

Perubahan sifat-sifat fisik dan mekanik kayu kemiri (*Aleurites moluccanus* (L.) Willd.) setelah perlakuan pemanasan dengan minyak

Changes of physical and mechanical properties of candlenut wood (*Aleurites moluccanus* (L.) Willd.) after oil-heat treatment

Arjun Aziz^{a,*}, A. Detti Yuniarti^a, Agussalim^a

^aLaboratorium Pengolahan dan Pemanfaatan Hasil Hutan Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar 90245

*E-mail: frtsarjunazis04@gmail.com

Diterima 17 Januari 2021, Direvisi 27 Maret 2021, Disetujui 31 Maret 2021

ABSTRAK

Kayu kemiri merupakan salah satu jenis kayu yang memiliki kualitas rendah dengan kelas kuat dan kelas awet masing-masing pada kelas IV-V, sehingga pemanfaatannya sangat terbatas. Upaya perbaikan kualitas kayu kemiri, khususnya sifat fisik dan mekanik sangat diperlukan, salah satunya adalah teknologi modifikasi kayu dengan pemanasan minyak. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat fisik dan mekanik kayu kemiri setelah diberi perlakuan pemanasan dengan minyak. Tahapan dari penelitian ini adalah *pre-treatment*, pemberian perlakuan pemanasan dan pengujian. *Pre-treatment* dilakukan dengan pemanasan contoh uji secara bertahap pada suhu 60°C dan 90°C masing-masing selama 24 jam agar menghindari retak saat perlakuan pemanasan dengan minyak. Perlakuan pemanasan dilakukan pada beberapa variasi suhu, yaitu (160, 180, dan 200)°C masing-masing selama 1 dan 2 jam. Pengujian kayu dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D143-94 yang dimodifikasi. Untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu pemanasan terhadap sifat fisik dan mekanik kayu digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanasan dengan minyak pada kayu kemiri memberikan respon positif, terbukti dengan adanya peningkatan pada sifat fisik dan mekanik kayu, sehingga dapat menjadi metode efektif dalam memperbaiki sifat-sifat kayu. Peningkatan nilai berat jenis, *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR) secara berturut-turut berkisar pada (16,49-26,62)%, (1,25-13,61)%, dan (4,37-10,15)%. Penggunaan suhu 160°C memberikan hasil yang relatif lebih tinggi dibandingkan suhu lainnya dengan waktu satu jam. Waktu pemanasan yang lebih lama cenderung menurunkan sifat-sifat kayu.

Kata Kunci : kayu kemiri; pemanasan minyak; sifat fisik mekanik; suhu; waktu

ABSTRACT

Candlenut wood is one of low quality wood species in term of strength and durability class of V-IV, so its utilization is limited. Efforts to improve physical and mechanical properties of wood are required. One way is using wood modification technology by oil-heat treatment. This research aim was to analyze the changes in physical and mechanical properties of candlenut wood after heating with oil. The stages of this research were sample pre-treatment, heating treatment and wood testing. Samples were pre-treated by heating gradually at 60°C and 90°C for 24 hours to avoid crack during treatment. The heat treatment was applied at several variation of temperatures, namely (160, 180, and 200)°C for 1 and 2 hours, respectively. Properties of wood were tested according to modified ASTM D143-94 standard. The Completely Randomized Design was used to determine effect of heat temperature and time on the wood properties. The results showed that heating with oil on candlenut wood gave a positive response, as evidenced by an increase

in physical and mechanical properties of wood. Oil-heat treatment could be an effective method for improve properties of wood. The increases of specific gravity, MOE and MOR were ranged from (16.49 to 26.62)%, (1.25 to 13.61)%, and (4.37 to 10.15)%, respectively. The use of 160°C increased properties of wood with relatively higher compared to other temperatures in 1 hour. Longer heating times tend to reduce properties of wood.

Keywords : *candlenut wood; oil-heat treatment; physical-mechanical properties; temperature; time*

I. PENDAHULUAN

Permintaan kayu sebagai bahan baku industri hasil hutan terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Namun di sisi lain, kemampuan hutan dalam menyediakan kayu juga mengalami penurunan terutama dari hutan alam. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, hutan tanaman industri dan hutan rakyat menjadi tumpuan yang diharapkan mampu memasok produksi kayu bulat nasional. Tetapi, kayu yang berasal dari kedua jenis hutan tersebut memiliki sifat-sifat yang inferior atau berkualitas rendah (Wahyudi & Sitanggang, 2016).

Tanaman kemiri (*Aleurites moluccanus* (L.) Willd.) merupakan salah satu komoditas yang sering dikembangkan pada hutan tanaman rakyat. Selain penyebarannya yang luas, tanaman ini memiliki prospek yang baik bagi masyarakat terutama dikarenakan jenis ini memiliki banyak manfaat dengan hampir seluruh bagian tanaman (kulit pohon, buah, dan kayu) dapat digunakan (Sihombing, Hardjanto, & Wijayanto, 2013). Walaupun demikian, kayu kemiri merupakan jenis kayu yang memiliki kualitas rendah sehingga masih menjadi produk sampingan. Kegunaan atau produk utama dari tanaman kemiri adalah berupa buah. Padahal, tanaman kemiri yang telah berumur tua akan mengalami penurunan produksi buah hingga 79%, sehingga berpotensi menghasilkan kayu yang cukup tinggi (Koji, 2002). Berdasarkan Martawijaya, Karatsujana, Kadir, & Prawira (2005), kayu kemiri termasuk kayu kelas kuat rendah (kelas V-IV) dengan daya tahan kayu terhadap serangan rayap kayu kering termasuk kelas awet V, sedangkan terhadap jamur pelapuk kayu termasuk

pada kelas awet IV. Hal ini menyebabkan pemanfaatan kayu kemiri menjadi lebih terbatas seperti pada konstruksi ringan, kayu bakar, dan mebel (Sari, Erniwati, & Hapid, 2015). Untuk pemanfaatan yang lebih optimal, kayu kemiri memerlukan suatu upaya untuk meningkatkan keawetan dan kekuatannya, salah satunya dengan modifikasi kayu dengan perlakuan pemanasan.

Modifikasi panas merupakan teknologi modifikasi kayu yang cukup berkembang secara komersial dibandingkan dengan teknologi modifikasi kayu dengan cara kimiawi dan impregnasi, terutama di negara-negara Eropa (Sanberg, Kutnar, & Mantanis, 2017). Hal ini terutama disebabkan penerapan teknologinya yang lebih sederhana. Salah satu modifikasi kayu dengan perlakuan panas adalah dengan menggunakan metode *oil-heat treatment* atau perlakuan pemanasan dengan minyak. Metode ini mampu meningkatkan keawetan dari kayu terhadap serangan organisme perusak kayu, khususnya jamur dan rayap tanah. Selain itu, metode ini dapat menjadi metode efektif dalam memperbaiki stabilitas dimensi kayu. Penelitian yang telah dilakukan Dubey, Pang, & Walker (2012) pada kayu *Pinus radiata* menunjukkan peningkatan resistansi terhadap jamur dan stabilitas dimensi masing-masing mencapai 36% dan 60% seiring dengan pertambahan suhu saat pemanasan.

Penggunaan minyak dapat menjadi media pemanasan yang *low-toxic* dan ramah terhadap lingkungan (Octavia, Anne-marie, & Beldean, 2011). Minyak dapat membantu dalam perpindahan kalor atau penetrasi ke dalam kayu dan memisahkan oksigen dari kayu saat

pemanasan (Tjeerdsma, Swager, Horstman, Holleboom, & Homan, 2005). Selain itu, minyak memiliki bilangan asam rendah dan titik asap yang cukup tinggi sehingga reaksi oksidasi dan hidrolisis yang dapat merusak bahan saat pemanasan hanya akan terjadi pada suhu tinggi (Dewi & Hidajati, 2012). Namun, pemanasan yang dilakukan pada suhu rendah (60-90)°C belum mampu mengubah sifat-sifat kayu dimana impregnasinya tidak maksimal ke dalam kayu. Penggunaan suhu pemanasan yang lebih tinggi dari 140°C dapat menghasilkan perubahan pada sifat-sifat kayu, termasuk sifat fisik dan mekanik kayu (Hill, 2006; Hidayat & Febrianto, 2018).

Suhu dan waktu merupakan dua hal penting yang harus diperhatikan dalam penerapan pemanasan pada kayu (Lacic *et al.*, 2014). Penelitian dari Daud dan Coto (2009), pemanasan pada kayu *Durio* sp. pada suhu 200°C selama 1 dan 2 jam menunjukkan adanya peningkatan sifat-sifat kayu seiring pertambahan waktu pemanasan. Namun, hasil yang berbeda didapatkan oleh Dubey (2010) pada kayu *Pinus radiata* yang termasuk *softwood* dengan suhu pemanasan (160, 180 dan 210)°C selama (1, 3 dan 6) jam mengalami penurunan sifat fisik-mekanik terutama pada suhu 180°C dan 210°C seiring pertambahan waktu pemanasan. Hal ini menunjukkan setiap jenis kayu memiliki respon yang berbeda dengan jenis kayu lain terhadap perlakuan yang diberikan terutama pada suhu dan waktu pemanasan sehingga diperlukan perlakuan yang tepat agar dapat menunjukkan hasil optimal.

Oleh karena itu, penelitian ini ingin mengetahui respon kayu kemiri terhadap perlakuan pemanasan dengan minyak pada beberapa variasi suhu dan waktu. Perubahan sifat fisik-mekanik khususnya berat jenis, MOE dan MOR dapat dijadikan acuan respon dari perlakuan yang diberikan.

II. BAHAN DAN METODE

2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu kemiri dan

minyak goreng curah. Peralatan yang digunakan antara lain: *moisture* meter, termokopel, wadah, kompor, timbangan digital, oven, dan *universal testing machine*. Sampel kayu diperoleh dari kebun campuran Desa Limampocoe, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Sampel kayu yang digunakan berasal dari pohon kemiri berumur sekitar 15 tahun dengan diameter setinggi dada 32,7 cm yang bebas cacat dan berbatang lurus. Kayu dipotong masing-masing dengan jarak sekitar 5 cm dari pith.

2.2. Pembuatan Contoh Uji

Pembuatan contoh uji dilakukan dengan mengacu pada Standar ASTM D143-94 yang dimodifikasi (American Society for Testing Material, 2000). Ukuran contoh uji untuk pengujian berat jenis berukuran (2 x 2 x 2) cm sedangkan untuk pengujian sifat mekanik kayu (MOE dan MOR) berukuran (2 x 2 x 32) cm. Kemudian kayu dikeringkan (kering udara) selama 4 minggu dengan kadar air rata-rata yang didapatkan sebesar 11,8%.

2.3. Perlakuan Pemanasan dengan Minyak

Contoh uji dibagi menjadi dua macam, yaitu contoh uji yang diberi perlakuan dan contoh uji kontrol. Total contoh uji yang dibuat untuk semua perlakuan adalah 35 contoh uji. Semua contoh uji yang akan diberi perlakuan terlebih dahulu dipanaskan di dalam oven secara bertahap, yaitu berturut-turut pada suhu 60°C dan 90°C masing-masing selama 24 jam untuk mencegah adanya kerusakan saat diberi perlakuan karena perubahan suhu yang ekstrem. Semua contoh uji dikondisikan. Kemudian contoh uji dipanaskan dengan minyak goreng curah (*oil-heat treatment/ OHT*) ke dalam wadah tepat saat suhu mencapai (160, 180, dan 200)°C, masing-masing selama 1 dan 2 jam waktu efektif. Pemanasan dilakukan secara bertahap mulai dari suhu 160°C. Untuk mengetahui dan menjaga suhu pemanasan agar tetap konstan selama waktu pemanasan, wadah dilengkapi dengan termokopel. Setelah pemanasan, contoh uji kayu ditiriskan,

dibersihkan dengan kain dan dikondisikan (kering udara) pada suhu ruang 28°C selama 2 minggu hingga mencapai kadar air rata-rata 11,4% sebelum dilakukan pengujian.

2.4. Rancangan Percobaan

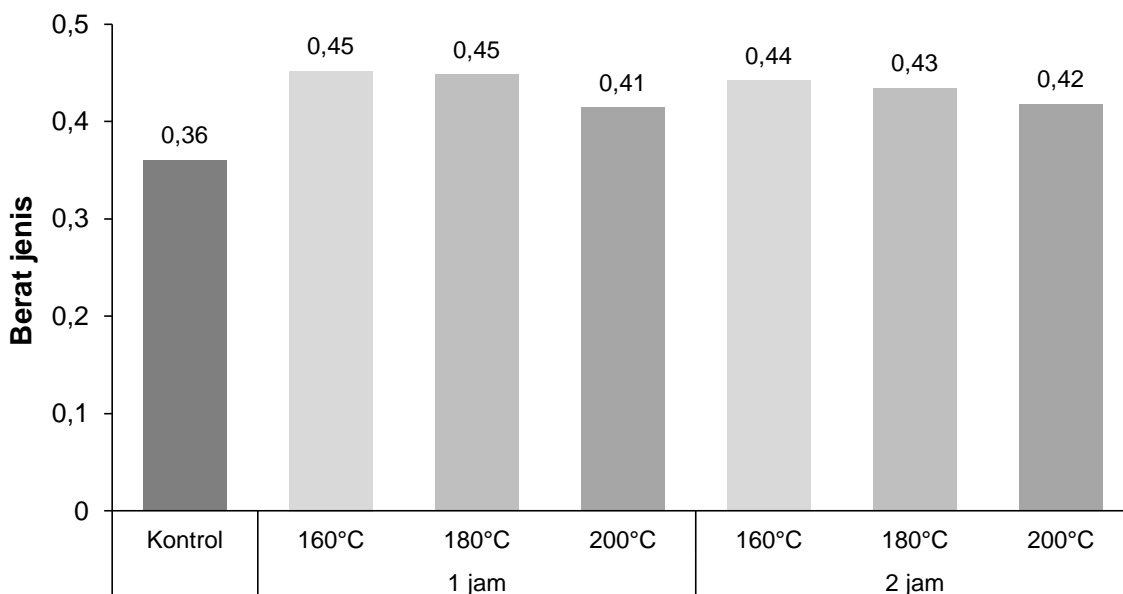
Pengujian berat jenis, MOE dan MOR kayu mengacu berdasarkan standar ASTM D143-94. Pengukuran berat jenis dilakukan pada kondisi kering udara. Sedangkan pengujian MOE dan MOR menggunakan *one point loading* dengan jarak sanggah 28 cm. Perlakuan penelitian adalah (1) contoh uji kontrol, (2) contoh uji pemanasan dengan minyak (OHT) pada suhu 160°C selama 1 jam, (3) OHT-160°C-2 jam, (4) OHT-180°C-1 jam (5) OHT-180°C-2 jam, (6) OHT- 200°C-1 jam, dan (7) OHT-200°C-2 jam. Ulangan setiap perlakuan adalah sebanyak 5 kali. Data dianalisis secara statistik menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Apabila perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap sifat-sifat kayu, maka akan dilakukan analisis DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) dengan software SPSS versi 23.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Berat Jenis

Berdasarkan Gambar 1, nilai berat jenis kayu kemiri setelah perlakuan pemanasan dengan minyak menunjukkan hasil yang berbeda. Berat jenis kayu kemiri yang tidak diberi perlakuan (kontrol) rata-rata sebesar 0,36. Berat jenis pada kayu kemiri setelah perlakuan pemanasan dengan minyak mengalami peningkatan yang cukup tinggi dibanding dengan kontrol berkisar sebesar 16,49-26,62%.

Perubahan nilai dari berat jenis sangat berhubungan dengan perubahan dari kerapatan kayu (Shmulsky & Jones, 2011). Peningkatan kerapatan kayu umumnya terjadi diakibatkan oleh masuknya suatu bahan atau zat pada struktur anatomi kayu dan tetap berada pada kayu meskipun ditiriskan dan mengalami pengendapan. Kayu dipanaskan dalam minyak mengalami peningkatan berat disebabkan masuknya minyak mengisi rongga sel dan dinding sel penyusun kayu, tetapi volume kayu dapat tetap atau hanya sedikit mengalami perubahan sehingga kerapatan yang diperoleh dapat meningkat (Pratiwi, 2014).



Gambar 1. Rata-rata Berat Jenis Kayu Kemiri setelah Perlakuan Pemanasan dengan Minyak

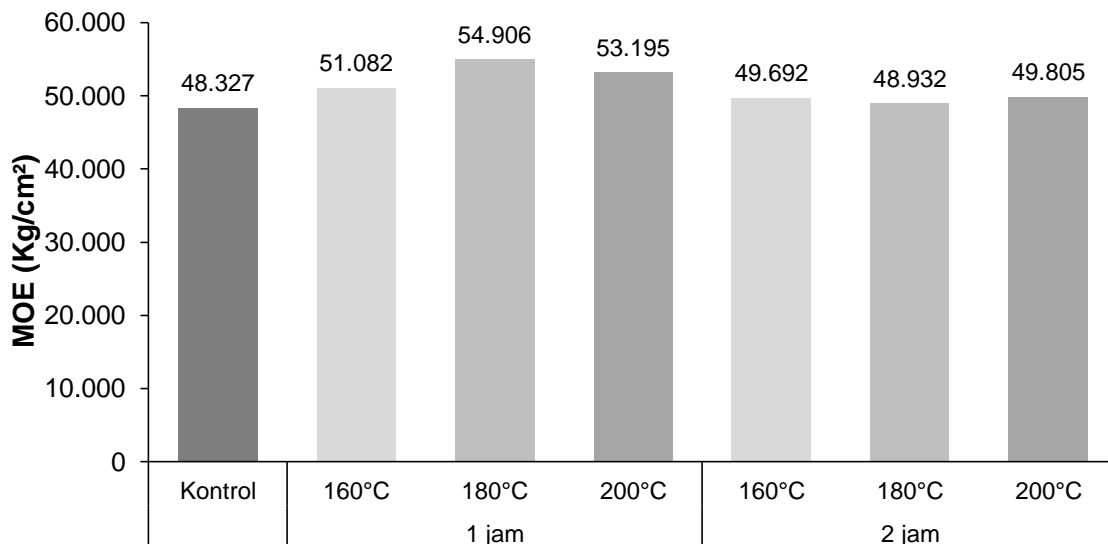
Peningkatan berat jenis tertinggi terjadi pada pemanasan pada suhu 160°C dan 180°C selama satu jam sebesar 0,45 yang menurun seiring dengan pertambahan suhu dan waktu pemanasan. Penurunan ini disebabkan karena seiring pemanasan, komponen-komponen kayu terdegradasi diduga mengakibatkan berat kayu mulai berkurang (*weight loss*) (Bazyar, 2012). Peningkatan atau penurunan berat jenis oleh kerapatan pada suhu tinggi dapat juga dikarenakan terjadi migrasi ekstraktif akibat pemanasan sehingga berkumpul di permukaan kayu dan beberapa jenis diantaranya termasuk jenis yang tidak larut (Dubey, 2010). Penelitian lainnya, Daud & Coto (2009), waktu pemanasan yang lebih lama akan menyebabkan semakin banyak jumlah minyak yang mengisi rongga-rongga sel kayu, sehingga meningkatkan nilai kerapatan kayu. Namun demikian, penurunan akan terjadi karena suhu yang tinggi dapat mengdegradasi komponen kimia dari kayu, terutama hemiselulosa (Kocaefe, Poncsak, & Boluk, 2008; Tomak, Hughes, Yildiz, & Viitanen, 2011).

3.2 Modulus of Elasticity (MOE)

Nilai MOE kayu kemiri tanpa perlakuan (kontrol) cenderung lebih rendah dibanding dengan kayu yang mendapat perlakuan pemanasan, seperti yang disajikan pada Gambar 2. Perlakuan

pemanasan dengan minyak menunjukkan nilai MOE kayu kemiri yang fluktuatif. Peningkatan nilai MOE yang cenderung lebih tinggi dengan kontrol terjadi pada suhu dengan waktu pemanasan yang lebih rendah yaitu pada suhu 160°C, 180°C dan 200°C masing-masing selama satu jam pemanasan. Peningkatan nilai MOE tertinggi dan terendah masing-masing terjadi pada suhu 180°C sebesar 54.906 kg/cm² pada satu jam pemanasan dan 48.932 kg/cm² pada dua jam pemanasan.

Peningkatan suhu dan waktu pemanasan dapat menyebabkan kadar air menjadi menurun dan meningkatkan MOE dari kayu (Bak & Nemeth, 2012). Lapisan minyak menolak masuknya air ke dalam kayu. Beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa nilai MOE kayu dapat sedikit meningkat setelah perlakuan pemanasan dalam jangka waktu yang singkat (Lee *et al.* (2018). Menurut Hill (2006), pemanasan kayu pada suhu sekitar 100-200°C dapat meningkatkan berat kayu, MOE, stabilitas dimensi dan kekerasan kayu. Sanberg & Kutnar (2016), menambahkan bahwa pengaruh suhu terhadap kekuatan kayu juga bergantung pada jenis/spesies kayu tersebut. Perbedaan struktur dan komponen penyusun kayu yang berbeda antara *hardwood* dan *softwood* dapat memicu adanya perbedaan respon terhadap perlakuan pemanasan yang diberikan.



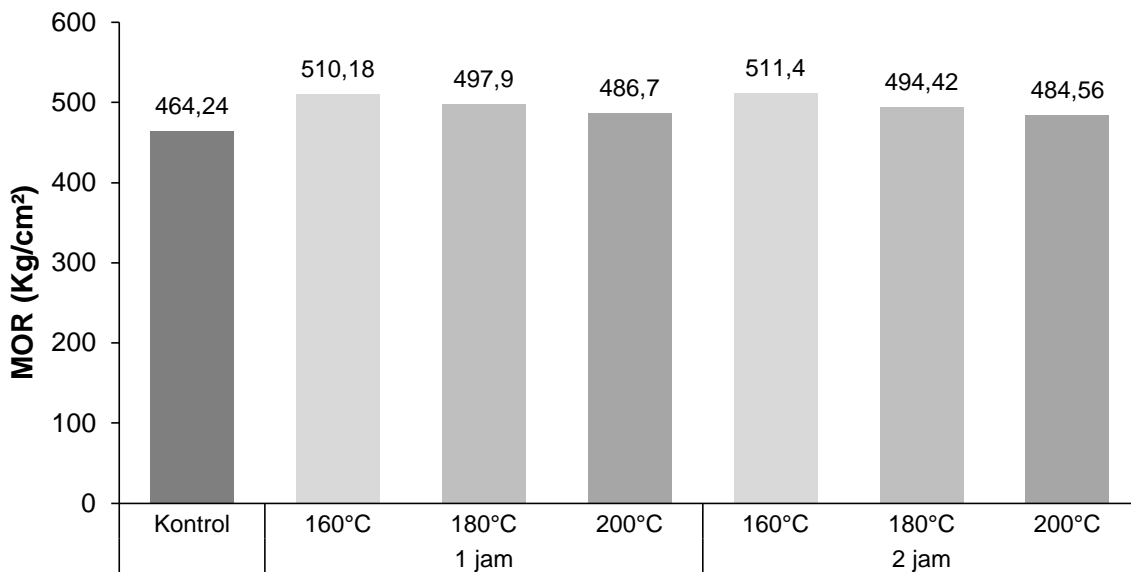
Gambar 2. Rata-rata MOE Kayu Kemiri setelah Perlakuan Pemanasan dengan Minyak

Peningkatan nilai MOE setelah pemberian pemanasan dan menurun seiring pertambahan waktu pemanasan. Hal ini menunjukkan kayu yang telah diberi perlakuan pemanasan minyak dapat membantu memperlambat retak kayu akibat tekanan (Jebrane, Fernández-Cano, Panov, Terziev, & Daniel, 2015). Minyak dapat menjadi media pemanasan yang cukup baik yang dapat mentransfer panas ke dalam kayu lebih cepat dan merata (Tjeerdsma *et al.*, 2005; Humar & Lesar, 2013) dan dapat mencegah masuknya oksigen ke dalam kayu, serta membentuk lapisan pelindung yang dapat menjaga kestabilan dimensi kayu (Dubey *et al.*, 2012). Komponen-komponen kayu mengalami degradasi yang lebih banyak pada suhu tinggi dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah. Pertambahan waktu pemanasan akan dapat menurunkan nilai MOE (Wahab, Ghani, Rasat, & Samsi, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa pemanasan pada suhu tinggi akan lebih baik jika waktu pemanasannya tidak dilakukan dalam waktu yang lama. Selain itu, Temiz *et al.*, (2013) mengemukakan adanya sifat amfoterik dari komponen-komponen minyak yang dapat menembus dinding sel kayu akan mengubah sifat mekanik kayu. Penurunan kekuatan kayu terutama MOE disebabkan oleh kontak

langsung antara kayu dan minyak selama proses pemanasan melalui reaksi fiksasi.

3.3 Modulus of Rupture (MOR)

Pengujian destruktif terhadap kayu akan menghasilkan nilai sifat mekanik yang lebih akurat dan objektif. MOR menunjukkan besar beban yang dapat dipikul oleh suatu kayu. Nilai MOR kayu kemiri setelah perlakuan pemanasan dengan minyak menunjukkan hasil yang berbeda dengan kontrol disajikan pada Gambar 3. Perubahan nilai rata-rata MOR kayu kemiri setelah perlakuan pemanasan dengan minyak menunjukkan peningkatan pada suhu yang lebih rendah dan cenderung menurun seiring dengan peningkatan suhu dan waktu pemanasan. Peningkatan MOR tertinggi terjadi pada suhu 160°C selama satu dan dua jam masing-masing sebesar 510,18 kg/cm² dan 511,40 kg/cm². Sebagaimana Hill (2006) dalam Calonego, Severo, & Ballarin (2012) bahwa peningkatan nilai MOR dapat terjadi karena adanya kenaikan derajat kristalin. Sifat mekanik kayu pada perlakuan pemanasan juga berhubungan dengan derajat pirolisis komponen utama kayu. Ketika kayu dipanaskan, hemiselulosa akan mulai terdegradasi, yang dapat menghasilkan methanol, asam asetil dan



Gambar 3. Rata-rata MOR Kayu Kemiri setelah Perlakuan Pemanasan dengan Minyak

berbagai komponen *volatile* yang heterosiklik. Komponen selulosa yang berupa daerah amorf akan terhidrolisis akan menyebabkan derajat kristalinitas yang lebih tinggi (Poletto, Junior, & Zattera, 2014). Secara umum, derajat kristalinitas yang tinggi akan menghasilkan sifat mekanik dan stabilitas dimensi yang lebih baik (Youssefian & Rahbar, 2015).

Pertambahan waktu pemanasan menurunkan nilai MOR kayu. Hal ini dikarenakan waktu pemanasan yang lebih lama akan menyebabkan komponen kayu terdegradasi lebih banyak. Hal ini sejalan dengan penelitian Priadi & Maretha (2015) yang juga menunjukkan nilai MOR yang menurun pada kayu kecap dan rambut seiring pertambahan waktu perlakuan pemanasan. Namun, penelitian sebelumnya dari Wahab *et al.* (2012), menunjukkan bahwa penurunan kekuatan kayu dapat terjadi disebabkan seiring pertambahan dari keduanya, baik suhu maupun waktu pemanasan.

Penurunan nilai MOR mulai terjadi pada suhu pemanasan 180°C, namun tidak signifikan. Wahab *et al.* (2011), menunjukkan terdapat penurunan kandungan hemiselulosa selama pemanasan dengan minyak yang dimulai dari suhu 180°C. Perbedaan struktur dan distribusi di dalam dinding sel kayu pada komponen utama kayu akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap perlakuan pemanasan yang diberikan (Umar, Zaidon, Lee, & Halis, 2016). Efek modifikasi dengan suhu pemanasan dengan suhu di bawah 140°C hanya akan menghasilkan sedikit perubahan pada sifat mekanik kayu. Sifat-sifat kayu akan mengalami perubahan secara jelas pada suhu 180-260°C dan penambahan suhu yang lebih tinggi dari 260°C dapat menyebabkan degradasi komponen kayu secara permanen yang dapat menurunkan kualitas kayu (Kocaeffe *et al.*, 2008; Severo, Calonego, & Sansigolo, 2012). Degradasi termal pada komponen selulosa dan hemiselulosa akan mengakibatkan rantai-rantai fibril menjadi lebih pendek dan semakin pendek seiring dengan pertambahan waktu dan suhu pemanasan

yang nantinya akan menurunkan sifat mekanik dari kayu (Cao, Lu, Huang, Zhao & Jiang, 2012). Untuk penurunan nilai MOR tertinggi terjadi pada suhu 200°C, yang menunjukkan bahwa suhu 200°C dapat menjadi suhu kritis (*critical point*) yang berdampak besar pada sifat mekanik kayu (Schneid, de Cademartori, & Gatto, 2014). Penurunan tersebut dapat terjadi karena perlakuan pemanasan dapat mengakibatkan kayu menjadi rapuh (Tang, Chen, Zhang, Liu, & Fei, 2019).

3.4 Suhu dan Waktu Pemanasan Terhadap Perubahan Sifat Kayu

Pemanasan dengan minyak memiliki pengaruh positif terhadap sifat-sifat kayu yang dapat dilihat dari adanya peningkatan cukup tinggi pada masing-masing perlakuan yang disajikan pada Tabel 1. Peningkatan nilai berat jenis, MOE dan MOR secara berturut-turut berkisar pada (16,49-26,62)%, (1,25-13,61)%, dan (4,37-10,15)%. Peningkatan yang terjadi cukup beragam dan fluktuatif. Pemberian pertambahan suhu (suhu 160°C ke- 180°C dan/ atau suhu 180°C ke- 200°C) dan waktu pemanasan (dari 1 jam ke 2 jam) cenderung menunjukkan penurunan pada setiap sifat-sifat kayu. Penggunaan suhu dengan waktu pemanasan 1 jam memiliki hasil yang lebih baik daripada suhu dengan waktu yang lebih lama. Hal ini juga mengindikasikan bahwa pemberian waktu pemanasan yang lebih lanjut (>2 jam) diduga akan cenderung menurunkan sifat-sifat kayu. Suhu 160°C merupakan suhu yang cocok dalam memperbaiki sifat kayu dengan peningkatan cukup tinggi dibanding suhu lainnya. Dengan adanya peningkatan sifat-sifat kayu memberikan gambaran bahwa pemanasan dengan minyak berpotensi meningkatkan kualitas kayu, termasuk kualitas industri furnitur dan warna kayu, selain dari resistansi terhadap pencucaan dan organisme perusak (Tankut, Tankut, & Zor, 2014). Selain itu, peningkatan pada sifat mekanik kayu membantu meningkatkan sifat akustik (Mania & Gasiorek, 2020). Hal ini dapat memberikan pilihan dalam pemanfaatan kayu yang lebih luas dan lebih optimal.

Tabel 1. Persentase Rata-Rata Perubahan Sifat Fisik dan Mekanik Kayu Kemiri yang Diberi Perlakuan Pemanasan dengan Minyak terhadap Kontrol

Perlakuan	Parameter		
	Berat Jenis	MOE	MOR
Kontrol	-	-	-
160°C	26,48 ± 2,54 ^c	5,70 ± 0,04 ^b	9,89 ± 0,03 ^b
180°C	26,62 ± 0,14 ^c	13,61 ± 0,02 ^d	7,25 ± 0,01 ^{ab}
200°C	17,27 ± 0,04 ^a	10,07 ± 0,02 ^c	4,83 ± 0,02 ^a
160°C	23,98 ± 1,03 ^c	2,82 ± 0,02 ^{ab}	10,15 ± 0,01 ^b
180°C	22,39 ± 0,05 ^{bc}	1,25 ± 0,01 ^a	6,50 ± 0,05 ^{ab}
200°C	16,49 ± 0,02 ^a	3,06 ± 0,03 ^{ab}	4,37 ± 0,03 ^a

Catatan: Nilai pada kolom yang sama diikuti dengan *superscript* huruf yang sama berarti tidak signifikan pada $p < 0,05$

Tabel 2. Rekapitulasi Sidik Ragam Pengaruh Suhu dan Waktu terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Kayu Kemiri

Parameter	Berat Jenis	MOE	MOR
Suhu	**	*	**
Waktu	**	**	tn
Interaksi Suhu*Waktu	tn	**	tn

Catatan: ** berarti berbeda sangat nyata pada selang kepercayaan 99%; * berarti signifikan nyata pada selang kepercayaan 95%; dan tn berarti tidak signifikan pada selang kepercayaan 95%

Sidik ragam terhadap pengaruh perlakuan pemanasan dengan minyak disajikan pada Tabel 2. Pengaruh suhu, waktu dan interaksi antara keduanya menunjukkan hasil yang cukup berbeda. Pengaruh suhu dan waktu mempengaruhi pada masing-masing sifat-sifat kayu, kecuali MOR (untuk waktu). Pada MOE kayu, pengaruh waktu pemanasan lebih terlihat dibandingkan dengan suhu. Interaksi suhu dan waktu hanya mempengaruhi MOE kayu.

Pemanasan dengan minyak pada kayu kemiri memberikan respon positif, terbukti dengan adanya peningkatan pada sifat fisik dan mekanik kayu, sehingga dapat menjadi metode efektif dalam memperbaiki sifat-sifat kayu. Peningkatan nilai berat jenis, MOE dan MOR secara berturut-turut berkisar pada (16,49-26,62)%, (1,25-13,61)%, dan (4,37-10,15)%. Penggunaan suhu 160°C memberikan hasil peningkatan berat jenis, MOE dan MOR yang relatif lebih tinggi dibandingkan suhu lainnya dengan waktu satu jam. Penggunaan waktu pemanasan yang lebih lama cenderung menurunkan sifat-sifat kayu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Kepala Laboratorium Pemanfaatan dan Pengolahan Hasil Hutan dan Laboratorium Terpadu Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan dukungan sarana dan prasarana sebagai penunjang pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing Material. (2000). ASTM D143-94 (reapproved 2000): standard test methods for small clear specimens of timber. Annual book of ASTM standard. Philadelphia, PA: ASTM International.
- Bak, M., & Nemeth R. (2012). Modification of wood by oil heat treatment. *International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint* (pp. 1-5). Sopron, Hungary: University of West Hungary.
- Bazyar, B. (2012). Decay resistance and physical properties of oil heat treated

- aspen wood. *BioResources*, 7(1), 696–702. <https://doi.org/10.15376/biores.7.1.0696-0705>
- Calonego, F., Severo, E., & Ballarin, A. (2012). Physical and mechanical properties of thermally modified wood from *Eucalyptus grandis*. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(4), 453-460. <https://doi.org/10.1007/s00107-011-0568-5>
- Cao, Y., Lu J., Huang R., Zhao X., & Jiang, J. (2012). Effect of steam-heat treatment on mechanical properties of chinese fir. *BioResources*, 7(1), 1123–1133. <https://doi.org/10.15376/biores.7.1.1123-1133>
- Daud, M., & Coto, Z. (2009). Peningkatan sifat fisis dan mekanis kayu durian (*Durio* sp.) dengan penggorengan. *Simposium Forum Teknologi Hasil Hutan* (pp. 481-490). Bogor, Indonesia: Institut Pertanian Bogor.
- Dewi, M. T. I., & Hidajati, N. (2012). Peningkatan mutu minyak goreng curah menggunakan adsorben bentonit teraktivasi. *UNESA Journal of Chemistry*, 1(2), 47–53.
- Dubey, M. K. (2010). *Improvements in stability, durability and mechanical properties of radiata pine wood after heat-treatment in a vegetable oil* (Tesis Master). University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Dubey, M. K., 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. <https://doi.org/10.1515/HF.2011.117>
- Hidayat, W., & Febrianto, F. (2018). *Teknologi modifikasi kayu ramah lingkungan: modifikasi panas dan pengaruhnya terhadap sifat-sifat kayu*. Bandar Lampung, Indonesia: Pusaka Media.
- Hill, C. A. S. (2006). *Wood modification: chemical, thermal and other processes*. West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd.
- Humar, M., & Lesar, B. (2013). Efficacy of linseed-and tung-oil-treated wood against wood-decay fungi and water uptake. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 85, 223-227. <https://doi.org/10.1016/j.ibod.2013.07.011>
- Jebrane, M., Fernández-Cano, V., Panov, D., Terziev, N., & Daniel, G. (2015). Novel Hydrophobization of wood by epoxidized linseed oil. Part 2. Characterization by FTIR spectroscopy and SEM, and determination of mechanical properties and field test performance. *Holzforschung*, 69(2), 179-186. <https://doi.org/10.1515/hf-2014-0030>
- Kocafe, D., Poncsak, S., & Boluk, Y. (2008). Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and aspen. *BioResources*, 3(2), 517–537. <https://doi.org/10.15376/biores.3.2.517-537>
- Koji, T. (2002). Kemiri (*Aleurites moluccana*) and forest resource management in eastern indonesia: an eco-historical perspective. *Asian and African Area Studies*, 2(1), 5–23.
- Lacic, R., Hasan, M., Trajkovic, J., Sefc, B., Safran, B., & Despot, R. (2014). Biological durability of oil heat treated alder wood. *Drvna Industrija*, 65 (2) 143–150. <https://doi.org/10.5552/drind.2014.1256>
- Lee, S. H., Ashaari, Z., Lum, W. C., Halip, J. A., Ang, A. F., Tan, L. P., ... Tahir, P. M. (2018). Thermal treatment of wood using vegetable oils: a review. *Construction and Building Materials*, 181(1), 408–419. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.058>
- Mania, P., & Gasiorek, M. (2020). Acoustic properties of resonant spruce wood modified using oil-heat treatment (OHT). *Materials*, 13(1962), 1-11. <https://doi.org/10.3390/ma13081962>
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., & Prawira, S. A. (2005). *Atlas kayu Indonesia jilid II*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor,

- Indonesia.
- Octavia, Z., Anne-marie, B. L., & Beldean, E. (2011). Improvements in stability of the oil treated wood. *Recent Researches in Energy, Environment and Landscape Architecture, Proceedings of the 4th IASME/WSEAS International Conference on Landscape Architecture* (pp. 146-150). Angers, France: Institut National d'Horticulture et de Paysage.
- Poletto, M., Júnior, H.L.O., & Zattera, A. J. (2014). Native cellulose: structure, characterization and thermal properties. *Materials*, 7(9), 6105–6119. <https://doi.org/10.3390/ma7096105>
- Pratiwi, L. A. (2014). *Sifat fisis, sifat mekanis dan sifat finishing kayu mindi (Melia azedarach L.) setelah perlakuan pemanasan* (Skripsi Sarjana). Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Priadi, T., & Maretha S. D. (2015). Sifat keawetan dan fisis-mekanis kayu kecap dan rambutan setelah perlakuan pemanasan minyak sebagai upaya peningkatan mutu kayu ramah lingkungan. *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Tropis*, 13(2), 146–160.
- Sanberg, D., & Kutnar, A. (2016). Thermally modified timber: recent developments in europe and north america. *Wood and Fiber Science*, 48(1), 28-39. retrieved <http://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/2296>
- Sanberg, D., Kutnar, A., & Mantanis, G. (2017). Wood modification technologies - a review. *iForest*, 10(1), 895-908. <https://doi.org/10.3832/ifor2380-010>
- Sari, N., Erniwati, & Hapid, A. (2015). Sifat mekanika kayu kemiri (*Aleurites mollucana* Willd) asal sulawesi tengah berdasarkan arah aksial. *Warta Rimba*, 3(2), 73–79.
- Schneid, E., de Cademartori, P. H. G., & Gatto, D. (2014). The effect of thermal treatment on physical and mechanical properties of *Luehea divaricata* hardwood. *Maderas: Ciencia y Tecnologia*, 16(4), 413–422. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2014005000033>
- Severo, E. T. D., Calonego, F. W., & Sansigolo, C. A. (2012). Physical and chemical changes in juvenile and mature woods of *Pinus elliottii* var. *Elliottii* by thermal modification. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(5), 741-747. <https://doi.org/10.1007/s00107-012-0611-1>
- Shmulsky, R., & Jones, P. D. (2011). *Forest product and wood science: An introduction 6th edition*. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Sihombing, T. P. H., Hardjanto, H., & Wijayanto, N. (2013). Candlenut tree management on people forest in tanah pinem subdistrict, dairy reGENCY, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 19(1), 46-53. <https://doi.org/10.7226/jtfm.19.1.46>
- Tang, T., Chen, X., Zhang, B., Liu, L., & Fei, B. (2019). Research on the physico-mechanical properties of moso bamboo with thermal treatment in tung oil and its influencing factors. *Materials*, 12(4), 2–11. <https://doi.org/10.3390/ma12040599>
- Tankut, N., Tankut, A. N., & Zor, M. (2014). Mechanical properties of heat-treated wooden material utilized in the construction of outdoor sitting furniture. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(1), 148–158. <https://doi.org/10.3906/tar-1211-9>
- Temiz, A., Kose, G., Panov, D., Terziev, N., Alma, M. H., Palanti, S., & Akbas, S. (2013). Effect of bio-oil and epoxidized linseed oil on physical, mechanical and biological properties of treated wood. *Journal of Applied Polymer Science*, 130(3), 1562-1569. <https://doi.org/10.1002/app.39334>
- Tjeerdsma, B. F., Swager, P., Horstman, B. J., Holleboom, B. W., & Homan, W. J. (2005). Process Development of Treatment of Wood With Modified

- Hot Oil. The *2nd European Conference on Wood Modification* (pp. 1-10). Göttingen, Germany: University of Göttingen.
- Tomak, E. D., Hughes, M., Yildiz, U. C., & Viitanen, H. (2011). The combined effects of boron and oil heat treatment on beech and scots pine wood properties. part 1: boron leaching, thermogravimetric analysis and chemical composition. *Journal of Materials Science*, 46(3), 598–607. <https://doi.org/10.1007/s10853-010-4859-8>
- Umar, I., Zaidon, A., Lee, S. H., & Halis, R. (2016). Oil-heat treatment of rubberwood for optimum changes in chemical constituents and decay resistance. *Journal of Tropical Forest Science*, 28(1), 88–96.
- Wahab, R., Ghani, R. S. M., Rasat, M. S. M., & Samsi H. W. (2017). Changes in the features of oil heat treated 18-years old *Acacia mangium*. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Science*, 8(2), 2093-2106.
- Wahab, R., Khalid, I., Alamjuri, R. H., Sulaiman, O., Aminuddin M., & Hassan, A. (2011). Effects of hot oil treatment on colour and chemical changes in 15-year-old acacia hybrid. *Journal of Tropical Forest Science*, 23(1), 42–50.
- Wahab, R., Khalid, I., Sudin, M., Rasat, M. S. M., Sulaiman, O., & Tabert, T. A. (2012). Changes in strength and chemical contents of oil heat treated 15-year-old cultivated acacia hybrid. *International Journal of Chemistry*, 4(2), 90-100. <https://dx.doi.org/10.5339/ijc.v4n2p90>
- Wahyudi, I., & Sitanggang, J. J. (2016). Kualitas kayu meranti merah (*Shorea leprosula* Miq.) hasil budi daya. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 21(2), 140-145. <https://doi.org/10.18343/jipi.21.2.140>
- Youssefian, S., & Rahbar, N. (2015). Molecular origin of strength and stiffness in bamboo fibrils. *Scientific Reports*, 5(11116), 1-13. <https://doi.org/10.1038/srep11116>

