



Struktur Anatomi Kayu Tembaga (*Shorea leprosula* Miq.) pada PT. Dwima Jaya Utama (Anatomical Structure of Meranti Tembaga (*Shorea leprosula* Miq.) at PT. Dwima Jaya Utama)

Herwin Joni^{1,2*}, Wahyudi¹, Sosilawaty¹, Mahdi Santoso¹, Hendra Toni¹, Antonius Triyadi¹, Yusuf Aguswan¹

¹ Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya

² Program Studi Ilmu Lingkunga, Program Pascasarjana Universitas Palangka Raya

* Corresponding Author: herwinjoni038@gmail.com

Article History

Received : May 11, 2024

Revised : May 25, 2024

Approved : May 26, 2024

Keywords:

silin engineering plants, anatomy of wood,
Meranti Tembaga, intensive silviculture

© 2024 Authors

Published by the Department of Forestry,
Faculty of Agriculture, Palangka Raya
University. This article is openly accessible
under the license:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Sejarah Artikel

Diterima : 11 Mei, 2024

Direvisi : 25 Mei, 2024

Disetujui : 30 Mei, 2024

Kata Kunci:

Rekayasa tumbuhan silin, anatomi kayu,
meranti tembaga, silvikultur intensif

© 2024 Penulis

Diterbitkan oleh Jurusan Kehutanan, Fakultas
Pertanian, Universitas Palangka Raya.
Artikel ini dapat diakses secara terbuka di
bawah lisensi:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ABSTRACT

This study analyzes the quality of meranti tembaga wood from natural forests with a maximum diameter of 50 cm as a material for the timber management industry. Furthermore, the study also examined the quality of Meranti Tembaga wood (*Shorea leprosula* Miq.) from silin engineering plants with diameters of 28 cm, 36 cm, 43 cm, and 51 cm. This study also examines the diversification of the use of Meranti Tembaga wood from silin engineering plants to explore the potential applications of this wood in various industries. Meranti Tembaga wood samples were taken from natural forests and plantation forests (intensive silviculture/silin) of PBPH PT Dwimajaya Utama, Central Kalimantan. Furthermore, wood anatomy testing was carried out at the Forest Products Technology Laboratory, Gadjah Mada University. The quality of Meranti Tembaga wood from natural forests with a minimum diameter of 50 cm for the wood processing industry was studied. The results of the analysis of the quality of Meranti Tembaga wood from Silin engineering plants showed significant variations based on diameter. For a diameter of 28 cm, the cell wall thickness is 1.675 and the lumen diameter is 22.752. For a diameter of 36 cm, the cell wall thickness is 1.633 and the lumen diameter is 20.739. For a diameter of 43 cm, the cell wall thickness is 1.592 and the lumen diameter is 2.268. For a diameter of 51 cm, the cell wall thickness is 1.738 and the lumen diameter is 21.066.

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis kualitas kayu meranti tembaga dari hutan alam dengan diameter maksimum 50 cm sebagai bahan untuk industri pengelolaan kayu. Selanjutnya, penelitian ini juga mengkaji kualitas kayu meranti tembaga (*Shorea leprosula* Miq.) dari tanaman rekayasa silin dengan diameter 28 cm, 36 cm, 43 cm, dan 51 cm. Penelitian ini juga meneliti diversifikasi penggunaan kayu meranti tembaga dari tanaman rekayasa silin untuk mengeksplorasi potensi aplikasi kayu ini di berbagai industri. Sampel kayu meranti tembaga diambil dari hutan alam dan hutan tanaman (silvikultur intensif/silin) PBPH PT Dwimajaya Utama, Kalimantan Tengah. Selanjutnya, pengujian anatomi kayu dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Universitas Gadjah Mada. Kualitas kayu meranti tembaga dari hutan alam dengan diameter minimum 50 cm untuk industri pengolahan kayu telah dipelajari. Hasil analisis kualitas kayu meranti tembaga dari tanaman rekayasa silin menunjukkan variasi yang signifikan berdasarkan diameter. Untuk diameter 28 cm, ketebalan dinding sel adalah 1,675 dan diameter lumen adalah 22,752. Untuk diameter 36 cm, ketebalan dinding sel adalah 1,633 dan diameter lumen adalah 20,739. Untuk diameter 43 cm, ketebalan dinding sel adalah 1,592 dan diameter lumen adalah 2,268. Untuk diameter 51 cm, ketebalan dinding sel adalah 1,738 dan diameter lumen adalah 21,066.

1. Pendahuluan

Tingkat pemakaian kayu di Indonesia cukup tinggi. Pada 2019, kebutuhan bahan baku kayu untuk industri mencapai 50 juta m³/tahun (BPS, 2019). Hutan alam produksi

diandalkan untuk memenuhi kebutuhan ini melalui pengelolaan dengan sistem PBPH dan silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI). Namun, selama lebih dari 30 tahun, sistem ini tidak mampu menjamin

kesinambungan produksi. Sejak 2001, produksi kayu bulat nasional turun dari 26 juta m³/tahun menjadi 6-7 juta m³/tahun, dengan produktivitas hutan menurun drastis (KLHK, 2020).

Berbagai solusi telah dilakukan untuk mengatasi masalah ini, termasuk penerapan Sistem Tebang Pilih Tanam Jalur (1998) dan uji coba TPTI Intensif (2005) yang berkembang menjadi Teknik Silvikultur Intensif (Silin) pada 2018. Teknik Silin menggunakan pola jalur dan rumpang, serta menekankan rekayasa lingkungan, bibit unggul, dan pengelolaan OPT. Jenis yang direkomendasikan antara lain *Shorea leprosula* dan *Shorea parvifolia*. Teknik Silin mampu meningkatkan produksi kayu bulat hingga 400 m³/ha (Soekotjo, 2009), jauh lebih tinggi dibandingkan TPTI yang hanya 20-45 m³/ha (Wahyudi, 2011).

Sejak 1973, pohon berdiameter >50 cm dipanen, namun sejak 2021, batas diameter diturunkan menjadi 40 cm dengan siklus tebang 30 tahun. Dengan Silin, siklus tebang bisa bervariasi dari 10 hingga 30 tahun (Permen LHK no. P.8/2021, Perdirjen BPK. No. P.9/2009). Kementerian LHK berupaya meningkatkan produktivitas hutan melalui teknik Silin, yang memungkinkan panen meranti berdiameter mulai 20 cm. Penelitian ini akan menguji kualitas kayu meranti yang dihasilkan dari teknik Silin dengan diameter 28 cm, 36 cm, 43 cm dan 51 cm.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kualitas kayu meranti tembaga dari hutan alam dengan limit diameter 50 cm yang digunakan sebagai bahan penghara industri pengelola kayu.
2. Menganalisis kualitas kayu meranti tembaga dari tanaman teknik Silin dengan diameter 28 cm, 36 cm, 43 cm, dan 51 cm.
3. Menganalisis diversifikasi penggunaan kayu meranti tembaga dari tanaman teknik Silin.

2. Metode Penelitian

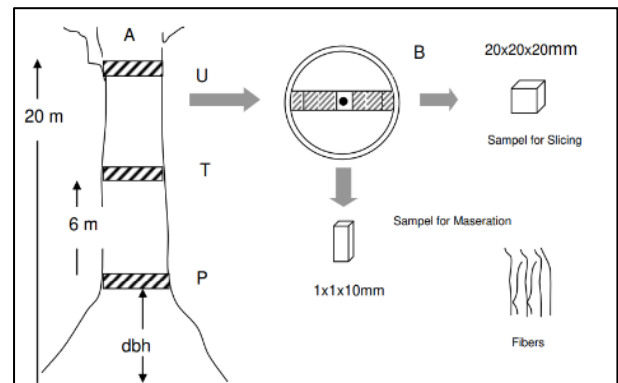
2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa kegiatan dari bulan November 2023 sampai

dengan Januari 2024. Analisis anatomi kayu dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

2.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah kayu Meranti Tembaga yang berasal dari PT Dwimajaya Utama yang memiliki luas areal kerja ± 127.300 ha yang terletak di Kelompok Hutan S. Hiran – S. Kahayan di Desa Manggu Kecamatan Sanaman Mantikei Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah. Secara geografis terletak pada koordinat 00°50'16" LS-01°08'55" LS dan 112°39'11" BT-113°35'00" BT. Alat yang digunakan adalah mikrotom untuk mengiris contoh uji pada pembuatan preparat dan mikroskop digital Olympus Dp 70 Seri BX 51 yang terhubung dengan Komputer dan program Image Pro Plus V 4.5 untuk mengukur dimensi serat. Prosedur ekstraksi contoh uji dari pohon Meranti Tembaga dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Metode Ekstraksi Contoh Uji

2.3. Prodesur Penelitian

2.3.1. Dimensi Serat

Pembuatan contoh serat dilakukan dengan maserasi metoda Schulze. Dimensi serat yang akan diteliti, meliputi panjang serat diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding sel. Jumlah serat yang diukur untuk masing-masing contoh uji sebanyak 25 buah. Panjang serat, diameter serat, diameter lumen, diukur di bawah mikroskop, sedangkan tebal dinding sel diperoleh melalui perhitungan selisih diameter serat dan diameter lumen

dibagi dua dan dikonversikan dalam satuan mikron.

2.3.2. Pembuatan Preparat Tipis

Contoh uji untuk pengamatan anatomi kayu berukuran 2 x 2 x 2 cm direbus sampai lunak ± 1 jam, kemudian dengan menggunakan mikrotom dibuat sayatan setebal ± 30 mikron pada penampang melintang, tangensial, dan radial. Sayatan kayu yang dihasilkan direndam dalam alkohol 50 % dan siap untuk diukur. Untuk struktur anatomi kayu, parameter yang diukur persentase serabut, pembuluh, jari-jari, dan parenkim aksial.

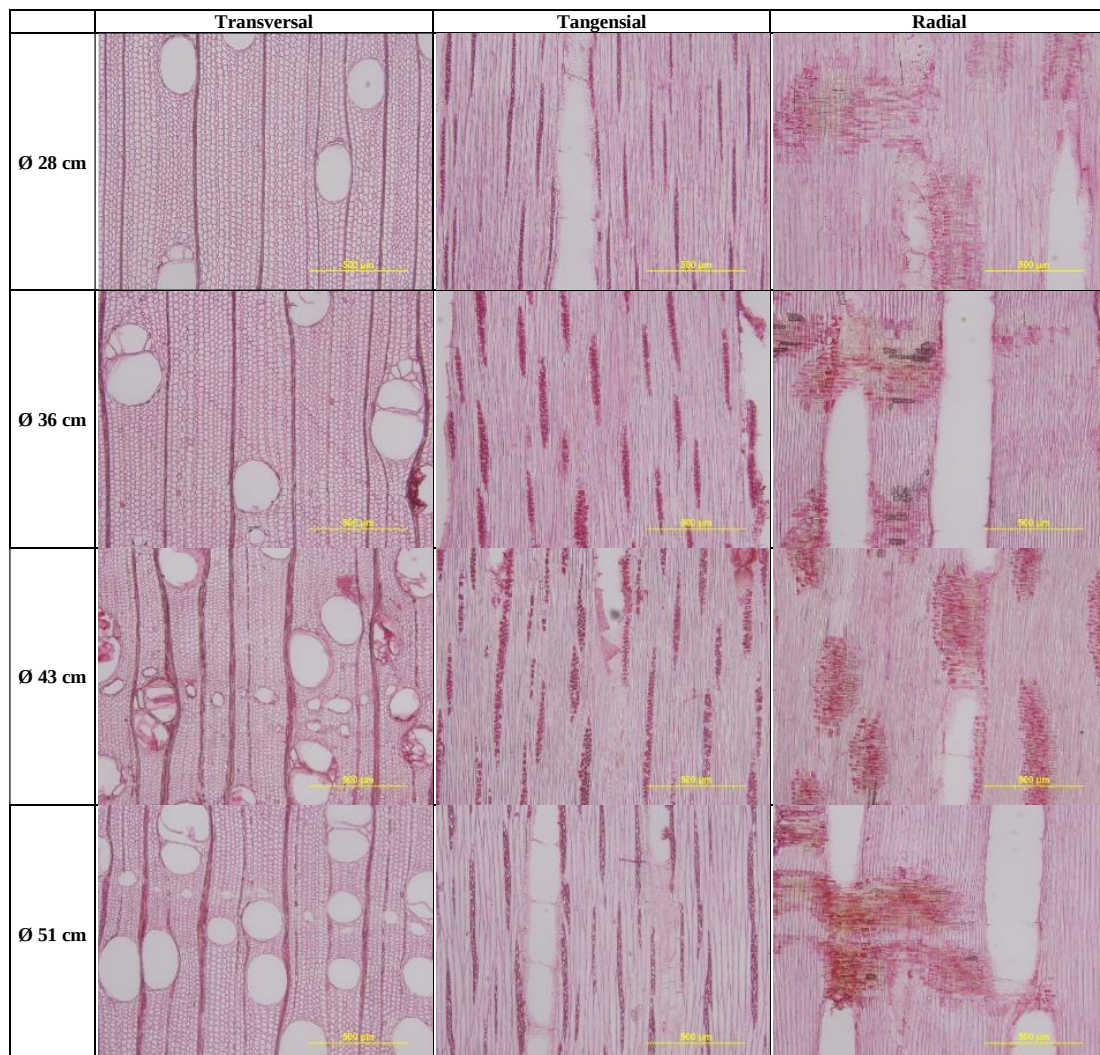
2.4. Analisa Data

Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan 2x4 yang disusun

dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) perinciannya sebagai berikut:

1. Faktor A, asal pohon meranti tembaga terdiri dari 2 tingkat yaitu A1=Hutan Tanaman Silin dan A2=Hutan Alam
2. Faktor B, diameter pohon terdiri dari 4 tingkat yaitu B1= diameter 28 cm, B2= diameter 36 cm, B3= diameter 43 cm, dan B4=diameter 53 cm

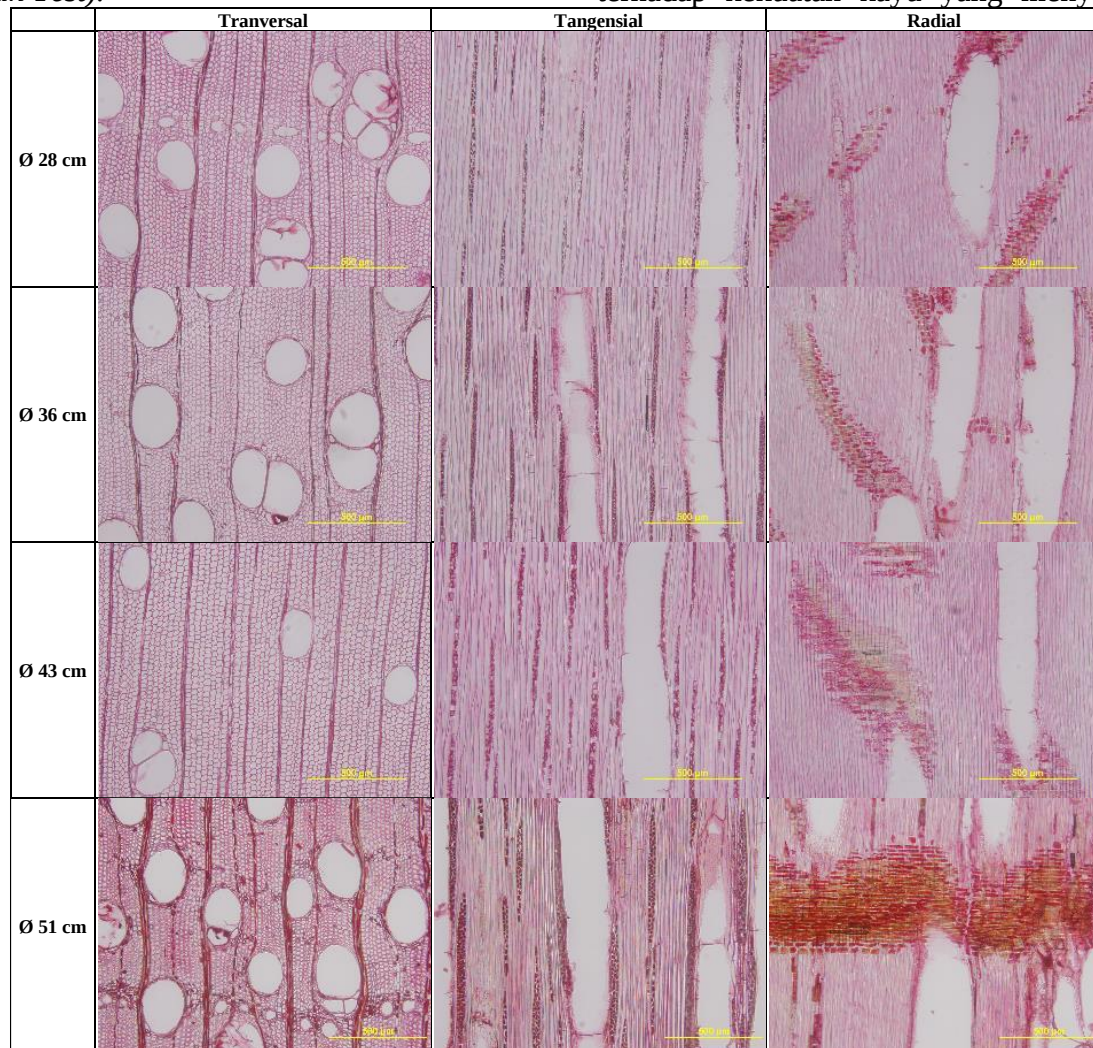
Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 24-unit percobaan. Data disajikan dalam bentuk histogram dengan nilai rata-rata dan standar deviasi. Data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (*analysis of variants*), jika terdapat pengaruh perlakuan dan kombinasi perlakuan yang berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan



Gambar 2. Struktur Anatomi Kayu Meranti Tembaga (*Shorea leprosula* Miq.) dari Hutan Tanaman Silin

uji lanjut Duncan Multiple Range Test/ DMRT (*Duncan Test*).

peningkatan jumlah serabut memiliki peran terhadap kekuatan kayu yang menyebabkan



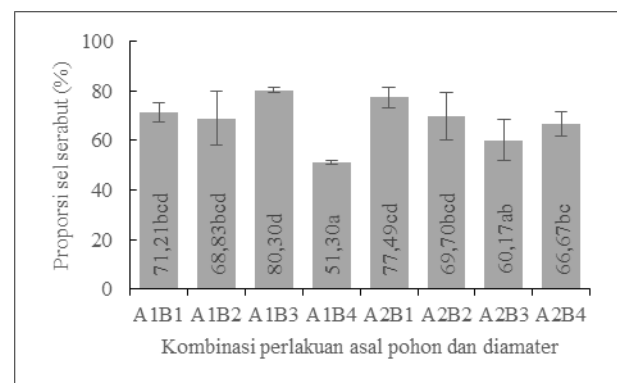
Gambar 3. Struktur Anatomi Kayu Meranti Tembaga (*Shorea leprosula* Miq.) dari Hutan Alam

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Proporsi Sel Serabut

Berdasarkan **Gambar 4** diketahui bahwa nilai rerata proporsi sel serabut pada kayu silin berkisar 51,30–80,30% dengan nilai rerata total 67,91%, dan pada kayu alam berkisar 60,17–77,49%, dengan nilai rerata total 68,50%. Nilai proporsi sel serabut pada kayu silin lebih rendah dari kayu alam. Proporsi sel serabut sangat penting terutama untuk mengetahui kemungkinan kayu apabila digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas. Semakin besar proporsi sel serabut akan meningkatkan rendemen kayu jika digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas, sedangkan

cocok digunakan sebagai bahan konstruksi (Marsoem, 2007).



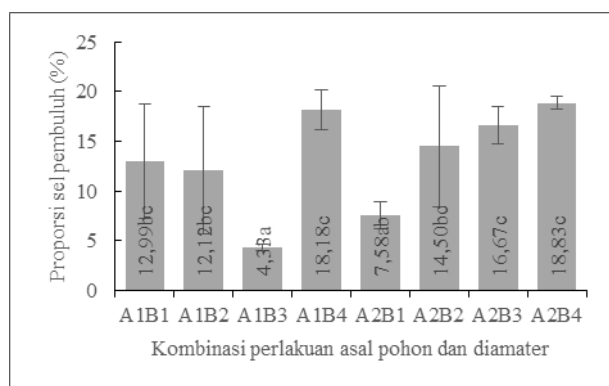
Gambar 4. Rata-rata proporsi sel serabut kayu meranti tembaga. Error bars mepresentasikan standar deviasi.

Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda pada taraf uji 95%.

Hasil analisis varian pada proporsi sel serabut kayu Meranti Tembaga menunjukkan bahwa interaksi berpengaruh sangat nyata pada taraf signifikansi 1%. Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa pada diameter pohon 51 cm yang berasal dari hutan tanaman silin menunjukkan nilai proporsi sel serabut yang paling rendah jika dibandingkan dengan semua kombinasi antara diameter pohon dan asal pohon yang lain. Hal ini terjadi karena pertumbuhan kayu inti pada pohon meranti merah berlangsung lebih lambat dibandingkan dengan penambahan diameter kayu setiap tahunnya (Praptoyo, 2011).

3.2. Proporsi Sel Pembuluh

Berdasarkan **Gambar 5** dapat diketahui bahwa nilai rerata proporsi sel pembuluh pada kayu silin berkisar 4,33–18,18%, dengan nilai rerata total 11,90%, dan pada kayu hutan alam berkisar pada 7,58–18,83% dengan nilai rerata total 14,39%. Proporsi sel pembuluh dalam kayu alam menunjukkan variasi, sementara pada kayu silin, presentase sel pembuluh meningkat seiring dengan bertambahnya diameter kayu. Banyaknya ikatan pembuluh di bagian pangkal menyebabkan pangkal mengandung lebih banyak air, karena ruang sel pembuluh yang luas memungkinkan pangkal menampung lebih banyak air (Manuhuwa & Loiwtu, 2015).

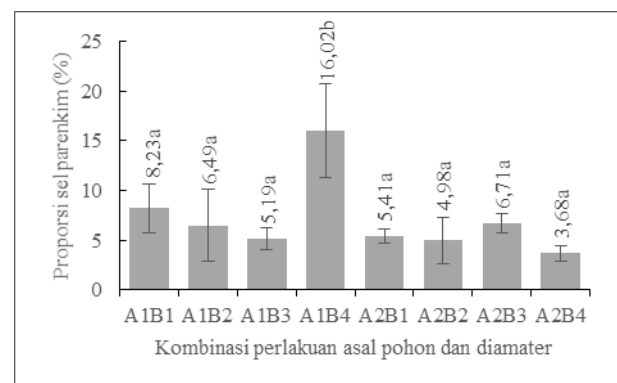


Gambar 5. Nilai rata-rata proporsi sel pembuluh kayu meranti tembaga. Error bars mepresentasikan standar deviasi. Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda pada taraf uji 95%.

Hasil analisis varian pada proporsi sel pembuluh kayu Meranti Tembaga menunjukkan bahwa interaksi berpengaruh sangat nyata pada taraf signifikansi 1%. Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa pada diameter pohon 43 cm yang berasal dari hutan tanaman silin menunjukkan nilai proporsi sel pembuluh yang paling rendah jika dibandingkan dengan semua kombinasi antara diameter pohon dan asal pohon yang lain. Hal ini terjadi karena volume sel pembuluh dalam kayu ditetapkan oleh jumlah dan ukuran sel-selnya, dengan volumenya meningkat saat bergerak dari pusat kayu menuju ke arah kulit kayu pada penampang (Jourez *et al.*, 2001).

3.3. Proporsi Sel Parenkim

Berdasarkan **Gambar 6** diketahui bahwa nilai proporsi parenkim pada kayu silin berkisar 5,19–16,02%, dengan nilai rerata total 8,98%. Sedangkan pada kayu hutan alam berkisar 3,68–6,71% dengan nilai rerata total 5,19%. Proporsi sel parenkim kayu pada kayu alam dan Silin yang diamati dalam penelitian ini secara relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai sel parenkim kayu meranti merah (*Shorea parvifolia*) yang tumbuh di hutan tanaman PT. Sari Bumi Kusuma di Kalimantan Tengah, dengan nilai sebesar 13,63% (Praptoyo, 2011). Proporsi parenkim ini lebih rendah jika dibandingkan dengan pernyataan oleh Biermann (1996) yang menyatakan bahwa kayu daun lebar memiliki proporsi parenkim berkisar antara 10-35%.



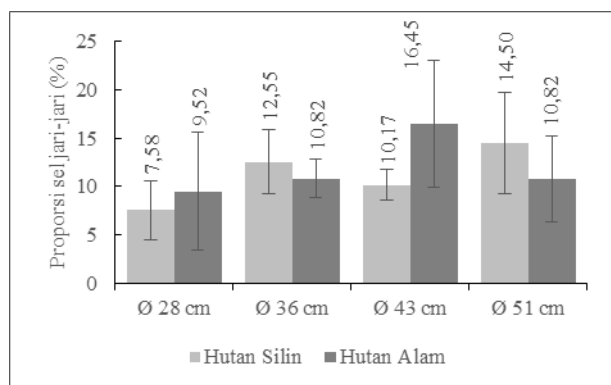
Gambar 6. Nilai rata-rata proporsi sel parenkim kayu meranti tembaga. Error bars mepresentasikan standar

deviasi. Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda pada taraf uji 95%.

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa interaksi berpengaruh sangat nyata pada taraf signifikansi 1%. Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa pada diameter pohon 51 cm yang berasal dari hutan tanaman silin menunjukkan nilai proporsi sel parenkim yang paling tinggi jika dibandingkan dengan semua kombinasi antara diameter pohon dan asal pohon yang lain. Proporsi parenkim kayu meranti Tembaga menunjukkan adanya keseragaman dari diameter yang kecil hingga besar.

3.4. Proporsi Sel Jari-Jari

Berdasarkan **Gambar 7** diketahui bahwa nilai proporsi sel jari-jari pada kayu silin berkisar 7,58–14,50%, dengan nilai rerata total 11,20%, dan pada kayu hutan alam berkisar 9,52–16,45% dengan nilai rerata total 11,90%. Presentase sel jari-jari kayu pada kayu alam dan Silin yang diamati dalam penelitian ini relatif lebih rendah apabila dibandingkan dengan nilai sel jari-jari kayu meranti merah (*Shorea parvifolia*) yang tumbuh di hutan tanaman PT. Sari Bumi Kusuma di Kalimantan Tengah, dengan nilai sebesar 15,42% (Praptoyo & Ali, 2012).



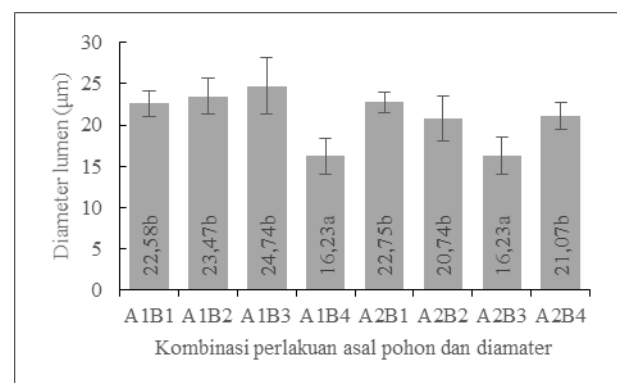
Gambar 7. Nilai rata-rata proporsi sel jari-jari kayu meranti tembaga. *Error bars* mepresentasikan standar deviasi.

Hasil analisis varian menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh antara ukuran diameter pohon dan asal pohon terhadap proporsi sel jari-jari. **Gambar 7** menunjukkan

bahwa hanya pada diameter pohon 28 cm yang berasal dari hutan tanaman silin dengan diameter pohon 43 yang berasal dari hutan tanaman yang berbeda mutlak, sedangkan perlakuan lainnya secara umum tidak ditemukan perbedaan yang kontras. Proporsi parenkim kayu meranti Tembaga menunjukkan adanya keseragaman dari diameter yang kecil hingga besar.

3.5. Diameter Lumen

Berdasarkan **Gambar 8** diketahui bahwa nilai rerata diameter lumen pada kayu silin berkisar 16,23–24,74 μm dengan nilai rerata total 21,76 μm , pada kayu hutan alam berkisar antara 16,23–22,75 μm dengan nilai rerata total 20,20 μm . Nilai diameter lumen pada kayu silin berkisar 14,298 – 23,580 μm dengan nilai rerata total 18,939 μm . Nilai rata-rata diameter lumen pada kayu silin hasil penelitian ini lebih rendah dari kayu meranti merah (*Shorea parvifolia*) hasil penelitian Praptoyo & Ali (2012) dengan nilai 19,07 μm . Nilai rata-rata diameter lumen pada kayu alam hasil penelitian ini lebih tinggi dari hasil penelitian yaitu Praptoyo (2011) dengan nilai 17,48 μm , ini disebabkan oleh perbedaan lokasi pertumbuhan serta praktek silvikultur yang beragam (Praptoyo, 2011). Nilai rata-rata diameter lumen kayu alam secara signifikan lebih tinggi daripada kayu silin.



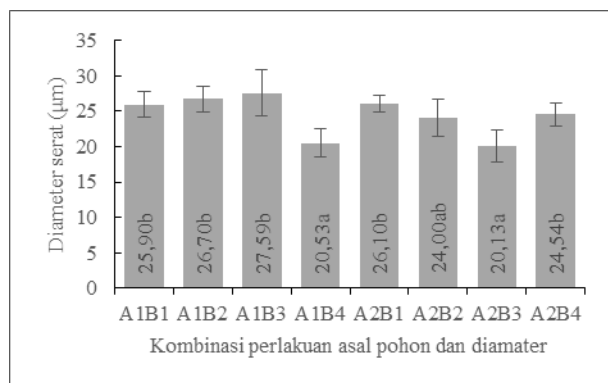
Gambar 8. Nilai rata-rata diameter lumen kayu meranti tembaga. *Error bars* mepresentasikan standar deviasi. Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda pada taraf uji 95%.

Hasil analisis varian pada diameter lumen kayu Meranti Tembaga menunjukkan bahwa interaksi berpengaruh sangat nyata pada taraf signifikansi 1 %. Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa diameter lumen pada pohon berdiameter 51 cm dari hutan silin dan diameter pohon 43 dari hutan alam menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Diameter lumen di dekat permukaan pada sebagian besar kayu yang membentuk kayu gubal terdiri dari sel-sel yang masih hidup dan terus aktif berkembang, sehingga diameter ini cenderung meningkat seiring waktu (Kehutanan *et al.*, 2024).

3.6. Diameter Serat

Pada **Gambar 9** dapat diketahui bahwa nilai rerata diameter serat kayu hutan silin berkisar 20,53–27,59 μm dengan nilai rerata total 27,18 μm , pada hutan alam berkisar antara 20,13–26,10 μm dengan nilai rerata total 23,69 μm . Berdasarkan klasifikasi oleh klasifikasi Klemm (1929) dalam Casey (1960), maka dapat dikatakan bahwa kayu meranti tembaga secara umum termasuk diameter serat dengan kategori sedang (25–40 μm).

Besar kecilnya diameter lumen sangat berpengaruh terhadap kualitas pulp dan kertas. Hal ini seperti yang dikatakan, bahwa mudah tidaknya serat itu dipipihkan agar menghasilkan kertas yang berkekuatan tinggi dan halus, serat dengan diameter besar dan lumen besar baik untuk kertas (Suprptono, 1987).



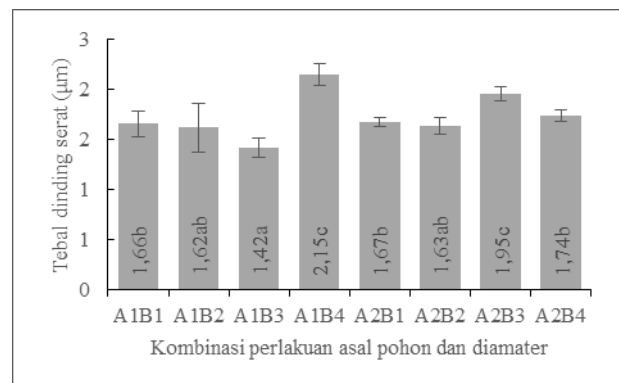
Gambar 9. Nilai rata-rata diameter serat kayu meranti tembaga. Error bars mepresentasikan standar deviasi.

Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda pada taraf uji 95%.

Hasil analisis varian pada diameter serat kayu Meranti Tembaga menunjukkan bahwa pada interaksi berpengaruh sangat nyata pada taraf signifikansi 1%. Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa pada diameter pohon 51 cm dari hutan silin dan diameter pohon 43 dari hutan alam menunjukkan nilai diameter serat yang lebih rendah dibandingkan dengan pohon dengan diameter dan sumber asal pohon lainnya.

3.7. Tebal Dinding Sel

Berdasarkan **Gambar 10** diketahui bahwa nilai rerata tebal dinding sel pada kayu silin berkisar 1,42–2,15 μm dengan nilai rerata total 1,71 μm , pada kayu hutan alam berkisar 1,63–1,95 μm dengan nilai rerata total 1,75 μm . Nilai tebal dinding sel pada kayu silin secara signifikan lebih tinggi daripada kayu alam.



Gambar 10. Nilai rata-rata tebal dinding sel kayu meranti tembaga. Error bars mepresentasikan standar deviasi. Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda pada taraf uji 95%.

Hasil analisis varian pada tebal dinding sel Meranti Tembaga menunjukkan bahwa pada interaksi berpengaruh sangat nyata pada taraf signifikansi 1%. Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa pada diameter pohon 51 cm dari hutan silin dan diameter pohon 43 dari hutan alam menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan pohon dengan diameter dan sumber asal pohon lainnya. Dinding sel yang lebih tebal dan ruang sel yang

lebih besar menunjukkan adanya konsentrasi yang lebih tinggi dari zat kayu dan zat ekstraktif (Panshin, A.J. and J.E., 1980)

4. Kesimpulan

1. Kayu meranti tembaga dari hutan alam, dengan diameter 50 cm ke atas, merupakan pilihan yang sesuai untuk digunakan dalam industri pengahara. Struktur serat menunjukkan dinding sel yang tipis dan diameter lumen yang besar. Dengan demikian, kayu meranti tembaga ini layak untuk digunakan dalam aplikasi industri pengolahan kayu dengan diameter minimum 50 cm.
2. Kualitas kayu meranti tembaga berdiameter 28 cm memiliki dimensi serat menunjukkan tebal dinding sel 1,675; diameter lumen 22,752. Untuk diameter 36 cm dimensinya menunjukkan tebal dinding sel 1,633 (sangat tipis) dan diameter lumen 20,739 (sangat besar). Untuk diameter 43 cm dimensinya menunjukkan tebal dinding sel 1,592 (sangat tipis) dan diameter lumen 2,268 (sangat besar). Sementara untuk diameter 51 cm dimensi serat menunjukkan tebal dinding sel 1,738 (sangat tipis) dan diameter lumen 21,066 (sangat besar). Dari hasil analisis ini, dapat disimpulkan bahwa karakteristik kayu meranti tembaga dari tanaman teknik Silin bervariasi berdasarkan diameter.
3. Kayu meranti tembaga pada diameter 28 cm dan 36 cm memiliki kayu untuk cocok untuk furniture, panel dinding dan kerajinan. Sedangkan pada diameter 43 cm dan 51 cm cocok untuk konstruksi atap, dinding dan lantai. Dengan diversifikasi penggunaan ini tersebut dapat memenuhi berbagai kebutuhan industri konstruksi, furnitur, dan kerajinan, meningkatkan fleksibilitas dan potensi pasar.

Daftar Pustaka

Alokabel, K., Lay, Y. E., & Wonlele, T. (2017). Penentuan Kelas Kuat Kayu Lokal Di Pulau Timor Sebagai Bahan Konstruksi. *JUTEKS: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 139–148.

- <https://doi.org/10.32511/juteks.v2i2.168>
- American Society For Testing Materials. (1957). *Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber*. 149–149.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Produksi Kayu Hutan*.
- Basar, S. (1984). Pengantar Perkayuan. Yayasan Kanisius, Anggota IKAPI Semarang.
- Biermann, C. J. (1996). *Handbook of Pulping and Papermaking*. Academic Press.
- Bowyer, J. L., Shmulsky, R., & Haygreen, J. G. (2003). Forest Products and Wood Science: An Introduction Jim. *Australian Forestry*, 70(3), 209–212. <https://doi.org/10.1177/003072708301200424>
- Departemen Pertanian. (1976). *Vademecum Kehutanan Indonesia*.
- Dwianto, W., & Marsoem, S. N. (2008). Tinjauan Hasil-hasil Penelitian Faktor-faktor Alam yang Mempengaruhi Sifat Fisik dan Mekanik Kayu Indonesia Review of Researches on Natural Factors Affecting the Physical and Mechanical Properties of Indonesian Wood. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 6(2), 85–100. <http://ejournalmapeki.org/index.php/JITKT/article/view/249>
- Fengel, D., & Wagener, G. (1984). *Kayu Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi*. 1984.
- Goudie, J. (2002). *Effects of Silviculture on Wood Quality of Western Hemlock*. BC Ministry of Forest Research Branch.
- Handayani, R., & Karmilasanti, K. (2013). Sifat Tanah Pada Areal Aplikasi Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) Di PT. Intracawood, Bulungan, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*, 7(1), 35–42. <https://doi.org/10.20886/jped.2013.7.1.35-42>
- Hartono, R. (2006). *Karya Tulis Kayu Juvenil (Juvenile Wood)*. Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.

- Haygreen, & Bowyer. (1982). Forest Products and Wood Science An Introduction. *The Iowa State University Press*.
- Indrawan, A. (2002). Penerapan Sistem Silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI) pada Hutan Dipterocarpaceae, Hutan Hujan Dataran Rendah di HPH PT. Hugurya, Aceh. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 8(2), 75–88.
- Istomo, Komar, T. E., Tata, M. H. L., Sumbayak, E. S. S., & Rahma, A. (2010). Evaluasi Sistem Silvikultur Hutan Rawa Gambut di Indonesia. In *Indonesia'a Work Programme for 2008 ITTO CITES Project*.
- Jourez, B., Riboux, A., & Leclercq, A. (2001). Anatomical Characteristics Of Tension Wood And Opposite Wood In Young Inclined Stems Of Poplar (*Populus Euramericana* CV 'GHOY'). *IAWA Journal*, 22(2), 133–157.
- Karmilasanti, & Wahyudi, T. (2018). Evaluasi Kegiatan Penerapan Sistem Silvikultur Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) Dengan Teknik Silvikultur Intensif (SILIN) Di Kalimantan. *JURNAL Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 4(2), 83–94.
- Kehutanan, J., Kehutanan, F., Tadulako, U., & Tengah, P. S. (2024). Variasi Struktur Anatomi dan Kualitas Serat Kayu Dengan (*Dillenia Serrata*) dalam Sebatang Pohon. *Jurnal Hutan Lestari*, 12, 1–11.
- Laksono, A. D., & Sulistyio, J. (2012). *Dimensi Serat dan Sifat Fisika Mekanika Dua Jenis Kayu Meranti Merah dengan Kondisi Tempat Tumbuh yang Berbeda Asal Kalimantan Tengah*. 1–2.
- Marsoem, S. N. (1996). Sifat-Sifat Kayu Untuk Bahan Baku Industri. *Diklat Management Industri Kayu*.
- Marsoem, S. N. (2007). Bahan Kuliah Teknologi Pulp dan Kertas. *Jurusan Teknologi Hasil Hutan*.
- Martawijaya, A., Kartasujana, Mandang, Prawira, & Kadir. (1989). *Atlas Kayu Indonesia Jilid II*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Muin, A., Rini Lestari, O., & Suci Wulandari, R. (2021). Seleksi Pohon Plus Pada Uji Keturunan *Shorea leprosula* di Kalimantan Tengah. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 15(2), 137–144. <https://doi.org/10.20886/jpth.2021.15.2.137-144>
- Pamoengkas, P., & Prasetya, R. (2014). The growth of Red Meranti (*Shorea leprosula* Miq.) with selective cutting and line planting in areas IUPHHK-HA PT. Sa. *Journal of Tropical Silviculture*, 05(3), 174–180.
- Pandit, I. K. N. (2004). Hutan Tanaman Industri Dan Kualitas Kayu Yang Dihasilkan. In *Makalah Perorangan* (Issue November, pp. 1–7). https://www.rudycet.com/PPS702-ipb/09145/i_k_n_pandit.pdf
- Panshin, A.J. and J.E., de Z. (1980). *Textbook of Wood Technology*. 1, 1980.
- Pari, G. (1996). *Analisis Komponen Kimia Kayu Sengon dan Kayu Karet pada beberapa macam umur*. 14(8), 321–327.
- Peran, S. B., Arifin, Y. F., Kissinger, & Rudy, G. S. (2021). *Ekologi Hutan Dan Ekosistem Lahan Basah*. CV BATANG.
- Prabawa, S. B. (2017). Komponen Kimia Kayu Ekaliptus (*Eucalyptus Urophylla* S.T. Blake) Hasil Penjarangan dan Alternatif Kegunaannya. *Jurnal Nusa Sylva*, 17(1), 1–9.
- Praptoyo, H. (2011). Variasi Sifat Anatomi Kayu Meranti Merah (*Shorea Leprosula*) Pada 3 Klas Diameter yang Berbeda. *Anatomi Dan Sifat Kayu*, 89–96.
- Praptoyo, H., & Ali, M. F. M. (2012). Sifat Makroskopis dan Mikroskopis Kayu Meranti Merah (*Shorea parvifolia*) pada Berbagai Diameter Dari Tanaman Jalur Silvikultur Intensif PT. Sari Bumi Kusuma. *Seminar Nasional Mapeki XV, November*, 42–50.
- Prawirohatmodjo, S. (1976). Teknologi Hasil Hutan. In *Universitas Gadjah Mada*.
- Putri, R., Junaidi, R., & Mustain, M. (2021).

- Pemanfaatan A-Selulosa Fiber Cake Kelapa Sawit Sebagai Alternatif Bahan Baku Nitroselulosa. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 1(9), 351–356. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.83>
- Putro, G. S., Marsoem, S. N., Sulisty, J., & Hardiwinoto, S. (2020). Sifat Kayu Jati Unggul Nusantara (*Tectona grandis* L.f.) Pada Tiga Kelas Diameter Pohon. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 14(1), 9–19.
- Ridha, N. (2017). Proses Penelitian, Masalah, Variabel Dan Paradigma Penelitian. *Jurnal Hikmah*, 14(1). <https://doi.org/10.1111/cgf.13898>
- Sadiyo, S., & Suharti, A. (2005). Kajian Hubungan antara Kekuatan Sambungan Paku dengan Diameter Paku dan Berat Jenis Kayu pada Beberapa Kayu Indonesia. *Jurnal Ilmu & Teknologi Kayu Tropis*, 3(1), 22–26. <http://www.ejournalmapeki.org/index.php/JITKT/article/view/301>
- Seng, O. D. (1990). Berat Jenis dari Jenis – jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek. In *Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan*.
- Sitanggang, J. J., & Wahyudi, I. (2016). Wood Quality of Cultivated Red Meranti (*Shorea leprosula* Miq.). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(2), 140–145. <https://doi.org/10.18343/jipi.21.2.140>
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2000). SNI 01-6235-2000 Briket arang kayu. *Badan Standardisasi Nasional-BSN*, 1–8.
- Sudarmonowati, E., Yulita, K. S., Partomihardjo, T., & Wardani, W. (2020). Daftar Merah Tumbuhan Indonesia 1: 50 Jenis Pohon Kayu Komersial. In *LIPi Press*. <https://doi.org/10.14203/press.310>
- Supriyati, W. (2002). Variabilitas Struktur Anatomi dan Sifat Fisika-Mekanika Jenis Kayu Arang (*Diospyros borneensis* Hiern.) dan Dara-Dara (*Myristica iners* Blume). *Tesis Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman*.
- Tirkaamiana, M. T. (2020). Perbandingan Riap Diameter Tegakan Hutan Di Jalur Tanam Dengan Di Jalur Antara Pada Sistem Silviculture TPTJ. *Talenta Conference Series: Agricultural and Natural Resources (ANR)*, 3(1). <https://doi.org/10.32734/anr.v3i1.840>
- Tsoulis, G. (1991). Science and Technology of Wood. In *Van Nostrand Reinhold*. <https://doi.org/10.1163/22941932-90001279>
- Wahyudi. (2011). *Sistem Silviculture di Indonesia, Teori dan Implementasi*. Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya.
- Wahyudi, A., Sari, N., & Saridan, A. (2014). *Shorea leprosula* Miq dan *Shorea johorensis* Foxw: Ekologi, Silviculture, Budidaya dan Pengembangan.
- Wahyudi, & Panjaitan, S. (2011). Model Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Shorea leprosula Pada Sistem Tebang Pilih Tanam Jalur Teknik SILIN. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*, 5(2), 37–46. <https://doi.org/10.20886/jped.2011.5.2.37-46>
- Widiyanto, A. (2015). Pengaruh Teknik Silviculture Terhadap Kualitas Kayu. In *Balai Penelitian Teknologi Agroforestry* (pp. 1–8).
- Yunianti, A. D., Syahhidah, Agussalim, & Suhasman. (2019). Buku Ajar Ilmu Kayu. In *Quality* (Issue March). Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin. www.forestry.unhas.ac.id