

SIFAT ANATOMI, KIMIA, FISIK, DAN MEKANIK KAYU WAGHA (*Archidendron jiringa* (Jack.) Nielsen) DARI PULAU FLORES, NUSA TENGGARA TIMUR (Anatomical, chemical, physical, and mechanical properties of Wagha (*Archidendron jiringa* (Jack.) Nielsen) wood from Flores Island, East Nusa Tenggara)

Heny Rianawati^{1*} , Retno Setyowati¹, Aziz Umroni¹, and Siswadi²

¹Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kupang
Jl. Alfons Nisoni No. 7B, Kotaraja, Kupang, Nusa Tenggara Timur, Indonesia

²Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Banjarbaru
Jl. Ahmad Yani, Km 28.7, Landasan Ulin, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia

Article Info

ABSTRAK

Article History:

Received 20 February 2020; Accepted 28 January 2021;
Published online 31 March 2021

Kata Kunci:

Wagha, *Archidendron jiringa*, jengkol, Flores, kegunaan kayu

Keywords:

Wagha, *Archidendron jiringa*, jengkol, Flores, wood uses

How to cite this article:

Rianawati, H., Setyowati, R., Umroni, A., & Siswadi. (2021). *Anatomical, chemical, physical, and mechanical properties of Wagha (Archidendron jiringa (Jack.) Nielsen) wood from Flores Island, East Nusa Tenggara*. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 10(1), 51-62. doi : <http://dx.doi.org/10.18330/jwallacea.2021.vol10iss1pp51-62>

Read online:



Scan this QR code with your Smart phone or mobile device to read online.

Kayu wagha (*Archidendron jiringa* (Jack.) Nielsen) merupakan salah satu jenis kayu potensial dari Kabupaten Ende, Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur (NTT). Penelitian sifat dasar kayu wagha belum banyak dilakukan dibandingkan penelitian wagha sebagai tumbuhan obat. Mengingat kayu wagha digunakan juga oleh masyarakat sebagai kayu konstruksi, oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui struktur anatomi, sifat kimia, fisis dan mekanik kayu wagha yang diambil dari Desa Nangapanda, Kabupaten Ende, NTT. Pengujian sifat anatomi, kimia, fisis, dan mekanik dilakukan di laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) Bogor. Pengamatan struktur anatomi kayu berdasarkan daftar ciri mikroskopis identifikasi kayu daun lebar (IAWA). Analisis mutu serat kayu berdasarkan pada kelas mutu untuk pulp/kertas. Pengujian sifat kimia meliputi: kadar ekstraktif, kadar selulosa, kadar pentosan, kadar lignin, kadar abu, dan silika. Pengujian sifat fisis dan mekanik kayu mencakup: kadar air, berat jenis, kerapatan, penyusutan arah radial dan tangensial, keteguhan lentur pada batas proporsi dan batas patah, modulus elastisitas, keteguhan tekan sejajar serat, tegak lurus serat, geser sejajar serat, dan keteguhan pukul. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ciri utama struktur anatomi kayu wagha adalah memiliki tipe parenkim vaskisentrik, aliform dan konfluen. Komposisi sel penyusun jari-jarinya adalah seluruhnya sel baring, terdapat kristal prismatic, dinding serat sangat tebal dengan kualitas serat kelas II. Kayu wagha memiliki kadar selulosa dan ekstraktif tinggi; kadar lignin, abu dan silika sedang; serta pentosan rendah, sehingga kurang sesuai untuk bahan baku pulp ataupun bioetanol. Kelas kuat kayu wagha tergolong kelas II-I (kuat). Oleh karena itu kayu wagha cukup potensial digunakan sebagai kayu struktural/konstruksi untuk menyangga beban berat.

ABSTRACT

Wagha (*Archidendron jiringa* (Jack.) Nielsen) is a potential timber grown in Flores Island, East Nusa Tenggara (ENT). The research related to wood properties of wagha is less investigated compared to its bioactive compounds. Given the fact that local communities are using this species for constructions, this study aimed to determine the anatomical, chemical, physical and mechanical properties of wagha originated from Nangapanda Village, Ende, ENT. The analyses were carried out in the laboratory of the Forest Products Research and Development Center, Bogor. Identification of the structure of wood anatomy was based on the IAWA list of microscopic features for hardwood identification. Analysis of fibre quality was based on the quality of pulp/paper. The chemical properties analyses included the content of extractive cellulose, pentose lignin, ash, and silica. The physical and mechanical properties tested were: moisture content, specific gravity, density, shrinkage, bending strength at proportional limit and failure, modulus of elasticity, compression strength parallel and perpendicular to the grain, shear strength parallel to the grain, and impact strength. The results showed that the main characteristics of the anatomical structures of wagha were vasicentric, aliform, and confluent parenchyma; procumbent ray cells; the presence of prismatic crystals and very thick fibre walls with grade II. The cellulose and extractives content were high; the ash, lignin and silica contents were moderate; and pentose content was low therefore this wood is less suitable for both pulp and bioethanol. The wagha wood had the wood strength class of II-I. Hence, potentially, wagha wood is qualified for structural/construction wood for heavy loads.

*Corresponding author. Tel: +62380823357 Fax: +62380831068
E-mail address: heny.rianawati@gmail.com (H. Rianawati)



I. PENDAHULUAN

Masyarakat Ende, Flores, Nusa Tenggara Timur mengenal *Archidendron jiringa* (Jack.) Nielsen dengan sebutan wagha atau lebih dikenal dengan nama jengkol/djenkol/jering. *A. jiringa* (Jack.) Nielsen adalah sinonim dari *Pithecellobium jiringa* (Jack) Prain/*Zygia jiringa* (Jack) Kosterm/*Pithecellobium lobatum* Benth. (Soerianegara & Lemmens, 1993). Wagha termasuk sub famili Mimosaceae, anggota dari famili Fabaceae dan merupakan tanaman khas dari Asia Tenggara. Pohon ini dikenal juga di Malaysia dengan sebutan Jering/Jiring, Luk Nieng/Niang-Yai di Thailand, Tangyin di Myanmar dan Krakos di Kamboja (Bunawan *et al.*, 2013; Muslim & Majid, 2010; Sofyan *et al.*, 2018). Pohon wagha dapat tumbuh sampai dengan ketinggian 1.600 m dpl dan dapat mencapai tinggi 25 m pada tipe tanah berlempung ataupun tanah pasir dan kering (Lim, 2012).

Pohon ini memiliki banyak kegunaan, antara lain bijinya dapat dikonsumsi dan digemari bahkan dapat dijadikan tepung sebagai bahan makanan potensial. Daun dan tunas mudanya dapat dijadikan sayur. Namun pohon ini dapat menimbulkan aroma yang menyengat dan mengganggu bagi sebagian orang (Bunawan *et al.*, 2013; Lim, 2012; Lubis *et al.*, 2018; Muslim & Majid, 2010; Sridaran *et al.*, 2012). Wagha juga dikenal sebagai tanaman obat, yaitu sebagai obat diabetes, hipertensi, penyakit kulit, sakit gigi, dan diare (Bunawan *et al.*, 2013; Muslim *et al.*, 2012; Shukri *et al.*, 2011; Virounbounyapat *et al.*, 2012). Buah polongnya mengandung kadar antioksidan yang relatif tinggi dan merupakan sumber antioksidan alami yang potensial (Bunawan *et al.*, 2013; Cholisoh & Utami, 2008; Lubis *et al.*, 2018; Ratu *et al.*, 2019). Potensi medis lainnya dari wagha adalah sebagai obat anti kanker (Bunawan *et al.*, 2013; Muslim *et al.*, 2012), anti virus, dan anti bakteri (Bunawan *et al.*, 2013; Charungchitrak *et al.*, 2011; Hussin *et al.*, 2018). Selain itu, wagha juga dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati (Muslim & Majid, 2010), termisida/anti-rayap nabati (Affandi *et al.*, 2017), dan bahan pewarna alami (Lim, 2012; Masae, 2018; Sofyan *et al.*, 2018).

Kayu wagha umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku kerajinan tangan dan kayu bakar (Charungchitrak *et al.*, 2011; Lubis

et al., 2018). Selain itu, kayu wagha juga merupakan kayu substitusi bahan baku kapal tradisional yang komponennya sebagian besar terbuat dari kayu (Cahyana, 2014). Masyarakat Ende memanfaatkan kayu wagha sebagai konstruksi rumah atau bangunan dan termasuk kayu dengan nilai ekonomi tinggi.

Beberapa penelitian mengenai sifat dasar kayu jengkol yang telah dilakukan antara lain; struktur anatomi dan kualitas serat kayu jengkol spesies *Pithecellobium rosulatum* Kosterm yang berasal dari Banten (Rulliaty, 2013) dan penelitian mengenai sifat kimia dari spesies *Archidendron havilandii* dari Kalimantan (Yuniarti, 2011). Di sisi lain, informasi mengenai sifat dasar kayu wagha/jengkol spesies *A. jiringa* (Jack.) Nielsen belum tersedia secara lengkap. Informasi sifat kayu wagha masih terbatas pada kelas awetnya yaitu tergolong kayu yang tahan terhadap rayap tanah dan rayap kayu kering atau kelas awet II (Muslich & Rulliaty, 2016). Oleh karena itu, tulisan ini menyajikan informasi mengenai sifat anatomi, kimia, fisik dan mekanik kayu wagha. Tujuan studi ini adalah untuk memperoleh informasi tambahan terkait beberapa sifat dasar kayu wagha (*Archidendron jiringa* (Jack.) Nielsen.) asal Ende, NTT (anatomi, kimia, fisik, dan mekanik). Dengan demikian, potensi kayu ini dapat digunakan sesuai dengan karakteristik sifat dasar kayunya.

II. METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian

Sampel kayu wagha yang digunakan dalam pengujian berasal dari satu pohon wagha berdiameter ± 260 mm dan tinggi bebas cabang ± 7 m. Pengambilan kayu wagha dilakukan di Desa Nangapanda, Kecamatan Tenda Ondo, Kabupaten Ende, Nusa Tenggara Timur. Jenis tersebut telah diidentifikasi berdasarkan herbarium daun dari pohon wagha di kelompok peneliti Botani, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan (P3H), Bogor. Pengamatan struktur anatomi, pengujian sifat fisis mekanis, dan analisis kimia dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) Bogor, Jawa Barat. Penelitian dilakukan pada bulan Maret sampai Desember 2013.

B. Metode Penelitian

Penebangan pohon wagha dilakukan pada ketinggian 200 mm di atas permukaan tanah. Pohon yang telah ditebang kemudian dibagi lagi menjadi tiga dolok (bagian pangkal, tengah, dan ujung batang bebas cabang) masing-masing dengan panjang 2 m dan lempengan kayu dengan ketebalan masing-masing 100 mm. Selanjutnya, dari setiap dolok kayu dan lempengan kayu tersebut dibuat sampel kayu untuk masing-masing pengujian sifat kayu.

Lempengan kayu dengan ketebalan 100 mm digunakan sebagai sampel kayu untuk pengamatan sifat anatomi kayu dan pengujian sifat kimia kayu. Pengamatan struktur anatomi kayu dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis meliputi pengamatan: kekerasan, corak, tekstur, warna, kilap, kesan raba, dan bau (Martawijaya & Kartasujana, 1977) pada sampel kayu yang telah diketam permukaannya. Ciri mikroskopis diamati pada sayatan mikrotom yang telah diwarnai dengan safranin pada penampang melintang, radial, dan tangensial (Sass, 1961). Preparat maserasi dilakukan dengan metode Frankin (Rulliaty, 2013).

Pengamatan ciri mikroskopis kayu berdasarkan prosedur dari *International Association of Wood Anatomist (IAWA) Committee* (Wheeler et al., 2008). Ciri kuantitatif diamati pada 30 sel atau kurang per sampel (dengan jumlah tiga sampel yakni sampel kayu bagian pangkal, tengah dan ujung). Sampel dipilih secara acak dari beberapa cuplikan kayu teras yang diambil pada empat arah radial. Parameter yang

diamati meliputi: frekuensi pembuluh per mm², dimensi pembuluh, tebal dinding, tinggi jari-jari, frekuensi jari-jari, diameter serat, dan panjang serat. Tahap-tahap pengambilan sampel anatomi mengacu pada metode yang dilakukan oleh Rulliaty (2013). Penentuan kualitas serat mengacu pada kriteria yang ditetapkan oleh Departemen Pertanian (1976), dengan rumus sebagai berikut:

- Bilangan Runkel (*Runkel Ratio*)
= $2W/I$
- Daya tenun (*felting power*)
= L/d
- Muhlstep rasio (*Muhlstep ratio*)
= $((d^2 - I^2) : d^2) \times 100\%$
- Koefisien kekakuan (*coefficient of rigidity*)
= W/d
- Perbandingan fleksibilitas (*flexibility ratio*)
= I/d

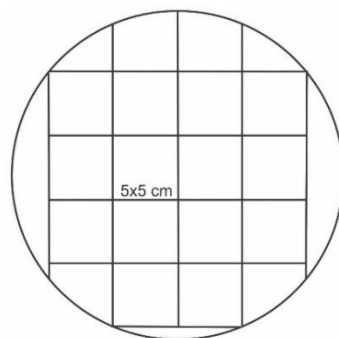
Keterangan

W: tebal dinding, I: diameter lumen,

d: diameter, L: panjang serat.

Metode pengujian sifat kimia kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: pengujian kadar selulosa dengan metode standar Norman dan Jenkins (Wise, 1994); kadar lignin mengacu ASTM D 1106-96 (1996a); kadar abu dengan ASTM D 1102-84 (2001); kadar zat ekstraktif kayu dengan ASTM D 1107-96 (1996b); kadar pentosan dengan TAPPI T 223-OS-71, dan kadar silika dengan TAPPI T 245-OS-70 (TAPPI, 1992).

Dolok kayu dibuat sampel kayu untuk pengujian sifat fisis mekanik berupa balok-balok kayu dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 2 m sesuai pola pada Gambar 1. Balok-balok kayu tersebut kemudian dibuat sampel untuk setiap parameter uji sifat fisis dan mekanisnya



Gambar 1. Ilustrasi pola penampang melintang batang untuk pengujian sifat fisis dan mekanik kayu wagha.

Figure 1. The illustration of cross-sectional pattern stem for testing the physical and mechanical properties of wagha wood.

dengan mengacu pada ASTM D 143-94 (2006) yang dimodifikasi sesuai dengan sampel dan mesin uji yang tersedia.

Sifat fisis kayu yang diuji meliputi kadar air, berat jenis dan penyusutan kayu dengan masing-masing menggunakan 19 ulangan. Ukuran sampel yang digunakan untuk uji kadar air dan berat jenis adalah 50 x 50 x 150 mm, sedangkan sampel untuk penyusutan kayu berukuran 25 x 100 x 25 mm.

Ukuran sampel kayu untuk uji sifat mekanis meliputi: sampel ukuran 50 x 50 x 760 mm untuk keteguhan pukul, keteguhan lentur pada batas proporsi, kekuatan lentur statis (MOR=*Modulus of Rupture*) dan modulus elastisitas (MOE=*Modulus of Elasticity*); keteguhan tekan sejajar serat 50 x 50 x 200 mm; keteguhan tegak lurus serat 50 x 50 x 150 mm, dan keteguhan geser sejajar serat 50 x 50 x 63 cm. Sampel kayu tersebut dibuat sebanyak lima ulangan untuk masing-masing sifat yang diuji.

C. Analisis Data

Data hasil pengamatan, perhitungan, dan pengukuran pengujian masing-masing sifat (struktur anatomi, sifat kimia dan sifat fisis mekanis) dikompilasi. Data lalu dianalisis secara deskriptif dan dinyatakan dalam nilai rata-rata dan standar deviasi.

III. HASIL PENELITIAN

A. Struktur Anatomi

Kayu wagha memiliki warna cokelat kemerahan untuk kayu teras dan kuning sampai cokelat pucat untuk kayu gubalnya. Kayu memiliki corak polos, tekstur agak kasar sampai kasar dan merata dengan arah serat lurus, sedikit berpadu atau bergelombang. Kayu wagha termasuk kayu agak keras sampai keras dengan kesan raba yang kesat, permukaan yang terlihat kusam, dan tidak berbau khusus.

Tabel 1. Sifat anatomi kayu wagha (*Archidendron jiringa* (Jack.) Nielsen)

Table 1. Anatomical characteristics of wagha (*Archidendron jiringa* (Jack.) Nielsen) wood

Kode penciri* (Identifier code)*	Ciri-ciri anatomi (Anatomical characteristic features)
2	Batas lingkaran tumbuh tidak jelas (<i>Growth ring boundaries indistinct</i>)
5	Porositas baur (<i>diffuse-porous</i>)
9	Pengelompokan pembuluh hampir seluruhnya soliter (<i>Vessels exclusively solitary</i>)
13	Bidang perforasi sederhana (<i>Simple perforation plates</i>)
22	Ceruk antar pembuluh selang-seling (<i>Intervessel pits alternate</i>)
25	Ukuran ceruk antar pembuluh kecil, 4-7 µm (<i>Small intervessel pit size, 4-7 µm</i>)
30	Percerukan pembuluh dengan jari-jari dengan halaman yang jelas, serupa dalam ukuran dan bentuk dengan ceruk antar pembuluh (<i>Ray pits with distinct borders; similar to intervessel pits in size and shape throughout the ray cell</i>)
42	Rata-rata diameter lumen pembuluh 100-200 µm (<i>Mean tangential diameter of vessel lamina, 100-200 µm</i>)
46	Frekuensi pembuluh 5 atau kurang per mm ² (<i>≤ 5 vessels per mm²</i>)
62	Jaringan serat dasar dengan ceruk berhalaman yang jelas (<i>Fibres with distinctly bordered pits</i>)
66	Serat tanpa bersekat dijumpai (<i>Non septate fibres present</i>)
70	Dinding serat tipis sangat tebal (<i>Fibres very thick-walled</i>)
73	Rata-rata panjang serat ≥ 1600 µm (<i>Mean fibre lengths ≥ 1600 µm</i>)
76	Parenkim aksial apotrakea tersebar (<i>Axial parenchyma diffuse</i>)
77	Parenkim aksial apotrakea tersebar dalam kelompok (<i>Axial parenchyma diffuse in aggregates</i>)
79	Parenkim aksial paratrakea vasisentrik (<i>Axial parenchyma vasicentric</i>)
80	Parenkim aksial paratrakea aliform (<i>Axial parenchyma aliform</i>)
83	Parenkim aksial paratrakea konfluen (<i>Axial parenchyma confluent</i>)
89	Parenkim pita marginal atau tampaknya marjinal (<i>Axial parenchyma in marginal or in seemingly marginal bands</i>)
94	Tipe sel parenkim aksial lebih dari 8 sel per untai (<i>Over 8 cells per parenchyma strand</i>)
96	lebar jari-jari seluruhnya 1 seri (<i>Rays exclusively uniseriate</i>)
104	Komposisi sel jari-jari seluruhnya sel baring (<i>All rays cells procumbent</i>)
116	Frekuensi jari-jari ≥ 12 per mm (<i>≥ 12 rays per mm</i>)
136	Kristal prisma dijumpai (<i>Prismatic crystals present</i>)
143	Kristal prisma dalam parenkim aksial dalam serat (<i>Prismatic crystals in fibres</i>)

Keterangan (Remarks):

*Kode penciri berdasarkan daftar ciri mikroskopis identifikasi kayu daun lebar (IAWA) (Wheeler et al., 2008).

*Identifier code based on the list of microscopic features for hardwood identification (IAWA) (Wheeler et al., 2008).

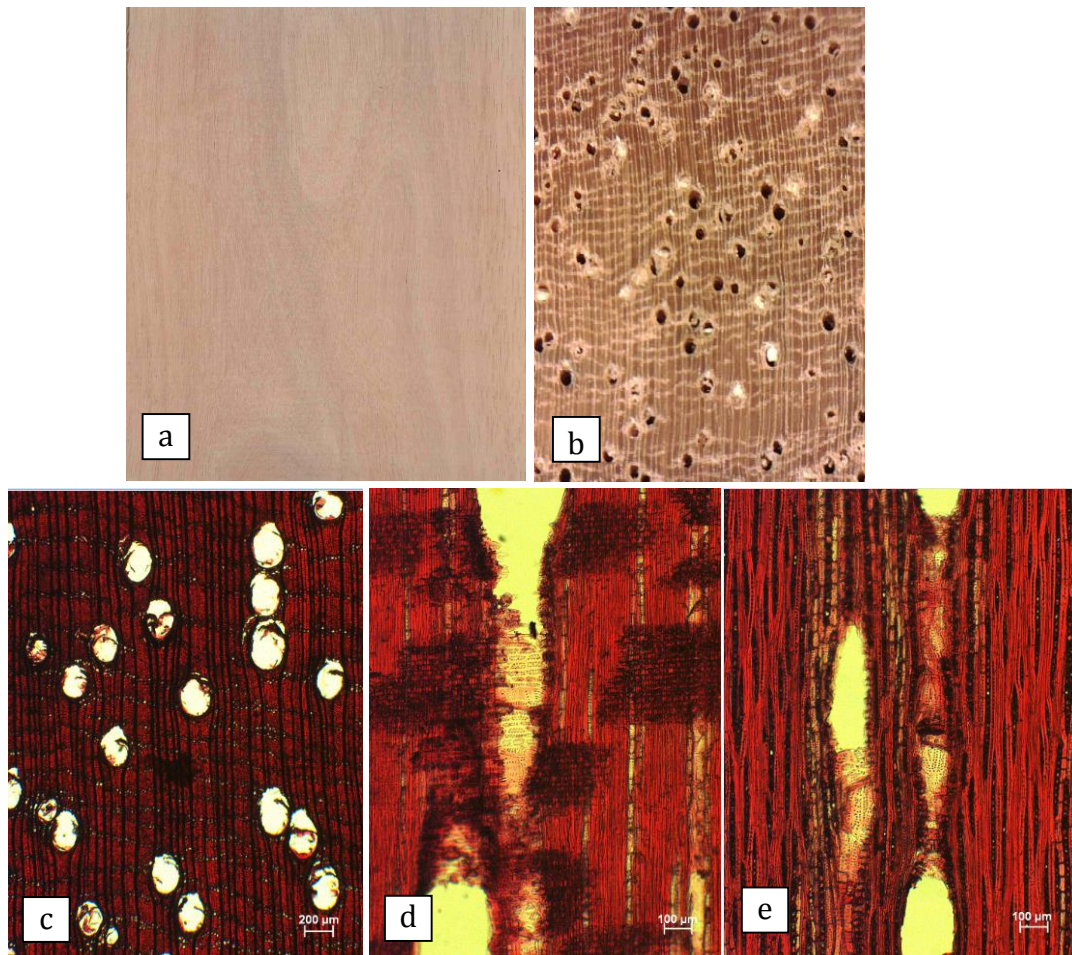
Berdasarkan pengamatan sifat mikroskopis, kayu wagha mempunyai ciri-ciri seperti ditampilkan pada Tabel 1. Adapun untuk penampakan anatomi kayu wagha disajikan pada Gambar 2.

Hasil pengukuran dimensi serat dan perhitungan dimensi serat kayu wagha berdasarkan Rachman & Siagian (1976) disajikan pada Tabel 2. Kayu wagha memiliki serat panjang (ciri 73) yaitu rata-rata $2.217 \pm 216,83 \mu\text{m}$ dengan dinding serat tebal ($4,98 \pm 0,76 \mu\text{m}$), diameter serat ($24,35 \pm 2,96 \mu\text{m}$) dan diameter lumen ($14,40 \pm 2,59 \mu\text{m}$) yang relatif kecil. Kayu wagha memiliki nilai daya tenun yang tinggi yaitu $91,86 \pm 16,27$ (kelas mutu I/sangat baik). Nilai Bilangan *Runkel*, *Muhlsteph ratio* dan *Flexibility ratio* serat kayu wagha termasuk dalam kelas mutu

III (cukup baik), yaitu berturut-turut adalah $0,72 \pm 0,18$; $64,99 \pm 6,56$ dan $0,59 \pm 0,06$. Koefisien kekakuan/*coefficient of rigidity* serat kayu wagha adalah $0,20 \pm 0,03$ dan dikategorikan dalam kelas kualitas IV/kurang baik. Berdasarkan berhitungannya, kayu wagha termasuk dan nilai turunannya, kayu wagha termasuk dalam Kelas Mutu II dengan nilai skor 375.

B. Sifat Kimia

Komponen kimia kayu yang diamati dalam penelitian ini adalah kadar selulosa, lignin, pentosan, zat ekstraktif dan abu. Hasil analisis sifat kimia kayu wagha yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan parameter sifat kimia kayu berdasarkan Departemen Pertanian (1976) (Tabel 3).



Gambar 2. Struktur anatomi wagha (*Archidendron jiringa* (Jack.) Nelson): penampang tangensial makroskopis (a), penampang melintang makroskopis (b), penampang melintang mikroskopis (c), penampang radial (d), dan penampang tangensial (e).

Figure 2. Anatomical structure of wagha (*Archidendron jiringa* (Jack.) Nelson): tangential surface macroscopically (a), transversal section macroscopically (b), transversal section microscopically (c), radial section (d), and tangential section (e).

Tabel 2. Kualitas serat kayu wagha (*Archidendron jiringa* (Jack.) Nielsen)
Table 2. Fiber quality of wagha (*Archidendron jiringa* (Jack.) Nielsen) wood

Parameter (Parameters)	Rata-rata±SD* (Average±SD*)	Jumlah ulangan (Replications)	Nilai (Score)	Kualitas serat (Fiber quality)
Panjang serat (Fiber length, μm)	2.217±216,83	90	100	
Diameter (Diameter, μm)	24,35±2,96	45		
Lumen (Lumen, μm)	14,40±2,59	45		
Tebal dinding (Cell wall thickness, μm)	4,98±0,76	45		Kelas II/Baik,
Bilangan Runkel (Runkel ratio)	0,72±0,18	45	50	nilai total 375
Daya Tenun (Felting power)	91,86±16,27	45	100	(Class II /Good,
Perbandingan fleksibilitas (Flexibility ratio)	0,59±0,06	45	50	total score: 375)
Perbandingan Muhlsteph (Muhlsteph ratio)	64,99±6,56	45	50	
Koefisien kekakuan (Coefficient of rigidity)	0,20±0,03	45	25	

Keterangan (Remarks):

*SD: Standar deviasi (Standard deviation)

Kayu wagha memiliki kadar pentosan yang tergolong rendah (16,17%); kandungan lignin (30,66%), abu (3,06%) dan silika (2,20%) tergolong sedang; dan kandungan selulosa yang tergolong tinggi (55,86%). Kadar ekstraktif kayu wagha pada kisaran sedang-tinggi. Kelarutan dalam air dingin adalah 2,8% (sedang). Kelarutan dalam air panas (4,15%), alkohol benzena (4,64%) dan NaOH 1% (15,05%) tergolong tinggi.

C. Sifat Fisis dan Mekanik

Kayu wagha tergolong kayu berat karena memiliki kerapatan rata-rata 0,90±0,06 g/cm³ dalam kondisi kering udara; berat jenis rata-rata kering tanur dalam kondisi volume basah (0,73±0,05) dan volume kering angin (0,78±0,05). Hasil pengujian ciri fisis dan mekanis kayu wagha disajikan pada Tabel 4.

Hasil pengujian penyusutan kayu arah tangensial (T) dan radial (R) dari kondisi basah sampai kering udara dan dari basah ke kering tanur, menunjukkan bahwa

penyusutan kayu wagha tergolong berat. Berdasarkan nilai rata-rata penyusutan kayu wagha dalam kondisi basah ke kering udara arah tangensial (T) dan radial (R), nilai T/R rasio kayu wagha adalah 2,12. Sedangkan nilai T/R rasio kayu wagha dari keadaan basah ke kering oven adalah 1,77.

Pengujian sifat mekanik pada penelitian ini dalam keadaan kering udara. Sifat-sifat mekanik diperlukan untuk mengetahui kekuatan kayu, terlebih untuk jenis-jenis kayu konstruksi. Menurut SNI 03-3527-1994 (SNI, 1994) tentang syarat mutu dan ukuran kayu bangunan, terdapat enam kriteria dalam penentuan kelas kuat kayu yaitu rata-rata berat jenis kayu dan lima sifat mekanik kayu yang meliputi: rata-rata nilai modulus elastisitas, keteguhan lentur pada batas patah, keteguhan tekan sejajar serat, keteguhan tegak lurus serat dan keteguhan geser sejajar serat. Berdasarkan nilai ke-6 parameter tersebut, berat jenis kayu wagha yang tergolong tinggi (0,60-0,90 (kelas II)); nilai

Tabel 3. Hasil pengujian sifat kimia kayu wagha
Table 3. Chemical properties analysis of wagha wood

Komponen kimia (Chemical component)	Kadar (Content) %	Kelas komponen* (Component class)* %
Selulosa (Cellulose)	55,86	>45 Tinggi (High)
Pentosan (Pentose)	16,17	<21 Rendah (Low)
Lignin (Lignin)	30,66	18-33 Sedang (Moderate)
Kelarutan dalam alkohol-benzena 1:2 (Solubility in alcohol-benzene 1:2)	4,64	>4 Tinggi (High)
Kelarutan dalam air dingin (Solubility in cold water)	2,80	2-4 Sedang (Moderate)
Kelarutan dalam air panas (Solubility in hot water)	4,15	>4 Tinggi (High)
Kelarutan dalam NaOH 1% (Solubility in NaOH 1 %)	15,05	>4 Tinggi (High)
Abu (Ash)	3,06	0,2-6 Sedang (Moderate)
Silika (Silicate)	2,20	0,2-6 Sedang (Moderate)

*Sumber (Source): Departemen Pertanian, 1976 (Agriculture Department, 1976)

Tabel 4. Sifat fisis dan mekanis kayu wagha
Table 4. Physical and mechanical properties of wagha wood

Parameter (Parameters)	Satuan (Unit)	Nilai rata-rata ± SD* (Average±SD*)
Sifat Fisis (Physical properties)		
Kadar air basah (<i>Wet moisture content</i>)	%	43,35±12,32
Kadar air kering udara (<i>Air dry moisture content</i>)	%	15,77±0,4
Berat jenis kering udara (<i>Nominal green specific gravity</i>)	-	0,78±0,05
Berat jenis kering tanur (<i>Air dry specific gravity</i>)	-	0,73±0,05
Kerapatan (<i>Density</i>)	g/cm ³	0,90±0,06
Penyusutan dari basah ke kering udara (<i>Shrinkage from green to air dry</i>)		
- Tangensial (<i>Tangential</i>)	%	3,86±1,3
- Radial (<i>Radial</i>)	%	1,82±0,03
Penyusutan dari basah ke kering tanur (<i>Shrinkage from air dry to oven dry</i>)		
- Tangensial (<i>Tangential</i>)	%	9,65±2,28
- Radial (<i>Radial</i>)	%	5,45±1,4
Sifat Mekanis (Mechanical properties)		
Keteguhan lentur pada batas proporsi (<i>Bending strength at proporsional limit</i>)	kg/cm ²	697,18±86,21
Keteguhan lentur pada batas patah (<i>Bending strength at failure</i>), MOR (<i>Modulus of Rupture</i>)	kg/cm ²	1.029,21±181,61
Modulus elastisitas (<i>Modulus of elasticity</i>)	kg/cm ²	115.857±17.874,46
Keteguhan tekan sejajar serat (<i>Compression strength parallel to the grain</i>)	kg/cm ²	561,67±35,20
Keteguhan tekan tegak lurus serat (<i>Compression strength perpendicular to the grain</i>)	kg/cm ²	224,90±16,18
Keteguhan geser sejajar serat (<i>Shear strength parallel to the grain</i>)	kg/cm ²	100,86±19,06
Keteguhan pukul (<i>Impact strength</i>)	kg/cm ²	53,73±8,74

Keterangan (Remarks):

*SD: Standar Deviasi; 19 ulangan untuk masing-masing sifat fisis; 5 ulangan untuk masing-masing sifat mekanis.

*SD: Standard Deviation; 19 replications for physical properties; 5 replications for mechanical properties

modulus elastisitas tinggi (112.000-161.000 kg/cm² (kelas II)); nilai keteguhan lentur pada batas patah/MOR tinggi (725-1.100 kg/cm² (kelas II)); nilai keteguhan tekan sejajar tinggi (425-650 kg/cm² (kelas II)); nilai keteguhan tegak lurus serat sangat tinggi (>171 kg/cm² (kelas I)); dan juga nilai keteguhan geser sejajar serat sangat tinggi (>93 kg/cm² (kelas I)), maka kayu wagha digolongkan dalam kelas kuat II-I (kuat).

IV. PEMBAHASAN

Hasil pengujian struktur anatomi, sifat kimia, fisis dan mekanis kayu wagha dapat dijadikan sebagai dasar untuk mengetahui potensi pemanfaatannya, seperti untuk bahan baku pulp, bioetanol, dan kayu konstruksi/pertukangan. Kesesuaian suatu jenis kayu untuk dijadikan bahan baku pulp dapat dilihat dari berat jenis (sifat fisis), struktur anatomi terutama kualitas serat (pengukuran dimensi serat dan nilai turunannya) dan sifat kimianya. Sifat kimia juga menjadi dasar dalam memprediksi kesesuaian kayu sebagai bahan baku bioetanol. Di sisi lain, kesesuaian kayu untuk kayu konstruksi ringan sampai berat

didasarkan pada kekuatan kayunya. Penentuan kelas kuat kayu berdasarkan uji sifat fisis mekanis kayu yang dipengaruhi oleh struktur anatomi dan kandungan kimianya.

Dalam memprediksi kegunaan kayu sebagai pulp, dimensi serat dan nilai turunannya menjadi variabel penting untuk menduga sifat pulp yang dihasilkan, selain berat jenis dan sifat kimianya. Haygreen *et al.* (1989) menyatakan bahwa terdapat dua ciri utama yang mempengaruhi sifat kertas yaitu: dinding serat dan panjang serat. Jenis kayu yang mempunyai serat tebal diprediksi akan menghasilkan kertas dengan kekuatan tarik dan jebol yang rendah tetapi memiliki ketahanan sobek yang tinggi. Kayu dengan serat yang panjang akan menghasilkan kekuatan sobek tinggi. Kayu wagha memiliki serat panjang dengan dinding serat tebal, tetapi diameter serat dan diameter lumennya kecil.

Serat yang panjang dan diameter serat yang relatif kecil pada kayu wagha menghasilkan nilai daya tenun (*Felting power*) yang tinggi. Hal ini menunjukkan sifat kertas yang dihasilkan cenderung lentur atau kekuatan sobeknya tinggi (kelas mutu I/kuat)

karena panjang serat merupakan faktor penting dalam menjalin ikatan antar serat (Haygreen *et al.*, 1989; Syafii & Siregar, 2006). Akan tetapi karena serat kayu waghera berinding tebal dengan diameter lumen yang relatif kecil, maka nilai Bilangan *Runkel* yang diperoleh relatif besar (kelas mutu III). Semakin kecil nilai *Runkel ratio* (≤ 1) semakin baik kualitas pulp yang dihasilkan karena serat akan mudah dipipihkan dalam pembuatan lembaran pulp (Haygreen *et al.*, 1989; Rulliaty, 2013; Syafii & Siregar, 2006).

Selain nilai bilangan *Runkel*, nilai *Muhlsteph ratio* dan *Flexibility ratio* serat kayu waghera juga termasuk dalam kelas mutu III (sedang). Semakin kecil *Muhlsteph ratio* semakin baik kerapatan lembaran pulp, sehingga menghasilkan lembaran kertas yang halus, kuat dan plastis (Frianto & Rojidin, 2014). Plastis artinya saat diremas tidak robek (Kasmudjo, 1994). Kayu waghera memiliki nilai *Flexibility ratio* serat yang cukup baik yaitu diperkirakan akan menghasilkan kertas dengan kekuatan retak, tarik, dan sobek yang sedang. Semakin besar nilai *Flexibility ratio*, semakin fleksibel (Trisiana *et al.*, 2016). Di sisi lain, nilai *Coefficient of rigidity* kayu waghera tergolong kelas mutu IV (kurang baik) sehingga dapat mempengaruhi kekuatan sobek, lipat dan jebol kertas. Berdasarkan hasil pengukuran dimensi serat dan nilai turunannya, serat kayu waghera digolongkan dalam kelas mutu II (baik).

Hasil pengujian kandungan kimia menunjukkan bahwa kayu waghera memiliki kadar selulosa yang tinggi. Kadar selulosa tinggi mengindikasikan kayu tersebut cocok digunakan sebagai bahan baku pembuatan pulp karena semakin tinggi kadar selulosa semakin tinggi rendemen pulp yang dihasilkan (Lempang, 2014; Syafii & Siregar, 2006). Akan tetapi, kayu waghera memiliki kadar lignin sedang. Kadar lignin yang dikehendaki dalam pembuatan pulp adalah yang rendah karena semakin rendah kadar lignin, maka semakin mudah agen hidrolisis (zat kimia) menembus selulosa (Lempang, 2014; Pasaribu *et al.*, 2007; Sukanandi *et al.*, 2014; Syafii & Siregar, 2006).

Setelah mengetahui kandungan selulosa dan lignin, sifat dasar kimia kayu yang juga dipertimbangkan untuk pembuatan pulp adalah kadar zat ekstraktif. Kadar zat ekstraktif kayu waghera tergolong sedang untuk

kelarutan dalam air dingin dan tergolong tinggi untuk kelarutan dalam air panas, alkohol benzena dan NaOH 1%. Komponen yang terlarut dalam air dingin adalah karbohidrat, gum, tanin dan pigmen. Kelarutan dalam air panas merupakan komponen yang larut dalam air dingin dan pati. Di sisi lain, komponen minyak, lemak dan resin terlarut dalam alkohol-benzena (Pari, 1996; Pasaribu *et al.*, 2007; Sukanandi *et al.*, 2014). Komponen yang larut dalam NaOH 1% diduga merupakan komponen gula rantai pendek dari gula zat ekstraktif dan hemiselulosa (Yunanta *et al.*, 2014). Kelarutan dalam NaOH 1% merupakan petunjuk terjadinya perombakan selulosa atau kerusakan kayu yang diakibatkan oleh panas, oksidasi, cahaya, dan jamur (Lempang, 2014; 2016). Kadar kelarutan dalam NaOH 1% yang semakin tinggi menggambarkan semakin tingginya tingkat kerusakan kayu sehingga akan menurunkan rendemen pulp. Pada pembuatan pulp, semakin tinggi kadar ekstraktif kayu berpengaruh terhadap semakin tingginya kebutuhan bahan kimia dalam proses pembuatannya dan menyebabkan bintik-bintik pada lembaran kertas/*pitch-problem* (Frianto & Rojidin, 2014; Syafii & Siregar, 2006). Kayu waghera juga mempunyai kandungan abu yang tergolong sedang. Kadar abu mempengaruhi kualitas kertas yang dihasilkan dimana kadar abu yang tinggi akan menurunkan kualitas kertas. Selain itu, berat jenis kayu waghera tergolong tinggi, dimana berat jenis kayu berkorelasi negatif dengan kualitas produk serat/produk yang memerlukan proses polimerasi.

Dua faktor yang dapat mempengaruhi mutu kayu sebagai bahan baku pulp adalah umur dan jenis pohon (Siagian & Komarayati, 1998). Hasil pengujian kandungan kimia kayu waghera tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya mengenai kandungan kimia kayu pada genus yang sama (*Archidendron*) yaitu spesies *Achidendron havilandii* yang berasal dari Kalimantan Selatan (Yuniarti, 2013). Keduanya mempunyai kandungan lignin dan kadar abu yang sedang. Adapun kandungan selulosa kayu *A. havilandii* lebih rendah (tergolong kelas sedang) dibandingkan kandungan selulosa kayu waghera yang tergolong tinggi. Kandungan zat ekstraktif kayu *A. havilandii* juga rendah, sedangkan kandungan zat

ekstraktif kayu wagha berada pada kisaran sedang sampai tinggi. Lebih lanjut penelitian tersebut menunjukkan bahwa *A. havilandii* kurang sesuai dimanfaatkan sebagai bahan baku pulp. Kayu wagha juga kurang sesuai sebagai bahan baku pulp/kertas atau produk turunan serat. Meskipun kualitas seratnya tergolong kelas II (baik), akan tetapi memiliki berat jenis dan kandungan bahan ekstraktif yang tergolong tinggi serta kandungan lignin sedang, hal tersebut tidak diharapkan dalam pembuatan pulp (Frianto & Rojidin, 2014).

Hasil pengujian kandungan kimia kayu juga dapat digunakan untuk memprediksi potensi suatu jenis kayu sebagai bahan baku bioetanol. Berdasarkan sifat kimianya, jenis kayu yang cocok digunakan sebagai bahan baku bioetanol adalah kayu yang mempunyai kadar selulosa, pentosa dan kelarutan dalam NaOH 1% yang tinggi; sedangkan kadar lignin, abu, kelarutan dalam alkohol benzena, kelarutan dalam air panas dan air dingin tergolong rendah (Sokanandi et al., 2014). Kayu wagha memiliki kadar selulosa dan terlarut NaOH 1% tergolong tinggi yang merupakan syarat yang diharapkan dalam proses pembuatan bioetanol. Kadar kelarutan dalam NaOH 1% tinggi akan mempercepat proses pembuatan bioetanol terutama proses hidrolisis dan mempercepat aktivitas enzim (Sokanandi et al., 2014). Akan tetapi kayu wagha memiliki kandungan pentosan rendah; kandungan silika, lignin, dan abu sedang; kelarutan dalam alkohol benzena, air dingin, dan air panas tinggi. Sifat-sifat tersebut sangat tidak diharapkan dalam proses pembuatan bioetanol karena akan menurunkan kualitas hasil akhirnya (Sokanandi et al., 2014). Semakin tinggi kadar lignin akan mempersulit agen hidrolisis menembus selulosa, seperti halnya pada proses pembuatan pulp (Lempang, 2014; Pasaribu et al., 2007; Sokanandi et al., 2014; Syafii & Siregar, 2006). Begitu juga dengan komponen abu yang merupakan zat pengotor pada konversi bioetanol (Sokanandi et al., 2014). Kadar kelarutan dalam alkohol benzena, air dingin dan air panas yang tinggi dapat menghambat kinerja enzim pada proses hidrolisis dan menurunkan kinerja mikroorganisme pada proses fermentasi dalam pembuatan bioetanol (Sokanandi et al., 2014). Oleh karena itu, berdasarkan sifat kimia yang

dimilikinya, kayu wagha kurang cocok digunakan sebagai bahan baku bioetanol.

Pengujian sifat kimia kayu wagha (*Archidendron jiringa* atau *Pithecellobium jiringa*) ini menunjukkan hasil yang sedikit berbeda dengan penelitian sebelumnya pada kayu jengkol spesies *Pithecellobium rosulatum* Kosterm (Sokanandi et al., 2014). Meskipun kedua jenis kayu tersebut memiliki kandungan selulosa dan keterlarutan terhadap NaOH 1% tinggi, akan tetapi kayu *P. rosulatum* memiliki kandungan abu, silika dan keterlarutan dalam alkohol benzena yang rendah. Oleh karena itu, kayu *P. rosulatum* Kosterm lebih prospektif untuk dikembangkan sebagai bahan baku bioetanol (Sokanandi et al., 2014).

Kayu wagha kurang sesuai untuk dijadikan pulp dan bahan baku bioetanol, namun berdasarkan struktur anatomi, sifat kimia, serta fisis dan mekanisnya, kayu wagha sesuai untuk dijadikan kayu konstruksi/pertukangan. Kayu wagha mempunyai kerapatan yang tergolong tinggi. Kerapatan dipengaruhi oleh diameter dan jumlah sel pembuluh, tebal dinding serat dan jumlah sel parenkim (Lempang, 2014). Meskipun kayu wagha mempunyai diameter sel pembuluh yang relatif besar (100-200 μm), tetapi jumlah sel pembuluh yang relatif sedikit (≤ 5 per mm^2) dan memiliki sel parenkim yang sangat banyak/rapat (> 8 sel/untai), serta serat yang berdinding tebal (4,98 μm), sehingga kerapatan kayu wagha tinggi. Berat jenis kayu wagha juga tergolong tinggi dimana berat jenis berkorelasi positif dengan kekuatan kayu.

Dilihat dari sifat kimianya, kayu wagha memiliki kandungan selulosa dan zat ekstraktif yang tinggi serta kadar lignin sedang. Keberadaan selulosa dapat menentukan kegunaan kayu untuk konstruksi/pertukangan (Lempang, 2016). Begitu juga dengan keberadaan lignin yang tinggi cocok untuk tujuan konstruksi. Lignin adalah zat yang keras, kaku, lengket, dan mudah teroksidasi, sehingga dapat meningkatkan kekuatan/kekerasan kayu. Adapun kadar zat ekstraktif berpengaruh terhadap sifat perekatan, keawetan dan pigmen/warna. Kayu yang diperuntukkan untuk konstruksi bangunan hendaknya memiliki kandungan bahan ekstraktif $> 3\%$ dan kayu wagha memenuhi persyaratan ini.

Sifat kimia kayu wagha menunjukkan kesesuaian untuk dijadikan kayu bangunan/pertukangan, begitu pula dengan sifat fisis dan mekanis kayu wagha. Berdasarkan SNI 03-3527-1994 (SNI, 1994) tentang syarat mutu dan ukuran kayu bangunan, kayu wagha termasuk kelas kuat II-I. Kayu wagha memiliki nilai T/R rasio dalam kondisi basah ke kering udara yang lebih dari 2, hal tersebut menunjukkan bahwa kayu wagha termasuk kayu yang kurang stabil sehingga dalam proses pengeringan secara alami (keadaan basah ke keadaan kering udara) harus dilakukan dengan kehati-hatian untuk menghindari cacat bentuk (Basri *et al.*, 2005; Basri & Rulliaty, 2008). Tetapi nilai T/R rasio dalam kondisi basah ke kering oven kurang dari 2 sehingga proses pengeringan dengan oven (kering tanur) aman untuk kayu wagha.

Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut, maka kayu wagha lebih cocok dimanfaatkan sebagai kayu struktural yang dapat menyangga beban berat seperti: tiang rumah, atap, kusen, lantai, daun pintu, panel, dinding, dan sambungan pasak, dibandingkan sebagai bahan baku pulp dan produk turunan serat ataupun bioetanol. Oleh karena itu, pemanfaatan kayu wagha oleh masyarakat Ende telah sesuai dengan sifat anatomi, kimia dan fisis mekanik yang dimiliki kayu wagha. Meskipun demikian, kelemahan kayu wagha sebagai kayu bangunan adalah kandungan silika yang lebih dari 0,3% akan mempercepat proses penumpukan bilah mata gergaji (Lempang, 2016; Pasaribu *et al.*, 2007).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan sifat anatomi, kimia, fisis dan mekanis yang dimilikinya, kayu wagha (*A. jiringa* (Jack.) Nielsen.) merupakan salah satu kayu potensial yang dapat digunakan untuk menggantikan kayu-kayu komersial dalam konstruksi bangunan. Kayu wagha digolongkan dalam kelas kuat II-I (Kuat). Kayu dengan kelas kuat ini memiliki potensi digunakan sebagai kayu konstruksi bangunan karena dapat menyangga beban berat. Beberapa parameter lain dalam kayu wagha yaitu kandungan pentosan rendah serta kandungan silika, lignin, dan abu sedang

membuat kayu wagha kurang cocok untuk dijadikan pulp ataupun bioetanol.

B. Saran

Diperlukan pengujian lebih lanjut mengenai sifat permesinan/pengerjaan, sifat keawetan dan sifat pengeringan kayu wagha untuk mengetahui ragam potensi pemanfaatannya. Dengan demikian, diharapkan kayu wagha dapat memberikan manfaat dan nilai tambah bagi masyarakat lokal misalnya sebagai bahan baku industri mebel, vinir dan produk kayu lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Litbang Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kupang yang telah mendanai penelitian ini pada tahun anggaran 2013. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Gervas dan tim dari Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Ende, masyarakat Desa Nangapanda, Kecamatan Tenda Ondo, Kabupaten Ende, dan Oskar Oematan STP, M.Si yang telah membantu dalam pengambilan sampel pohon wagha. Ucapan terima kasih juga kami tujukan kepada para peneliti dan teknisi di laboratorium anatomi, fisis mekanik dan kimia kayu Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor, Jawa Barat, atas bantuannya dalam pengujian dan analisis sifat anatomi, fisis mekanik dan kimia kayu wagha.

KONTRIBUSI PENULIS

Para penulis dalam artikel ini berkontribusi sama sebagai kontributor utama dalam penelitian maupun penulisan.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki hubungan keuangan atau pribadi yang mungkin secara tidak wajar mempengaruhinya dalam menulis artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, Z., Sulaeman, R., & Budiani, E. S. (2017). Potensi Ekstrak Kulit Buah Jengkol (*Pithecellobium Lobatum* Benth.) Sebagai Termitisida Nabati Pada Kayu Pulai (*Alstonia Scholaris* L.). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Pertanian*, 4(2), 1-11.

- ASTM, D. (1996a). 1106-96" *Standard Test Method for acid-insoluble lignin in wood*," American Society for Testing and Materials.
- ASTM, D. (1996b). 1107-96". *Standard test method for ethanol-toluene solubility of wood*," American Society for Testing and Materials.
- ASTM, D. (2001). 1102-84". *Standard test method for ash solubility of wood*," American Society for Testing and Materials.
- ASTM, D. (2006). 143-94". *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber1*", ASTM Standards, USA.
- Basri, E., Hadjib, N., & Saefudin, S. (2005). Basic Properties in Relation to Drying Properties of Three Wood Species from Indonesia. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 2(1), 49-56.
- Basri, E., & Rulliaty, S. (2008). Pengaruh sifat fisik dan anatomi terhadap sifat pengeringan enam jenis kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 26(3), 253-262.
- Bunawan, H., Dusik, L., Bunawan, S. N., & Amin, N. M. (2013). Botany, traditional uses, phytochemistry and pharmacology of Archidendron jiringa: A review. *Global Journal of Pharmacology*, 7(4), 474-478.
- Cahyana, B. T. (2014). Retensi dalam Pengawetan Kayu Kurang Dikenal untuk Bahan Baku Kapal Tradisional. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 6(2), 23-30.
- Charungchitrak, S., Petsom, A., Sangvanich, P., & Karnchanatat, A. (2011). Antifungal and antibacterial activities of lectin from the seeds of Archidendron jiringa Nielsen. *Food chemistry*, 126(3), 1025-1032.
- Cholisoh, Z., & Utami, W. (2008). Aktivitas Penangkap Radikal Ekstrak Ethanol 70% Biji Jengkol (Archidendron jiringa). *PHARMACON*, 9(1), 33-40.
- Departemen Pertanian. (1976). *Vedemecum Kehutanan Indonesia*. Jakarta: Balai Penyelidikan Kehutanan.
- Frianto, D., & Rojidin, A. (2014). *Morfologi Serat dan Sifat Fisis-Kimia Kayu Sesendok sebagai Alternatif Bahan Baku Pulp*. Paper presented at the Seminar Nasional MAPEKI XVII, Medan. 11 November 2014.
- Haygreen, J. G., Bowyer, J. L., & Hadikusumo, S. A. (1989). *Hasil hutan dan ilmu kayu: suatu pengantar*: Gadjah Mada University Press.
- Hussin, Z. M., Osman, N. A., Harun, A., & Daud, S. (2018). Phytochemical and Antimicrobial Evaluation of *Pithecellobium jiringa* Stem Barks Extracts. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 22(1), 123-127.
- Kasmudjo. (1994). *Cara-cara Penentuan Proporsi Tipe Sel dan Dimensi Sel Kayu*. Yogyakarta: Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.
- Lempang, M. (2014). Sifat dasar dan potensi kegunaan kayu jabon merah. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 3(2), 163-175.
- Lempang, M. (2016). Basic Properties and Potential Uses of Saling-saling Wood. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 5(1), 79-90.
- Lim, T. (2012). Archidendron jiringa *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants* (pp. 544-548): Springer.
- Lubis, M. Y., Siburian, R., Marpaung, L., Simanjuntak, P., & Nasution, M. P. (2018). Methyl Gallate From Jiringa (Archidendron jiringa) and Antioxidant Activity. *Asian J Pharm Clin Res*, 11(1), 346-350.
- Martawijaya, A., & Kartasujana, I. (1977). *Ciri umum, sifat dan kegunaan jenis-jenis kayu Indonesia*. (Publikasi khusus No. 41). Bogor: Lembaga Penelitian Hasil Hutan.
- Masae, M. (2018). Silk fabrics Dyed with Archidendron jiringa pod-the Application of Color and UV Protective Properties. *Journal of Materials Science and Applied Energy*, 7(1), 254-259.
- Muslich, M., & Rulliaty, S. (2016). Ketahanan 45 Jenis Kayu Indonesia Terhadap Rayap Kayu Kering dan Rayap Tanah. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 34(1), 51-59.
- Muslim, N., & Majid, A. M. S. A. (2010). Pithecellobium jiringa: a traditional medicinal herb. *Webmed Central Complementary Medicine*, 1(12), 1-4.
- Muslim, N. S., Nassar, Z. D., Aisha, A. F., Shafaei, A., Idris, N., Majid, A., & Ismail, Z. (2012). Antiangiogenesis and antioxidant activity of ethanol extracts of Pithecellobium jiringa. *BMC complementary and alternative medicine*, 12(1), 210.
- Pari, G. (1996). Analisis komponen kimia dari kayu sengon dan kayu karet pada beberapa macam umur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 14(8), 321-327.
- Pasaribu, G., Sipayung, B., & Pari, G. (2007). Analisis komponen kimia empat jenis kayu asal Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 25(4), 327-333.
- Rachman, A. N., & Siagian, R. M. (1976). *Dimensi serat jenis kayu Indonesia*. Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Ratu, A. P., Nunang, P. P. L., & Slamet, S. (2019). Aktifitas Antioksidan Ekstrak Kulit Daging Buah Jengkol (*Archidendron pauciflorum*) dengan Perendam Radikal Bebas DPPH. *The*

- 9th University Research Colloquium (Urecol), 9(1), 250-256.
- Rulliaty, S. (2013). Struktur anatomi dan kualitas serat lima jenis kayu andalan setempat asal Carita Banten. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(4), 283-294.
- Sass, J. (1961). *Botanical microtechnique*. 3rd: Ames, IA: The Iowa State University Press.
- Shukri, R., Mohamed, S., Mustapha, N. M., & Hamid, A. A. (2011). Evaluating the toxic and beneficial effects of jering beans (Archidendron jiringa) in normal and diabetic rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(14), 2697-2706.
- Siagian, R. M., & Komarayati, S. (1998). Pengaruh Umur Terhadap Komposisi Kimia Kayu Gmelina Arborea Roxb. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 15(6), 395-404.
- Soerianegara, I., & Lemmens, R. H. M. J. (1993). Plant resources of southeast Asia. No. 5 (1). *Timber Trees: Major Commercial Timbers*, 384-391.
- Sofyan, S., Failisnur, F., & Silfia, S. (2018). The effect of type and method of mordant towards cotton fabric dyeing quality using jengkol (Archidendron jiringa) pod waste. *Jurnal Litbang Industri*, 8(1), 1-9.
- Sokanandi, A., Pari, G., Setiawan, D., & Saepuloh, S. (2014). Komponen Kimia Sepuluh Jenis Kayu Kurang Dikenal: Kemungkinan Penggunaan Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32(3), 209-220.
- Sridaran, A., Karim, A. A., & Bhat, R. (2012). Pithecellobium jiringa legume flour for potential food applications: Studies on their physico-chemical and functional properties. *Food chemistry*, 130(3), 528-535.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (1994). *Syarat Mutu dan Ukuran Kayu Bangunan*. (SNI 03-3527-1994). Badan Standarisasi Nasional
- Syafii, W., & Siregar, I. Z. (2006). Sifat Kimia dan Dimensi Serat Kayu Mangium (Acacia mangium Willd.) dari Tiga Provenans. Chemical Properties and Fiber Dimension of Acacia mangium Willd. from Three Provenances. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 4(1), 28-32.
- TAPPI. (1992). *TAPPI Test Method*. Georgia: TAPPI Press. Atlanta
- Trisiana, L., Maideliza, T. M., & Mayerni, R. M. (2016). Kualitas serat lima klon tanaman rami (Boehmeria nivea L. GAUD). *EKSAKTA*, 1, 8-16.
- Virounbounyapat, P., Karnchanatat, A., & Sangvanich, P. (2012). An alpha-glucosidase inhibitory activity of thermostable lectin protein from Archidendron jiringa Nielsen seeds. *African Journal of Biotechnology*, 11(42), 10026-10040.
- Wheeler, E., Baas, P., & Gasson, P. (2008). Identifikasi Kayu: Ciri Mikroskopik 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*.
- Wise, E. L. (1944). *Wood Chemistry*. New York: Renhold Publishing Corporation.
- Yunanta, R. R. K., Lukmandaru, G., & Fernandes, A. (2014). Sifat kimia dari kayu Shorea retusa, Shorea macroptera, dan Shorea macrophylla. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 8(1), 15-24.
- Yuniarti, Y. (2011). Sifat Kimia Tiga Jenis Kayu Rakyat. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 3(1), 24-28.