

**Pengujian Sifat Mekanis Kayu Lulu (*Celtis latifolia* Planc) pada Dua Kondisi Kadar Air asal Manokwari Papua Barat**  
**(Testing for Wood Mechanical properties of Lulu (*Celtis latifolia* Planc) on Two Moisture Contents Collected from Manokwari Papua Barat)**

Wahyudi, FA, Wospakrik, BB. Rettob

Fakultas Kehutanan, Universitas Papua, Manokwari (98314) Papua Barat Indonesia  
Telp. Fak: +62 986 211065

\*Penulis korespondensi: wahyudi.s.pono@gmail.com

**Abstract**

The mechanical properties of Lulu (*Celtis latifolia* Planch.), namely MOE, MOR, compression paralell and perpendicular to grain, respectively, tested on two moisture contents condition. Wood sample was collected from Manokwari Papua Barat. Experiments were designed with factorial nested design experiment. Three factorial treatments were axial of tree, pith to bark of tree, and two moisture contents condition, and four replications were employed. The results show that MOE, MOR, compresion parallel to grain were not significantly different among vertical axis of trees, except for compression perpendicular to grain. From bark to pith, all mechanical wood tested were statistically not different. However, air-dried samples tend to produce higher values for all mechanical wood properties tested. According to Indonesian classification grade, lulu wood (*Celtis* sp) is classified into class I for MOR, and MOE, whereas class II is for compression parallel to grain. Using its specific gravity, this wood is belonging to the class II or heavy wood. The values of compresion parallel to perpendicular grain is 3.29 higher. In addition, this wood species could be used as alternative contruction housing material , mainly indoor contruction and substituent timbers.

**Keywords:** *Lulu (Celtis spp)*, mechanical properties, moisture contents, Papua Barat

**Abstrak**

Sifat mekanik kayu Lulu (*Celtis latifolia* Planch.), yaitu MOE, MOR, keteguhan tekan paralel dan tegak lurus serat diuji pada dua kondisi kadar air, Sampel kayu diambil dari Manokwari Papua Barat. Penelitian dilakukan dengan rancangan percobaan faktorial tersarang. Tiga perlakuan faktorial terdiri atas posisi sampel arah aksial pohon, empulur sampai kulit batang pohon, dan kondisi kadar air dengan empat ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MOE, MOR, dan keteguhan tekan sejajar serat tidak berbeda nyata antara sumbu vertikal pohon, kecuali untuk keteguhan tekan tegak lurus serat. Sifat mekanis sampel kayu dari arah posisi kulit kayu ke arah empulur tidak berbeda nyata. Kayu kondisi kering udara memiliki sifat mekanis lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi kadar air segar. Berdasarkan PPKI (1961), kayu lulu (*Celtis* sp) termasuk ke dalam kelas kuat I untuk MOR, dan MOE, dan kelas kuat II untuk keteguhan tekan sejajar serat. Kayu lulu dapat digunakan sebagai bahan bangunan alternatif, terutama untuk konstruksi dalam ruangan di provinsi Papua Barat.

**Kata kunci:** lulu (*Celtis spp*), sifat mekanis, kadar air, Papua Barat

## Pendahuluan

Kayu adalah bahan konstruksi yang sangat istimewa, karena memiliki sifat-sifat yang tidak dimiliki atau ditiru oleh bahan alami lainnya. Sifat-sifat alami kayu tersebut di antaranya adalah sifat kelenturan (*elastisitas*), kekuatan (*keteguhan patah*), nilai keindahan (*dekoratif*), pengembangan dan penyusutan (*kembang susut*), dan higroskopisitas. Karakteristik alami tersebut dipengaruhi oleh sifat anisotropis kayu, yaitu perbedaan karakteristik pada ketiga penampang kayu, radial (R), tangensial (T) dan longitudinal (L), tempat tumbuh, umur, posisi pada pohon (Febrianto *et al.* 2015, Jang *et al.* 2014, Febrianto *et al.* 2013) Pemakaian kayu sebagai bahan konstruksi bangunan telah berlangsung berabad-abad, dan permintaannya di masa mendatang akan terus meningkat (Dickison 2000).

Pemanfaatan kayu untuk keperluan konstruksi memerlukan pengetahuan tentang kelenturan atau kekakuan, kekuatan dan perilaku kayu dalam menerima beban atau gaya yang bekerja. Nilai kelenturan atau kekakuan kayu dinyatakan dalam *Modulus of Elasticity* (MOE), sedangkan kekuatan kayu dinyatakan dalam keteguhan patah atau disebut *Modulus of Rupture* (MOR). Dalam ilmu kayu dan teknologi hasil hutan, pengetahuan-pengetahuan tersebut merupakan bahan kajian dari mekanis kayu (*Mechanical properties of wood*). Sifat mekanis kayu diartikan sebagai studi atau kajian tentang perilaku kayu apabila kayu tersebut menerima tekanan, beban, dan gaya luar, sehingga cenderung merubah bentuk dan ukuran aslinya (Haygreen & Bowyer 1982). Sifat fisis kayu, seperti kadar air (KA) dan berat jenis (BJ) sangat menentukan sifat mekanis kayu. Secara umum kayu

yang memiliki BJ tinggi memiliki nilai MOE, dan MOR lebih tinggi dibanding kayu dengan BJ rendah.

Sifat mekanis kayu berhubungan erat dengan pemakaian kayu sebagai bahan berbagai konstruksi perumahan, jembatan, maupun produk perikanan lainnya. Sifat fisis dan mekanis kayu sangat penting diketahui sebelum kayu dipergunakan sebagai bahan konstruksi (Karlinasari *et al.* 2010, Chauf 2005, Fernandes & Saridan 2013).

Jenis kayu yang sangat diminati dan dominan dipergunakan sebagai bahan konstruksi bangunan, dan produk-produk kerajinan dan pengerjaan kayu di Propinsi Papua dan Papua Barat adalah kayu matoa (*Pometia spp*) dan merbau (*Instia spp*) (Wahyudi *et al.* 2014). Burami (1988) melaporkan bahwa kayu merbau (*Instia sp*) memiliki modulus elastisitas (MOE) lebih tinggi ( $1,55 \times 10^5$  kg cm<sup>-2</sup>) dibandingkan dengan matoa (*Pometia sp*) yaitu ( $1,43 \times 10^5$  kg cm<sup>-2</sup>), sehingga dapat dikatakan bahwa kayu merbau lebih elastis dibandingkan matoa. Rata-rata BJ merbau pada kadar air 16,15% adalah 0,66 dan matoa pada kadar air 17,90% adalah 0,54 (Burami 1988). Kedua jenis kayu tersebut menurut nilai BJ-nya tergolong ke dalam kelas kuat I-II (PPKI 1961).

Di tanah Papua (provinsi Papua dan Papua Barat) kayu merbau sangat cocok digunakan sebagai bahan utama konstruksi di luar ruangan, sedangkan kayu matoa untuk konstruksi di dalam ruangan. Selain itu kayu merbau juga baik sebagai bahan baku utama berbagai produk kerajinan kayu, seperti meja, kursi, lemari, dan tempat tidur, rak buku dan lainnya (Kawet 2014).

Sebagai daerah pertumbuhan baru, pembangunan sarana dan prasana di provinsi Papua Barat berkembang

dengan pesat, termasuk permintaan produk-produk kerajinan dan pengerjaan kayu. Pembangunan fasilitas perkantoran, perumahan, pertokoan, sekolah dan fasilitas umum lainnya, membutuhkan bahan baku kayu gergajian yang cukup tinggi. Hal tersebut menyebabkan pemanfaatan kayu merbau dan matoa dilakukan secara besar-besaran dari hutan di sekitar Manokwari. Selain di wilayah Manokwari pemanfaatan besar-besaran kayu merbau dan matoa sudah merambah ke daerah-daerah lain di Papua, seperti daerah Prafi, Ransiki, Oransbari, kabupaten Teluk Wondama, dan Kabupaten Teluk Bintuni (Totong 2014).

Tingginya permintaan dan kebutuhan kayu gergajian di Papua Barat, khususnya Manokwari menyebabkan harga jual kayu gergajian meningkat secara drastis dalam sepuluh tahun terakhir, dari Rp 300000 (*tiga ratus ribu rupiah*) per m<sup>3</sup> di tahun 2002, menjadi Rp 4800000 (*empat juta delapan ratus ribu rupiah*) per m<sup>3</sup> pada tahun 2015 (Wahyudi *et al.* 2014).

Diprediksi pada masa mendatang, kebutuhan kayu merbau dan matoa di Papua Barat akan terus meningkat, sedangkan jumlah stok kayu di hutan dipastikan akan terus menurun. Untuk mengantisipasi kelangkaan kayu konstruksi di masa mendatang di Propinsi Papua dan Papua Barat, diperlukan kayu alternatif atau pengganti, salah satunya adalah kayu lulu (*Celtis latifolia* Planc.). Kayu lulu (*Celtis* spp) tumbuh alami dan menyebar pada beberapa daerah di Papua, Manokwari, Biak, Sorong, dan Jayapura (Direktorat Jenderal Kehutanan 1976), dan dimanfaatkan untuk bahan baku finis di salah satu industri pengolahan kayu terpadu di Biak.

Untuk mempromosikan pemakaian dan penggunaan kayu lulu sebagai kayu konstruksi khususnya di Papua dan Papua Barat, maka diperlukan informasi tentang sifat-sifat dasar dan teknologi kayunya. Salah satu sifat dasar kayu yang akan diteliti adalah sifat mekanis kayu. Diharapkan ke depan, kayu lulu dapat dijadikan sebagai salah satu kayu konstruksi alternatif, substitusi kayu merbau dan matoa (Wahyudi *et al.* 2014). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beberapa sifat dasar utama kayu lulu meliputi sifat kekuatan kayu atau keteguhan patah (MOR), dan kekakuan kayu atau keteguhan lentur (MOE), serta keteguhan tekan (*Compression strength*) kayu lulu asal Manokwari pada arah ketinggian dan kedalaman batang, serta diuji pada dua kondisi kadar air, yaitu segar dan kering udara.

## **Bahan dan Metode**

### **Persiapan bahan**

Pohon lulu dipilih secara sengaja (*purposif*), pohon sehat, batang lurus dengan tajuk yang seimbang dan berdiameter 55 cm, dari Manokwari utara. Pohon ditebang dan dipotong sepanjang 130 cm pada bagian pangkal (A<sub>1</sub>), tengah (A<sub>2</sub>) dan ujung (A<sub>3</sub>). Selanjutnya, masing-masing bagian dikonversi menjadi batangan berukuran (6x6x130) cm<sup>3</sup> pada mengikuti arah mata angin (utara, timur, selatan, dan barat) dan kedalaman batang (B<sub>1</sub> dan B<sub>2</sub>). Masing-masing bagian menghasilkan 8 sampel uji, sehingga secara total diperoleh 24 sampel uji. Untuk menghindari penguapan, sampel uji tersebut dibungkus dengan aluminium foil, dan selanjutnya diangkut ke laboratorium untuk dibuat sampel penelitian.

Sampel penelitian menggunakan contoh uji kecil bebas cacat berukuran (2x2x36) cm<sup>3</sup> untuk keteguhan patah (MOR) dan sifat kekakuan kayu (MOE). Sampel berukuran (2x2x6) cm<sup>3</sup> untuk pengujian sifat keteguhan tekan sejajar (//) serat dan tegak lurus ( $\perp$ ) serat. Pengukuran KA dan BJ menggunakan contoh uji berukuran (2x2x10) cm<sup>3</sup>.

Pengujian dan perhitungan sifat mekanis kayu, kelenturan, kekuatan kayu, keteguhan tekan sejajar (//) serat dan tegak lurus ( $\perp$ ) serat, serta pengukuran KA dan BJ kayu mengikuti prosedur dan rumus Haygreen dan Bowyer (1982). Data hasil penelitian diolah dengan menggunakan microsoft excel dan disajikan dalam Tabel. Analisis varian (ANOVA) pada kepercayaan 95% digunakan untuk mengetahui perbedaan perlakuan terhadap sifat mekanis kayu.

### Rancangan percobaan

Penelitian ini dirancang dengan menggunakan rancangan klasifikasi tersarang karena faktor yang satu tersarang dengan faktor lainnya (Sudjana, 1989). Faktor ketinggian batang (pangkal A<sub>1</sub>, tengah A<sub>2</sub>, dan ujung A<sub>3</sub>), kedalaman batang (bagian luar B<sub>1</sub>, dan bagian dalam B<sub>2</sub>), dan kadar air (segar C<sub>1</sub>, dan kering udara C<sub>2</sub>). Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak empat kali, sehingga setiap sifat mekanis kayu yang diuji diperlukan 48 sampel.

### Hasil dan Pembahasan

Hasil ANOVA sifat mekanis kayu lulu untuk MOE, MOR, keteguhan tekan sejajar (//) dan tegak lurus ( $\perp$ ) serat disajikan pada Tabel 1 dan rata-rata nilai parameter di atas diringkaskan pada Tabel 2. Nilai MOE, MOR, dan keteguhan tekan // serat pada arah ketinggian batang, antara bagian pangkal (A<sub>1</sub>), tengah (A<sub>2</sub>), dan ujung (A<sub>3</sub>) tidak berbeda nyata.

Pengujian sifat mekanis kayu arah kedalaman batang menunjukkan kayu bagian luar (B<sub>1</sub>) dan bagian dalam (B<sub>2</sub>) tidak berbeda nyata (Tabel 1). Keteguhan  $\perp$  serat menurut arah ketinggian batang berbeda nyata. Nilai rata-rata keteguhan  $\perp$  serat bagian pangkal (A<sub>1</sub>), tengah (A<sub>2</sub>), dan ujung (A<sub>3</sub>) berturut-turut adalah 156,66; 134,87; dan 113,84 kg cm<sup>-2</sup>. Hasil uji lanjutan menunjukkan bahwa bagian pangkal (A<sub>1</sub>) tidak berbeda dengan tengah (A<sub>2</sub>), tetapi berbeda nyata dengan ujung (A<sub>3</sub>), dan bagian tengah (A<sub>2</sub>) tidak berbeda nyata dengan ujung (A<sub>3</sub>).

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa keempat sifat mekanis kayu yang diuji yaitu MOE, MOR, // serat dan  $\perp$  serat pada arah kedalaman batang, bagian luar (B<sub>1</sub>) dan dalam (B<sub>2</sub>) tidak menunjukkan perbedaan nyata. Sebaliknya pengujian pada dua kondisi kadar air, segar (C<sub>1</sub>) dan kering udara (C<sub>2</sub>), memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap tiga sifat mekanis kayu, yaitu MOE, MOR dan keteguhan tekan  $\perp$  serat. Sebaliknya, sifat keteguhan tekan // serat pada dua kondisi kadar air kayu hanya memberikan pengaruh yang nyata (Tabel 1).

Nilai rata-rata MOE, MOR, // serat dan  $\perp$  serat pada berbagai ketinggian dan kedalaman batang, serta dua kondisi kadar air kayu ditunjukkan pada Tabel 2. Rata-rata MOE tertinggi adalah 129730,54 kg cm<sup>-2</sup> terendah adalah 84044,70 kg cm<sup>-2</sup>. Rata-rata nilai MOR (1861,17 kg cm<sup>-2</sup>), keteguhan tekan // serat (462,07 kg cm<sup>-2</sup>) dan  $\perp$  serat (156,66 kg cm<sup>-2</sup>) tertinggi dihasilkan dari bagian pangkal (A<sub>1</sub>).

Rata-rata KA kayu lulu pada kondisi segar dan kering udara 45 dan 14%. KA kering udara tersebut lebih rendah dibanding dengan KA kering udara dari

dua jenis kayu pilihan utama masyarakat di Papua, misalnya merbau sebesar 16,15% dan matoa sebesar 17,90 % (Burami 1988). Kayu lulu termasuk kayu berat karena pada kondisi segar mengandung KA yang relatif sedikit, sehingga berat kayu lebih ditentukan oleh massa kayu (Dickison 2000).

Kayu lulu memiliki rata-rata BJ pada kondisi segar dan kering udara masing-masing adalah 0,65 dan 0,7. Berdasarkan klasifikasi kekuatan kayu menurut Seng (1990) kayu lulu termasuk dalam kelas kuat II (BJ 0,6-0,90). Berat jenis kayu lulu lebih tinggi dibandingkan dengan BJ kayu matoa (0,54) (Burami 1988), dan *Shorea* sp (0,57) (Fernandes & Saridan 2013), serta satu kelas dengan kayu merbau (0,66) dan kayu nyatoh (0,67) (Burami 1988). Berat jenis kayu lulu sebanding dengan BJ dua jenis kayu kurang dikenal asal Manokwari Papua Barat yaitu watergum (*Syzygium* sp) sebesar 0,73 dan simpur (*Dillenia* sp) sebesar 0,73 (Wahyudi *et al.* 2014). Kayu kelas kuat II dapat dimanfaatkan untuk pemakaian dalam ruangan dan di dalam ruangan untuk kontak dengan tanah (PPKI 1961).

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa KA kayu berpengaruh sangat nyata terhadap MOE, MOR, dan keteguhan tekan  $\perp$  serat, dan berpengaruh nyata terhadap keteguhan tekan // serat. Sifat mekanis kayu lulu pada kondisi kering udara lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi segar. Seluruh sifat mekanis kayu yang diuji pada kondisi kering udara berbeda sangat nyata dengan kondisi segar. Nilai MOE tertinggi pada kondisi kering udara adalah 129730 kg cm<sup>-2</sup>, dan terendah pada kondisi segar adalah 78921 kg cm<sup>-2</sup>, sehingga rata-rata nilai MOE kondisi

kering udara adalah 1,4 kali dibandingkan dengan kondisi segar.

Berdasarkan Peraturan Kayu Kontruksi Indonesia (PPKI) (1961) dan klasifikasi kekuatan kayu menurut Karnasudirja (1978), MOE kayu lulu termasuk ke dalam kelas kuat I (>125000 kg cm<sup>-2</sup>). Nilai MOE kayu lulu satu kelas dengan kayu nyatoh dan kayu matoa yang memiliki nilai MOE masing-masing 155000 dan 143000 kg cm<sup>-2</sup>, tetapi lebih rendah dibandingkan dengan MOE kayu merbau (155000 kg cm<sup>-2</sup>) (Burami 1988). Nilai MOR kayu kondisi kering udara adalah sebesar 1894,23 kg cm<sup>-2</sup> dan kondisi segar sebesar 1243,41 kg cm<sup>-2</sup>. Nilai MOR kering udara 1,54 kali lebih besar dibandingkan dengan kayu kondisi segar. Menurut klasifikasi dari PPKI (1961), MOR kayu lulu termasuk dalam kelas I (>1100 kg cm<sup>-2</sup>).

Nilai keteguhan tekan  $\perp$  serat kondisi kering udara (175,33 kg cm<sup>-2</sup>) lebih besar 1,85 kali dibandingkan dengan kondisi segar (94,94 kg cm<sup>-2</sup>). Keteguhan tekan // serat kondisi kering udara (485,41 kg cm<sup>-2</sup>) lebih besar 1,2 kali dibandingkan dengan kondisi basah (402,56 kg cm<sup>-2</sup>). Menurut Karnasudirja (1978) dan PPKI (1961) keteguhan tekan // serat kayu lulu termasuk ke dalam kelas kuat II (425-650 kg cm<sup>-2</sup>). PPKI (1961) menyatakan bahwa kayu kelas kuat II dapat dimanfaatkan untuk pemakaian dalam ruangan dan di dalam ruangan untuk kontak dengan tanah. Mardikanto (1976) menyatakan bahwa keteguhan tekan // serat pada semua kayu memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan nilai keteguhan tekan  $\perp$  serat, yaitu antara 3-10 kali. Kayu lulu memiliki nilai keteguhan tekan // serat 3,29 kali lebih besar dibandingkan dengan keteguhan tekan  $\perp$  seratnya.

Tabel 1 Analisis varian sifat mekanis kayu lulu untuk MOE, MOR, keteguhan tekan sejajar (//) dan tegak lurus ( $\perp$ ) serat pada berbagai perlakuan

Perlakuan	MOE		MOR		Keteguhan tekan			
					// serat		$\perp$ serat	
	F <sub>hit</sub>	F <sub>tab.05</sub>						
• Ketinggian batang	2,20	9,55	2,68	9,55	8,35	9,55	10,01*	9,55
• Kedalaman batang pada ketinggian batang	0,02	4,76	0,00	4,76	0,03	4,76	0,048	4,76
• Kadar air kayu pada kedalaman batang dan ketinggian batang	43,88**	2,36	169,27**	2,36	2,57*	2,36	18,42**	2,36

Tabel 2 Rata-rata nilai MOE, MOR, dan keteguhan tekan sejajar (//) dan tegak lurus ( $\perp$ ) serat kayu lulu pada berbagai perlakuan

No	Perlakuan	Sifat mekanis kayu, kg cm <sup>-2</sup>			
		MOE	MOR	Keteguhan tekan	
				//serat	$\perp$ serat
1	Ketinggian batang				
	• Pangkal	98684	1861	462	157
	• Tengah	129730	1833	434	135
	• Ujung	101076	1767	453	114
2	Kedalaman batang				
	• Bagian luar	100441	1507	440	129
	• Bagian dalam	102581	1515	448	142
3	Kadar air kayu				
	• Segar	84044	1202	403	95
	• Kering udara	118978	1820	485	175

### Alternatif kayu konstruksi

Nilai MOE dan MOR kayu lulu termasuk kelas kuat I, sebanding dengan kayu merbau, kayu matoa, dan kayu nyatoh, sedangkan berdasarkan keteguhan tekan // serat dan BJ-nya (0,66-0,70), kayu lulu termasuk kedalam kelas kuat II, sebanding dengan kayu matoa (kelas kuat II). Berdasarkan hasil tersebut, kayu lulu dapat digunakan untuk bahan konstruksi struktural dalam ruangan, dan memiliki kontak dengan tanah, seperti tiang rumah, gelagar.

### Kesimpulan

Berat jenis kayu lulu berkisar 0,6-0,7 termasuk ke dalam kelas kuat sedang.

Perbedaan posisi sampel kayu berdasarkan ketinggian dan kedalaman batang menghasilkan sifat mekanis kayu yang sama. Sifat mekanis kayu menyebar secara merata dalam batang pohon. Sifat mekanis kayu MOE, MOR, keteguhan tekan sejajar (//) dan tegak lurus ( $\perp$ ) serat pada kondisi kering udara lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi segar. Kayu lulu termasuk ke dalam kelas kuat II, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku kayu konstruksi dalam ruangan, dan tanpa kontak dengan tanah secara langsung.

## Daftar Pustaka

- Burami HJ. 1988. Ekplorasi modulus elastisitas tiga jenis Kayu Irian Jaya. [Skripsi]. Manokwari: Universitas Cenderawasih.
- Chauf KA. 2005. Karakteristik Mekanik Kayu Kamper sebagai bahan Kontruksi. *Majalah Ilmiah Mektek* 7(1):41-47.
- Dickison WC. 2000. *Integrative Plant Anatomy*. California USA: Academic Press.
- [Ditjenhut] Direktorat Jenderal Kehutanan. 1976. *Mengeal Beberapa Jenis kayu Irian Jaya*. Jilid I. Jakarta: Direktorat Jenderal Kehutanan Departemen Pertanian.
- Febrianto F, Pranata AZ, Septiana D, Arinana, Gumilang A, Jang JH, Kim NH. 2015. Termite resistance of the less known tropical woods species grown in West Java, Indonesia. *J Korean Wood Sci Technol*. 43(2):248-257.
- Febrianto F, Pranata AZ, Arinana, Gumilang A. 2013. Natural durability of nine woods species grown in Dramaga campus Bogor Agricultural University against termite attacked. *J Ilmu Teknol Kayu Tropis* 11(1):19-28.
- Fernandes A, Saridan A. 2013. Sifat Fisik dan Mekanik Kayu *Shorea macroptera* ssp *Sandakanensis* (Sym.) Ashton sebagai bahan baku Mebel. *J Penelit Dipterocarpha* 7(1):1-6.
- Haygreen JG, Bowyer JL. 1980. *Forest Products and Wood Science An Introduction*. New York: IOWA State University Press.
- Karlinasari L, Rahmawati M, Mardikanto MR. 2010. Pengaruh pengawetan kayu terhadap kecepatan gelombang ultrasonik dan Sifat mekanis lentur serta tekan sejajar serat kayu *Acacia mangium* Wild. *J Teknik Sipil* 13(3):163-170.
- Kawet HF. 2014. Studi tentang usaha Penggergajian Kayu di Kota Manokwari. [Skripsi]. Manokwari: Fakultas Kehutanan Universitas Papua.
- Jang SR, Jang JH, Kim JH, Febrianto F, Kim NH. 2014. Anatomical characteristics of major plantation species growing in Indonesia II. *J Korean Wood Sci Technol*. 42(6):635-645
- Mardikanto TR. 1977. *Pengantar Sifat-sifat Mekanis Kayu*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Seng OD. 1990. *Berat jenis dari Jenis-jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya kayu untuk keperluan Praktek*. Bogor: Lembaga Penelitian hasil Hutan, Departemen Kehutanan.
- [PKKI] Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia. *NI.5. PPKI 1961*. Jakarta: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Sudjana 1989. *Disain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Totong M. 2014. verifikasi legalitas kayu gergajian (VLK) di kota Manokwari. [Skripsi]. Manokwari: Univeritas Papua.
- Wahyudi, Makrus M, Susilo AEB. 2014. Sifat Permesinan dua jenis Kayu Kurang dikenal asal Papua Barat. *J Ilmu Teknol Kayu Tropis* 12(1):74-81.
- Riwayat naskah:  
Naskah masuk (*received*): 12 September 2016  
Diterima (*accepted*): 28 Oktober 2016