilaporkan oleh penelitian sebelumnya. Minyak nabati yang dipergunakan tersebut yaitu, minyak rapa, minyak biji rami atau minyak bunga matahari. Minyak pada perlakuan panas ini berfungsi sebagai pemindahan kalor yang baik dan memisahkan oksigen dari kayu (Homan dan Jorissen, 2004). Perlakuan dengan cara ini dapat dibedakan dari proses Royal atau Royale. Proses modifikasi kayu dengan minyak panas tidak akan berhasil baik pada kondisi suhu rendah 60-90°C dengan impregnasi tidak maksimal ke dalam kayu (Hill, 2005).

Pemakaian minyak di dalam proses modifikasi panas membutuhkan temperatur yang lebih tinggi pada temperatur 180-220° C, sehingga mengakibatkan perubahan secara kimiawi pada unsur-unsur penyusun kayu. Rapp (2001)

menyatakan bahwa hasil penelitiannya pada suatu proses modifikasi panas yang menggunakan minyak dari biji rami pada medium panas. Pada kayu dengan kadar air 6% direbus pada pemanas minyak biji rami selama 4,5 jam. Pada kondisi tersebut tidak ditemukan minyak, adanya minyak dapat diserap oleh kayu selama proses pemanasan, selanjutnya kayu didinginkan kemudian dilanjutkan dengan pemanasan minyak lagi sehingga dihasilkan impregnasi minyak ke kayu sampai 50-70% dari beratnya. Dimana permukaan kayu diperlakukan lagi dengan perlakuan susulan yang kondisinya kering. Perlakuan minyak panas dapat mengurangi volume dari contoh uji, seperti yang ditemukan pada perlakuan panas dengan proses lainnya, dikarenakan ketidakmampuan dari trigliserida dari minyak untuk menembus dinding sel kayu. Perlakuan panas dilakukan pada tingkat temperatur-temperatur antara 180°C dan 260°C tidak adanya oksigen. Perlu memperhatikan temperatur yang diinginkan (contohnya 220°C) di dalam inti kayu itu untuk 2-4 jam (Rapp, 2001). Medium minyak dapat minyak-rapa, minyak biji rami atau minyak bunga matahari. Minyak berfungsi dalam pemindahan kalor yang baik dan memisahkan oksigen dari kayu.

Hasil modifikasi diperoleh sangat tergantung pada jenis kayu dan temperatur. Karena pada temperatur 220°C menghasilkan kelas ketahanan II untuk kayu jenis cemara yang cukup baik. Bagaimanapun kekuatan itu berkurang sampai 30% ketika dipanaskan pada suhu 220°C. Paintabilas dengan sistem *waterborne* yang *acrylic* dihasilkan bersifat baik bahkan lebih baik dibanding dengan material hasil modifikasi uap panas. Perbaikan khas di dalam stabilitas dimensi sebesar 40%.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

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

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: mesin amplas, kompor, tungku, *thermo couple*, *electric furnace* (oven), penggaris, *caliper*, timbangan elektrik, *tallysheet*, kamera, *general colorimeter*, *Universal Testing Maching* (UTM) Testometric M500-50AT, blender, laptop dan analisis statistik menggunakan perangkat lunak *IBM SPSS Statistics 20* untuk *Windows* (New York, USA). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: spesimen kayu akasia (*A. mangium*), spesimen kayu jabon (*A. cadamba*), minyak nabati (minyak kelapa sawit), dan gas elpiji.

C. Rancangan Percobaan

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen skala laboratorium. Rancangan percobaan yang digunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan 5 perlakuan berbeda terhadap pengaruh durasi dengan ulangan sebanyak 3 kali dan terdapat 2 jenis kayu, sehingga total keseluruhan perlakuan OHT berjumlah 30 satuan percobaan. Perlakuan tersebut adalah : (A) durasi kontrol, (B) durasi 1 jam, (C) durasi 2 jam, (E) durasi 3 jam, dan (D) durasi 4 jam. Metode eksperimen adalah suatu metode penelitian dengan tindakan coba-coba (*trial*) di bawah kondisi buatan yang dibuat oleh peneliti. Metode tersebut digunakan untuk mengetahui suatu hubungan sebab akibat dengan perlakuan tertentu (Kusuma *et al.*, 2012). Tata letak percobaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tata letak percobaan dalam rancangan acak kelompok lengkap (RAKL)

Jenis Kayu	Durasi	Ulangan
Akasia	0 (kontrol)	1 (ulangan 1)
Jabon	1 jam	2 (ulangan 2)
	2 jam	3 (ulangan 3)
	3 jam	
	4 jam	

D. Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan Bahan

Persiapan awal akan dilakukan dengan mempersiapkan bahan kayu papan yang dibeli dari panglong. Papan tersebut kemudian dikonversi menjadi spesimen dengan dimensi 30 cm (panjang), 10 cm (lebar) dan tebal 2 cm (tebal). Spesimen

diupayakan diambil dari titik yang berdasarkan bidang tangensial sejajar sehingga diharapkan memiliki sifat fisik yang seragam karena usia pertumbuhan sel-selnya seumur. Persiapan selanjutnya akan dilakukan dengan pengamplasan semua sampel sampai rata disetiap sisi. Kemudian papan yang telah dikonversi dan dipilih dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 24 jam (kering tanur). Lalu akan disortir dan diberi tanda dibagian pojok kiri papan pada masing-masing sampel dengan kode sebagai berikut.

a. Jenis kayu (kode ke-1)

1. Kayu akasia (A)
2. Kayu jabon (J).

b. Durasi (kode ke-2)

1. 1 jam
2. 2 jam
3. 3 jam
4. 4 jam

c. Ulangan (kode ke-3)

1. Ulangan 1
2. Ulangan 2
3. Ulangan 3

2. Pengukuran Parameter Sebelum Perlakuan

- a. Pengukuran berat dilakukan dengan menimbang papan kayu menggunakan timbangan digital untuk mendapatkan berat basah.

- b. Pengukuran panjang dilakukan pada 2 titik, mulai dari kanan label titik 1 dan kearah label titik 2 menggunakan penggaris dengan ketelitian 0,5 mm.
- c. Pengukuran lebar dilakukan pada 6 titik, mulai dari kanan bawah label titik 1, 2 dan 3 lanjut lurus dengan titik 3 mulai titik 4, 5, dan 6 menggunakan *caliper*.
- d. Pengukuran tebal dilakukan pada 6 titik, mulai dari kanan label titik 1, 2, dan 3, lanjut lurus dengan titik 1 mulai titik 4, 5, dan 6 menggunakan *caliper*.
- e. Pengukuran warna menggunakan *general colorimeter* pada 3 titik, mulai dari titik 1 bagian atas, titik 2 pada bagian tengah, dan titik 3 bagian bawah.

3. Proses *Oil Heat Treatment* (OHT)

- a. Proses OHT diawali dengan memasukkan sampel ke dalam reaktor. Kemudian memasukkan minyak dalam reaktor sampai keseluruhan sampel terendam minyak. Kemudian meningkatkan temperatur awal (32°C-200°C) minyak sampai ketemperatur yang ditentukan (± 90 menit).
- b. Menstabilkan temperatur minyak (200°C) dengan durasi 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam.
- c. Setelah selesai pada proses perlakuan panas dengan minyak, sampel diambil dan dimasukkan oven pada suhu 100°C selama 24 jam.

Setelah itu sampel ditimbang untuk mendapatkan data berat setelah diberi perlakuan *oil heat treatment*. Kemudian sampel diampelas di bagian permukaan untuk pengambilan data warna setelah perlakuan. Setelah itu dilakukan pemotongan sampel menjadi beberapa bagian, untuk diuji sifat fisis dan mekanis pada kayu. Pembagian sampel kayu disajikan pada Gambar 2.

5x5cm	2x4cm	2x4cm	2x4cm	8x8cm
	2x4cm	2x4cm	2x4cm	
5x5cm	2x4cm	2x4cm	2x4cm	
	2x4cm	2x4cm	2x4cm	

Gambar 2. Pola pemotongan contoh uji.

E. Pengukuran Parameter Setelah OHT

1. Warna Kayu

Pengujian perubahan warna pada papan sampel kayu dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan warna akibat perlakuan suhu panas yang tinggi pada proses OHT. Material kayu memiliki nilai kilau dan warna yang berbeda. *CIE Lab** sistem yang digunakan untuk mengetahui perubahan dari sampel kayu yang tidak diberi perlakuan panas dengan warna kayu akibat perlakuan panas (Ayata dkk., 2018). Pengujian dilakukan pada 3 titik pada masing-masing papan sampel kayu akasia dan kayu jabon, diambil data warna sebelum OHT, dan sesudah OHT diampelas bagian permukaannya, menggunakan alat *scanner general colorimeter* dan dievaluasi perubahan warna menggunakan sistem *CIE-Lab*. Sehingga diperoleh perubahan warna sebagai berikut: L^* , a^* , b^* dan ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^* (CR-400, Kinoca Minolta Inc., Tokyo, Jepang). Perubahan warna ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^* dapat dihitung dengan persamaan:

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

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

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

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

Keterangan:

L^* = Tingkat Kecerahan (hitam ke putih)

a^* = Kromatisitas (merah ke hijau)

b^* = Kromatisitas (kuning ke biru)

ΔL^* = Perbedaan antara nilai L^* awal dan akhir setelah perlakuan

Δa^* = Perbedaan antara nilai a^* sebelum dan sesudah OHT

Δb^* = Perbedaan antara nilai b^* sebelum dan sesudah perlakuan pemanasan

ΔE^* = Perubahan warna akibat perlakuan pemanasan

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.

2. Perubahan Berat dan Susut Volume

Setelah di OHT kayu dievaluasi sifat fisis mekanisnya. Kehilangan berat (WL) dan susut volume (VS) (Korean standard KS F 2198 2011 dan KS F 2199 2011), dengan rumus:

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

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

Keterangan:

PB = Perubahan Berat (%)

VS = Susut Volume (%)

m_a = berat sebelum OHT (g)

m_b = berat setelah OHT (g)

V_a = volume sampel sebelum OHT (cm³)

V_b = volume sampel setelah OHT (cm³).

Jumlah sampel uji adalah 3 buah dengan ukuran masing-masing sampel uji 4 cm x 2 cm x 2 cm (panjang × lebar × tebal).

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. Kerapatan papan sampel diketahui menggunakan standar (SNI 01-6235-2000), dengan rumus persamaan kerapatan:

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

Keterangan:

P = Kerapatan (g/cm^3)

M = Bobot sampel kayu (g)

V = Volume (cm^3)

Jumlah sampel uji adalah 3 buah dengan ukuran masing-masing sampel uji 2 cm x 2 cm x 4 cm.

4. 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 dengan menggunakan energi panas. Data kadar air diambil mulai dari persiapan akhir sampai dengan setelah dioven dari proses OHT . Persamaan standar (SNI 8021. 2014) yang digunakan untuk mengetahui kadar air:

$$KA = \frac{Ba - BKT}{BKT} \times 100\%$$

Keterangan:

KA = Kadar Air (%)

BA = Bobot Awal (g)

BKT = Bobot Kering Tanur (g)

Jumlah sampel uji adalah 3 buah dengan ukuran masing-masing sampel uji 5 cm x 5 cm x 2 cm.

5. Daya Serap Air

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. Daya serap air diketahui menggunakan rumus sebagai berikut:

$$WA(\%) = \frac{100x(Mw-Ma)}{Ma}$$

Keterangan:

WA = daya serap air (%)

m_a = berat sebelum direndam (g)

m_w = berat setelah direndam (g)

Perlakukan perendaman air yaitu dengan memperlakukan papan sampel dengan ukuran 2 cm (lebar), 2 cm (tebal), dan 4 cm (panjang) yang direndam dalam air dengan rentan waktu 2 minggu. Perlakuan ini dilakukan untuk melihat perubahan visual dan fisik pada papan sampel kayu akasia dan jabon.

6. 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 2 cm x 2 cm x 4 cm (panjang × lebar × tebal). Kekuatan tekan sejajar serat diketahui menggunakan 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 (mm²)

7. Kekerasan

Menyesuaikan dengan ASTM D 143. 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 benda uji 50 mm x 50 mm x 150 mm (panjang × lebar × tebal). Pengujian kekerasan mengacu pada ASTM D 143-94 (2000).

F. 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 akasia dan jabon) dari faktor B (durasi perlakuan 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam)

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 disajikan dalam Tabel 2. berikut ini.

Tabel 2. Analisis ragam perubahan sifat fisis dan mekanis kayu akasia dan jabon

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	(t-1)-(r-1)	JKG	JKG/dbG		
Total	tr-1	JKT			

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

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka terdapat pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan, dilanjutkan dengan pemisahan nilai tengah menggunakan Duncan pada taraf 5%. Namun jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka tidak ada pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan, sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan yaitu.

1. Pengaruh durasi pada modifikasi panas dengan minyak sangat mempengaruhi perubahan sifat fisis pada kayu. Hasil penelitian membuktikan modifikasi panas dengan minyak mampu memperbaiki sifat fisis pada kayu. Seiring penambahan durasi menyebabkan kehilangan sifat alami pada kayu akasia dan kayu jabon. Dari hasil penelitian, durasi perlakuan disarankan pada durasi 2 jam untuk mendapatkan perubahan sifat fisis yang baik tanpa menghilangkan seluruh sifat alami kayu akasia dan kayu jabon.
2. Pengaruh durasi pada modifikasi panas dengan minyak sangat mempengaruhi sifat mekanis pada kayu akasia dan kayu jabon. Penurunan kekuatan tekan dan kekerasan pada kayu seiring penambahan durasi perlakuan. Hal tersebut membuktikan semakin lama durasi yang digunakan pada proses OHT menyebabkan kerusakan pada sifat mekanis kayu. Dari hasil penelitian, durasi perlakuan disarankan pada durasi 1 jam untuk mendapatkan sifat mekanis terbaik pada kayu akasia dan kayu jabon.

B. Saran

Perlakuan panas dengan minyak merupakan salah satu alternatif perbaikan sifat-sifat kayu, penggunaan suhu dan durasi terlalu tinggi pada proses perlakuan panas menyebabkan kerusakan pada sifat alami kayu akasia dan kayu jabon.

Penggunaan durasi yang terlalu lama akan menyebabkan kerusakan pada sifat mekanis kayu, sehingga penggunaan kayu tidak disarankan untuk konstruksi bangunan,

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, B., Safe'i, R., and 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. dan Banuwa, I.S. 2019. Pengelolaan hutan rakyat di Kabupaten Tulang Bawang Barat. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(1): 42-51.
- Aprillia, D., Riniarti, M., dan Bintoro, A. 2019. Aplikasi ektomikoriza pada media tanam bekas tambang kapur untuk membantu pertumbuhan mangium (*Acacia mangium*). *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3): 332-341.
- Arsad, E. 2015. Teknologi pengelolaan dan manfaat bambu. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 7(1): 45-52.
- 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 BC. 2014. Some physical and mechanical properties of thermally modified juvenile and mature black pine wood. *Eur. J. Wood Prod*. 7(2): 61-66.
- 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 Sci. Technol*. 41(1): 31-57.
- Boonstra, M.J. 2008. A two-stage thermal modification of wood. Ph.D. dissertation in cosupervision Ghent University and Universite' Henry Poincare, Nancy 1. Belgium. 297 hlm.

- 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*. 6(1): 49-57.
- Dwianto, W., Norimoto M. 1999. Peningkatan sifat kekuatan kayu dengan perlakuan suhu tinggi yang optimum. *Prosiding Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI)*. Yogyakarta. 73-79 hlm.
- Esteves, B. M., Pereira, H. M. 2009. Wood modification by heat treatment: A review. *Bio Resources*. 4(1): 340-404.
- Febrianto, F., Royama, L. I., Hidayat, W., Bakar, E. S., Kwon, J. H., Kim, N. H. 2009. Development of oriented strand board from acacia wood (*Acacia mangium* Willd): effect of pretreatment of strand and adhesive content on the physical and mechanical properties of osb. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 37(2): 121–127.
- Febrianto, F., Hidayat, W., Samosir, T. P., Lin, H. C., 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.
- Febrianto, F., Pranata, A. Z., Septiana, D., Arinana, Gumilang, A., Hidayat, W., Jang, J. H., Lee, S. H., Hwang, W. J., Kim, N. H. 2015. Termite resistance of the less known tropical woods species grown in West Java, Indonesia. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 43(2): 248–257.
- Forbes, C. 1998. *Wood Surface Inactivation and Adhesive Bonding*. Artikel. <https://content.ces.ncsu.edu/wood-surface-inactivation-and-adhesive-bonding>. Diakses pada 20 April 2019.
- Forest Products Society. 2002. *Enhancing the Durability of Lumber and Engineered Wood Products*. Buku. Madison: Forest Products Society. Kissimmee. 320 hlm.
- Ginoga, B. 1997. Berberapa sifat kayu mangium (*Acacia mangium*) pada beberapa tingkat umum. *Bulletin Penelitian Hasil Hutan*. 13(5): 132-149.
- Gunn, B. V., Midgley, S. J. 1991. Genetic resources and tree improvement: exploring and accessing the genetic resources of four selected tropical acacias. *Prosiding ACIAR No. 35. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia*. 57–63.
- Hakkou, M., Pétrissans, M., Zoulalian, A., Gérardin, P. 2005. Investigation of wood wettability changes during heat treatment on the basis of chemical analysis. *Polym. Degrad. Stab.* 89(1): 1-5.

- Hall, N., Turnbull, J. W., Doran, J. C., Martenez, P. N. 1980. *Acacia mangium* : Australian acacia series. *CSIRO Forest Research Leaflet 9. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Canberra, Australia*. 2 hlm.
- 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., Carolina, A., Febrianto, F. 2013. Physical, mechanical, and durability properties of osb prepared from ccb treated fast growing tree species strands. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 11(1): 55–61.
- Hidayat, W., Jang, J. H., Park, S. H., Qi, Y., Febrianto, F., Lee, S. H., Kim, N. H. 2015. Effect of temperature and clamping during heat treatment on physical and mechanical properties of okan (*Cylicodiscusgabunensis* [Taub.] Harms) wood. *BioResources*. 10(4): 6961-6974
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., Lee, S. H., Chae, H. M., Kondo, T., and Kim, N. H. 2017a. 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., Febrianto, F., Kim, N. H. 2017b. 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. 2017c. Effect of mechanical restraint on the properties of heat-treated *Pinus koraiensis* and *Paulownia tomentosa* woods. *Bioresources* 12(4): 7539–7551.
- Hidayat, W. Qi. Y., Jang, J. H., Park, B. H., Banuwa, I. S. B., Febrianto, F., Kim, N. H. 2017d. Color change and consumer preferences towards color of heat-treated Korean white pine and royal *Paulownia* woods. *J. Korean Wood Sci. Technol*. 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. 127 hlm.
- 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. Sriwijaya International Conference on Environmental Issues 2018*. 1-10.

- Hidayat, W., Suri, I. F., Safe'i, R., Wulandari, C., Satyajaya, W., Febryano, I. G., and 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, CAS., Forster, SC., Farahani, MRM., Hale, MDC., Ormondroyd, GA., Williams. 2005. Ginvestigation of the cell wall micropore blocking as a possible mer an chanism for the decay resistance of anhydride modified wood. *Int Biodeterior Biodegrad.* 55(1): 69–76.
- Hill, CAS. 2006. Wood modification: chemical, themal and other process. *Chicester: John Wiley & Sons Ltd.* Bangor. 260 hlm.
- Hill, CAS. 2011. Wood modification: an update. *BioResources.* 6(2): 918-919.
- Homan, W. J., Jorissen, A. J. M. 2004. Wood modification developments. *Heron.* 49(4): 361-385.
- Hyvonen, A., Nelo, M., Piltonen, P., Hormi, O., Niinimaki, J. 2007. Using iron catalyst to enhance the drying properties of crude tall oil-based wood preservative. *Holz Roh Werkst.* 65(1): 105-111.
- Karlinasari, L., Yoresta, S. Y., Priadi, T. 2018. Karakteristik perubahan warna dan kekerasan kayu termodifikasi panas pada berbagai suhu dan jenis kayu. *J. Ilmu Teknol. Kayu Tropis.* 16(1): 68-82.
- Kasmudjo. 2012. *Mebel dan Kerajinan, Teori Dasar dan Aplikasi.* Buku. Cakrawala Media. Yogyakarta. 148 hlm.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2017. *Statistika Kehutanan Indonesia 2016.* Buku. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta. 355 hlm.
- Kim, Y. S. 2016. Research trend of the heat-treatment of wood for improvement of dimensional stability and resistance to biological degradation. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 44(3): 457-476.
- Krisnawati, H., Kallio, M., Kanninen, M. 2011. *Acacia mangium* Miq.: *Ecology, Silviculture, and Productivity.* Buku. CIFOR. Bogor. 26 hlm.
- Lemmens, R. H. M. J., Soerianegara, I., Wong, W. C. (ed.). 1995. *Plant Resources of South-East Asia No. 5 (2). Timber Trees: Minor Commercial Timbers.* Buku. Backhuys Publishers. Leiden. 655 hlm
- 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. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 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.
- Luthfiana, U., Riniarti, M., dan Bintoro, A. 2020. Aplikasi ektomikoriza (*Scleroderma sp.*) pada semai mangium (*Acacia mangium* Willd.) menggunakan media tailing pertambangan emas skala kecil. *Jurnal Sylva Lestari*. 8(1): 85-97.
- Mansur, I., Tuhrtoru, F. D. 2010. *Kayu Jabon*. Buku. Penebar Swadaya. Jakarta. 118 hlm.
- Militz, H. 2002. Heat Treatment Technologies In Europe: Scientific Background and Technological State of Art. *Proceedings of Conference on "Enhancing the durability of lumber and engineered wood products" February 11-13, 2002*. 1-19.
- 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., Fahmi, I. 2011. *Panduan Lengkap Bisnis dan Bertanam Kayu Jabon*. Buku. Penebar Swadaya. Jakarta. 142 hlm
- Nair, K. S. S., Sumardi. 2000. *Insect Pests and Diseases of Major Plantation Species*. dalam: Nair, K.S.S. (ed.) *Insect pests and diseases in Indonesian forests: An assessment of the major treats, research efforts and literature*. Buku. CIFOR. Bogor. 95 hlm
- National Research Council. 1983. *Mangium and Other Fast-Growing Acacias For The Humid Tropics*. Buku. National Academy Press. Washington, DC. 77 hlm
- Nurwati, H., Hadi, Y. S., Setyaningsih, D., 2007. Sifat fisis dan mekanis sepuluh provenans kayu mangium (*Acacia Mangium* Willd) dari Patung Panjang Jawa Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 5(1): 7-11.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., Anthony, S. 2009. *Agroforestry tree database: a tree reference and selection guide version 4.0*. World Agroforestry Centre (ICRAF). Nairobi. 1-10.
- Otsamo, R. 2002. Early effects of four fast-growing tree species and their planting density on ground vegetation in Imperata grasslands. *New Forests*. 23(5): 1-17.
- Paul, W. M., Ohlmeyer, H., Leithoff. 2005. Optimising the properties of OSB by a one-step heat pre-treatment process. *Holz als Roh- und Werkstoff Journal*. 64(2): 227-234.

- Pinyopusarerk, K., Liang, S. B. Gunn., B. V. 1993. *Taxonomy, Distribution, Biology and Use as an Exotic*. Dalam: Awang, K. dan Taylor, D. (ed.) *Acacia mangium: growing and utilization*, 1–19. Buku. *Winrock International dan Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Bangkok. 19 hlm.
- Priadi, T., Maretha., S. D. 2015. Sifat keawetan dan fisis-mekanis kayu kecapi dan rambutan setelah perlakuan pemanasan minyak sebagai upaya peningkatan mutu kayu ramah lingkungan. *J. Ilmu Teknol.* 13(2):146-160.
- Rapp, A. 2001. “Review on Heat Treatments of Wood, COST ACTION E22- Environmental Optimisation of Wood Protection,” *Proceedings of Special Seminar in Antibes, França*. 1-19.
- Rubiyanti, T., Hidayat, W., Febryano, I. G., Bakri, S. 2019. karakterisasi pelet kayu karet (*Hevea brasiliensis*) hasil torefaksi dengan menggunakan reaktor *Counter-Flow Multi Baffle* (COMB). *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3): 321–331
- Sandberg, D., Kutnar, A., Mantanis, G. 2017. Wood modification technologies – a review. *iForest*. 10(6): 895-908.
- Sandoval-Torres, S., Jomaa, W., Marc, F., Puiggali, J. R. 2010. Causes of color changes in wood during drying. *For. Stud. China*. 12(4): 167-175.
- Sernek, M., Boonstra, M., Pizzi, A., Despres, A., G´erardin, P. 2008. Bonding performance of heat treated wood with structural adhesives. *Holz Roh Werkst.* 66(3): 173-180.
- Siadari, T.P., Hilmanto, R. dan Hidayat, W. 2013. Potensi kayu rakyat dan strategi pengembangannya studi kasus di Desa Buana Sakti Kecamatan Batanghari Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 1(1): 75-84.
- Soerianegara, I., Lemmens, R. H. M. J. 1993. *Plant Resources of South-East Asia 5(1): Timber Trees: Major Commercial Timbers*. Buku. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen. 610 hlm.
- Sulistio, Y., Febryano, I. G., Yoo, J., Kim, S., Lee, S., Hasanudin, U., Hidayat, W. 2020. Pengaruh torefaksi dengan reaktor *Counter-Flow Multi Baffle* (COMB) dan *electric furnace* terhadap pelet kayu jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Jurnal Sylva Lestari* 8(1): 65–76.
- Sundqvist, B. 2002. Color response of scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula pubescens*) subjected to heat treatment in capillary phase. *Holz Roh Werkst* 60(2): 106-114.

- Turnbull, J.W. 1986 Australian Acacias in Developing Countries. *Prosiding International Workshop held at the Forestry Training Centre, Gympie, Queensland, Australia, 4–7 August 1986. Prosiding ACIAR No. 16. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia. 1-195.*
- 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.
- Varga, D., Van Der Zee, M. E. 2008. Influence of steaming on selected wood properties of four hardwood spesies. *Holz Roh Werkst*. 66(1): 11-18.
- 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.
- 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. *J. Korean Wood Sci. Technol*. 43(2): 168-176.