

# **Ketahanan terhadap Rayap, Sifat Kimia, dan Warna Kayu Jati dari Hutan Rakyat di Kulon Progo**

## ***(Termite Resistance, Chemical, and Colour Properties of Teak Wood from Community Forests of Kulon Progo)***

Ganis Lukmandaru<sup>1\*</sup>, Maudlotul Hasanah<sup>1</sup>, Nuridha I Retnaningrum<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, UGM, Sleman

\*Penulis korespondensi : ganisarema@lycos.com

### **Abstract**

Teak woods from community forests are harvested at young stage with high sapwood proportion. The aim of this study was to measure the variation of termite resistance, chemical, and colour properties for teak wood from two site (Temon dan Kalibawang) with different ecological conditions in Kulon Progo and it is compared to mature woods from Perhutani plantation of FMU Madiun. The results showed that wood from community forests and Madiun were not statistically different with regard to the attacks of dry-wood *Cryptotermes cynocephalus* termites. Against subterranean *Cryptotermes cynocephalus* termites, wood samples from Kulon Progo were more susceptible particularly the sapwood parts although samples from Kalibawang showed termite resistance similar to termite resistance of Madiun samples in the heartwood region. The gravimetric determination of ethanol-toluene extractive and lignin content resulted no significant effect of site and radial direction factors. Based on colour properties by CIELab system measurements, samples of Kulon Progo community forests exhibited a lighter colour than those of Madiun. A significant correlation was measured between mass loss and extractive content. Mass loss due to subterranean termite attacks in the heartwood part significantly correlated to colour properties (lightness and redness indices).

**Keywords:** colour properties, community forest, extractive content, *Tectona grandis*, termite resistance

### **Abstrak**

Kayu jati dari hutan rakyat umumnya dipanen pada umur muda dan banyak mengandung gubal. Tujuan penelitian ini adalah menguji variasi sifat ketahanan terhadap rayap, sifat kimia, dan sifat warna untuk kayu jati dari hutan rakyat Kulon Progo di dua tempat tumbuh (Temon dan Kalibawang) dengan kondisi ekologis berbeda. Selanjutnya, sebagai pembandingan, digunakan sampel kayu jati dewasa dari KPH Madiun. Hasil penelitian menunjukkan ketahanan terhadap rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus*) kayu dari hutan rakyat tidak berbeda nyata dengan sampel dari Madiun. Pengujian terhadap serangan rayap tanah (*Coptotermes curvignathus*) menggunakan metode pengumpanan dengan pilihan. Sampel jati dari Kulon Progo lebih mudah diserang rayap khususnya di bagian gubal meskipun kayu teras sampel Kalibawang tidak menunjukkan beda nyata dengan sampel Madiun. Pengukuran kadar ekstraktif dan lignin secara gravimetris menunjukkan tidak ada beda nyata untuk faktor tempat tumbuh dan arah radial kayu. Berdasarkan sifat warnanya melalui sistem pengukuran CIELab, sampel dari hutan rakyat Kulon Progo memberikan warna lebih terang dibandingkan dari sampel Madiun. Analisis korelasi menunjukkan kadar ekstraktif berkorelasi nyata dengan kehilangan massa. Kehilangan massa karena serangan rayap tanah berkorelasi nyata dengan sifat warna (parameter indeks kecerahan dan kemerahan) di bagian teras.

**Kata kunci:** hutan rakyat, kadar ekstraktif, ketahanan terhadap rayap, sifat warna, *Tectona grandis*

## Pendahuluan

Salah satu jenis kayu hutan rakyat yang banyak digunakan dan disukai masyarakat adalah kayu jati (*Tectona grandis*). Jati menjadi pilihan utama untuk produk pengolahan kayu karena memiliki keunggulan antara lain kayu bercorak indah (dekoratif), warna yang coklat keemasan, terkesan mewah, dan mudah dalam pengerjaannya. Selain hal tersebut, kayu jati juga dikenal memiliki keawetan alami dan ketahanan cuaca yang tinggi.

Jogjakarta merupakan salah satu daerah penghasil kayu jati rakyat dalam jumlah besar yang salah satunya dari Kabupaten Kulon Progo. Produksi kayu jati dari Kulon Progo pada tahun 2016 sebanyak 16542 m<sup>3</sup> atau setara 20,48% dari total produksi di Jogjakarta (Departemen Kehutanan 2007), dan lebih rendah dibandingkan dengan produksi tahun 2015 sebesar 28559 m<sup>3</sup> (BPS Kab. Kulon Progo 2016). Hal tersebut menunjukkan adanya permintaan yang tinggi kayu jati untuk memenuhi berbagai tujuan penggunaan. Dalam prakteknya, tanaman jati di hutan rakyat dipanen pada umur yang relatif muda, yaitu kurang dari 30 tahun. Pemanenan kayu yang terlalu awal dapat mempengaruhi proporsi kayu gubal dan kayu teras yang dihasilkan sehingga dapat berpengaruh negatif terhadap mutu kayunya.

Informasi mengenai sifat kayu jati yang tumbuh dari hutan rakyat masih terbatas. Keawetan alami kayu jati umur muda dari hutan tanaman telah diteliti sebelumnya yang menunjukkan bahwa ketahanan alami kayu tersebut relatif rendah terhadap rayap maupun jamur (Febrianto *et al.* 2000, Bhat & Florence 2003), walaupun pada umur tertentu, ketahanan alami terhadap rayap untuk jati muda bisa menyamai jati dewasa

(Lukmandaru & Takahashi 2008, Lukmandaru 2013). Sifat anti rayap dari kayu tentunya berkaitan erat dengan sifat kimia dari kayunya (Sandermann & Simatupang 1966, Ganapaty *et al.* 2004). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi ketahanan terhadap rayap dan sifat kimia kayu jati dari hutan rakyat Kulon Progo dengan kayu dari hutan tanaman sebagai pembanding. Selain itu, sifat warna kayu yang merupakan keunggulan dari kayu jati juga dievaluasi. Hubungan antara ketahanan terhadap rayap dengan sifat kimia dan warna kayu juga dibahas.

## Bahan dan Metode

### Bahan dan tempat penelitian

Pohon jati diperoleh dari hutan rakyat di Kabupaten Kulon Progo pada dua zona ekologis yang berbeda, yaitu Kecamatan Kalibawang (750-800 m dpl, tanah latosol, berbatu, rerata curah hujan 2227,8 mm per tahun) dan Temon (10-15 m dpl, tanah mediteran, lempung, rerata curah hujan 1966 mm per tahun). Dari masing-masing lokasi diambil tiga batang pohon sebagai ulangan (dbh=20,7-34,2; jumlah lingkaran tahun=10-17; persen teras=60-65%). Tiga batang pohon jati dewasa KU VI (dbh = 36,3-50,3 cm; jumlah lingkaran tahun=61-65; persen teras=94-98%) dari hutan Perhutani KPH Madiun (120 m dpl; tanah mediteran, lempung, curah hujan 1492-1828 mm per tahun) digunakan sebagai pembanding.

### Penyiapan sampel

Bahan penelitian dipotong dalam bentuk piringan kayu (*disk*) dengan ketebalan 5 cm dari bagian pangkal masing-masing pohon (20 cm bebas banir). Pada setiap penampang melintang (arah radial) *disk*, di kedua sisi (arah timur-barat) dibagi

menjadi tiga bagian yaitu gubal ( $\pm 0,5$  cm dari kulit), teras luar ( $\pm 0,5$  cm dari perbatasan gubal-teras) dan teras dalam ( $\pm 1$  cm dari empulur). Setiap bagian tersebut, dipersiapkan serbuk kayu (40-60 mesh) untuk pengujian sifat kimia dan warna. Untuk pengujian anti rayap, dipersiapkan blok kayu berukuran 5 cm (L)  $\times$  0,8 cm (T)  $\times$  0,8 cm (R) dengan kisaran berat antara 1-4 g.

### Uji rayap kayu kering

Pengujian tingkat ketahanan kayu terhadap serangan rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus*) menggunakan metode pengumpanan tanpa pilihan (*no choice feeding*) dengan blok yang sudah dipersiapkan untuk dua ulangan. Blok kayu dikeringkan ke dalam oven pada suhu 100 °C selama 3 jam, kemudian ditimbang sebagai berat awal. Blok kayu dimasukkan ke dalam wadah logam dan setelah itu dimasukkan 50 ekor rayap. Wadah disimpan di dalam sebuah ruangan yang tertutup agar terhindar dari serangan predator rayap dan didiamkan selama 30 hari. Pengecekan kondisi rayap dilakukan setiap dua hari sekali. Setelah selesai, sampel dibersihkan dan dikeringkan lagi ke dalam oven pada suhu 100 °C selama 3 jam kemudian ditimbang beratnya. Penentuan tingkat keawetan alami kayu dihitung dari jumlah massa kayu yang hilang selama pengujian dan jumlah rayap yang mati pada hari ke 6, 18, dan 30. Sebagai kontrol percobaan dipakai kayu Randu (*Ceiba pentandra*) dan rayap tanpa diberi makanan (kelaparan).

### Uji rayap tanah

Pengujian tingkat keawetan alami kayu terhadap serangan rayap tanah (*Coptotemes curvignathus*) digunakan metode pengumpanan dengan pilihan

(*choice feeding*) untuk dua ulangan. Blok kayu yang telah dikeringkan dan ditimbang berat awalnya, seperti uji rayap kayu kering, diumpankan dalam suatu koloni rayap tanah di desa Temon, Kulon Progo selama 3 bulan. Setelah itu, sampel dibersihkan, dikeringkan, dan ditimbang beratnya. Penentuan tingkat ketahanan kayu dihitung dari jumlah massa kayu yang hilang selama pengujian tersebut. Kontrol percobaan berupa blok kayu randu.

### Sifat kimia

Penentuan kadar ekstraktif etanol-toluena (2:1, v/v) dilakukan berdasarkan standar ASTM D 1105 – 96. Penentuan kadar lignin mengacu standar ASTM D 1106 – 84, yaitu serbuk bebas ekstraktif (SBE) hasil ekstraksi menggunakan etanol-toluena sebanyak  $1 \pm 0,1$  g dihidrolisis dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% dingin (12-15 °C).

### Sifat warna

Pengukuran sifat warna kayu, digunakan alat *Spectrocolorimeter* NF333 (Nippon Densoku Co. Ind. Ltd.) dengan mengacu pada sistem Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) L\*a\*b\*. Kondisi pengukuran : diameter bukaan 6 mm, pencahayaan D65, sumber cahaya tungsten halogen. Serbuk kering angin diukur 3 kali tiap sampel dan dikonversikan ke sistem warna, yaitu L\* (indeks kecerahan), a\* (indeks kemerahan), dan b\* (indeks kekuningan). L\* dengan skala 0 (hitam) – 100 (putih), a\* dengan skala (+) untuk merah dan (-) untuk hijau, dan b\* dengan skala (+) kuning dan (-) biru.

### Analisis data

Model rancangan yang digunakan adalah rancangan penelitian acak lengkap yang disusun secara faktorial yaitu untuk faktor tempat tumbuh dan arah radial

kayu. Pada parameter persen kematian rayap kayu kering untuk data yang berada dalam salah satu wilayah 0-30% atau 70-100% tetapi tidak pada keduanya, dilakukan transformasi akar kuadrat dan untuk data yang tidak termasuk dalam kedua wilayah data tersebut digunakan transformasi arcsin (Gaspersz 1995). Penyajian data tetap dilakukan dengan angka sebelum dilakukan transformasi.

Analisis variansi dwi-arah dipakai untuk menguji pengaruh nyata dari faktor yang digunakan dalam taraf uji 5% melalui penjumlahan kuadrat Tipe III. Sebagai uji lanjut, digunakan uji *honestly significant difference* (HSD) atau uji Tukey. Korelasi Pearson digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan yang ditandakan oleh koefisien korelasi (r). Seluruh perhitungan statistik memakai *software* SPSS 16.0 (Windows).

## Hasil dan Pembahasan

### Ketahanan terhadap rayap

Hasil pengamatan untuk ketahanan terhadap rayap kayu kering (RKK) melalui metode pengumpanan tanpa pilihan disajikan pada Tabel 1. Rerata kehilangan massa kayu jati (5,3-23,3 mg)

masih di bawah sampel kontrol kayu randu (31,85 mg). Persen kematian rayap yang diukur pada hari ke-6 (PMH-6), 16 (PMH-16), dan 30 (PMH-30) menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada kayu jati dibandingkan kisaran nilai kontrol kayu randu (7-46%). Apabila dibandingkan dengan kontrol tanpa makanan (60-86%), kisaran persen kematian terhadap kayu jati masih lebih rendah untuk PMH-6 (23-46%) dan 16 (50-74%). Nilai kontrol tanpa makanan masih dalam kisaran bila dibandingkan PMH-30 (69-90%) untuk sampel jati.

Pengukuran ketahanan alami terhadap rayap tanah (RT) dilakukan melalui metode pengumpanan dengan pilihan selama 3 bulan. Parameter yang diamati adalah pengurangan massa kayu akibat serangan rayap (Gambar 1). Kisaran rerata kehilangan massa adalah berat 14-395 mg. Nilai ini jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan kontrol kayu randu (1749 mg).

Kehilangan massa terhadap serangan RT lebih besar daripada serangan RKK, baik pada posisi gubal maupun teras dimungkinkan karena pengaruh jenis spesies rayap, perbedaan metode, maupun lama pengumpanan.

Tabel 1 Uji anti rayap kayu kering pada kayu jati dari hutan rakyat Kabupaten Kulon Progo dan KPH Madiun

Tempat tumbuh	Kehilangan berat, mg			Persen kematian hari ke-6, %			Persen kematian hari ke-16, %			Persen kehidupan hari ke-30, %		
	Teras dalam	Teras luar	Gubal	Teras dalam	Teras luar	Gubal	Teras dalam	Teras luar	Gubal	Teras dalam	Teras luar	Gubal
Kalibawang	8,70 ± 2,13	9,87 ± 5,08	23,37 ± 5,97	43,33 ± 9,24 bc	40,67 ± 6,43 bc	34,00 ± 80 abc	68,00 ± 5,29 fgh	59,33 ± 9,24 efgh	58,00 ± 20,88 efg	87,33 ± 4,16	82,00 ± 3,46	75,33 ± 17,24
Temon	12,47 ± 3,71	9,23 ± 1,59	15,60 ± 2,86	33,33 ± 7,57 abc	33,33 ± 7,5 abc	46,00 ± 24,25 bc	68,00 ± 12,17 fgh	53,33 ± 8,08 ef	72,67 ± 10,07 gh	89,33 ± 2,31	84,67 ± 3,06	90,67 ± 9,02
Madiun	16,73 ± 7,66	5,30 ± 1,13	16,67 ± 3,51	23,33 ± 8,33 a	54,67 ± 13,00c	32,67 ± 2,31 ab	50,67 ± 12,86 e	74,00 ± 12,17 h	50,67 ± 11,37 e	69,33 ± 15,14	89,33 ± 13,61	83,33 ± 8,08
Kontrol												
- Randu		31,85			7,00			36,00			46,00	
- Tanpa makanan		-			60,00			76,00			86,00	

Keterangan: Rerata tiga pengujian dengan standar deviasi dalam kurung). Huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata dalam uji Tukey (taraf uji 5%)

Nilai kehilangan massa kontrol randu yang diukur jauh lebih besar dibandingkan sampel kayu jati menunjukkan adanya komponen-komponen ekstraktif yang menolak rayap pada kayu jati bahkan pada kayu gubal (Windeisen *et al.* 2003, Lukmandaru 2015). Persen kematian pada kontrol tanpa makanan nilainya dalam kisaran dengan kematian rayap yang diberi kayu jati sebagai makanannya. Hal ini menandakan bahwa antara kematian disebabkan oleh racun dari zat ekstraktif dan kematian karena kelaparan yang relatif tidak memberikan perbedaan yang besar, akan tetapi pada persen kematian untuk sampel kontrol kayu randu, nilai kematian RKK jauh lebih kecil. Selain itu, adanya kehilangan massa membuktikan dugaan adanya pengaruh ekstraktif di kayu jati yang bersifat racun.

Kecenderungan ini tidak terlihat di penelitian sebelumnya dengan spesies rayap yang berbeda dimana rendahnya persen kematian pada kontrol sampel karena kelaparan (tanpa makanan) dibandingkan dengan adanya kayu jati yang menunjukkan bahwa dalam kondisi alami, kayu jati tidak beracun tetapi hanya bersifat menolak rayap (Da Costa

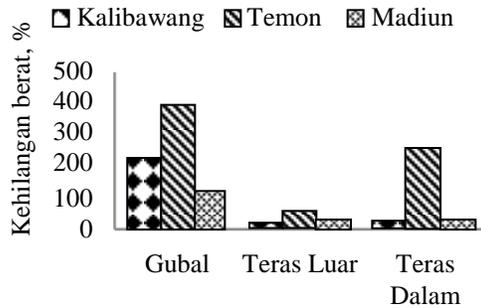
*et al.* 1958, Rudman *et al.* 1966, Lukmandaru & Takahashi 2008). Perbedaan preferensi makan rayap karena perbedaan spesies rayap, jenis kayu, maupun lokasi geografis sebelumnya telah diamati oleh Ngee *et al.* (2004).

Penelitian sebelumnya (Lukmandaru 2013) pada kayu jati dari hutan rakyat pada umur 8 dan 22 tahun menunjukkan tidak ada beda nyata untuk ketahanan alami di bagian teras bila dibandingkan kayu jati dewasa untuk spesies rayap *Reticulitermes speratus* Kolbe yang sebenarnya spesies tersebut bukan musuh alami jati. Untuk memastikan faktor yang berpengaruh terhadap ketahanan terhadap rayap, dilakukan analisis variansi (ANOVA) yang ringkasan hasilnya disajikan pada Tabel 2. Untuk serangan RKK, interaksi kedua faktor berpengaruh nyata terhadap kematian rayap di hari ke-6 dan 16. Selanjutnya, kehilangan massa hanya dipengaruhi oleh faktor arah radial sedangkan kedua faktor tidak berpengaruh nyata pada PMH-30. Berkaitan dengan RT, diamati adanya interaksi faktor tempat tumbuh dan arah radial yang berpengaruh nyata pada parameter kehilangan massa.

Tabel 2 Analisis variansi uji rayap kayu kering dan rayap tanah

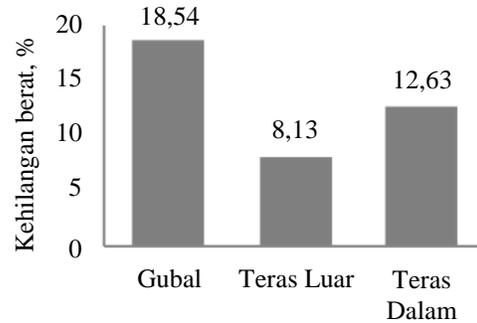
Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat tengah				
		KMRKK	KH-6	KH-16	KH-30	KMRT
Tempat tumbuh	2	5,61	6,63	30,76	92,10	80565,3**
Radial	2	228,69**	77,46	2,56	25,22	108486,8*
Tempat x Radial	4	55,05	145,03*	172,45*	162,91	15073,5**
Galat	18	19,08	45,38	54,56	81,28	987,9
Total	26					

Keterangan : \*\* = beda sangat nyata pada taraf uji 1% \* = beda nyata pada taraf uji 5%  
 KMRKK = kehilangan massa akibat rayap kayu kering  
 KH-6 = persen kematian rayap kayu kering pada hari ke 6  
 KH-16 = persen kematian rayap kayu kering pada hari ke 16  
 KH-30 = persen kematian rayap kayu kering pada hari ke 30  
 KMRT = kehilangan massa akibat rayap tanah



Gambar 1 Kehilangan berat kayu jati karena serangan rayap tanah.

Uji lanjut dilakukan untuk mengetahui yang membedakan antar perlakuan. Kehilangan massa mengindikasikan derajat penolakan kayu terhadap serangan rayap sedangkan kematian rayap bisa mengindikasikan sifat racun dari kayu yang diumpangkan. Untuk RKK, seperti yang bisa diduga, uji Tukey menunjukkan kayu gubal menjadi bagian paling lemah dilihat dari kehilangan massanya (18,54 mg) bila dibandingkan dengan terasnya (Gambar 2). Dari interaksi faktornya (Tabel 1), antar bagian tidak banyak memberikan perbedaan nyata untuk PMH-6. Nilai tertinggi diamati pada sampel gubal jati dari Temon (46,0%) dan teras luar (54,67%) dari Madiun sedangkan nilai terendah diamati di teras dalam Madiun (23,3%). Interaksi faktor untuk PMH-16 juga menunjukkan kecenderungan yang hampir sama. Selain itu juga terlihat untuk sampel dari Madiun yang menunjukkan bagian teras dalam (50,6%) secara nyata nilainya lebih rendah dibandingkan teras luarnya (74,0%). Perbedaan kecenderungan lainnya adalah sampel Temon memberikan nilai PMH-16 tertinggi di kayu gubal (72,6%) untuk sampel Kalibawang nilai tertinggi diamati pada teras dalam (68,0%). Untuk PMH-30, perbedaan respon yang nyata antar sampel tidak ditemukan.



Gambar 2 Kehilangan berat kayu jati karena serangan rayap kayu kering.

Ketahanan alami terhadap RT hanya diukur pada parameter kehilangan massa (Gambar 1). Hasil uji lanjut Tukey dalam interaksi menunjukkan bagian gubal secara umum lebih mudah diserang rayap dimana sampel asal Temon menunjukkan nilai tertinggi secara nyata (395,8 mg) dan nilai terendah di sampel Madiun (125,3 mg). Selanjutnya, tidak ditemukan perbedaan yang sistematis di bagian teras luar sedangkan di bagian teras dalam menunjukkan serangan paling intensif ditemukan pada sampel asal Temon (257,1 mg). Tidak ada beda nyata antara sampel Madiun dan Kalibawang.

Secara umum, perbedaan antara jati dari Kulon Progo dan Madiun adalah kurang tegas bila dievaluasi dari angka kematian rayap untuk RKK. Sebelumnya didapatkan hasil kelas umur jati yang lebih muda memberikan ketahanan rayap yang lebih rendah dibandingkan jati yang lebih dewasa (Febrianto *et al.* 2000). Penelitian untuk kayu jati dengan spesies rayap berbeda menunjukkan bagian teras luar merupakan bagian paling tahan terhadap serangan organisme dibandingkan dengan posisi teras dalam maupun posisi gubal (Da Costa *et al.* 1958, Rudman 1966, Lukmandaru 2011). Kecenderungan ini juga diamati tapi terbatas untuk jati dewasa dari Madiun untuk parameter PMH-6 dan PMH-16.

Kadar zat racun pada sampel dari Kulon Progo dengan umur pohon diduga relatif muda tidak banyak berbeda. PMH-30 tidak bisa dijadikan pembeda antara sampel Madiun dan Kulon Progo karena hasil ANOVA menunjukkan tidak beda nyata. Sedikit mengherankan adalah nilai tertinggi untuk kematian rayap adalah diamati pada bagian gubal jati dari Temon. Belum diketahui secara pasti penyebab fenomena tersebut. Sebaliknya, kehilangan massa terhadap serangan RKK menunjukkan pengaruh nyata hanya dalam arah radial yang mengindikasikan kandungan zat bioaktif di kayu teras lebih tinggi dibandingkan kayu gubal. Selanjutnya, kayu jati baik untuk sampel Kulon Progo maupun Madiun, kehilangan massa oleh RKK terbesar ada pada posisi gubal sedangkan nilai terkecil diamati pada posisi teras luar meski tidak berbeda nyata dengan bagian teras dalam secara statistik.

Pengaruh perbedaan geografis atau umur pohon lebih terlihat dari respon terhadap serangan RT. Sampel dari Temon memberikan ketahanan yang paling rendah di gubal dan teras luar. Di lain pihak Sampel dari Kalibawang, memberikan respon ketahanan alami

yang setara dengan sampel dari Madiun kecuali di bagian gubal. Pengaruh geografis sebelumnya diamati pada ketahanan alami terhadap jamur untuk jati tumbuh India di mana kehilangan massa lebih rendah pada daerah kering dan lebih tinggi pada daerah yang lebih basah (Bhat *et al.* 2005). Kalibawang merupakan daerah atau dataran yang lebih tinggi untuk lokasi maupun curah hujannya tetapi memberikan ketahanan alami yang lebih baik dibandingkan dengan Temon. Meski kayu terasnya tidak berbeda nyata dalam hal kehilangan massanya dari sampel Madiun, tapi perbedaan nyata diamati di daerah kayu gubal dimana sampel Kalibawang lebih mudah diserang rayap. Hal ini berkaitan dengan tingginya persen gubal kayu dari hutan rakyat pada umumnya. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengeksplorasi daya racun dari sampel dari Kulon Progo ini terhadap RT sehingga lebih memberikan gambaran utuh dari ketahanan alaminya.

### Sifat kimia kayu

Sifat kimia kayu diduga ada kaitannya dengan variasi dalam ketahanan terhadap rayap.

Tabel 3 Sifat kimia kayu jati dari hutan rakyat Kabupaten Kulon Progo dan KPH Madiun

Tempat tumbuh	Kadar ekstraktif etanol-toluena, %			Kadar lignin, %		
	Teras dalam	Teras luar	Gubal	Teras dalam	Teras luar	Gubal
Kalibawang	9,05 ± 0,42	7,32 ± 5,02	5,70 ± 3,00	33,93 ± 7,43	29,27 ± 1,94	34,18 ± 7,09
Temon	5,52 ± 0,6	8,83 ± 2,56	4,59 ± 1,57	29,91 ± 2,25	32,12 ± 6,38	35,23 ± 6,28
Madiun	6,61 ± 0,94	11,43 ± 1,34	3,45 ± 1,04	28,01 ± 1,09	27,20 ± 4,85	28,48 ± 2,85

Tabel 4 Analisis varians sifat kimia dan warna kayu jati

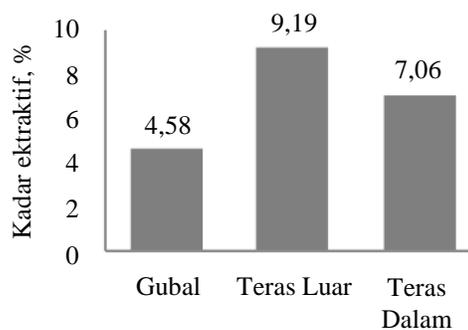
Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat tengah				
		KEAT	LIG	L*	a*	b*
Tempat tumbuh	2	2,76	95,92	102,57**	15,54**	31,49*
Radial	2	47,99**	47,02	837,35**	59,76**	11,87
Tempat * Radial	4	11,89	104,14	24,63	0,63	2,24
Galat	18	5,28	62,79	11,29	1,23	6,52
Total	26					

Keterangan : \*\* = beda sangat nyata pada taraf uji 1% \* = beda nyata pada taraf uji 5%  
 KEAT = kadar ekstraktif etanol-toluena, LIG = kadar lignin L\* = indeks kecerahan, a\*=indeks kemerahan, b\*= indeks kekuningan

Dalam penelitian ini, dua parameter yang diukur yaitu kadar ekstraktif larut etanol-toluena dan kadar lignin (Tabel 3). Kedua parameter tersebut diasumsikan sedikit banyak akan berpengaruh terhadap perilaku ketahanan alami terhadap rayapnya. Rerata kisaran kadar ekstraktif (3-11%) dan lignin (27-34%) yang diperoleh dari eksperimen ini masih dalam kisaran untuk penelitian kayu jati yang tumbuh di hutan Perhutani (Syafii 2000, Lukmandaru 2016) dan hutan rakyat (Lukmandaru & Sayudha 2012, Lukmandaru *et al.* 2016). Hasil ANOVA menunjukkan pengaruh nyata hanya untuk arah radial untuk kadar ekstraktif sedangkan tidak ada pengaruh nyata dari kedua faktor untuk kadar lignin (Tabel 4). Hasil uji lanjut (Gambar 3) menunjukkan adanya perbedaan nyata antara bagian gubal (4,58%) dan teras (7,06 dan 9,19%).

Sampel jati dewasa dari Madiun tidak memberikan perbedaan kadar ekstraktif yang nyata dengan jati muda dari Kulonprogo. Kecenderungan dalam kadar ekstraktif di eksperimen ini berbeda dari penelitian sebelumnya yang mendapatkan pengaruh nyata karena perbedaan tempat tumbuh untuk jati

India (Bhat *et al.* 2005) maupun Indonesia (Lukmandaru *et al.* 2016) atau karena perbedaan umur pohon (Haupt *et al.* 2003, Lukmandaru 2009, Lukmandaru & Sayudha 2012). Demikian juga dalam arah radial, teras luar kayu jati memiliki kadar ekstraktif yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian gubal, maupun bagian teras (Narayanamurti *et al.* 1962, Rudman *et al.* 1966, Lukmandaru & Takahashi 2008). Tidak ada perbedaan nyata di kadar lignin untuk kedua faktor juga diamati untuk jati dari hutan rakyat Gunungkidul (Lukmandaru *et al.* 2016).



Gambar 3 Kadar ekstraktif etanol-toluena kayu jati pada faktor arah radial.

Tabel 5 Sifat warna kayu jati dari hutan rakyat Kabupaten Kulon Progo dan KPH Madiun

Tempat tumbuh	L*			a*			b*		
	Teras dalam	Teras luar	Gubal	Teras dalam	Teras luar	Gubal	Teras dalam	Teras luar	Gubal
Kalibawang	43,15 ± 1,80	42,46 ± 2,22	64,42 ± 2,81	15,29 ± 0,82	15,47 ± 1,10	11,29 ± 0,89	25,99 ± 1,19	26,50 ± 0,20	25,81 ± 4,34
Temon	48,42 ± 5,75	43,67 ± 2,41	58,89 ± 1,62	12,68 ± 0,33	12,72 ± 1,82	8,76 ± 1,67	22,96 ± 1,47	25,10 ± 2,98	20,98 ± 3,97
Madiun	41,47 ± 5,21	37,22 ± 3,46	54,3 ± 2,18	14,22 ± 0,60	14,72 ± 1,01	9,13 ± 0,87	22,53 ± 0,99	23,85 ± 1,04	21,80 ± 3,08

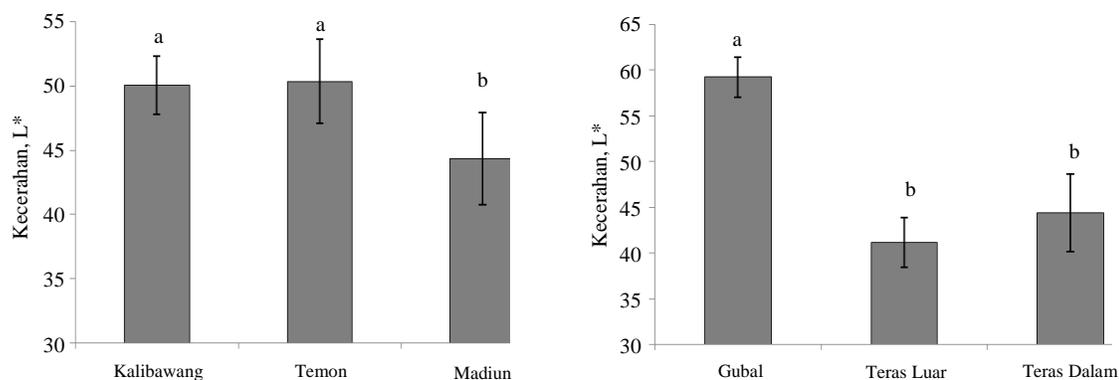
Keterangan : L\* = indeks kecerahan, a\*=indeks kemerahan, b\*= indeks kekuningan

### Sifat warna

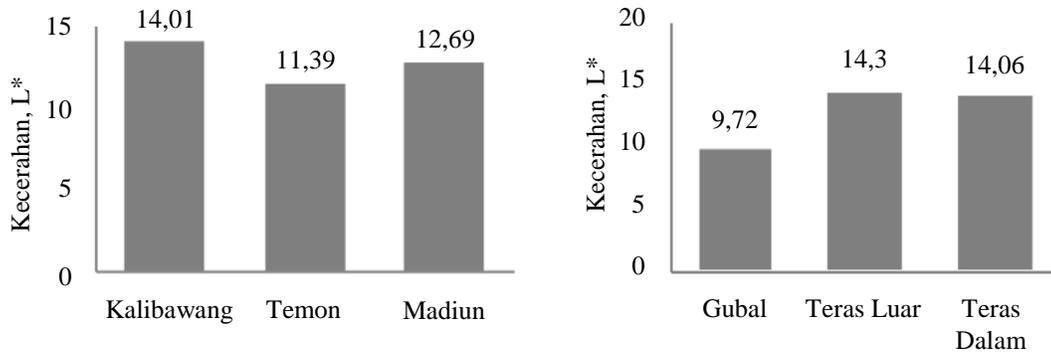
Kayu jati dikenal karena warna kayu yang menarik selain keunggulan di keawetan alami dan kekuatannya. Hasil pengukuran sifat warna kayu dalam bentuk serbuk dengan metode CIELab disajikan pada Tabel 5. Kisaran yang diperoleh dalam penelitian ini masih dalam kisaran untuk warna kayu di hutan Perhutani (Lukmandaru 2016). Hasil ANOVA (Tabel 4) tidak ada interaksi nyata antara kedua faktor tetapi berpengaruh nyata dalam faktor tunggal untuk parameter indeks kecerahan (L\*) dan kemerahan (a\*). Indeks kekuningan (b\*) hanya dipengaruhi nyata oleh faktor tempat tumbuh saja.

Untuk mengetahui perbedaan secara detail, hasil uji lanjut disajikan pada Gambar 4-6. Untuk parameter L\*,

sampel Madiun (L\*=44,3) secara nyata memberi warna yang lebih gelap sedangkan bagian teras (L\*=41,2 dan 44,3) memberikan warna yang lebih gelap dibandingkan gubal (L\*=59,2). Kecenderungan yang berbeda diamati pada rerata nilai a\* dimana sampel Kalibawang (a\*=14,0) dan Madiun (a\*=12,6) memberikan nilai tertinggi tetapi tidak berbeda nyata di antara keduanya. Untuk arah radial, bagian teras lebih tinggi nilainya secara nyata (a\*=14,0 dan 14,3) dibandingkan gubalnya (a\*=9,7) Selanjutnya, sampel Kalibawang (b\*=26,1) memberikan nilai tertinggi secara nyata untuk b\* dibandingkan kedua sampel lainnya. Kayu jati hutan rakyat umumnya dikesankan lebih pucat dibandingkan kayu dewasa dari Perhutani.



Gambar 4 Indeks kecerahan (L\*) kayu jati dari hutan rakyat Kabupaten Kulon Progo dan KPH Madiun.

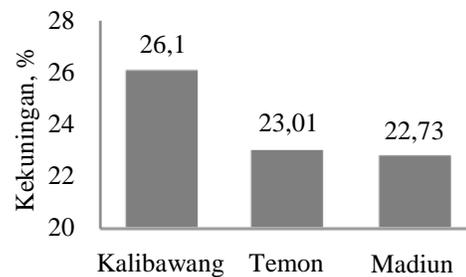


Gambar 5 Indeks kecerahan ( $L^*$ ) kayu jati dari hutan rakyat Kabupaten Kulon Progo dan KPH Madiun.

Hal ini terlihat dari rendahnya nilai  $L^*$  pada sampel hutan rakyat dibandingkan sampel Madiun. Sampel Kalibawang juga menunjukkan warna yang lebih merah dan kuning (pucat) secara nyata dibandingkan sampel Temon. Di lain pihak, tidak ada beda nyata untuk parameter  $a^*$  dan  $b^*$  antara sampel Temon dan Madiun. Perbedaan tersebut dimungkinkan karena perbedaan umur juga karena lokasi geografis. Pengukuran sifat warna di jati India (Bhat *et al.* 2005) dan Costa Rica (Moya & Berrocal 2010) mengindikasikan sifat warna kayu jati yang dipengaruhi faktor lingkungan.

Warna kayu dipengaruhi oleh zat fenolat dan lignin di dalamnya (Hon & Minemura 2001). Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan kecenderungan hasil ANOVA antara sifat warna dengan kadar ekstraktif maupun sifat warna dengan kadar lignin. Sebagai contoh, kayu Madiun yang secara nyata lebih gelap tapi tidak memberikan kadar ekstraktif atau lignin tertinggi. Diduga pengukuran kadar ekstraktif dengan pelarut etanol-toluena tidak secara otomatis menggambarkan zat ekstraktif yang berpengaruh terhadap warna atau fenolatnya.

Dalam arah radial, tidak diamati adanya perbedaan nyata antara teras luar dan teras dalam di semua tempat tumbuh. Pengukuran sifat warna pada jati dari Perhutani juga menunjukkan kecenderungan yang sama (Lukmandaru 2011). Perbedaan tersebut mengindikasikan untuk kedua bagian teras tersebut mempunyai zat fenolat yang tidak jauh berbeda. Hal ini berbeda dengan pola untuk jati yang tumbuh di Togo (Kokutse *et al.* 2006) untuk parameter  $L^*$  dan  $a^*$  dan jati di India (Bhat *et al.* 2005). Untuk itu, perlu dilakukan pengukuran dengan melibatkan lebih banyak sampel untuk jati di Indonesia untuk memastikan variasi warna dalam arah radial.



Gambar 6 Indeks kekuningan ( $L^*$ ) kayu jati dari hutan rakyat Kabupaten Kulon Progo dan KPH Madiun.

## Hubungan sifat ketahanan rayap dengan sifat kimia kayu

Untuk mengetahui hubungan antara sifat ketahanan rayap dengan sifat kimia dan warna, dilakukan analisis korelasi Pearson berdasarkan arah radialnya (Tabel 6). Secara umum, derajat korelasi nyata diamati antara kehilangan massa baik disebabkan RKK maupun RT dengan sifat kimia dan warna. Berlawanan halnya dengan tidak ada korelasi nyata yang melibatkan persen kematian rayap. Selain itu juga didapatkan tidak ada korelasi nyata antara sifat ketahanan rayap dengan kadar lignin maupun nilai b\*.

Senyawa kinon telah diketahui sebagai zat yang bersifat anti rayap pada jati (Rudman & Gay 1961, Sandermann & Simatupang 1966, Lukmandaru & Ogiyama 2005). Meski demikian, kadar komponen kinon tidak selalu berbanding lurus dengan daya racun dan daya

penolakan terhadap rayap (Lukmandaru 2015, Ismayati *et al.* 2016). Hal tersebut diduga menjadi penyebab korelasi yang tidak nyata untuk parameter kematian rayap dan kadar ekstraktif. Kadar ekstraktif berpengaruh nyata terhadap kehilangan massa untuk kedua spesies rayap apabila data di bagian teras dan gubal digabung ( $r=0,46$ ). Apabila data gubal dan teras dipisah, maka tidak ada korelasi nyata untuk rayap tanah sedangkan nilai derajat korelasi menjadi lebih tinggi untuk RKK yaitu  $r= -0,58$  di teras dan  $r=0,78$  di gubal. Nilai tersebut berarti semakin tinggi kadar ekstraktif di teras maka ketahanan terhadap rayap semakin tinggi sebaliknya semakin tinggi kadar ekstraktif di gubal maka semakin lemah sifat penolakan kayu terhadap rayap. Hal ini diasumsikan karena perbedaan karakter ekstraktif di kayu gubal dan teras. Kayu teras akan lebih banyak mengandung komponen fenolat bioaktif dibanding gubal.

Tabel 6 Korelasi Pearson antara sifat anti rayap dengan sifat kimia dan warna kayu jati.

Parameter	Rayap kayu kering				Rayap tanah
	Kehilangan massa	Kematian Hari Ke-6	Kematian hari Ke-16	Kematian hari Ke-30	Kehilangan massa
	Gubal+Teras				
Kadar ekstraktif	-0,46*	0,15	0,05	-0,02	-0,46*
Lignin	0,15	-0,04	0,17	0,17	0,14
L*	0,68**	-0,09	-0,01	-0,07	0,72**
a*	-0,53**	0,05	0,08	-0,05	-0,68**
b*	-0,18	-0,07	0,02	-0,02	-0,31
	Teras				
Kadar ekstraktif	-0,58*	0,24	0,01	0,13	-0,39
Lignin	-0,15	0,06	0,19	0,07	-0,30
L*	0,36	-0,25	-0,09	-0,19	0,50*
a*	-0,33	0,21	0,16	0,02	-0,50*
b*	-0,26	0,21	-0,03	-0,05	-0,34
	Gubal				
Kadar ekstraktif	0,78*	0,02	0,02	-0,47	0,34
Lignin	0,23	-0,13	0,20	0,29	0,22
L*	0,44	0,05	0,40	0,04	0,26
a*	0,39	-0,22	-0,10	-0,37	-0,10
b*	0,21	-0,35	0,03	-0,02	-0,06

Keterangan : \*\* = korelasi nyata pada taraf uji 1% \* = korelasi nyata pada taraf uji 5%  
L\* = indeks kecerahan, a\*=indeks kemerahan, b\*= indeks kekuningan

Meski telah terindikasi adanya beberapa senyawa kinon dalam jumlah terbatas, secara teoritis kayu gubal juga mengandung senyawa-senyawa seperti gula-gula rantai pendek yang lebih polar dan tidak mempunyai sifat bioaktif terhadap RKK. Penelitian sebelumnya membuktikan ekstrak polar melalui ekstraksi berturutan memberikan efek pelemahan sifat anti rayap (Lukmandaru 2013).

Hasil penelitian yang diperoleh juga menunjukkan tidak ada korelasi nyata antara kadar lignin dengan sifat anti rayap. Lignin sebagai komponen dinding sel sebagai *barrier* komponen gula diasumsikan akan berpengaruh terhadap aktivitas rayap yang mengonsumsi selulosa. Meski belum ada penelitian yang menghubungkan sifat anti rayap dengan kadar lignin, kecenderungan yang sama juga diamati pada kayu *Pinus sylvestris* yang menunjukkan tidak ada perbedaan nyata antar pinus yang mudah diserang jamur dan tidak (Harju *et al.* 2003). Selanjutnya, nilai tertinggi untuk kematian RKK diamati pada kayu gubal di sampel Temon belum diketahui secara pasti penyebabnya dan diduga, tidak hanya kadar lignin yang relatif tinggi (35,23%), tetapi ada variabel sifat kimia lain atau sifat di luar kimia kayu yang berpengaruh.

### **Hubungan sifat ketahanan rayap dengan sifat warna kayu**

Secara umum, tidak ada korelasi nyata antara sifat warna dengan ketahanan terhadap rayap di bagian gubal serta sifat warna dengan persen kematian RKK (Tabel 6). Gabungan data antara gubal dan teras menunjukkan adanya korelasi kehilangan massa dengan parameter  $L^*$  dan  $b^*$  untuk kedua  $L^*$  spesies rayap. Di bagian teras, korelasi hanya diamati untuk RT yaitu parameter  $L^*$  ( $r=0,50^*$ )

dan  $a^*$  ( $r=-0,50^*$ ). Hal ini menunjukkan semakin cerah kayunya maka akan mudah terserang rayap sedangkan semakin merah kayu akan semakin menurun daya penolakannya terhadap RT.

Nilai derajat korelasi yang lebih tinggi bila data teras dan gubal digabung kemudian dibandingkan nilai di teras atau gubal saja menunjukkan kehilangan massa lebih mudah diprediksi bila selisih nilai relatif lebar di parameter  $L^*$  dan  $a^*$  di antara kedua bagian tersebut. Korelasi menjadi tidak nyata untuk kayu teras yang diserang RKK. Hal ini menandakan ekstraktif yang berpengaruh terhadap warna tidak otomatis berpengaruh terhadap sifat anti-rayap apalagi bila masih tercampur dengan komponen lainnya. Senyawa kinon sendiri mempunyai warna yang bervariasi seperti kuning, oranye atau merah, berwarna hijau sampai hitam (Harborne & Turner 1984).

Sedikit berbeda dengan hasil percobaan korelasi sifat warna kayu jati dari Perhutani dengan ketahanan terhadap RT *Reticulitermes speratus* dimana korelasi nyata negatif juga diperoleh untuk  $a^*$  tetapi tidak untuk  $L^*$  (Lukmandaru 2011). Penelitian pada spesies lainnya yaitu *Chamaecyparis obtusa* menunjukkan ada korelasi nyata untuk parameter  $a^*$  dan  $b^*$  terhadap sifat anti rayap *Reticulitermes speratus* (Kijidani *et al.* 2012). Pendekatan sifat warna dalam menentukan ketahanan terhadap jamur untuk keperluan seleksi atau pemuliaan pohon sebelumnya telah dilakukan pada spesies *Larix* sp (Gierlinger *et al.* 2004). Sebagai indikator yang relatif sederhana dan murah, sifat warna perlu dipertimbangkan dalam penentuan mutu kayu di hutan rakyat, khususnya keawetan alami ke depannya dengan

penelitian yang melibatkan sampel dalam jumlah besar.

### Kesimpulan

Ketahanan terhadap rayap pada kayu jati dari dua tempat tumbuh di hutan rakyat Kulon Progo (Temon dan Kalibawang) dievaluasi dan dibandingkan dengan kayu jati dewasa dari lahan hutan Perhutani di KPH Madiun. Tidak ada beda nyata sifat anti rayap kayu kering pada sampel kayu berdasarkan tempat tumbuh sedangkan faktor radial berpengaruh nyata. Untuk rayap tanah, diamati adanya interaksi nyata antara faktor tempat tumbuh dan arah radial dimana berdasarkan kehilangan massanya didapatkan sampel jati dari Kulon Progo lebih mudah diserang rayap khususnya di bagian gubal. Meski demikian, kayu teras sampel Kalibawang tidak menunjukkan beda nyata dengan sampel Madiun. Selain itu, tidak ada pengaruh nyata berdasarkan tempat tumbuh di kadar ekstraktif dan lignin. Dari sifat warna, sampel dari Kulon Progo terindikasi lebih terang dari sampel Madiun bila dilihat dari nilai indeks kecerahannya. Melalui analisis korelasi, kadar ekstraktif berkorelasi nyata dengan kehilangan massa baik di teras maupun gubal bergantung spesies rayapnya tetapi tidak ada korelasi nyata sifat ketahanan rayap dengan kadar lignin. Korelasi nyata antara ketahanan terhadap rayap dan sifat warna hanya diamati pada rayap tanah, khususnya untuk parameter indeks kecerahan dan kemerahan.

### Daftar Pustaka

[ASTM] American Society for Testing and Materials. 2002. *ASTM D-1107-96*. West Conshohocken: ASTM.

[ASTM] American Society for Testing and Materials. 1984. *ASTM D-1106*. Philadelphia: ASTM.

[BPS Kulon Progo] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kulon Progo. 2016. *Kabupaten Kulon Progo dalam Angka 2016*. Kulon Progo: Badan Pusat Statistik Kabupaten Kulon Progo. Hlm. 258.

Bhat KM, Florence EM. 2003. Natural decay resistance of juvenile teak wood grown in high input plantations. *Holzforschung*. 57(5): 453-455.

Bhat KM, Thulasidas PK, Maria-Florence EJ, Jayaraman K. 2005. Wood durability of home-garden teak against brown-root. *Trees* 19:654-660.

Da Costa EWB, Rudman P, Gay FJ. 1958. Investigations on the durability of *Tectona grandis*. *Empire For Rev*. 37:291-298.

[Dephut] Departemen Kehutanan. 2008. *Statistik Kehutanan 2007*. Jakarta: Departemen Kehutanan.

Febrianto F, Syafii W, Barata A. 2000. Keawetan alami kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) pada berbagai kelas umur. *J Teknol Hasil Hutan*. 13(2): 25-33.

Ganapaty S, Thomas PS, Fotso S, Laatsch H. 2004. Antitermitic quinones from *Diospyros sylvatica*. *Phytochemistry* 65:1265 – 1271.

Gaspersz V. 1995. *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*. Bandung: Tarsito.

Gierlinger N, Jacques D, Grabner M, Wimmer R, Schwanninger M, Rozenberg P, Pâques LE. 2004. Colour of larch heartwood and relationships to extractives and brown-rot decay resistance. *Trees*. 18:102-108.

- Harborne JB, Turner BL. 1984. *Plant chemosystematics*. London: Academic Press.
- Harju AM, Venalainen M, Anttonen S, Viitanen H, Kainulainen P, Sarapaa P, Vapaavuori E. 2003. Chemical factors affecting the brown-rot decay resistance of Scots pine heartwood. *Trees*. 17:263-268.
- Haupt M, Leithoff H, Meier D, Puls J, Richter HG, Faix O. 2003. Heartwood extractives and natural durability of plantation-grown teakwood (*Tectona grandis* L.f.) – a case study. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 61:473–474.
- Hon DNS, Minemura N. 2001. Color and discoloration. Di dalam: Hon DNS, Shiraishi N, Editors. *Wood and cellulosic chemistry*. New York: Marcel Dekker. hlm 385 – 441.
- Ismayati M, Nakagawa-Izumi A, Kamaluddin NN, Ohi H. 2016. Toxicity and feeding deterrent effect of 2-methylantraquinone from the wood extractives of *Tectona grandis* on the subterranean termites *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes speratus*. *Insects*. 7: 63.
- Kijidani Y, Sakai N, Kimura K, Fujisawa Y, Hiraoka Y, Matsumura J, Koga S. 2012. Termite resistance and color of heartwood of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) trees in 5 half-sib families in a progeny test stand in Kyushu, Japan. *J Wood Sci*. 58:471–478.
- Lukmandaru G. 2009. Sifat kimia dan warna kayu teras jati pada tiga umur berbeda. *J Ilmu Teknol Kayu Tropis*. 7(1):1-7.
- Lukmandaru G. 2011. Variability in the natural termite resistance of plantation Teak wood and its relations with wood extractive content and color properties. *Indones J For Res*. 8(1):17-31.
- Lukmandaru G. 2013. The natural termite resistance of teak wood grown in community forest. *J Ilmu Teknol Kayu Tropis*. 11(2):131-139.
- Lukmandaru G. 2015. Quinones distribution of teak wood grown in community forest. *J Ilmu Teknol Kayu Tropis*. 13(2):193-204.
- Lukmandaru G. 2016. Hubungan kadar ekstraktif dan sifat warna pada kayu teras jati. *J Penelit Hasil Hutan* 34(3):207-216.
- Lukmandaru G, Mohammad AR, Wargono P, Prasetyo VE. 2016. Studi mutu kayu jati di hutan rakyat Gunungkidul. V. Sifat kimia kayu. *J Ilmu Kehutanan* 10(2):108-118.
- Lukmandaru G, Ogiyama K. 2005. Bioactive compounds from ethyl acetate extract of teakwood (*Tectona grandis* L.f.). *Proceeding of the 6th International Wood Science Symposium*; 2005 August 29-31; Bali, Indonesia. Jakarta: JSPS-LIPI Core University Program. hlm 346- 350.
- Lukmandaru G, Sayudha IGN. 2012. Komposisi ekstraktif pada kayu jati juvenil. *Prosiding Seminar Nasional MAPEKI XIV*; 2011 November 2; Yogyakarta, Indonesia. Yogyakarta: MAPEKI. hlm 361-366.
- Lukmandaru G, Takahashi K. 2008. Variation in the natural termite resistance of teak (*Tectona grandis* Linn. fil.) wood as a function of tree age. *Ann For Sci*. 65(7): 708-716.
- Kokutse AD, Stokes A, Bailleres H, Kokou K, Baudasse C. 2006. Decay resistance of Togolese teak (*Tectona grandis* L.) heartwood and

- relationship with colour. *Trees* 20: 219-223.
- Moya R, Berrocal A. 2010. Wood colour variation in sapwood and heartwood of young trees of *Tectona grandis* and its relationship with plantation characteristics, site, and decay resistance. *Ann For Sci.* 67:109.
- Narayanamurti D, George J, Pant HC, Singh J. 1962. Extractive in teak. *Silvae Genetica.* 11(3):57-63.
- Ngee P, Tashiro A, Yoshimura T, Jaal Z, Lee C. 2004. Wood preference of selected Malaysian subterranean termites (Isoptera: *Rhinotermitidae*, *Termitidae*). *Sociobiology.* 43(3):535-550.
- Rudman P, Da Costa EWB, Gay FJ. 1966. Wood quality in plus trees of teak (*Tectona grandis* L.f.). *Silvae Genetica.* 16:102-105.
- Rudman P, Gay FJ. 1961. The causes natural durability in timber part VI. Measurement of anti-termite properties of anthraquinones from *Tectona grandis* L.f. by rapid semi-micro method. *Holzforschung.* 15:117-120.
- Sandermann W, Simatupang MH. 1966. On the chemistry and biochemistry of teakwood (L.f.). *Tectona grandis.* *Holz als Roh- und Werkstoff.* 24:190-204.
- Syafii W. 2000. The basic properties of Indonesia teakwood at various age classes. *Proceedings of the 3rd International Wood Science Symposium*; 2000 November 1-2; Kyoto, Japan. Kyoto: JSPS-LIPI. hlm 300-304.
- Windeisen E, Klassen A, Wegener G. 2003. On the chemical characterization of plantation teakwood (*Tectona grandis* L.f) from Panama. *Holz als Roh- und Werkstoff.* 61:416-418.
- Riwayat naskah:  
Naskah masuk (*received*): 3 Januari 2017  
Diterima (*accepted*): 5 Maret 2017