

Analisis Warna Kayu Berbasis Komputer, pH, Dan Sifat Fisika Kayu Meranti Merah, Meranti Putih Dan Keruing Dari Toko Kayu Di Samarinda

Computer-Based Analysis of Wood Colour, pH, and Physical Properties of Red Meranti, White Meranti and Keruing from Wood Shops in Samarinda

Andrian Fernandes^{1,4}, Aida Ainur Fitriah², Nuraini Ilavita Ocafyanti², Rina Pangesti², Anisa Lele², Erwin^{*3}, & Harlinda Kuspradini³

¹Program Magister, Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua Jl. Penajam, PO.BOX. 1013 Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

²Program Sarjana, Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua Jl. Penajam, PO.BOX. 1013 Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

³Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua Jl. Penajam, PO.BOX. 1013 Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

⁴Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk BRIN, Kawasan Sains Teknologi Dr. (H.C.) Ir. H. Soekarno, Jl. Raya Bogor Km. 46, Cibinong 16911, Indonesia

email : erwin@fahutan.unmul.ac.id

Abstract

Wood as a material for construction is widely traded in wood shops, including red meranti, white meranti, and keruing. Each wood has different properties, such as color, pH, specific gravity, water content, and shrinkage. This study aimed to determine the color, pH, specific gravity, air-dry moisture content, and wood shrinkage of red meranti, white meranti, and keruing sold in wood shops in Samarinda. Testing for specific gravity, moisture content, and wood shrinkage refers to British Standards BS 373:1957. Testing wood color is done by assessing L, a*, and b*, and pH is measured using a pH meter. The red-brown meranti wood had the following properties: L* 52.9, a* 23.1, b* 24.3, pH 5.33, moisture content 13.42%, specific gravity 0.61, longitudinal shrinkage 0.09%, radial shrinkage 2.7%, and tangential shrinkage 4.86%. White meranti wood is yellowish white, L* 71.9, a* 11.5, b* 23.3, pH 5.96, moisture content 13.30%, specific gravity 0.44, shrinkage in the longitudinal direction of 0.24%, 4.92% radial, and 5.52% tangential. Keruing wood is brownish in color and has the following properties: L* 51.2, a* 13.6, b* 8.8, pH 5.97, moisture content 13.31%, specific gravity 0.6, longitudinal shrinkage 0.17%, radial shrinkage 3.0%, and tangential shrinkage 5.49%.*

Keywords : meranti, keruing, wood shops, wood properties

Abstrak

Kayu sebagai bahan baku konstruksi banyak diperjual belikan di toko kayu, diantaranya adalah jenis meranti merah, meranti putih dan keruing. Setiap kayu memiliki sifat yang berbeda, misalnya sifat warna, pH, berat jenis, kadar air dan penyusutan kayu. Penelitian bertujuan untuk mengetahui sifat warna, pH, berat jenis, kadar air kering udara dan penyusutan kayu dari jenis meranti merah, meranti putih dan keruing yang dijual di toko kayu di Samarinda. Pengujian berat jenis, kadar air, penyusutan kayu mengacu pada British

Standards BS 373: 1957, pengujian warna kayu dengan menilai L^* , a^* , b^* dan pH diukur menggunakan pH meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu meranti merah berwarna merah kecoklatan, L^* 52,9, a^* 23,1, b^* 24,3, pH 5,33, kadar air 13,42%, berat jenis 0,61, penyusutan arah longitudinal 0,09%, radial 2,7% dan tangensial 4,86%. Kayu meranti putih berwarna putih kekuningan, L^* 71,9, a^* 11,5, b^* 23,3, pH 5,96, kadar air 13,30%, berat jenis 0,44, penyusutan arah longitudinal 0,24%, radial 4,92% dan tangensial 5,52%. Kayu keruing berwarna kecoklatan, L^* 51,2, a^* 13,6, b^* 8,8, pH 5,97, kadar air 13,31, berat jenis 0,6, penyusutan arah longitudinal 0,17%, radial 3,0% dan tangensial 5,49%.

Kata kunci : *meranti, keruing, toko kayu, sifat kayu*

PENDAHULUAN

Kayu sebagai sumber daya terbarukan banyak digunakan sebagai bagian dari konstruksi rumah dan perabotannya. Kayu konstruksi pada rumah yang banyak digunakan adalah jenis meranti (Fitriani et al., 2016) dan keruing (Dewi, 2013). Kayu meranti, keruing dan berbagai kayu komersial lainnya banyak dijual di pasaran (Mansur et al., 2013), dengan kualitas dan sifat yang beragam (Septiani et al., 2021), termasuk kayu meranti merah, meranti putih dan keruing.

Langkah pertama dalam memanfaatkan kayu yang dibeli dari toko kayu adalah mengidentifikasi kayu melalui warna kayunya. Keragaman sifat warna kayu dapat diamati secara langsung (Ismanto, 2018) dan dapat digunakan sebagai penanda jenis kayu tertentu. Namun pengamatan warna menggunakan mata secara langsung sangat subyektif (Ajao et al., 2018), sehingga untuk mendapatkan tingkat akurasi warna yang tinggi

digunakan mata digital (Bloch et al., 2021). Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mendapatkan warna kayu dengan akurasi tinggi adalah menggunakan proses *scanning* yang dihubungkan dengan komputer (Gurau et al., 2017). Gambar hasil *scanning* selanjutnya diidentifikasi komponen warnanya sesuai dengan elemen L^* , a^* dan b^* sehingga dapat dijadikan standar perbandingan warna kayu (Meints et al., 2017).

Langkah berikutnya dalam memanfaatkan kayu untuk konstruksi atau produk akhir kayu adalah dengan menyambung beberapa kayu menjadi bentuk tertentu. Cara termudah untuk menyambung kayu adalah menggunakan paku (Wahyudianto et al., 2022). Sifat kayu yang sangat penting dalam menentukan ketahanan sambungan paku adalah pH kayu (Zelinka and Passarini, 2020). Semakin asam pH kayu maka laju korosi paku semakin cepat dan umur

sambungan kayu menggunakan paku semakin pendek.

Kualitas produk kayu yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh berat jenis kayu (Gao et al., 2017). Kayu dengan berat jenis yang tinggi dapat digunakan sebagai bahan baku konstruksi dan produk kayu yang membutuhkan kekuatan mekanis yang tinggi (Ramage et al., 2017). Berdasarkan berat jenisnya, kayu meranti dan keruing dapat digunakan sebagai kayu konstruksi (Dika et al., 2013; Zihni et al., 2017).

Kayu merupakan benda yang bersifat higroskopis, sehingga dapat melepaskan dan menyerap air (Bahanawan et al., 2020). Jumlah air dalam kayu dinyatakan sebagai kadar air kayu. Kadar air kayu kering udara di Indonesia berkisar antara 10-18% (Ginting, 2007).

Sifat penyusutan kayu menunjukkan stabilitas dimensi kayu (Sargent, 2019). Kembang-susut kayu disebabkan karena sifat higroskopis kayu, yaitu kayu mengembang saat menyerap air dan menyusut saat kehilangan air (Glass and Zelinka, 2010). Semakin besar nilai kembang-susut kayu maka kayu memiliki dimensi yang lebih stabil.

Sifat warna, pH, berat jenis, kadar air kering udara, dan penyusutan kayu dapat digunakan sebagai penciri kayu dan sangat mempengaruhi penggunaan pada

konstruksi kayu yang dihubungkan menggunakan paku. Namun, sifat warna, pH, berat jenis, kadar air kering udara dan penyusutan kayu meranti merah, meranti putih dan keruing yang dijual di toko kayu di Samarinda belum ada penelitiannya. Penelitian bertujuan untuk mengetahui sifat warna, pH, berat jenis, kadar air kering udara dan penyusutan kayu dari jenis meranti merah, meranti putih dan keruing yang dijual di toko kayu di Samarinda.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *circular saw*, mesin ketam, kuas, *scanner*, kaliper, timbangan analitis digital, oven. Bahan yang digunakan pada penelitian berupa kayu meranti merah, meranti putih dan keruing berukuran 4x6x400 cm, dari toko kayu UD. Mustaqim dan UD. Putra Harapan Ibu. Dari setiap toko kayu dibeli 1 sortimen untuk setiap jenis kayu, sehingga total ada 2 sortimen untuk setiap jenis kayu.

Metode Penelitian

Contoh uji pengamatan warna dibuat dengan mengetam kayu hingga permukaannya rata dan dipotong dengan panjang 20 cm. Contoh uji lalu dibersihkan

permukaannya dengan kuas dan diamati warnanya. Contoh uji kemudian di-*scan*. Gambar hasil scan warna kayu selanjutnya diidentifikasi dengan analisa mata digital komputer untuk memperoleh nilai L*, a* dan b* (Barmpoutis et al., 2018).

Pengujian pH dilakukan dengan cara merendam 1 gram serbuk selama 24 jam, selanjutnya disaring dan filtrat diukur pH-nya menggunakan pH meter (Lukmandaru et al., 2015).

Pengujian berat jenis, kadar air, penyusutan kayu mengacu pada British Standards BS 373: 1957. Contoh uji kadar air berukuran 2x2x2 cm ditimbang berat awalnya menggunakan timbangan analitis digital. Selanjutnya dioven dengan suhu $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ dan ditimbang berat akhirnya hingga konstan. Kadar air kayu dihitung dengan rumus berikut.

$$\begin{aligned} &\text{Kadar air kayu (\%)} \\ &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat akhir}} \times 100 \end{aligned}$$

Contoh uji berat jenis kayu dan penyusutan kayu berukuran 2 cm arah radial, 2 cm arah tangensial dan 4 cm arah longitudinal. Contoh uji ditimbang berat awalnya menggunakan neraca analitis digital. Dimensi awal diukur menggunakan kaliper. Selanjutnya contoh uji dioven dengan suhu $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ dan ditimbang

berat akhirnya hingga konstan. Berat jenis kayu dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{berat akhir contoh uji}}{\text{volume akhir contoh uji}}$$

Sedangkan penyusutan dihitung dengan rumus berikut.

$$\begin{aligned} &\text{Penyusutan (\%)} \\ &= \frac{\text{dimensi awal} - \text{dimensi akhir}}{\text{dimensi akhir}} \times 100 \end{aligned}$$

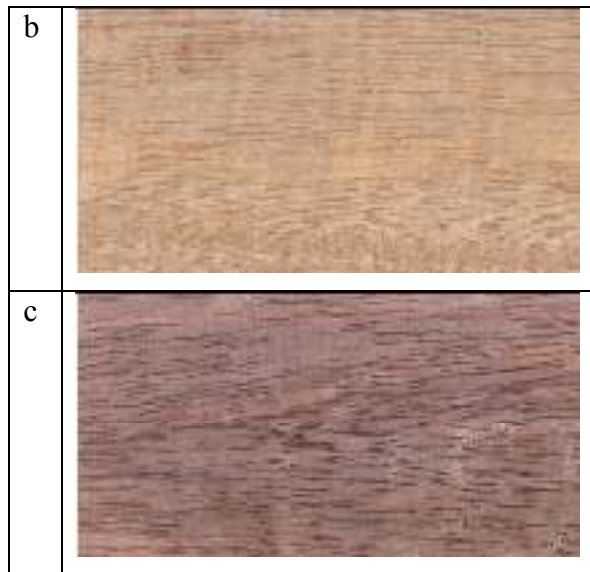
Analisis Data

Dari setiap sortimen dibuat dua ulangan, sehingga total ada empat ulangan. Data yang diperoleh dirata-rata dan dibandingkan antara meranti merah, meranti putih dan keruing.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil proses scanning permukaan kayu dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Hasil scan permukaan kayu (a) meranti merah, (b) meranti putih, (c.) keruing.

Hasil pengamatan sifat warna kayu, pH, kadar air kering udara, berat jenis kayu kondisi kering tanur dan penyusutan kayu dari kondisi kering udara ke kering tanur dari kayu yang dijual di toko kayu kota Samarinda dari jenis meranti merah, meranti putih dan keruing dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat warna kayu

Parameter	Meranti merah	Meranti putih	Keruing
Warna			
Pengamatan mata	Merah kecoklatan	Putih kekuningan	Kecoklatan
L*	52,9	71,9	51,2
a*	23,1	11,5	13,6
b*	24,3	23,3	8,8
pH	5,33	5,96	5,97
Kadar air (%)	13,42	13,30	13,31
Berat jenis	0,61	0,44	0,60
Penyusutan (%)			
Longitudinal	0,09	0,24	0,17
Radial	2,70	4,92	3,00
Tangensial	4,86	5,52	5,49

Berdasarkan pengamatan secara langsung ketiga jenis kayu memiliki warna yang berbeda. Kayu meranti merah dari jenis *Shorea leprosula* hasil budidaya berwarna merah (Wahyudi and Sitanggang, 2016). Kayu meranti putih

berwarna putih cerah (Subiakto et al., 2017). Kayu keruing dari jenis *Dipterocarpus humeratus* berwarna coklat muda hingga coklat kemerahan (Lukmandaru et al., 2015). Sedangkan sifat

warna secara lebih detil menggunakan parameter L^* , a^* dan b^* .

L^* atau tingkat kecerahan merupakan parameter dasar yang terpenting dalam penilaian warna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai L^* kayu meranti merah sebesar $52,9 \pm 6,6$, meranti putih $71,9 \pm 5,7$ dan keruing $51,2 \pm 7,5$. Dari nilai L^* terlihat bahwa kayu meranti putih memiliki nilai kecerahan tertinggi dan kayu keruing memiliki nilai kecerahan terendah. Sebagai perbandingan, nilai L^* kayu meranti sebesar 60 (Gašparík et al., 2019), kayu meranti merah ringan memiliki nilai L^* 67,68 dan kayu balau memiliki nilai L^* 61,01 (Jankowska, 2020).

a^* merupakan tingkat warna merah-hijau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai a^* kayu meranti merah sebesar $23,1 \pm 3,8$, meranti putih $11,5 \pm 2,4$ dan keruing $13,6 \pm 1,6$. Artinya kayu meranti merah memiliki kecenderungan warna merah yang tertinggi dibandingkan dengan kayu meranti putih dan keruing. Nilai a^* kayu meranti merah yang diteliti lebih tinggi dari nilai a^* kayu meranti sebesar 9 (Gašparík et al., 2019).

b^* adalah tingkat warna kuning-biru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai b^* kayu meranti merah sebesar $24,3 \pm 5,0$, meranti putih $23,3 \pm 4,4$ dan keruing $8,8 \pm$

1,8. Artinya kayu meranti merah memiliki kecenderungan warna kuning yang tertinggi dibandingkan dengan kayu meranti putih dan keruing. Nilai b^* kayu meranti merah yang diteliti lebih tinggi dari nilai b^* kayu meranti sebesar 16 (Gašparík et al., 2019).

pH kayu mempengaruhi laju korosi paku yang digunakan untuk menyambung kayu (Zelinka, 2013). Berdasarkan hasil pengamatan, pH terendah pada kayu meranti merah, yaitu 5,33 dan tertinggi pada kayu keruing sebesar 5,97. Sebagai perbandingan pH kayu keruing dari spesies *Dipterocarpus humeratus* sebesar 7,8 (Lukmandaru et al., 2015). Sedangkan pH kayu meranti bervariasi mulai 4,5 hingga 8,4 (Yunanta et al., 2014).

Kayu meranti merah, meranti putih dan keruing memiliki nilai kadar air kayu kering udara yang hampir sama. Sebagai perbandingan, kadar air kayu meranti merah jenis *Shorea leprosula* memiliki kadar air kering udara sebesar 13-14% (Wistara et al., 2016). Hal ini dimungkinkan bahwa kayu yang dijual sudah berada di toko kayu dalam jangka waktu yang lama, sehingga kayu yang dijual mencapai kondisi kering udara.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat jenis kayu meranti merah sebesar 0,61, meranti putih 0,44 dan keruing 0,60

pada kondisi kering tanur. Sebagai perbandingan, kayu meranti merah ringan memiliki berat jenis 0,514 sedangkan kayu balau memiliki berat jenis 0,95 (Jankowska, 2020). Kayu meranti merah memiliki berat jenis yang hampir sama dengan keruing, sedangkan meranti putih memiliki berat jenis terendah, yaitu 0,44. Berat jenis meranti (*Shorea sp.*) sebesar 0,515 (Jankowska et al., 2017), *Shorea leprosula* dari hutan tanaman memiliki berat jenis 0,28-0,35 (Wistara et al., 2016). Berat jenis *Dipterocarpus zeylanicus* sebesar 0,762 (Ruwanpathirana, 2014).

Dari tabel 1, penyusutan kayu pada arah longitudinal memiliki nilai yang terendah dan tertinggi pada arah tangensial untuk keiga jenis kayu. Untuk Penyusutan meranti (*Shorea sp.*) dari kondisi titik jenuh serat ke kering tanur pada arah radial 3,88% dan arah tangensial 8,87% (Jankowska et al., 2017). Penyusutan kayu *Shorea leprosula* dari hutan tanaman dari kondisi titik jenuh serat ke kering tanur pada arah longitudinal berkisar 0,19-0,30%, radial 1,17-147% dan tangensial 2,29-2,74% (Wistara et al., 2016).

KESIMPULAN

Kayu meranti merah, meranti putih dan eruing yang dijual di toko kayu di Samarinda memiliki sifat yang berbeda.

Kayu meranti merah berwarna merah kecoklatan, L^* 52,9, a^* 23,1, b^* 24,3, pH 5,33, kadar air 13,42%, berat jenis 0,61, penyusutan arah longitudinal 0,09%, radial 2,7% dan tangensial 4,86%. Kayu meranti putih berwarna putih kekuningan, L^* 71,9, a^* 11,5, b^* 23,3, pH 5,96, kadar air 13,30%, berat jenis 0,44, penyusutan arah longitudinal 0,24%, radial 4,92% dan tangensial 5,52%. Kayu keruing berwarna kecoklatan, L^* 51,2, a^* 13,6, b^* 8,8, pH 5,97, kadar air 13,31, berat jenis 0,6, penyusutan arah longitudinal 0,17%, radial 3,0% dan tangensial 5,49%. Data yang diperoleh akan menjadi dasar penelitian tentang deteriorasi kayu meranti dan keruing akibat pemakuan serta menjadi pertimbangan penggunaan konstruksi kayu yang disambung dengan menggunakan paku.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajao, O., Jeaidi, J., Benali, M., Restrepo, A.M., El Mehdi, N., Boumghar, Y., 2018. Quantification and variability analysis of lignin optical properties for colour-dependent industrial applications. *Molecules* 23. <https://doi.org/10.3390/molecules23020377>
- Bahanawan, A., Darmawan, T., Dwianto, W., 2020. Hubungan sifat berat jenis

- dengan sifat higroskopisitas melalui pendekatan nilai rerata kehilangan air [Relationship between specific gravity and hygroscopicity through average water loss approach]. *J. Ris. Ind. Has. Hutan* 12, 1. <https://doi.org/10.24111/jrihh.v12i1.5643>
- Barmpoutis, P., Dimitropoulos, K., Barboutis, I., Grammalidis, N., Lefakis, P., 2018. Wood species recognition through multidimensional texture analysis. *Comput. Electron. Agric.* 144, 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.12.011>
- Bloch, L.C., Hosen, J.D., Kracht, E.C., Lefebvre, M.J., Lopez, C.J., Woodcock, R., Keegan, W.F., 2021. Is It Better to Be Objectively Wrong or Subjectively Right? *Adv. Archaeol. Pract.* 9, 132–144. <https://doi.org/10.1017/aap.2020.53>
- Dewi, S.H., 2013. Sifat Mekanik Kayu Keruing untuk Konstruksi. *J. Saintis* 13, 83–87.
- Dika, R., Erwin, F., Asep, S., 2013. Identifikasi Kuat Acuan Jenis Kayu yang Diperdagangkan Berdasarkan SNI 7973 : 2013. *J. Tek. Sipil V*, 175–184.
- Fitriani, N., Kasmara, H., Maulana, J., 2016. Ketahanan kayu meranti merah dan kayu kamper terhadap serangan rayap tanah, in: *Seminar Nasional Pendidikan Dan Saintek 2016*. pp. 197–200.
- Gao, S., Wang, X., Wiemann, M.C., Brashaw, B.K., Ross, R.J., Wang, L., 2017. A critical analysis of methods for rapid and nondestructive determination of wood density in standing trees. *Ann. For. Sci.* 74, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13595-017-0623-4>
- Gašparík, M., Gaff, M., Kačík, F., Sikora, A., 2019. Color and chemical changes in teak (*Tectona grandis* L. f.) and Meranti (*Shorea* spp.) wood after thermal treatment. *BioResources* 14, 2667–2683. <https://doi.org/10.15376/biores.14.2.2667-2683>
- Ginting, A., 2007. Pengaruh Kadar Air dan Jarak Antar Paku Terhadap Kekuatan Sambungan Kayu Kelapa. *J. Tek. Sipil* 3, 28–40. <https://doi.org/10.28932/jts.v3i1.1270>
- Glass, S. V., Zelinka, S.L., 2010. *Wood Handbook, Chapter 04: Moisture Relations and Physical Properties of Wood, Wood handbook : wood as an*

- engineering material. 97-607
- Gurau, L., Petru, A., Varodi, A., Timar, M.C., 2017. The influence of CO2 laser beam power output and scanning speed on surface roughness and colour changes of beech (*Fagus sylvatica*). *BioResources* 12, 7395–7412.
<https://doi.org/10.15376/biores.12.4.7395-7412>
- Ismanto, A., 2018. STABILISASI WARNA KAYU TUSAM (*Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese) DAN KEMIRI (*Aleurites moluccanus* (L.)Willd.). *J. Sains Nat.* 7, 01.
<https://doi.org/10.31938/jsn.v7i1.164>
- Jankowska, A., 2020. The study of colour changes under artificial weathering of light red meranti and yellow balau wood from *Shorea* genus. *Ann. WULS, For. Wood Technol.* 111, 37–42.
<https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.6572>
- Jankowska, A., Drożdżek, M., Sarnowski, P., Horodeński, J., 2017. Effect of Extractives on the Equilibrium Moisture Content and Shrinkage of Selected Tropical Wood Species. *BioResources* 12, 597–607.
<https://doi.org/10.15376/biores.12.1.597-607>
- Lukmandaru, G., Fatimah, S., Fernandes, A., 2015. Sifat Kimia dan Warna Kayu Keruing, Mersawa, dan Kapur. *JPED* 1, 69–80.
- Mansur, A., Tiraamiana, M.T., Sutejo, H., 2013. Limbah Pemanenan dan Faktor Eksploitasi IUPHHK-HA PT. Rizki Kacida Reana - Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur. *J. Agrifor* XII, 116–131.
- Meints, T., Teischinger, A., Stingl, R., Hansmann, C., 2017. Wood colour of central European wood species: CIELAB characterisation and colour intensification. *Eur. J. Wood Wood Prod.* 75, 499–509.
<https://doi.org/10.1007/s00107-016-1108-0>
- Ramage, M.H., Burrige, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D.U., Wu, G., Yu, L., Fleming, P., Densley-Tingley, D., Allwood, J., Dupree, P., Linden, P.F., Scherman, O., 2017. The wood from the trees: The use of timber in construction. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 68, 333–359.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107>
- Ruwanpathirana, N., 2014. Development

- of Timber Property Classification Based on the End-Use with Reference to Twenty Sri Lankan Timber Species. *J. Trop. For. Environ.* 4, 1–13.
<https://doi.org/10.31357/jtfe.v4i1.2035>
- Sargent, R., 2019. Evaluating dimensional stability in solid wood: a review of current practice. *J. Wood Sci.* 65, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s10086-019-1817-1>
- Septiani, M., Aulianita, R., Sofica, V., Hasan, N., 2021. Sistem Informasi Penjualan Kayu Kusen Berbasis Website. *Biaglala Inform.* 9, 103–107.
<https://doi.org/10.31294/bi.v9i2.11603>
- Subiakto, A., Rachmat, H.H., Wijaya, K., 2017. Mapping Shorea natural distribution in the last remaining forests in Riau as a baseline information for conservation strategy, in: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 54 (2017) 012045. pp. 1–5.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>
- Wahyudi, I., Sitanggang, J.J., 2016. Wood Quality of Cultivated Red Meranti (*Shorea leprosula* Miq.). *J. Ilmu Pertan. Indones.* 21, 140–145.
<https://doi.org/10.18343/jipi.21.2.140>
- Wahyudianto, A., Fernandes, A., Erwin, Wajilan, 2022. Metal corrosion in wood joint products and structures: a review. *Int. J. Corros. Scale Inhib.* 11, 1269–1281.
<https://doi.org/10.17675/2305-6894-2022-11-3-21>
- Wistara, N.J., Sukowati, M., Pamoengkas, P., 2016. The properties of red meranti wood (*Shorea leprosula* Miq) from stand with thinning and shade free gap treatments. *J. Indian Acad. Wood Sci.* 13, 21–32.
<https://doi.org/10.1007/s13196-016-0161-y>
- Yunanta, R.R.K., Lukmandaru, G., Fernandes, A., 2014. Sifat Kimia dari Kayu Shorea Retusa, Shorea Macroptera dan Shorea Macrophylla. *J. Penelit. Dipterokarpa* 8, 15–24.
<https://doi.org/10.20886/jped.2014.8.1.15-24>
- Zelinka, S.L., 2013. Corrosion of Fasteners in Wood Treated with Newer Wood Preservatives.
- Zelinka, S.L., Passarini, L., 2020. Corrosion of metal fasteners embedded in acetylated and untreated

wood at different moisture contents.
Wood Mater. Sci. Eng. 15, 182–189.
<https://doi.org/10.1080/17480272.2018.1544171>

Zihni, A.A.Z., Manik, P., Arswendo, B.,
2017. Analisa Kekuatan Tekan Dan
Kekuatan Tarik Pada Balok Laminasi
Kayu Meranti Merah Dan Bambu
Petung Untuk Komponen Kapal
Kayu. J. Tek. Perkapalan 5, 300–308.