

Karakteristik anatomi tiga jenis kayu asal Sulawesi Tengah

Muthmainnah¹, Agus Sulistyo Budi², Asniati¹

¹Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako, Kampus Bumi Tadulako Tondo Jl. Soekarno Hatta Km 9 Palu Sulawesi Tengah 94118

²Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua Jalan Panajam Samarinda 75123
E-Mail: muthmainnahamir4@gmail.com

Artikel diterima: 02 Oktober 2021 Revisi diterima: 15 Maret 2023

ABSTRACT

Palapi, nantu and bayur trees are tree species found naturally in Central Sulawesi and are the types of wood that are widely used in the furniture industries in the city of Palu. The specific objectives in this research are to study the anatomical structure and fiber quality of three types of wood from Central Sulawesi. The results showed that the anatomical structure properties of the three types of wood studied had different characteristics. Bayur wood is easily distinguished from nantu and palapi because it has a lot of rhomboidal crystals in the axial parenchyma cells. Meanwhile, palapi are easily distinguished from the two by the presence of pores that are almost entirely solitary and in the rare category and have very massive axial parenchyma in the form of diffuse in aggregate. Based on the quality of the fiber, nantu wood is classified as class I, while palapi and bayur wood are classified as class II. These three types of wood can be used in the manufacture of pulp and paper

Key words: Anatomy, maserasi, fiber dimensions and fiber quality, palapi, nantu, bayur

ABSTRAK

Pohon palapi, nantu dan bayur merupakan jenis pohon yang terdapat secara alami di Sulawesi Tengah dan merupakan jenis kayu yang banyak digunakan pada industri mebel di kota Palu. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari struktur anatomi dan mutu serat tiga jenis kayu asal Sulawesi Tengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat struktur anatomi dari ketiga jenis kayu yang diteliti memiliki karakteristik yang berbeda. Kayu bayur mudah dibedakan dengan nantu dan palapi karena memiliki banyak kristal rhomboid pada sel parenkim aksialnya. Sedangkan palapi mudah dibedakan dari keduanya dengan adanya pori-pori yang hampir seluruhnya soliter dan termasuk kategori langka serta memiliki parenkim aksial yang sangat masif berupa agregat difus. Berdasarkan kualitas seratnya, kayu nantu termasuk kelas I, sedangkan kayu palapi termasuk kelas III dan bayur termasuk kelas II.

Kata kunci : Anatomi, maserasi, dimensi serat, kualitas serat, palapi, nantu, bayur

PENDAHULUAN

Kayu merupakan sumberdaya alam yang telah memainkan peran penting dalam kehidupan manusia sejak zaman kuno. Kayu dapat digunakan sebagai bahan baku konstruksi, furniture, pulp dan kertas, papan komposit, kayu bakar dan lain-lain. Peran yang sangat besar tersebut menyebabkan konsumsi kayu meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan teknologi nasional.

Data dan informasi tentang struktur anatomi sangat penting terutama saat menentukan jenis kayu. Penentuan jenis kayu merupakan hal utama dalam pengolahan kayu. Jika dipastikan jenis kayunya salah, maka akan terjadi kesalahan dalam menentukan sifat dan pengolahan kayunya (Pandit dan Ramdan, 2002). Hubungan antara sifat, penggunaan dan pengolahan kayu dengan struktur anatomi kayu sangat erat (*inherent*) (Wahyudi, 2013). Karena itu untuk mengolah suatu kayu

dibutuhkan identifikasi jenis terlebih dahulu. Identifikasi kayu meliputi: nama ilmiah, ciri umum, dan ciri anatomi (mikroskopis). Kualitas serat juga perlu ditentukan untuk menentukan kesesuaiannya, terutama untuk produk pulp dan kertas.

Pohon palapi (*Heritiera* spp), nantu (*Palaquium obtusifolium*) dan bayur (*Pterospermum javanicum*) merupakan jenis pohon yang ditemukan secara alami di Sulawesi tengah, dan telah dikembangkan di hutan rakyat di parigi moutong dan Donggala. Ketiga kayu tersebut merupakan jenis kayu yang banyak digunakan sebagai bahan baku khususnya industri mebel di Sulawesi Tengah.

Informasi mengenai karakteristik kayu palapi, bayur dan nantu dari Sulawesi Tengah belum banyak diketahui. Padahal, informasi tersebut sangat diperlukan terutama untuk menjamin mutu produk mebel yang dihasilkannya, atau setidaknya dapat

menentukan tujuan penggunaan yang paling tepat sekaligus proses pengolahan yang harus diterapkan. Tujuan khusus yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengkaji struktur anatomi, kualitas serat dari tiga jenis kayu asal Sulawesi Tengah.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi dan Pengawetan Kayu Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman dan Laboratorium Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako. Peralatan yang digunakan terdiri dari circular saw, oven, timbangan elektrik, kaliper, desikator, lup, sliding microtome, cutter, gelas obyek, gelas penutup, gelas piala, waterbath, lup merk Micro Capture pro, tabung film, pipet, mikroskop, cawan petri, tabung reaksi, dan kamera foto. Bahan utama yang digunakan adalah kayu palapi, bayur dan nantu. Bahan lainnya adalah asam nitrat (HNO₃) 50%, potassium klorat (KClO₃), akuades, safranin, alkohol 10%, 30%, 50%, 70%, gliserin, dan kertas saring.

Analisis Data

Data kualitatif disajikan dalam bentuk foto dan dideskripsikan, sedangkan data kuantitatif dihitung nilai rata-rata dan standar deviasinya menggunakan Microsoft Excel.

Metode Penelitian

Pengamatan ciri makroskopis

Pengamatan struktur anatomi kayu dilakukan secara makro- dan mikroskopis. Ciri makroskopis yang meliputi warna, tekstur, kesan raba, corak, kilap, dan arah serat (Mandang dan Pandit 2002) diamati secara langsung pada kayu termasuk pada sisa lempengan menggunakan kaca pembesar.

Pengamatan struktur anatomi mikroskopis

Pengamatan struktur anatomi secara mikroskopis sebagaimana IAWA List (2008) diamati melalui sediaan mikrotom. Pembuatan sediaan mikrotom dimulai dengan menyiapkan contoh uji berukuran 2 cm x 2 cm x 2 cm untuk bidang lintang, radial, dan tangensial. Contoh uji selanjutnya dilunakkan dengan cara direbus dalam waterbath 80°C selama 3-5 hari, kemudian direndam dalam larutan gliserol dengan perbandingan alkohol dan gliserin 1:1. Setelah lunak, contoh uji disayat menggunakan slicer microtome dengan target ketebalan sayatan 15-25 µm. Sayatan terpilih kemudian dicuci dengan akuades untuk menghilangkan kotoran dan sisa

gliserol, selanjutnya diwarnai yakni dengan direndam dalam safranin 2% selama 2-6 jam. Setelah itu, sayatan dicuci kembali, lalu didehidrasi bertingkat menggunakan ethanol 10%, 30%, 50%, 70% masing-masing selama 5 menit. Sayatan selanjutnya diletakkan di atas gelas obyek dan ditutup dengan cover glass. Sayatan siap untuk diamati dibawah mikroskop dan didokumentasikan.

Pembuatan sediaan maserasi dan pengukuran dimensi serat

Sediaan maserasi dibuat mengikuti metode Schluze yang dimodifikasi (Silitonga dkk. 1972). Sampel dipotong seukuran batang korek api dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan HNO₃ 50% dan KClO₃ hingga sampel terendam. Selanjutnya tabung reaksi dipanaskan dalam waterbath 80°C selama 10-15 menit hingga kayu menjadi lunak. Kemudian sampel disaring, lalu dicuci hingga bebas asam. Serat-serat yang telah bebas asam kemudian diwarnai dengan safranin 2%, didiamkan selama 3-6 jam, dan dicuci kembali hingga bebas safranin. Selanjutnya serat didehidrasi bertingkat dengan ethanol 10%, 30%, dan 50% masing-masing 5 menit; kemudian diletakkan di atas gelas obyek dan ditutup dengan cover glass dan siap untuk diamati, diukur dimensinya, serta didokumentasikan.

Dimensi serat yang diukur meliputi panjang dan diameter serat serta diameter lumen serat. Tebal serat ditetapkan sebagai setengah dari selisih diameter serat terhadap diameter lumen. Jumlah serat yang diukur sebanyak 20 sel individu. Hasil pengukuran kemudian digunakan untuk mengukur nilai turunan dimensi serat yang terdiri dari Runkle ratio (RR), Felting power (FP), Mulhstep ratio (MR), Flexibility ratio (FR) dan Coefficient of rigidity (CR). Hasil perhitungan kemudian ditabulasi dan diberi score sebagaimana Rachman dan Siagian (1976) kelas mutu serat.

Pengukuran nilai turunan serat menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Runkle ratio = $(2w)/l$
2. Felting power = L/d
3. Flexibility ratio = l/d
4. Coefficient of rigidity = w/d
5. Mulhstep ratio = $[(d_2 - l_2)/d_2] \times 100$

Keterangan:

- L = Panjang serat
- d = Diameter serat
- l = Diameter lumen
- w = Dinding tebal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur Anatomi

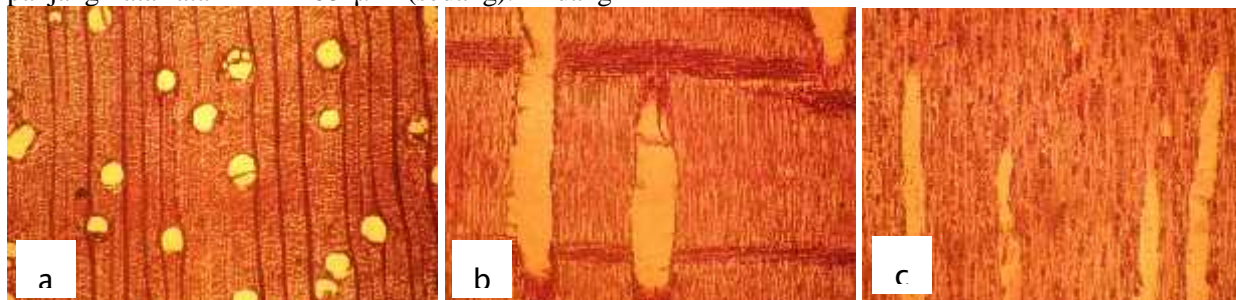
Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh ciri makroskopis dan mikroskopis pada ketiga jenis kayu sebagai berikut :

Kayu Palapi (Heritiera sp.)

Ciri makroskopis: kayu palapi adalah sebagai berikut: Warna: coklat. Tekstur: sedang. Arah serat: lurus. Kilap: agak mengkilap. Kesan raba: agak licin. Bau: tidak spesifik. Kekerasan: sedang sampai keras.

Ciri mikroskopisnya: (Gambar 1; a, b dan c): Pembuluh/pori: hampir seluruhnya soliter, jarang berganda. Pori biasa ditemui isi endapan berwarna gelap. Diameter rata-rata pori $185 \pm 23 \mu\text{m}$ (termasuk pori berukuran sedang), frekuensi pori

tergolong sedikit, berkisar antara 2 ± 1 per mm^2 , panjang rata-rata $422 \pm 68 \mu\text{m}$ (sedang). Bidang



Gambar 1. Kayu Palapi: Penampang lintang (a), radial (b), dan tangensial (c); kayu palapi (perbesaran 40x)

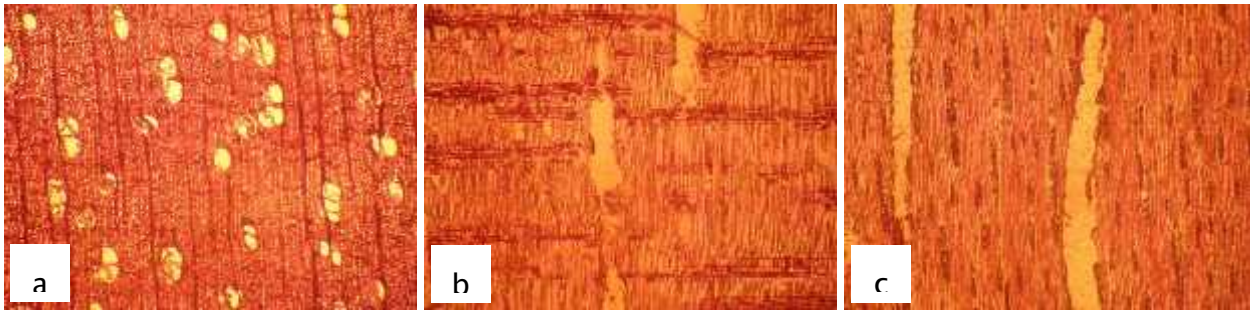
Kayu Bayur (Pterospermum javanicum)

Ciri makroskopis: kayu bayur adalah: Warna: coklat muda. Tekstur: halus-sedang. Arah serat: lurus. Kilap: mengkilap. Kesan raba: agak licin. Bau: tidak berbau, tidak spesifik. Kekerasan: agak keras.

Ciri mikroskopisnya: (Gambar 2: a, b dan c) adalah: Pembuluh: sebagian besar merupakan gabungan radial 2-3. Diameter rata-rata pori $121 \pm 22 \mu\text{m}$ (ukuran pori berukuran kecil sampai sedang), frekuensi pembuluh berkisar antara 5 ± 1 per- mm^2 (tergolong sedikit s/d sedang), panjang rata-rata $569 \pm 129,9 \mu\text{m}$ (sedang). Bidang perforasi berbentuk sederhana. Parenkim aksial berbentuk pita halus

perforasi berbentuk sederhana. Parenkim aksial: termasuk tipe apotrakeal, kebanyakan tersebar atau dalam agregat pendek antara jari-jari (dengan lebar 1 sel): Parenkim pita pendek (pita agregat pendek), searah radial terlihat sangat rapat sekali, bisa mencapai jumlah 20 per-mm. Parenkim aksial terdiri dari 3-4 (6) per satu untaian. Jari-jari : jari-jari tergolong tipis, kebanyakan mono sampai biseriata, jarang sampai 3 seriata, terdiri dari jari-jari tegak dan baring dengan tinggi rata-rata $502 \pm 194 \mu\text{m}$, rata-rata lebar $48 \pm 11 \mu\text{m}$ dengan rata-rata frekuensi jari-jari 4 ± 1 mm (sedang). Serat ; tebal dinding serat $3,3 \pm 1,2 \mu\text{m}$ (termasuk tipis sampai sedang), panjang rata-rata berkisar $1160 \pm 184 \mu\text{m}$ dikategorikan kayu yang berserat sedang, diameter serat $20,17 \pm 3,89 \mu\text{m}$, rata-rata diameter lumen $13,5 \pm 4,1 \mu\text{m}$; Bahan anorganik: Tidak ditemukan silika maupun kristal dalam sel.

pendek antar jari-jari, sampai membentuk pola bertangga. Jari-jari: kebanyakan lebar jari-jari bagian tangan terdiri dari 3 sel, terdapat sel bata yang lebih tinggi dari sel baring dengan tinggi rata-rata $422 \pm 182 \mu\text{m}$ dengan rata-rata lebar $38 \pm 10,4 \mu\text{m}$ dengan rata-rata frekuensi jari-jari 8 ± 1 per-mm (tergolong sedang). Serat; tebal dinding $3,4 \pm 0,43 \mu\text{m}$ (tipis sampai tebal) rata-rata panjangnya berkisar $1.208 \pm 165 \mu\text{m}$, dikategorikan serat sedang, diameter serat $29 \pm 7,4 \mu\text{m}$, rata-rata diameter lumennya $22 \pm 7,7 \mu\text{m}$. Bahan Pengisi anorganik: ditemukan banyak sekali kristal romboid di parenkim aksial.

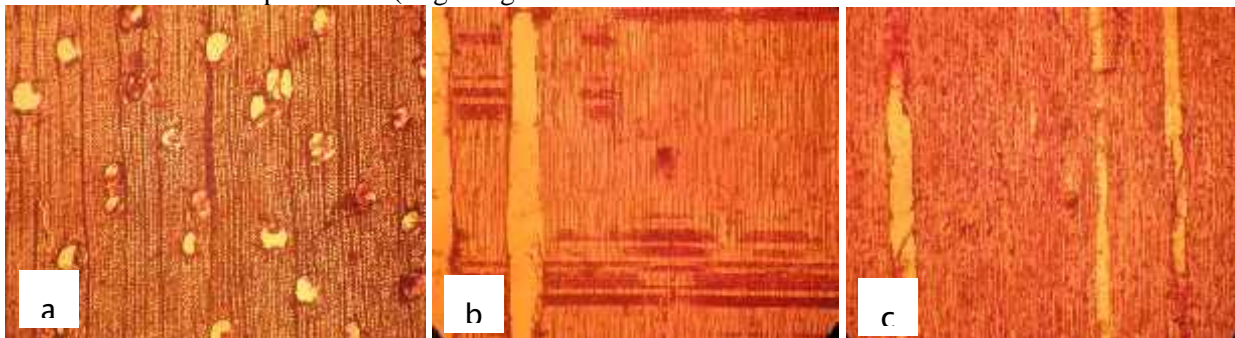


Gambar 2. Penampang lintang (a), radial (b), dan tangensial (c) kayu Bayur (Perbesaran 40x)

Kayu Nantu (*Palaquium obtusilofium*)

Ciri makroskopis kayu nantu adalah warna: coklat muda. Tekstur: sedang. Arah serat: lurus. Kilap: mengkilap. Kesan raba: agak licin. Bau: tidak berbau. Kekerasan: keras. Ciri mikroskopisnya: Pembuluh/pori (Gambar 3, a, b dan c) adalah sebaran pori tata baur dalam pola radial atau diagonal, soliter sampai bergabung radial 2-6 sel, bidang berforasi sederhana. Diameter rata-rata pori $164 \pm 21,3 \mu\text{m}$ (sedang), frekuensi pembuluhnya berkisar antara 4 ± 1 per- mm^2 (tergolong sedikit

s/d. sedang), panjang rata-rata $497 \pm 92 \mu\text{m}$ (sedang). Parenkim aksial; tipe apotrakeal bentuk difus agregat yang tersebar antara jari-jari. Jari-jari: lebar 1-2 seri, heteroseluler (terdiri dari sel baring, sel tegak, dan sel persegi). Serat: serat bersekat dan tidak bersekat. Tebal dinding $3,2 \pm 0,56 \mu\text{m}$ (tipis) rata-rata panjangnya berkisar $1023 \pm 170 \mu\text{m}$, dikategorikan serat sedang, diameternya $41,3 \pm 7,2 \mu\text{m}$, rata-rata diameter lumennya $34,7 \pm 7,2 \mu\text{m}$.



Gambar 3. Penampang lintang (a), radial (b), dan tangensial (c) kayu Nantu (Perbesaran 40x).

Nilai Turunan Dimensi Serat

Fungsi sel serabut (serat) adalah sebagai pemberi tenaga mekanik pada batang. Pada pengamatan serabut,

dimensi serat kayu yang diamati adalah panjang dan diameter serat, diameter lumen dan tebal dinding. Hasil pengamatan dimensi serat dan turunan dimensi serat dari tiga jenis kayu disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Pengamatan Rata-Rata Dimensi Serat Tiga Jenis Kayu

Nama lokal	Jenis	DIMENSI			
		Panjang Serat (L) (μm)	Diameter Serat (d) (μm)	Diameter Lumen (l) (μm)	Tebal Dinding (w) (μm)
Palapi	Heritiera spp	$1,16 \pm 184$	$20,2 \pm 3,8$	$13,5 \pm 4,1$	$3,3 \pm 0,46$
Bayur	Pterospermum javanicum	$1,20 \pm 165$	$28,8 \pm 7,5$	$22,0 \pm 7,7$	$3,4 \pm 0,43$
Nantu	Palaquium obtusilofium	$1,02 \pm 170$	$28,8 \pm 7,4$	$34,8 \pm 7,2$	$3,2 \pm 0,55$

Berdasarkan Tabel 1, Kayu bayur memiliki serat yang lebih panjang dibanding dengan kayu palapi dan nantu. Begitu pula dengan ketebalan seratnya.

Namun dari ketiga jenis kayu tersebut masih termasuk dalam kategori serat dengan panjang **sedang** menurut IAWA (2008), klasifikasi panjang

serat dikatakan **pendek** apabila $\leq 900 \mu m$, tergolong **sedang** jika panjangnya $900-1.600 \mu m$; dan jika mempunyai panjang ≥ 1600

μm dikategorikan **serat panjang**. Menurut (Lempang dkk. 2012), dimensi serat seperti panjang dan diameter serat, tebal dinding sel memiliki hubungan satu sama lain terhadap sifat fisik pulp dan kertas serta tujuan penggunaan lainnya

Tabel 2. Turunan Dimensi Serat Tiga Jenis Kayu.

Jenis Kayu	Panjang serat (μm)	Runkel Ratio	Felting Power	Flexibility ratio	Coefficient of rigidity	Muhlsteph Ratio	Total Skor	Kelas Kualitas
Palapi	1.160	0.55	58.91	0.66	0.17	56.15	250	II
Bayur	1.208	0.37	45.2	0.74	0.13	44.06	275	II
Nantu	1.023	0.19	25.65	0.84	0.08	29.52	475	I

Perhitungan skoring dan penentuan kelas mutu serat mengacu pada Rachman dan Siagian (1976) dimana ada kombinasi antara nilai panjang serat, nilai *Runkel ratio*, *Felting power*, *Flexibility ratio*, *Coefficient of rigidity* dan *Muhlsteph ratio*. Tabel 2 menunjukkan bahwa kayu nantu masuk ke dalam kelas kualitas I (475), dan bagus sebagai bahan pembuatan pulp/kertas. Penelitian ini berbeda dengan Budiarti (2017), dimana kayu nyatoh yang diteliti masuk dalam kelas kualitas II dengan skoring 225. Kayu Palapi dan bayur dalam penelitian ini masuk ke dalam kelas kualitas II jika akan digunakan sebagai bahan pembuatan pulp/kertas.

Kayu nantu memiliki nilai *runkel ratio* yang paling rendah (0,19) dibandingkan dengan kayu bayur dan palapi. Berdasarkan klasifikasi tingkat kebaikan serat pada bahan pulp berdasarkan RR, kayu nantu tergolong dalam kelas I dengan dinding sel tipis sehingga kualitas serat menjadi sangat baik. Sedangkan kayu palapi dan bayur masuk dalam kelas III dan II. Serat yang tipis ketika dibuat kertas akan menghasilkan lembaran yang lebih pipih dan hasil ikatan serat yang dihasilkan lebih kuat (Kasmudjo, 1994).

Felting Power (daya tenun) kayu nantu (25,65) lebih rendah dibanding kayu palapi (58,91) dan kayu bayur (45,2). Daya tenun akan mempengaruhi kekuatan sobek. Semakin tinggi daya tenunnya maka semakin tinggi kekuatan sobek dari *pulp* dan kertas yang dihasilkan. Dinding serat yang sangat tipis akan mudah dipipihkan dan serat yang sangat panjang menghasilkan daya tenun yang kuat (Lempang 2016). Serat yang berdinding tebal menghasilkan kertas dengan kekuatan jebol dan tarik yang rendah, tapi ketahanan sobek yang tinggi, dan memiliki ketahanan lipat yang rendah (Haygreen & Bowyer, 1989).

Kayu nantu memiliki nilai *Flexibility ratio* tertinggi (0.84) di dibandingkan kayu palapi dan bayur. Nilai FR yang tinggi menunjukkan bahwa serat tersebut mempunyai tebal dinding yang tipis dan mudah berubah bentuk, dimana menghasilkan lembaran *pulp* yang berkekuatan baik. Nilai *Coefficient of rigidity* berbanding terbalik dengan nilai *Felting Power* dan *Flexibility ratio*. Nilai CR yang rendah berarti semakin baik. Kayu nantu memiliki nilai CR yang terendah (0,08) dibandingkan kayu palapi dan bayur. Semakin tinggi koefisien kekakuan maka semakin rendah kekuatan tarik kertas yang dihasilkan dan sebaliknya.

Dari segi *Muhlsteph ratio*, kayu nantu memiliki nilai MR yang lebih rendah (29,52%) di dibandingkan kayu palapi dan bayur. Nilai MR berkaitan dengan sifat kerataan/kehalusan, plastisitas dan kekuatan kertas. Kayu nantu diklasifikasikan kategori kelas I (berdasarkan tingkat kebaikan serat berdasarkan *Muhlsteph* dengan kerataan/kehalusan baik,plastis dan kekuatan kertas yang kuat. Kayu palapi dan bayur tergolong dalam kelas III dengan tingkat kehalusan sangat halus dan kekuatan kertas yang cukup.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada pimpinan Fakultas Kehutanan dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Tadulako, atas bantuan berupa dana penelitian

DAFTAR PUSTAKA

Bowyer JL, Shmulsky & Haygreen JG. 2003. Forest Products and Wood Science: An Introduction. Fourth Edition. Amer,

- Iowa, USA. Iowa State Press a Blackwell Publishing Company.
- Budiarti, Syofiyani. 2017. Karakteristik Anatomi dan Sifat Fisis Kayu Terap (*artocarpus* sp.) dan kayu nantu (*Palaquium obtusifolium*) (*palaquium* spp.) asal kalimantan utara. Institut Pertanian Bogor (Skripsi).
- Wayan D, Rahayu IS, Padlinurjaji I & Pandit KN. 2011. Pengerjaan Kayu. Ilmu-Ilmu Peunjang dan Teknologi Proses. IPB Press. Bogor.
- Haygreen JG, & Bowyer JL. 1989. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu Diterjemahkan. oleh Sutjipto A Hadikusumo. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Kasmudjo, 1994. Cara-Cara Penentuan Proporsi Tipe Sel dan Dimensi Sel Kayu. Yayasan Pembina Fakultas kehutanan Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- International Anatomist Wood Association. 2008. Identifikas kayu: Ciri mikroskopik Kayu untuk Identifikasi Kayu Daun Lebar. Sulistyobudi A, Mandang YI, Damayanti R, Rulliaty S, Penerjemah. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Terjemahan dari IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification.
- Lempang M. 2014. Sifat dasar dan potensi kayu kegunaan kayu jabon merah. Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea. 3(2): 163-175.
- Lempang M, Asdar M. & Rulliaty S. 2012. Struktur anatomi, sifat fisis dan mekanis kayu kambelu (*Buxus rolfie* Vidal.) dan kanduruan (*Phoebe cuneata* Blume) asal hutan alam di SulawesiBarat. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. 31(1): 27-35.
- Mandang YI, Pandit IKN. 2002. Seri Manual Pedoman Identifikasi Kayu di Lapangan. Bogor (ID): Yayasan PROSEA Indonesia dan Pusat Diklat Pegawai dan SDM Kehutanan.
- Pandit, IKN, Kurniawan, D., 2008. Anatomi Kayu: Struktur Kayu, Kayu Sebagai Bahan Baku dan Ciri Diagnostik Kayu Perdagangan Indonesia. Institut Pertanian Bogor). Bogor
- Pandit IKN, H Ramdan. 2002. Anatomi Kayu: Pengantar Sifat Kayu sebagai Bahan Baku. Bogor (ID): Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan IPB.
- Rachman AN & Siagian RM. 1976. Dimensi Serat Jenis Kayu Indonesia. Laporan No.75. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Shmulsky R & Jones PD. 2011. Forest Products and Wood Science: An Introduction, Sixth Edition. US: John Wiley dan Sons, Inc.
- Silitonga T, Siagian R, Nurahman A. 1972. Cara pengukuran serat kayu di Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Publikasi Khusus LPHH No. 12. Bogor: LPHH Direktorat Jenderal Kehutanan Departemen Pertanian.
- Wahyudi I. 2014. Hubungan Struktur Anatomi Kayu dengan Sifat Kayu, Kegunaan dan Pengolahannya. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor
- Wardhani KM. 2011. Kawasan konservasi mangrove: Suatu potensi ekowisata. Jurnal Kelautan, 4: 60-76.
- Yulianda F. 2007. Ekowisata bahari sebagai alternatif pemanfaatan sumber daya pesisir berbasis konservasi. Makalah Seminar Sains 21 Februari 2007. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK. Bogor.