

EVALUASI CACAT PENGERINGAN DAN PEMESINAN PADA EMPAT JENIS KAYU CEPAT TUMBUH TERMODIFIKASI PANAS *(Evaluation of Drying and Machining Defects of Four Thermo Modified Wood of Tropical Fast Growing Species)*

Ulfa Adzkia, Trisna priadi, & Lina Karlinasari

Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB
Jl. Ulin, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680 Telp./Fax. (0251) 8621285
E-mail: karlinasari@apps.ipb.ac.id

Diterima 13 Mei 2019, direvisi 14 Oktober 2019, disetujui 11 November 2019

ABSTRACT

Heat treatment is one method that can improve the quality of wood including for fast-growing wood species. However, this treatment can cause some drying defects as well as the change of machining properties after applying that heat treatment. The purpose of this study was to evaluate the effect of wood species and heating time on the drying and machining defects. The fast-growing wood species used were teak, mangium, jabon, and sengon. The heat treatment was carried out at a temperature of 165°C with variation in time were 0 (control), 2, and 6 hours. The result showed that the moisture content and wood density decreased after heat treatment. Heat treatment was succeeded to decrease the moisture content of 57% and caused a decreasing of density until 20% compared with control wood. The drying defects of end checks in teak, mangium, jabon and sengon increased after 2 and 6-hour heat treatment. In the other hand, the surface checks defect of teak, mangium, sengon and jabon were decreased. The defects after applying machining activities i.e. the defects of sanding, planing, shaping, and boring were decreased in teak, mangium, jabon and sengon after heat treatment of 2 and 6-hour. Jati was the best wood species in term of machining quality followed by jabon, mangium, and sengon after heat treatment. At the temperature of 165°C in 2 hours could be considered as the appropriate time for heat treatment in term of obtaining minimal defects of drying and machining.

Keywords: Heat treatment, teak, mangium, jabon, sengon

ABSTRAK

Perlakuan panas merupakan salah satu metode yang dapat meningkatkan kualitas kayu termasuk untuk kayu cepat tumbuh. Namun perlakuan tersebut dapat menyebabkan cacat pengeringan serta perubahan sifat pemesian setelah perlakuan panas. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi pengaruh variasi jenis kayu dan waktu pemanasan terhadap adanya cacat pengeringan dan pemesian kayu cepat tumbuh. Jenis kayu cepat tumbuh yang digunakan adalah jati, mangium, jabon dan sengon. Perlakuan panas dilakukan pada suhu 165°C dengan variasi waktu 0 jam (kontrol), 2 jam dan 6 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air dan kerapatan kayu menurun setelah perlakuan panas. Perlakuan panas berhasil menurunkan kadar air 57% dan menyebabkan penurunan kerapatan kayu hingga 20% dibandingkan dengan kayu kontrolnya. Cacat pengeringan retak ujung pada jati, mangium, jabon dan sengon meningkat setelah perlakuan panas selama 2 dan 6 jam. Di sisi lain, cacat retak permukaan pada jati, mangium, sengon dan jabon berkurang. Cacat setelah menerapkan kegiatan pemesian yaitu cacat pengamplasan, penyerutan, pembentukan, dan pengeboran menurun pada jati, mangium, jabon dan sengon setelah perlakuan panas 2 dan 6 jam. Jati adalah spesies kayu terbaik dalam hal kualitas pemesian setelah perlakuan panas diikuti oleh jabon, mangium, dan sengon. Pada suhu 165°C dalam 2 jam dianggap sebagai waktu yang tepat untuk perlakuan panas dalam hal memperoleh cacat minimal pengeringan dan pemesian.

Kata kunci : Jati, jabon, perlakuan panas, sengon.

I. PENDAHULUAN

Kayu cepat tumbuh merupakan salah satu jenis kayu yang banyak digunakan saat ini. Namun, jenis kayu ini memiliki sifat yang kurang baik seperti kelas kuat dan kelas keawetan yang tergolong rendah. Oleh karena itu, salah satu teknik yang dapat digunakan untuk meningkatkan mutu kayu adalah modifikasi kayu dengan perlakuan panas (Candelier, Hannouz, & Elaieb., 2015; Ratnasingam & Ioras., 2012). Kayu yang telah diberi perlakuan panas umumnya akan mengalami perubahan sifat positif seperti kadar air kesetimbangan yang lebih rendah, peningkatan stabilitas dimensi (Taylor et al., 2012; Uribe & Ayala, 2015), penurunan sifat higroskopis (Taylor et al., 2013), serta peningkatan ketahanan terhadap jamur (Esteves & Pereira, 2009; Priadi & Hiziroglu 2013). Sementara itu, perubahan negatif yang terjadi utamanya adalah sifat mekanis kayu yang menurun (Franc., 2008). Perubahan-perubahan sifat kayu setelah perlakuan panas terjadi akibat degradasi terhadap komponen kimia kayu seperti hemiselulosa, lignin, dan adanya perubahan sifat hidrofobik kayu (Winandy & Shupe, 2010). Adanya perubahan tersebut juga memberikan pengaruh terhadap sifat pengeringan, kekasaran permukaan, dan sifat pemesian pada kayu (Fernando et al., 2011; Ratnasingam & Ioras 2012; Karlinasari et al., 2018).

Perlakuan panas sering diikuti dengan adanya cacat, begitu juga dengan kayu yang telah mengalami proses kegiatan pemesian. Cacat pada kayu merupakan kondisi kayu yang menyimpang dari kondisi normal. Kegiatan pengeringan dapat menyebabkan cacat seperti retak, pecah ujung, pecah, dan cacat bentuk (Tenorio et al., 2012). Untuk cacat akibat kegiatan pemesian yang muncul adalah cacat serat berbulu, serat terangkat, serat patah, dan tanda serpih (Fernando et al., 2011; Fatomer et al., 2013). Penelitian

sifat pemesian telah dilakukan pada beberapa jenis kayu seperti *Eucalyptus grandis* dan *Pinus caribaea* (Fernando et al., 2011), kayu karet (*Hevea brasiliensis*) (Ratnasingam & Ioras 2012) dan beberapa jenis kayu asal Riau (Supriadi., 2018). Berdasarkan penelitian Fernando et al., (2011) dan Ratnasingam dan Ioras, (2012) disebutkan bahwa semakin tinggi suhu dan waktu pemanasan, maka kualitas pemesian kayu semakin meningkat.

Penelitian mengenai perlakuan panas telah dilakukan oleh Karlinasari et al., (2018) untuk jenis kayu sengon, jabon, dan mangium pada suhu 120°C, 150°C, dan 180°C terkait kekasaran permukaan serta sudut kontak pada permukaan kayu yang telah dimodifikasi panas. Berdasarkan hasil penelitian tersebut disebutkan bahwa perlakuan panas dapat meningkatkan kualitas permukaan kayu dan meningkatkan sudut kontak permukaan kayu. Namun, penelitian mengenai cacat setelah pemanasan suhu tinggi atau pengeringan dan pemesian pada jenis kayu cepat tumbuh termodifikasi panas belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi cacat pengeringan dan pemesian empat jenis kayu setelah perlakuan panas. Penelitian ini dilakukan terhadap empat jenis kayu cepat tumbuh yaitu jati (*Tectona grandis*), mangium (*Acacia mangium*), jabon (*Neolamarckia cadamba*), dan sengon (*Falcateria moluccana*) dengan perlakuan panas suhu 165°C menggunakan variasi suhu 0 jam (*control*), 2 jam, dan 6 jam.

II. BAHAN DAN METODE

Jenis kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis-jenis yang dikatakan cepat tumbuh untuk jati, mangium, jabon, dan sengon yang diperoleh dari sekitar Darmaga dan wilayah Banten (Tabel 1). Pengeringan yang dilakukan untuk kegiatan perlakuan pemanasan menggunakan kilang pengering kecil. Aplikasi

Tabel 1. Rincian bahan yang digunakan dalam penelitian

Table 1. Details of materials used in the study

No	Jenis Kayu (<i>Wood Species</i>)	Umur (<i>Age</i>), Tahun (<i>Year</i>)	Diameter (<i>Diameter</i> , cm)	Lokasi (<i>Location</i>)
1	Jati (<i>Tectona grandis</i> L.f.)	8	40	Dramaga
2	Mangium (<i>Acacia mangium</i> Willd.)	8	22	Banten
3	Jabon (<i>Neolamarckia cadamba</i> Roxb. Bosser)	5	33	Dramaga
4	Sengon (<i>Falcateria moluccana</i> Miq. B&G)	8	40	Dramaga



Gambar 1. Bahan baku kayu yang digunakan (a) Dolok dengan ukuran 130 cm (b) papan tangensial yang akan dilakukan pengujian

Figure 1. Wood material for study (a) a hundred and thirty cm log (b) tangential saw board

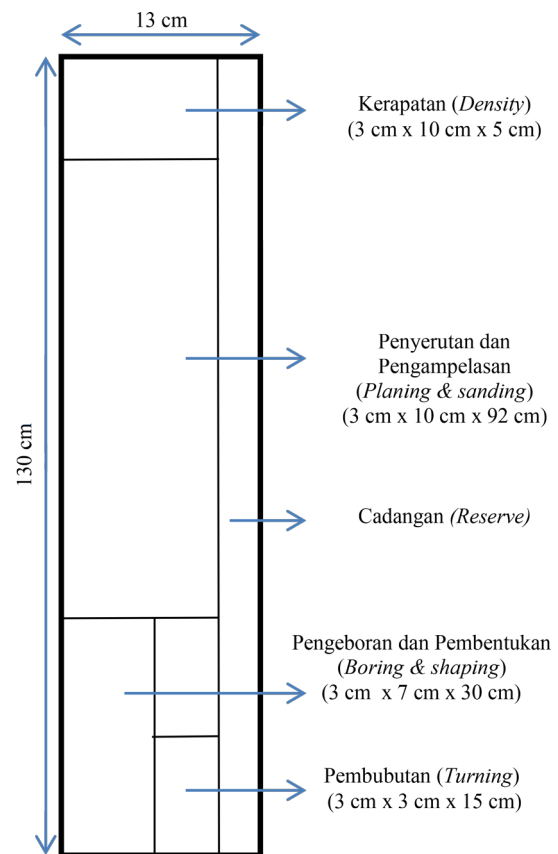
pemesinan menggunakan mesin-mesin yang ada di Laboratorium Penggergajian dan Pengerjaan Kayu Institut Pertanian Bogor dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor. Mesin yang digunakan terdiri atas mesin amplas merk bosch type GWS 5-100 dengan grit kertas ampelas sebesar 120 grit, mesin serut dengan merk bosch type GH0 6000, pembentukan dengan nomor model WS3/4 (MX5115), mesin bubut dengan daya 1/2HP dan tipe siku 4 cm x 4 cm, dan mesin bor tipe RDB13.

A. Persiapan Bahan Baku

Kayu jati, mangium, jabon dan sengon yang digunakan berupa log dari 3 pohon berukuran panjang 130 cm. Selanjutnya, log digergaji menjadi papan tangensial yang dikeringkan pada suhu ruang ($\pm 28^{\circ}\text{C}$) menggunakan kipas angin selama ± 30 hari hingga tercapai kadar air (KA) $\pm 20\%$.

B. Perlakuan Panas

Perlakuan pemanasan (*heat treatment*) diberikan pada papan menggunakan kilang pengering dengan suhu 165°C serta variasi waktu 0 jam (kontrol), 2 jam dan 6 jam. Setelah papan dikeringkan selanjutnya dikondisikan selama ± 7 hari untuk menstabilkan kadar air.



Gambar 2. Pola pemotongan contoh uji untuk evaluasi sifat pemesinan kayu
Figure 2. Wood samples cutting pattern for machining properties evaluation

Tabel 2. Rincian sampel pengujian dan evaluasi sifat pemesian kayu**Table 2. Details of machining properties of wood sample testing and evaluation**

No.	Pengujian (<i>Test</i>)	Ukuran sampel (<i>Sample dimension</i>)	Cacat (<i>Defects</i>)
1.	Pengampelasan (<i>Sanding</i>)	92 cm x 10 cm x 3 cm	<ul style="list-style-type: none"> Serat berbulu (<i>Fuzzy grain</i>) Bekas garukan (<i>Scartching</i>)
2.	Penyerutan (<i>Planing</i>)		<ul style="list-style-type: none"> Serat berbulu (<i>Fuzzy grain</i>) Serat terangkat (<i>Raised grain</i>) Tanda serpih (<i>Chips marks</i>)
3.	Pembentukan (<i>Shapping</i>)	30 cm x 7 cm x 3 cm	<ul style="list-style-type: none"> Serat terangkat (<i>Raised grain</i>) Serat berbulu (<i>Fuzzy grain</i>) Tanda serpih (<i>Chips marks</i>)
4.	Pemboran (<i>Boring</i>)		<ul style="list-style-type: none"> Serat berbulu (<i>Fuzzy grain</i>) Kehancuran (<i>Crushing</i>) Kekasaran (<i>Roughness</i>) Kelicinan (<i>Smoothness</i>) Bekas sobekan (<i>Tear cut</i>)

C. Evaluasi Cacat Pengeringan setelah Pemanasan

Evaluasi cacat pengeringan setelah pemanasan dilakukan pada contoh uji papan berukuran panjang dan tebal (130 cm x 3 cm). Lebar papan pada kisaran 15–30 cm. Evaluasi dilakukan terhadap cacat retak ujung dan retak permukaan. Evaluasi dilakukan sebelum dan setelah pemanasan sehingga dapat terlihat perubahan cacat yang terjadi. Pengujian dilakukan terhadap 6 papan untuk setiap jenis kayu dengan menghitung jumlah papan yang bercacat dan dibandingkan dengan jumlah total papan untuk memperoleh persentase kayu bercacat pada setiap jenis kayu dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\text{Persentase cacat} = \frac{\text{Jumlah papan bercacat}}{\text{Total papan}} \times 100 \dots\dots(1)$$

D. Evaluasi Cacat dan Sifat Pemesian Setelah Pemanasan

Contoh uji sifat pemesian berupa papan dengan ukuran panjang, lebar dan tebal (130 cm x 13 cm x 3 cm) sebanyak 24 papan. Ukuran dan

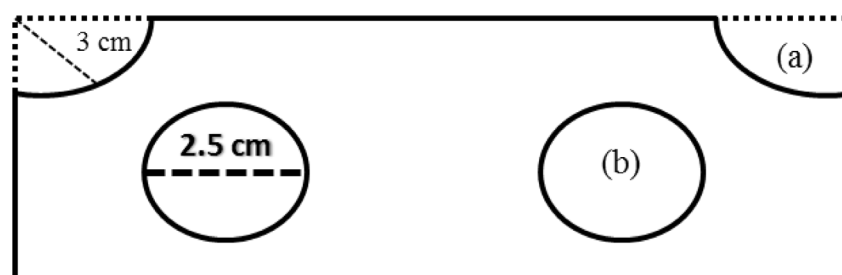
jenis potongan mengacu pada ASTM D 1666-87 dengan pola seperti Gambar 2. Pengujian sifat fisis terkait sifat pemesian kayu mengacu kepada ASTM 1666-87 (2004) Pengujian sifat fisis dilakukan pada contoh uji berukuran panjang, lebar dan tebal (10 cm x 5 cm x 3 cm). Total sampel yang digunakan adalah 72 contoh uji. Contoh uji tersebut ditimbang dan diukur dimensi, selanjutnya dioven selama ± 48 jam pada suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ untuk menentukan kadar air dan kerapatan. Kadar air dan kerapatan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{Ba - Bkt}{Bkt} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Kerapatan} = \frac{Ba}{Va} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan : Ba = berat awal (g), Bkt = Berat kering tanur (g), Va = Volume awal (cm³)

Evaluasi sifat pemesian dilakukan pada kayu dengan kondisi kering udara untuk beberapa sifat pemesian seperti pengampelasan, penyerutan,



Gambar 3. Pola pemotongan kayu untuk uji pembentukan (a) dan pemboran (b)
Figure 3. Wood sample cutting pattern for shaping (a) and boring tests (b)

Tabel 3. Persentase bebas cacat dan sifat pemesinan
Table 3. Defects free percentage and machining properties

Nilai bebas cacat (Free of defects, %)	Kelas (Class)	Kualitas sifat pemesinan (Quality of machining properties)
0–20	V	Sangat jelek (<i>Very poor</i>)
21–40	IV	Jelek (<i>Poor</i>)
41–60	III	Sedang (<i>Fair</i>)
61–80	II	Baik (<i>Good</i>)
81–100	I	Sangat baik (<i>Very Good</i>)

Sumber : Rachman dan Balfas (1993) dalam Rianawati dan Setyowati, (2015)

pembentukan, pemboran dan pembubutan. Rincian pengujian dan evaluasi pemesinan yang dilakukan disajikan pada Tabel 2. Sementara itu detail contoh uji pembentukan dan pengeboran dapat dilihat pada Gambar 3.

Evaluasi cacat pada beberapa sifat pemesinan seperti pengampelasan, penyerutan pembentukan dan pemboran dilakukan dengan menghitung luasan areal bercacat dibandingkan dengan total areal. Nilai yang diperoleh berupa persentase cacat yang dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$\text{Persentase cacat} = \frac{\text{Luas area bercacat}}{\text{Total luas areal}} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

namun untuk pembubutan pada masing-masing sampel untuk setiap jenis kayu, evaluasi cacat pemesinan dilakukan berdasarkan kategori yang ada di dalam Tabel 3. Pembubutan dilakukan pada contoh uji berukuran panjang, lebar dan tebal (15 cm x 3 cm x 3 cm). Masing-masing kayu

diamati dan dikelompokkan pada *grade* bubut seperti pada Gambar 4. Pengamatan dan evaluasi dilakukan pada masing-masing jenis kayu, kemudian ditentukan rata-rata *grade* sehingga diperoleh *grade* yang sesuai untuk masing-masing jenis kayu.

E. Analisis Data

Pengaruh perlakuan panas terhadap sifat pemesinan kayu dianalisis menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan 2 faktor. Faktor A adalah jenis kayu yang terdiri atas empat taraf yaitu kayu jati, mangium, jabon dan sengon. Faktor B adalah waktu pemanasan yang terdiri atas tiga taraf yaitu 0 jam, 2 jam, dan 6 jam. Masing-masing pengujian dilakukan enam kali ulangan. Pengolahan data dilakukan dengan aplikasi Microsoft Excel 2010 dan SPSS 17.0. Apabila hasil analisis keragaman pada selang kepercayaan 95% menunjukkan pengaruh yang nyata, maka dilakukan uji lanjut *Duncan*.

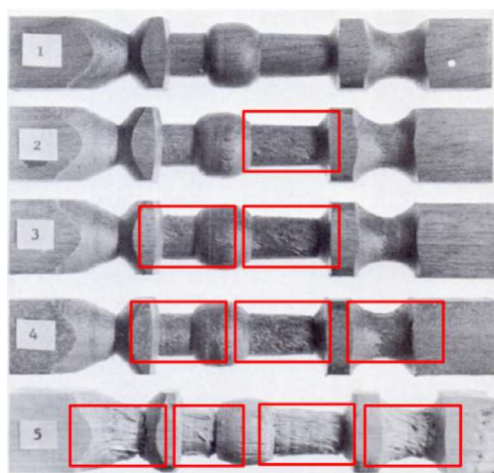
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Fisis

1. Kadar Air

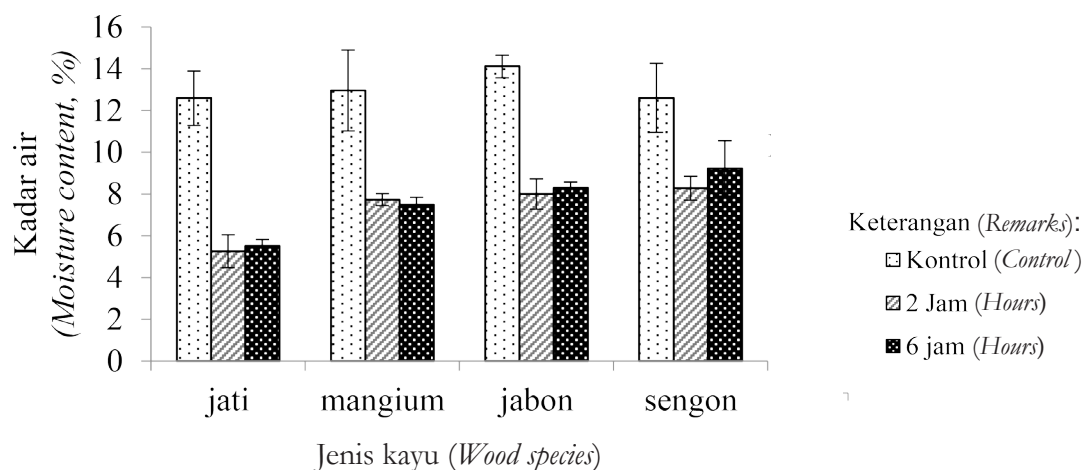
Rata-rata penurunan nilai kadar air untuk setiap jenis kayu mencapai 57% setelah perlakuan panas suhu 165°C (Gambar 5). Penelitian Karlinasari et al., (2018) menyatakan bahwa penurunan kadar air setelah perlakuan panas terjadi akibat adanya penurunan kemampuan dinding sel dalam menyerap air karena adanya penurunan jumlah gugus hidroksil dalam kayu.

Hasil analisis statistik sidik ragam pada selang kepercayaan 95% (Tabel 4) menunjukkan bahwa kadar air tidak dipengaruhi oleh interaksi faktor



Gambar 4. Rujukan grade hasil pembubutan
Figure 4. Grade reference for turning properties

Sumber : ASTM 1666-87 (1987)



Gambar 5. Nilai kadar air empat jenis kayu cepat tumbuh termodifikasi panas
Figure 5. Moisture content values of four fast growing wood species after heat treatment

jenis kayu dan waktu pemanasan. Sementara itu, kadar air hanya dipengaruhi oleh waktu pemanasan. Kadar air tanpa perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan panas 2 jam dan 6 jam. Namun, kadar air pada perlakuan panas 2 jam tidak berbeda nyata dengan perlakuan panas 6 jam.

2. Kerapatan

Rata-rata penurunan nilai kerapatan kayu setelah perlakuan panas sebesar 20% (Gambar 6). Hal ini diduga oleh adanya penurunan berat setelah perlakuan panas. (Taylor et al., 2012) menyatakan bahwa semakin tinggi suhu dan waktu perlakuan panas, penurunan berat semakin meningkat. Sementara itu, (Taylor et al., 2009) menyatakan bahwa penurunan berat terjadi akibat adanya degradasi hemiselulosa dan adanya pengurangan jumlah air dari dalam kayu. Selain itu juga dipengaruhi oleh adanya penurunan zat

ekstraktif kayu. (Esteves et al., 2011) menyatakan bahwa zat ekstraktif mulai terdegradasi pada suhu 150°C yang disebabkan adanya zat *volatile* yang mudah menguap selama perlakuan panas.

Hasil analisis statistik pada selang kepercayaan 95% (Tabel 4) menunjukkan bahwa kerapatan tidak dipengaruhi oleh interaksi faktor jenis kayu dan waktu pemanasan, melainkan hanya dipengaruhi oleh jenis kayu. Hasil lanjut Duncan menunjukkan bahwa nilai kerapatan setiap kayu berbeda. Nilai kerapatan kayu jati berbeda dengan kayu mangium, jabon, dan sengon. Nilai kerapatan tertinggi terdapat pada kayu jati, kemudian diikuti oleh kayu mangium, jabon dan sengon.

B. Evaluasi Cacat Pengeringan Setelah Pemanasan

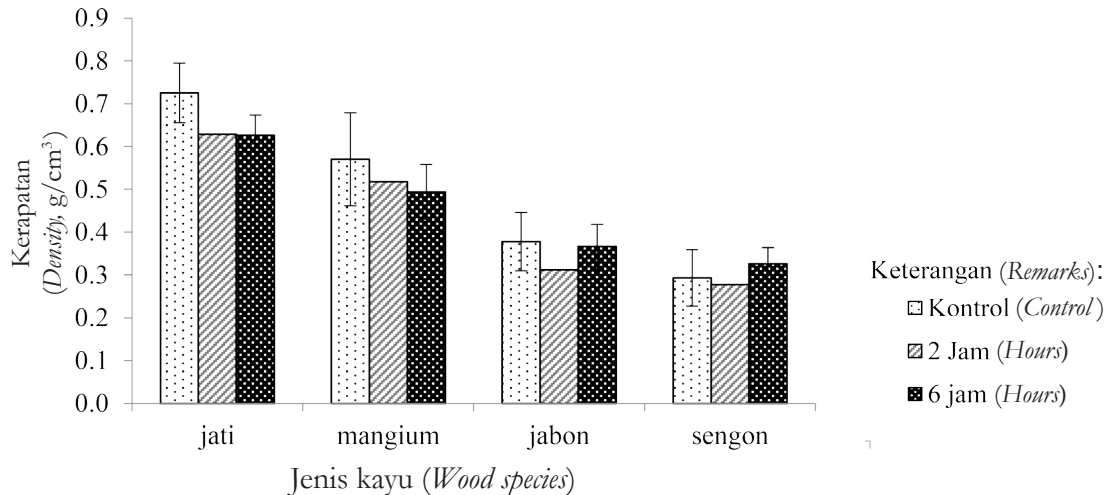
Evaluasi cacat pengeringan setelah pemanasan dilakukan untuk cacat retak ujung (*end checks*) dan retak permukaan (*surface checks*). Persentase cacat

Tabel 4. Analisis ragam pengaruh jenis kayu dan waktu pemanasan terhadap sifat fisis (kadar air dan kerapatan)

Table 4. Variance of analysis (ANOVA) the effect of wood species and time of heat treatment on the physical properties (moisture content and density)

Sifat (Properties)	Signifikansi ANOVA (Significance of ANOVA)		
	SK	T	SP*T
Kadar air (Moisture content)	tn	**	tn
Kerapatan (Wood density)	**	tn	tn

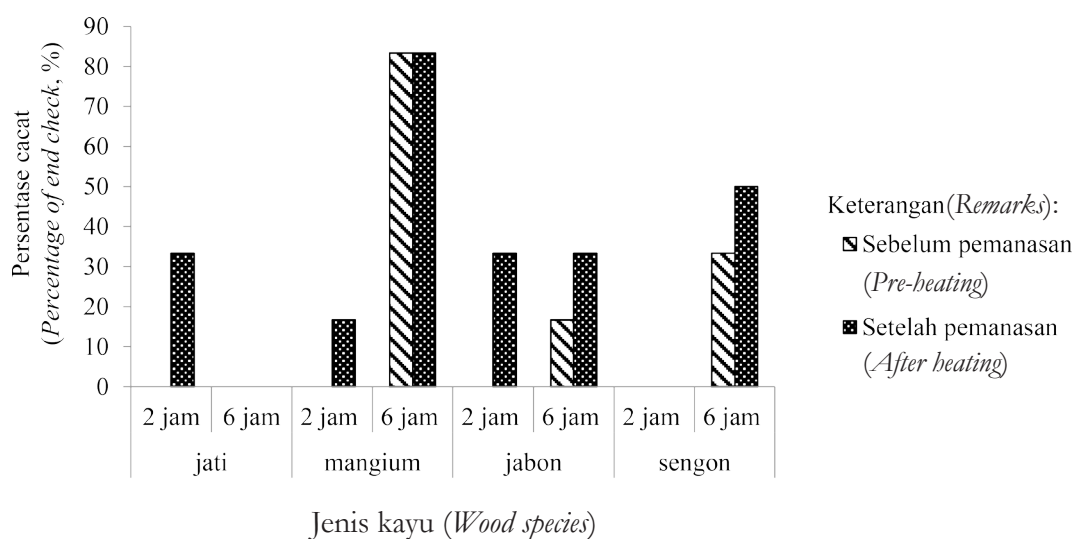
Keterangan (Remarks): SK: Spesies kayu (SK : wood species); T : waktu pemanasan (T : time of treatment); tn : tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% (tn : not significant at 95% confidence intervals); ** : berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% (** : significant at 95% confidence intervals)



Gambar 6. Nilai kerapatan empat jenis kayu cepat tumbuh termodifikasi panas
Figure 6. Density of four fast growing wood species after heat treatment

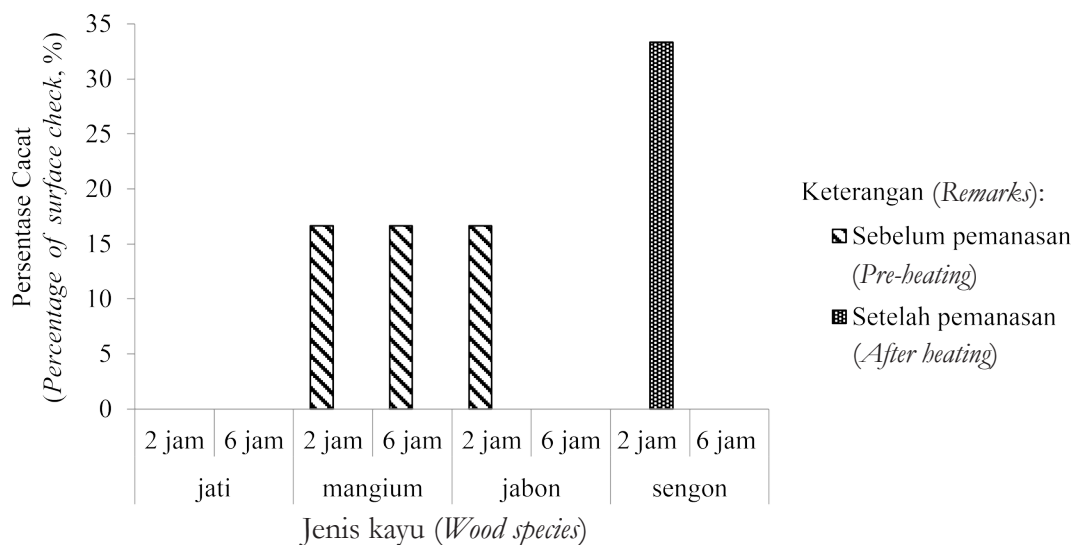
retak ujung setelah perlakuan panas mengalami peningkatan dibandingkan dengan sebelum perlakuan panas (Gambar 7). Peningkatan persentase cacat retak ujung setelah perlakuan panas 2 jam terjadi pada kayu jati, mangium, dan jabon sebesar 33%. Sementara itu, peningkatan persentase cacat retak ujung setelah perlakuan panas 6 jam terjadi pada kayu mangium, jabon, dan sengon sebesar 17%. Tenorio et al., (2012) menyebutkan bahwa cacat retak ujung meningkat dengan peningkatan suhu dan waktu pemanasan. Hal ini disebabkan ketika kayu yang dikeringkan dengan suhu yang tinggi maka akan terjadi

penyusutan mulai bagian ujung sedangkan bagian dalam kayu masih basah sehingga terjadi perbedaan tegangan yang memicu retak ujung pada kayu. Cacat retak ujung terbesar terjadi pada kayu mangium dengan persentase cacat sebesar 83%. Tenorio et al., 2012) dalam penelitian sifat pengeringan beberapa kayu rakyat menyebutkan bahwa kayu mangium merupakan jenis kayu yang sulit untuk dikeringkan karena memiliki permeabilitas sel yang rendah. Hal ini terkait sifat anatomi kayu mangium terutama ukuran pori, parenkim dan jari-jari. Ogata et al., (2008) menyebutkan bahwa kayu mangium memiliki



Gambar 7. Nilai persentase cacat retak ujung empat jenis kayu cepat tumbuh termodifikasi panas

Figure 7. Percentage of end check of four fast growing wood species after heat treatment



Gambar 8. Persentase cacat retak permukaan empat jenis kayu cepat tumbuh termodifikasi panas

Figure 8. Percentage of surface check of four fast growing wood species after heat treatment

noktah yang sempit pada parenkim, jari-jari tergolong sempit ($<0,05$ mm) dan diameter pori tergolong kecil. Semua faktor tersebut dapat menghambat proses pengeluaran air dari dalam kayu.

Untuk cacat retak permukaan, pada setiap jenis kayu mengalami penurunan cacat jenis ini (Gambar 8). Cacat retak permukaan cenderung menutup kembali setelah perlakuan panas seperti terlihat pada kayu mangium dan jabon. Sementara itu, cacat retak permukaan tidak dijumpai pada kayu jati untuk perlakuan panas baik 2 jam maupun 6 jam. Penelitian Listyanto et al., (2016)

pada kayu mahoni yang memiliki pola sebaran sel yang sejenis dengan jati memiliki jumlah retak permukaan relatif kecil dan cenderung menutup setelah proses pemanasan. Penurunan cacat retak permukaan diduga terjadi akibat adanya tegangan tekan pada permukaan kayu (Tenorio et al., 2012). Sebaliknya, untuk cacat retak permukaan pada kayu sengon diduga akibat tegangan tekan permukaan cenderung naik. Hal tersebut seperti penelitian yang dilakukan yang menyebutkan bahwa kayu sengon cenderung rentan terhadap cacat pemanasan. Lebih jauh dapat dijelaskan berdasarkan karakteristik anatomi kayu sengon

Tabel 5. Rekapitulasi hasil evaluasi cacat penyerutan pada empat jenis kayu cepat tumbuh termodifikasi panas

Table 5. Summary of evaluation the planing defect heat treated fast growing wood species

Jenis kayu (Wood species)	Waktu pemanasan (Heating time)	Persentase cacat dominan (Percentage of major defects)	Jenis cacat dominan (Types of major defects)	Persentase bebas cacat (Percentage of free defect)
Jati	0 jam (Hours)	3,70	Serat berbulu (Fuzzy grain)	96,30
	2 jam (Hours)	3,60	Serat patah (Raised grain)	96,14
	6 jam (Hours)	5,49	Serat patah (Raised grain)	93,99
Mangium	0 jam (Hours)	4,36	Serat berbulu (Fuzzy grain)	95,64
	2 jam (Hours)	2,70	Serat patah (Raised grain)	95,99
	6 jam (Hours)	6,05	Serat patah (Raised grain)	92,23
Jabon	0 jam (Hours)	5,29	Serat berbulu (Fuzzy grain)	94,49
	2 jam (Hours)	2,36	Serat berbulu (Fuzzy grain)	95,54
	6 jam (Hours)	6,05	Serat berbulu (Fuzzy grain)	91,32
Sengon	0 jam (Hours)	1,49	Bekas garukan (Scratching)	80,77
	2 jam (Hours)	3,62	Serat berbulu (Fuzzy grain)	94,87
	6 jam (Hours)	12,58	Serat berbulu (Fuzzy grain)	86,84

Tabel 6. Rekapitulasi hasil evaluasi cacat pembentukan pada empat jenis kayu cepat tumbuh termodifikasi panas

Table 6. Summary of evaluation the shaping defect heat treated fast growing wood species

Jenis kayu (Wood species)	Waktu pemanasan (Heating time)	Persentase cacat dominan (Dominant defects percentage)	Jenis cacat dominan (Types of dominant defects)	Persentase bebas cacat (Defect free percentage)
Jati	0 jam (Hours)	13,25	Tanda chip (Chip marks)	73,83
	2 jam (Hours)	5,33	Serat terangkat (Raised grain)	91,17
	6 jam (Hours)	14,67	Serat berbulu (Fuzzy grain)	80,67
Mangium	0 jam (Hours)	29,25	Tanda chip (Chips marks)	55,42
	2 jam (Hours)	33,92	Serat patah (Raised grain)	56,92
	6 jam (Hours)	29,42	Serat patah (Raised grain)	61,42
Jabon	0 jam (Hours)	52,83	Serat berbulu (Fuzzy grain)	41,50
	2 jam (Hours)	10,42	Serat berbulu (Fuzzy grain)	86,75
	6 jam (Hours)	17,75	Serat berbulu (Fuzzy grain)	79,75
Sengon	0 jam (Hours)	54,92	Bekas garukan (Scratching)	17,42
	2 jam (Hours)	45,92	Serat berbulu (Fuzzy grain)	54,08
	6 jam (Hours)	41,67	Serat berbulu (Fuzzy grain)	52,25

yang memiliki arah serat yang berpadu, dan jari-jari sempit yang terdiri dari 1–2 seri dengan frekuensi 6–12 per mm² pada arah tangensial (Pandit et al, 2011).

C. Evaluasi Cacat Pemesinan Setelah Pemanasan

1. Pengampelasan

Pengampelasan dilakukan dengan kertas amplas ukuran 120 grit. Rekapitulasi hasil pengamatan pada pengampelasan kayu disajikan pada Tabel 5. Hasil pengamatan pada pengampelasan menunjukkan bahwa cacat

dominan yang terjadi adalah serat berbulu untuk setiap jenis kayu. Hal serupa juga disampaikan oleh Supriadi (2018) pada jenis kayu asal Riau. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa cacat dominan yang terjadi adalah serat berbulu, namun tergolong ringan. Hal ini diduga karena adanya serat kayu yang tidak terpotong sempurna saat pengampelasan sehingga muncul serat-serat halus pada permukaan kayu. Sementara itu, cacat lainnya seperti bekas garukan hanya terjadi pada kayu jabon dan sengon. Siarudin et al., (2016) menyatakan bahwa cacat bekas garukan umumnya terjadi pada kayu dengan berat jenis

Tabel 7. Rekapitulasi hasil evaluasi cacat pemboran pada empat jenis kayu cepat tumbuh termodifikasi panas

Table 7. Summary of evaluation the boring defect heat treated fast growing wood species

Jenis kayu (Wood Species)	Waktu pemanasan (Heating time)	Persentase cacat dominan (Dominant defect perecentage)	Jenis cacat dominan (Types of dominant defects)	Persentase Bebas cacat (Defect free percentage)
Jati (teak)	0 jam (Hours)	32,67	Serat berbulu (Fuzzy grain)	67,33
	2 jam (Hours)	0,00	Tidak ada cacat (Free defect)	100,00
	6 jam (Hours)	0,00	Tidak ada cacat (Free defect)	100,00
Mangium	0 jam (Hours)	47,92	Serat berbulu (Fuzzy grain)	52,08
	2 jam (Hours)	10,58	Serat berbulu (Fuzzy grain)	89,42
	6 jam (Hours)	9,58	Serat berbulu (Fuzzy grain)	90,42
Jabon	0 jam (Hours)	33,50	Serat berbulu (Fuzzy grain)	40,75
	2 jam (Hours)	29,33	Serat berbulu (Fuzzy grain)	70,67
	6 jam (Hours)	24,25	Serat berbulu (Fuzzy grain)	75,75
Sengon	0 jam (Hours)	54,75	Serat berbulu (Fuzzy grain)	43,17
	2 jam (Hours)	28,42	Serat berbulu (Fuzzy grain)	71,58
	6 jam (Hours)	24,25	Serat berbulu (Fuzzy grain)	75,75

Tabel 8. Kualitas pembubutan kayu termodifikasi panas pada jenis kayu cepat tumbuh
Table 8. The quality of turning properties of heat treated fast growing wood species

Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Perlakuan panas (<i>Heat treatment</i>)	Grade
Jati	Kontrol (<i>Control</i>)	II
	2 jam (<i>Hours</i>)	I
	6 jam (<i>Hours</i>)	I
Mangium	Kontrol (<i>Control</i>)	II
	2 jam (<i>Hours</i>)	II
	6 jam (<i>Hours</i>)	II
Jabon	Kontrol (<i>Control</i>)	II
	2 jam (<i>Hours</i>)	II
	6 jam (<i>Hours</i>)	II
Sengon	Kontrol (<i>Control</i>)	III
	2 jam (<i>Hours</i>)	II
	6 jam (<i>Hours</i>)	II

yang rendah. Kayu sengon dan jabon merupakan jenis kayu yang memiliki nilai berat jenis yang rendah, sehingga rentan terhadap cacat.

2. Penyerutan

Rekapitulasi evaluasi cacat akibat penyerutan dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil pengamatan terhadap penyerutan menunjukkan bahwa cacat dominan yang terjadi adalah serat berbulu yaitu pada kisaran 0,26–16,49% dan serat patah pada kisaran 0–6,05%. Cacat lain seperti serat terangkat dan tanda chip tidak ditemui pada keempat jenis kayu. Hasil serupa juga dijumpai pada jenis kayu surian dan kepayang Siarudin et al., (2016). Siarudin et al., (2016) menyampaikan bahwa persentase cacat serat berbulu pada jenis kayu surian, dan kepayang berkisar antara

5–50%, sedangkan serat patah antara 1–25%. Jumlah persentase cacat tertinggi terdapat pada kayu sengon, lalu menurun berurutan pada kayu jabon, mangium, dan jati. Kualitas penyerutan pada empat jenis kayu tergolong sangat baik dengan persentase bebas cacat berkisar antara 80–98% dengan kualitas sangat baik.

3. Pembentukan

Hasil rekapitulasi evaluasi pengamatan terhadap cacat pembentukan kayu disajikan pada Tabel 7. Cacat dominan yang timbul adalah serat berbulu dengan kisaran antara 3,5–54,92%. Cacat lainnya seperti tanda serpih berkisar antara 0–29,25%, serat terangkat antara 0–13,83%. Hasil serupa juga terdapat dalam penelitian pada jenis kayu surian dan kepayang, serta pada jenis kayu

Tabel 9. Analisis ragam pengaruh jenis kayu dan waktu pemanasan terhadap sifat pemesinan (pengampelasan, penyerutan, pembentukan dan pemboran)

Table 9. Variance analysis the effect of wood species and time of heat treatment on the machining properties (sanding, planing, shaping, and boring)

Sifat (<i>Properties</i>)	Signifikan ANOVA (<i>Significant of ANOVA</i>)		
	SK	T	JK*T
Pengampelasan (<i>Sanding</i>)	tn	tn	tn
Penyerutan (<i>Planing</i>)	**	**	**
Pembentukan (<i>Shapping</i>)	**	**	**
Pemboran (<i>Boring</i>)	**	**	tn

Keterangan (*Remarks*): SK : Spesies kayu (*SK : Species of wood*); T : Waktu pemanasan (*T : Time of treatment*), tn : tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% (*tn : not significant to 95% confidence intervals*); ** : berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% (*** : significant to 95% confidence intervals*)

kurang dikenal di Jawa Barat seperti marasi, asam jawa, ki keuyeup, cantigi dan kendal (Supriadi, 2017). Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa cacat dominan yang terjadi adalah serat berbulu yang berkisar antara 0–50%. (Rianawati & Setyowati., 2015) juga menyatakan bahwa, serat berbulu merupakan cacat yang umumnya terjadi dalam pembentukan kayu, hal ini diduga karena kecepatan operator dalam mengoperasikan *router*. Semakin cepat penggunaan maka semakin tinggi cacat yang timbul, begitu juga sebaliknya semakin teratur maka hasilnya semakin bagus. Jumlah persentase cacat tertinggi terdapat pada kayu sengon, lalu menurun berurutan pada kayu mangium, jabon, dan jati. Kualitas pembentukan pada empat jenis kayu tergolong jelek hingga sangat baik dengan kelas pemesinan antara kelas V–I.

4. Pemboran

Rekapitulasi evaluasi cacat pemesinan akibat pemboran dapat ditinjau pada Tabel 8. Cacat dominan yang timbul adalah serat berbulu dengan kisaran antara 0–54,75%. Cacat lain seperti kehancuran, kelicinan dan penyobekan hanya terjadi pada kayu jabon dengan persentase yang kecil yaitu berkisar antara 0%–13,25%. Hasil serupa juga disampaikan dalam penelitian Supriadi (2017) dan Rianawati dan Setyowati., (2015) bahwa cacat dominan dalam pemboran kayu adalah serat berbulu dengan persentase cacat berkisar antara 0–30%, sedangkan untuk cacat lainnya tergolong ringan. Jumlah persentase cacat tertinggi terdapat pada kayu sengon dan jabon dengan kualitas pemboran berkisar antara jelek hingga baik. Sementara itu, kayu mangium dan jati tergolong jenis kayu dengan kualitas pemboran yang sedang hingga sangat baik.

5. Pembubutan

Hasil evaluasi kualitas pembubutan kayu jati, mangium, jabon dan sengon disajikan dalam Tabel 9. Kualitas pembubutan kayu meningkat seiring dengan meningkatnya waktu pemanasan. Kayu jati merupakan jenis kayu yang bagus untuk dibubut. Hal tersebut dilihat dari *grade* pembubutan kayu jati yaitu *grade* I. Kayu mangium dan jabon merupakan jenis kayu dengan *grade* pembubutan II, sementara itu, kayu sengon merupakan kayu

yang kurang bagus untuk dibubut, hal ini terlihat dari *grade* pembubutan kayu yaitu *grade* III. Kualitas pembubutan kayu sengon meningkat dari *grade* III menjadi *grade* II setelah perlakuan panas.

Pembubutan kayu berbeda dengan pengerjaan kayu lainnya. Penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas pembubutan semakin tinggi dengan meningkatnya waktu pemanasan. Hal ini seperti disampaikan pada penelitian Tu & Zhou (2017) untuk jenis kayu *Eucalyptus urophylla* dan *E. camaldulensis* pada suhu pemanasan 180°C, 190°C, 200°C, dan 210°C untuk waktu pemanasan 3 jam. Hasil penelitian tersebut menyampaikan bahwa kualitas pembubutan kayu meningkat dengan meningkatnya suhu perlakuan panas. Namun demikian, kualitas pembubutan menurun saat suhu maksimum dan diikuti dengan penurunan kekuatan kayu sehingga kayu rentan cacat dan pecah saat dibubut dengan kecepatan tinggi.

D. Pengaruh Jenis Kayu dan Waktu Pemanasan terhadap Sifat Pemesinan

Pengaruh jenis kayu dan waktu pemanasan terhadap sifat pemesinan kayu disajikan pada Tabel 10. Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase cacat penyerutan dan pembentukan dipengaruhi oleh interaksi antara jenis kayu dan waktu pemanasan. Persentase cacat penyerutan dan pembentukan kayu sengon berbeda nyata dengan kayu jabon, mangium dan jati. Persentase cacat kayu sengon nyata lebih besar dibandingkan dengan tiga jenis kayu lainnya. Sementara itu, persentase cacat pembentukan dan penyerutan tanpa perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan panas 2 jam dan 6 jam. Persentase cacat pada perlakuan panas 2 jam dan 6 jam nyata lebih kecil dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Namun, persentase cacat 2 jam tidak berbeda nyata dengan perlakuan panas 6 jam.

Pemboran kayu tidak dipengaruhi oleh interaksi faktor jenis kayu dan waktu pemanasan. Sementara itu, pemboran dipengaruhi oleh faktor tunggal jenis kayu dan waktu pemanasan (Tabel 6). Persentase cacat pemboran kayu sengon berbeda nyata dengan kayu mangium, dan jati namun tidak berbeda nyata dengan kayu jabon. Persentase cacat pemboran kayu sengon nyata lebih besar dibandingkan dengan kayu mangium

dan jati. Sementara itu, persentase cacat pemboran tanpa perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan panas 2 jam dan 6 jam. Persentase cacat tanpa perlakuan nyata lebih tinggi daripada perlakuan panas 2 jam dan 6 jam.

Berdasarkan hasil penelitian kayu sengon memiliki persentase cacat lebih besar dibandingkan dengan tiga jenis kayu lainnya. Hal ini diduga karena berat jenis kayu sengon yang tergolong rendah yaitu sekitar 0,3–0,4 (Ginoga., 1995). Ginoga (1995) menyatakan bahwa jenis kayu dengan berat jenis yang tinggi memiliki kerapatan sel yang tinggi sehingga lebih tahan terhadap kemungkinan cacat pemesinan yang terjadi.

Selain dari berat jenis kayu, faktor lain yang mempengaruhi sifat pemesinan adalah anatomi kayu seperti arah serat dan diameter pori (Karlinasari et al., 2018), Ogata et al., (2008) menyebutkan bahwa ukuran diameter pembuluh kayu sengon tergolong besar yaitu 160–340 mikron. Dalam hal ini, Supriadi (2018) menyatakan bahwa semakin besar ukuran diameter pembuluh maka semakin rendah kualitas pemesinan. Hal ini diduga dengan semakin besarnya pori kayu maka semakin banyak rongga kosong. Ketika kayu dikeringkan, rongga kosong rentan terhadap cacat sehingga kualitas pemesinan kayu cenderung menurun.

Hal lain yang mempengaruhi sifat pemesinan adalah waktu pemanasan. Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan panas mampu meningkatkan kualitas pemesinan kayu cepat tumbuh. Persentase cacat cenderung menurun setelah perlakuan panas. Persentase cacat tanpa perlakuan nyata lebih besar daripada perlakuan panas 2 jam dan 6 jam. Namun, persentase cacat perlakuan panas 2 jam tidak berbeda nyata dengan perlakuan panas 6 jam. Hal tersebut juga disampaikan oleh Karlinasari et al., (2018) dan pada penelitian tentang jenis kayu sengon, jabon, mangium, dengan rentang suhu antara 120–180°C untuk waktu pemanasan 2 jam dan 6 jam. Gurau et al., (2017) dan Karlinasari et al., (2018) menyebutkan bahwa perlakuan panas dapat menurunkan kekasaran permukaan kayu sebesar 5–10%. Kekasaran permukaan kayu menurun dengan meningkatnya suhu dan waktu pemanasan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Perlakuan panas dapat meningkatkan beberapa sifat fisis dan kualitas pemesinan setiap jenis kayu. Cacat retak ujung setelah perlakuan panas cenderung meningkat, sedangkan retak permukaan cenderung menutup kembali setelah perlakuan panas untuk setiap jenis kayu. Waktu optimum yang diterapkan untuk mendapatkan kualitas pemesinan yang baik dengan cacat yang minimal adalah perlakuan panas 2 jam. Kualitas pemesinan terbaik dengan cacat yang minimum terdapat pada kayu jati, kemudian diikuti dengan jabon, mangium, dan sengon.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, kayu yang telah dilakukan pemesinan sebaiknya dilakukan *finishing* berupa vernis dan pengecatan untuk menutupi cacat yang diakibatkan oleh pemesinan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian TA 2017–2018 dengan Nomor kontrak 5651/IT3.11/PN/2017 dan 1675/IT3.11/PN/2018.

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain dan rancangan percobaan dilakukan oleh LKS, TP. Pengambilan data dilakukan oleh UA, LKS, TP. Analisis data dilakukan oleh UA, LKS, TP, dan penulisan manuskrip dilakukan oleh UA, LKS, TP. Perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh LKS, TP.

DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2004). *Standar test method for conducting machining tests of wood and wood-base*. (ASTM D 1666-84). ASTM International, Philadelphia (USA).

- Candelier K., Hannouz S., & Elaieb M., (2015). Utilization of temperature kinetics as a method to predict treatment intensity and corresponding treated wood quality: Durability and mechanical properties of thermally modified wood. *Maderas Ciencia Technology*. 17(2), 253–262. doi: 10.4067/S0718-221X2015005000024.
- Esteves B., Videira R., & Pereira H., (2011). Pine wood extractives. *Wood Science Technology*. 45, 661–676. doi: 10.1007/s00226-010-0356-0.
- Esteves BM & Pereira HM., (2009). Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*. 4(1), 370–404.
- Fatomer B., Bakar A., Hiziroglu S., & Tahir P., (2013). Properties of some thermally modified wood species. *Materials and Design*. 43, 348–355. doi: 10.1016/j.matdes.2012.06.054.
- Fernando L., José DM., Brito O., Maria A., Lis N., & Uliana R., (2011). Effect of thermal rectification on machinability of *Eucalyptus grandis* and *Pinus caribaea* var . *hondurensis* woods. *European Journal Wood Products*. 69, 641–648. doi: 10.1007/s00107-010-0507-x.
- Franc J., (2008). Effect of chemical modifications caused by heat treatment on mechanical properties of *Grevillea robusta* wood. *Polymer Degredation and Stability*. 93, 401–405. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2007.11.017.
- Ginoga B., (1995). Sifat pengerjaan kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* Backer.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 13(4), 127–131.
- Gurau L., Irle M., Campean M., Ispas M., Buchner J., (2017). com Surface quality of planed beech wood (*Fagus sylvatica* L.) thermally treated for different durations of time. *BioResources*. 12, 4283–4301.
- Karlinasari L., Lestari AT., & Priadi T., (2018). Evaluation of surface roughness and wettability of heat-treated, fast-growing tropical wood species sengon (*Paraserianthes falcataria* L.I.C. Nielsen), jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq), and acacia (*Acacia mangium* Willd.). *International Wood Products Journal*. 1–7. doi: 10.1080/20426445.2018.1516918.
- Lukmandaru G., Susanti D., Widyorini R., (2018). Chemical properties of modified mahogany wood by heat treatment). *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 7, 37–46.
- Ogata K., Fujii T., & Abe H., (2008). Identification of the timbers of Southeast Asia and the Western Pacific. *Holzforchung*. 62, 765. doi: 10.1515/HF.2008.132.
- Pandit IKN., Nandika D., & Darmawan IW., (2011). Analisis sifat dasar kayu hasil hutan tanaman rakyat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 16(2), 119–124.
- Priadi T & Hiziroglu S., (2013). Characterization of heat treated wood species. *Material and Designs*. 49, 575–582. doi: 10.1016/j.matdes.2012.12.067.
- Ratnasingam J & Ioras F., (2012). Effect of heat treatment on the machining and other properties of rubberwood. *European Journal Wood Products*. 70, 759–761. doi: 10.1007/s00107-011-0587-2.
- Siarudin M., Widiyanto A., & Agency D., (2016). Sifat pemesinan kayu dolok diameter kecil jenis manglid. Ciamis: Balai Penelitian Teknologi Agroforestry.
- Rianawati H & Setyowati R., (2015). Perbedaan sifat pemesinan kayu timo (*Timonius sericeus* (Desf) K. Schum.) dan kabesak (*Acacia leucophloea* (Roxb.) Willd.) dari nusa tenggara timur. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 4, 185–192.
- Supriadi A., (2017). Sifat pemesinan lima jenis kayu kurang dikenal. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 22(3), 85–100. doi: 10.18343/jipi.22.3.205.
- Supriadi A., (2018). Sifat pemesinan lima jenis kayu asal riau. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 36(2), 85–100.
- Taylor P., Bal BC., & Bekta İ., (2013). The effects of heat treatment on some mechanical properties of juvenile wood and mature wood of *Eucalyptus grandis*.

- Drying Technology: An International Journal The Effects of Heat Treatment*. 37–41. doi: 10.1080/07373937.2012.742910.
- Taylor P., Gunduz G., & Aydemir D., (2009). Some physical properties of heat-treated hornbeam (*Carpinus betulus* L.) wood some physical properties of heat-treated hornbeam (*Carpinus betulus* L.) wood. *Drying Technology : An International Journal*. 27, 714–720. doi: 10.1080/ 07373930902827700.
- Taylor P., Srinivas K., & Pandey KK., (2012). Effect of heat treatment on color changes, dimensional stability, and mechanical properties of wood. *Journal of Wood Chemistry and Technology*. 32, 304–316. doi: 10.1080/02773813.2012.674170.
- Listyanto T., Rahman F & Swargarini H., (2016). Kualitas pengeringan kayu mahoni pada berbagai variasi kerapatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 10(2), 119–128.
- Tenorio C., Moya R., & Quesada-pineda HJ., (2012). Kiln drying of acacia mangium wood : colour , shrinkage , warp , split and check in dried lumber. *Journal of Tropical Forest Science*. 24(1), 125–139.
- Tu D & Zhou Q., (2017). Effects of heat treatment on the machining properties of *Eucalyptus urophylla* dan *E. camaldulensis*. *BioResources*. 9(2), 2847–2855. doi: 10.15376/biores.9.2.2847-2855.
- Uribe BEB & Ayala OA., (2015). Characterization of three wood species (Oak , teak and chanul) before and after heat treatment. *Journal Indian Acad Wood Science*. 12(1), 54–62. doi: 10.1007/s13196-015-0144-4.
- Winandy JE & Shupe TF., (2010). From hydrophilicity to hydrophobicity : A critical review: Part 1. Wettability and surface behavior. *Wood and Fiber Science*. 42(4), 490–510.