

KARAKTERISTIK ANATOMI KAYU SENGON (*Paraserianthes falcataria*) BERDASARKAN KELAS DIAMETER PADA AREAL REKLAMASI LAHAN PASCA TAMBANG BATU BARA

*Anatomical Characteristics of Sengon Wood (*Paraserianthes falcataria*) Based on Diameter Class in Post-Coal Mining Land Reclamation Areas*

Evita Sari¹, Wiwin Tyas Istikowati^{1,2*}, Trisnu Satriadi¹, Yusanto Nugroho¹

¹) Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan,

Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan

²) Pusat Penelitian Material Berbasis Lahan Basah, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. *Sengon plants (*P. falcataria*) are one of the plants that have a high survival rate because sengon plants can adjust water and can adapt to the characteristics of the ex-mining soil. Variations in wood diameter in plants that have the same species, age, and planting location are caused by factors of tree density, competition with other plants, plant management, pests, diseases, and availability of nutrients. The purpose of this study was to analyze the anatomical characteristics of sengon wood based on variations in diameter classes as determinants for its final use. Samples were taken from the post-coal mining land reclamation area at PT Borneo Indobara, then tested for physical properties of water content, specific gravity, maceration, observation under a microscope with a magnification of 100 and 400 after that through measurements with the imagej application. The study was also conducted in the Forest Products Technology laboratory, Faculty of Forestry, Lambung Mangkurat University, Banjarbaru. The results of the calculations can provide basic information regarding the anatomical characteristics of wood, significant differences between fiber length and vessel length. The average value of the lumen diameter is 8 μm , and the average value of the cell wall thickness is 1.32 μm . The fiber derivatives have an average runkel number value of 0.33, an average weaving power value of 12.46, an average muhlsteph number (%) of 73.08, an average stiffness coefficient value of 0.13, and an average flexibility coefficient value of 0.76. The good quality of fiber derivatives is obtained in sengon wood, including class 2 category, with a total value of 350 from the calculation of the requirements and value of wood fiber as a raw material for pulp that has been studied, so that it is possible for an alternative raw material for pulp and paper.*

Keywords: Wood anatomy; Sengon; Pulp; Reclamation

ABSTRAK. Tanaman sengon (*P. falcataria*) merupakan salah satu tanaman yang mempunyai persentase hidup tinggi karena tanaman sengon dapat menyesuaikan air dan dapat beradaptasi dengan karakteristik tanah bekas tambang tersebut. Variasi diameter kayu pada tanaman yang memiliki spesies, umur, dan lokasi tanam yang sama disebabkan oleh faktor kerapatan pohon, kompetisi dengan tanaman lain, pengelolaan tanaman, hama, penyakit, dan ketersediaan unsur hara. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis karakteristik anatomi kayu sengon berdasarkan variasi kelas diameter sebagai penentu untuk penggunaan akhirnya. Sampel diambil dari kawasan reklamasi lahan pasca tambang batu bara di PT Borneo Indobara, kemudian diuji sifat fisik dari kadar air, berat jenis, maserasi, pengamatan pada mikroskop dengan perbesaran 100 dan 400 setelah itu melalui pengukuran dengan aplikasi imagej. Penelitian juga dilakukan di laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. Hasil dari perhitungan dapat memberikan informasi dasar mengenai karakteristik anatomi kayu, adanya perbedaan signifikan diantara panjang serat dan panjang pembuluh. Nilai rerata diameter lumen yaitu 8 μm , dengan rerata ketebalan dinding sel sebesar 1,32 μm . Serat turunan memiliki rerata bilangan runkel sebesar 0,33, rerata daya tenun sebesar 12,46, rerata bilangan muhlsteph (%) sebesar 73,08, rerata koefisien kekakuan sebesar 0,13, dan rerata koefisien kelenturan sebesar 0,76. Kualitas serat turunan yang baik ditemukan pada kayu sengon, yang termasuk dalam kategori kelas 2 dengan jumlah nilai 350 berdasarkan perhitungan persyaratan dan nilai serat kayu sebagai bahan baku pulp. Oleh karena itu, kayu sengon dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku untuk pulp dan kertas.

Kata kunci: Anatomi kayu; Sengon; Pulp; Reklamasi

Penulis untuk koresponden, surel: wiwintyas@ulm.ac.id

PENDAHULUAN

Hutan merupakan sumber daya alam dengan potensi besar untuk dimanfaatkan oleh makhluk hidup, baik dari hasil hutan berupa kayu maupun non-kayu yang dapat diperbarui (Naemah *et al.*, 2013). Kayu asal Kalimantan dikenal luas dan diperdagangkan karena memiliki kualitas yang baik untuk bahan bangunan dan kegunaan lainnya. Beberapa jenis kayu endemik dari Kalimantan yang diperdagangkan antara lain ulin (*Eusideroxylon zwageri*), sengon (*Paraserianthes falcataria*), jati (*Tectona grandis*), halaban (*Vitex pinnata* L), meranti (*Shorea*), dan lainnya. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia, penggunaan kayu semakin meningkat. Namun, produksi kayu cenderung menurun akibat berkurangnya luas kawasan hutan alam. Permintaan yang tinggi terhadap kayu komersial seperti jati, kayu putih, dan jenis kayu komersial lainnya membuat pasokan sumber daya kayu di Indonesia menjadi tidak seimbang. Salah satu cara untuk mengatasi kelangkaan bahan baku kayu adalah dengan memanfaatkan kayu lokal yang kurang dikenal dan banyak terdapat di hutan sekunder maupun pemanfaatan hasil dari lahan reklamasi pertambangan. Pertambangan batubara di Indonesia terkhususnya di Kalimantan Selatan memperoleh pendapatan asli daerah yang cukup besar. Dampak kegiatan pertambangan batu bara dapat mempengaruhi aktivitas secara positif dan dapat juga menyebabkan perubahan lingkungan sementara.

Kegiatan penambangan mengakibatkan permukaan tanah terjadi pengikisan sehingga lapisan serasah yang merupakan tempat penyimpanan unsur hara dan nutrisi pada tanah berkurang. Lahan pasca pertambangan perlu diimbangi dengan melakukan kegiatan reklamasi lahan pertambangan (Rahmadi *et al.*, 2022). Menurut peraturan pemerintah Nomor 76 Tahun 2008 tentang Rehabilitasi dan Reklamasi Hutan, revegetasi adalah upaya untuk memulihkan dan memelihara vegetasi yang rusak dengan cara menanam dan memelihara lahan yang digunakan pada kawasan. Kegiatan pengolahan lahan areal reklamasi lahan pasca tambang batu bara bukan hanya berorientasi pada pertumbuhan pohon untuk pemulihan lahan akan tetapi pemanfaatan kayu sehingga kegiatan reklamasi dapat memberi manfaat dari segi

ekonomis. Tanaman yang tumbuh pun harus sesuai dan dapat tumbuh di areal pasca tambang batu bara. Tanaman sengon (*P. falcataria*) merupakan salah satu tanaman yang mempunyai persentase hidup tinggi karena tanaman sengon dapat menyesuaikan air dan dapat beradaptasi dengan karakteristik tanah bekas tambang tersebut.

Variasi diameter kayu pada tanaman yang memiliki spesies, umur, dan lokasi tanam yang sama disebabkan oleh faktor kerapatan pohon, kompetisi dengan tanaman lain, pengelolaan tanaman, hama, penyakit, dan ketersediaan unsur hara (Rahmadi *et al.*, 2022). Sengon merupakan tanaman yang relatif cepat tumbuh (*fast growing*) dengan masa panen yang singkat (Syachroni *et al.*, 2018). Kayu sengon harus memenuhi kriteria agar dapat dijadikan alternatif bahan baku di sektor industri pengolahan agar sesuai dengan pemanfaatan kayu yang baik. Karakteristik kayu dapat dijadikan sebagai dasar untuk penentuan kesesuaian suatu kayu terhadap penggunaan akhirnya. Karakteristik yang dapat dijadikan dasar salah satunya adalah karakteristik anatomi kayu. Karakteristik anatomi kayu meliputi panjang serat, panjang pembuluh, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding sel. Analisa karakteristik anatomi kayu terhadap kayu sengon sangat penting untuk mengetahui kesesuaiannya sebagai bahan baku alternatif pada industri pengolahan nantinya, terutama pada industri bahan baku pulp. Menipisnya bahan baku kayu sebagai bahan pulp diperlukan untuk melakukan berbagai upaya memenuhi kebutuhan bahan baku pulp dan kertas. Karakteristik anatomi kayu pada tanaman sengon di areal tambang batu bara menjadi penentu untuk pemanfaatan sebagai bahan baku pulp.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlangsung selama $\pm$ 3 bulan, dengan rincian persiapan bahan dan peralatan dilakukan pada bulan Januari, pengambilan sampel dilakukan pada bulan Februari, kemudian pengujian atau eksperimen berlangsung dari Maret hingga Mei, dan pengolahan serta pengambilan data hasil penelitian dilanjutkan dengan penyusunan skripsi dilakukan pada bulan Juni hingga Juli. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas

Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat dan di Laboratorium Forestchem Banjarbaru.

Prosedur Penelitian

1. Pengambilan Sampel Lapangan

Sampel yang digunakan yaitu kayu sengon berasal dari lahan pasca tambang batu bara di PT BIB dengan tahun tanam yang sama yaitu pada tahun 2015. Kayu sengon yang digunakan sebagai sampel yaitu berupa potongan disk yang terbagi menjadi lima kelas berdasarkan pengelompokan kelas diameter pohon yaitu pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengelompokan Kelas Diameter

Kelas	Pengelompokan Diameter (cm)
I	5-10
II	11-15
III	16-20
IV	21-25
V	26-30

Sebanyak 3 pohon sengon (*Paraserianthes falcataria*) yang dipilih dari setiap kelas diameternya. Setelah pohon ditebang, batang dibagi-bagi, dimulai dari pangkal sepanjang 1,3 m, kemudian setiap 2 m dari titik pemotongan awal (Gambar 2). Dari setiap posisi tersebut, diambil disk kayu dengan ketebalan 5 cm. Pengukuran KA dan BJ dilakukan setiap 1 cm interval dari empulur hingga kulit dengan ukuran sampel 1 × 1 × 2 cm, sementara karakteristik anatomi dianalisis pada tiga bagian, yaitu dekat empulur, tengah, dan dekat kulit dari disk yang diperoleh.

2. Uji Laboratorium

a. Kadar Air dan Berat Jenis

Penebangan pohon dilakukan, dan potongan batang diambil sebagai sampel. Selanjutnya, disk setebal 2 cm diambil dari setiap sampel sesuai dengan variasi kelas diameter pohon. Disk tersebut dipotong secara radial melewati empulur kayu untuk mendapatkan contoh uji berbentuk balok kecil dengan ukuran 10×10×10 mm³. Setelah itu, dilakukan pengukuran berat basah (W0) dan volume basah (V0) pada setiap contoh uji. Setelah pengukuran, contoh uji dikeringkan dalam oven pada suhu 103±2°C selama 4 hari, kemudian dilakukan pengukuran berat kering tanur (W1) (Frismanti, 2017).

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{BA - BKT}{BKT} \times 100\%$$

$$\text{Berat Jenis} = \frac{BKT}{V0}$$

Keterangan:

BA = Berat contoh uji awal kondisi segar (g)
 V0 = Volume contoh uji kondisi segar (cm³)
 BKT = Berat contoh uji kondisi kering tanur, yang merupakan berat konstan (g) dengan cara di oven ditimbang, sampai beratnya konstan.

b. Karakteristik Anatomi

Karakteristik anatomi kayu sengon sebagai Sampel untuk pengukuran dimensi serat dimaserasi menggunakan metode Schultze. Sampel dipotong seukuran batang korek api, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan asam nitrat (HNO₃) pekat hingga sampel terendam sepenuhnya. Tabung reaksi dipanaskan hingga larutan mendidih dan berubah warna menjadi putih kekuningan. Setelah itu, sampel didinginkan dan dicuci dengan aquades. Selanjutnya, sampel diwarnai dengan safranin dan dicuci dengan larutan etanol pada berbagai konsentrasi bertingkat (Herlina, 2018).

Menurut Ishiguri *et al.*, (2007); Istikowati (2015); Frismanti (2017), sampel yang akan digunakan dipotong dan dilunakkan, siapkan sampel pada bagian dekat empulur, menengah dan dekat kulit diiris pada bagian melintang (15 sampai 20 µm, selanjutnya spesimen yang sudah diiris melintang tersebut dinamai preparat dan juga diwarnai dengan menggunakan larutan 1% safranin lalu dicuci dengan konsentrasi alkohol. Mikroskop digunakan untuk mengambil gambar horizontal yang diambil dengan kamera digital. Data yang diperoleh ditransfer langsung ke komputer dan dianalisis menggunakan aplikasi *ImageJ* (National Institutes of Health). Diameter radial dan tangensial, diameter lumen radial dan tangensial, area sel, area lumen, panjang peri-sel, dan panjang peri-luminal diukur dalam serat dan pembuluh lumen. Diameter sel, diameter lumen, dan ketebalan dinding sel dihitung dengan rumus:

$$\text{Diameter sel } (\mu\text{m}) = \frac{\text{Diameter sel radial} + \text{diameter sel Tangensial}}{2}$$

$$\text{Diameter lumen } (\mu\text{m}) = \frac{\text{Diameter lumen radial} + \text{diameter Lumer tangensial}}{2}$$

$$\text{Ketebalan dinding sel } (\mu\text{m}) = \frac{2 \times (\text{Luas sel} - \text{Luas Lumen})}{(\text{Keliling sel} + \text{Keliling Lumen})}$$

c. Pengukuran Dimensi Serat

Pengukuran dimensi serat dilakukan menggunakan mikroskop yang dilengkapi dengan mikrometer. Dimensi serat yang diukur mencakup diameter serat, ketebalan dinding sel, dan diameter lumen. Pengukuran ini bertujuan untuk menentukan nilai turunan serat dari sampel yang telah diuji. Hasil pengukuran dimensi serat akan digunakan untuk menilai apakah kayu sengon cocok sebagai bahan baku pulp. Casey (1980); Kasmudjo (1983; 1994).

d. Turunan Serat

Nilai turunan serat dapat dihitung dari nilai diameter serat dan morfologi sel. Bilangan Runkel (*Runkelratio*), daya tenun (*Felting power*), bilangan Muhlstep (*Muhlstep ratio*) %, faktor koefisien kekakuan (*Rigidity coeffisien*), dan faktor koefisien kelenturan (*Flexibility ratio*) dihitung menggunakan Persamaan

$$\text{Bilangan Runkel} = \frac{2 \times \text{Tebal dinding sel}}{\text{Diameter lumen}} \quad (\text{Runkel, 1949})$$

$$\text{Dava Tenun} = \frac{\text{Panjang serat}}{\text{Diameter serat}} \quad (\text{Malan and Gerischer, 1987})$$

$$\text{Bilangan Muhlstep} = \frac{(\text{Diameter serat})^2 - (\text{Diameter lumen})^2}{(\text{Diameter lumen})^2} \times 100\% \quad (\text{Yahya, 2010})$$

$$\text{Koefisien Kekakuan} = \frac{\text{Tebal dinding serat}}{\text{Diameter serat}} \quad (\text{Tamolang and Wangaard, 1961})$$

$$\text{Koefisien Kelenturan} = \frac{\text{Diameter lumen}}{\text{Diameter serat}} \quad (\text{Malan and Gerischer, 1987})$$

3. Analisis data Data kualitatif dianalisis secara deskriptif, sementara data kuantitatif dihitung dengan nilai rata-rata dan standar deviasi menggunakan program SPSS 13 pada tingkat kepercayaan 95%. Analisis statistik dilakukan menggunakan RAK (Rancangan Acak Kelompok).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Anatomi dan Sifat Fisik Kayu Sengon

Tabel 1. Rangkuman Keseluruhan Nilai Dari Sampel Kelas Diameter Pohon Sengon

Indikator	I	II	III	IV	V	Rata-rata
Karakteristik Pertumbuhan						
Diameter (cm)	7,01	12,10	22,29	22,61	28,98	18,60
Sifat Fisik						
Kadar Air (%)	15,07	14,51	12,42	12,40	12,23	13,33
Berat Jenis	0,34	0,35	0,41	0,38	0,44	0,38
Karakteristik Anatomi						
Panjang Serat (mm)	102,03	102,94	136,96	142,31	160,72	128,99
Panjang Pembuluh (mm)		27,64	29,09	42,51	19,88	29,78
Diameter Serat (µm)	11,88	10,58	10,60	9,50	10,00	10,51
Diameter Lumen (µm)	8,74	8,52	8,13	7,15	7,46	8,00
Tebal Dinding Sel (µm)	1,49	1,16	1,27	1,25	1,43	1,32
Turunan Serat						
Bilangan Runkel	0,34	0,27	0,31	0,35	0,38	0,33
Daya Tenun	8,59	9,73	12,92	14,98	16,08	12,46
Bilangan Muhlstep (%)	84,87	54,45	69,95	76,38	79,77	73,08
Koefisien Kekakuan	0,13	0,11	0,12	0,13	0,14	0,13
Koefisien Kelenturan	0,74	0,80	0,77	0,75	0,75	0,76

a. Karakteristik Pertumbuhan Kayu Sengon

Hasil dari pengukuran diameter pohon berdasarkan 5 kelas diameter batang kayu

Sengon (*Paraserianthes falcataria*) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Karakteristik Pertumbuhan Pohon Sampel Dari 5 Kelas Diameter Batang Kayu Sengon.

Kelas Diameter	Pengelompokan (cm)	Kode	Keliling (cm)	Diameter (cm)
I	5-10	287	22	7,01
II	11-15	284	38	12,10
III	16-20	283	70	22,29
IV	21-25	290	71	22,61
V	26-30	288	91	28,98
rata-rata				18,60
SD				8,86

Rata-rata diameter yaitu 18,60 cm dengan diameter setiap kelas secara berurutan adalah 7,01 cm untuk diameter sengon (kelas I), diameter batang sengon (kelas II) 12,10 cm, diameter batang sengon (kelas III) 22,29 cm, diameter batang sengon (kelas IV) 22,61cm, dan 28,98 cm untuk diameter batang sengon (kelas V).

b. Sifat Fisik Kayu Sengon

Sifat fisik pada kayu sengon yang diukur yaitu dari Kadar Air (KA) dan Berat Jenis (BJ).

1. Kadar Air (KA)

Hasil perhitungan rerata kadar air per segmen atau bagian empulur ke kulit

berdasarkan kelas diameternya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Rerata Kadar Air (KA) dan Berat Jenis (BJ) pada Kayu Sengon.

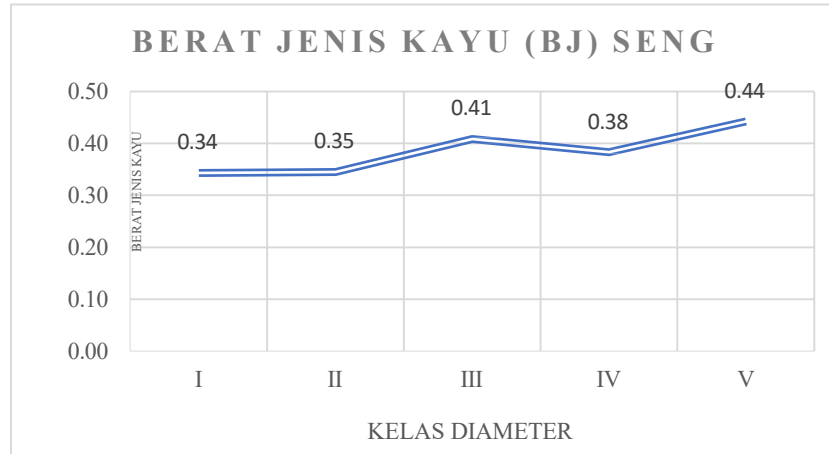
No	Kelas	Segmen	KA	BJ
1	I	4	15,07%±0,44	0,34±0,01
2	II	6	14,51%±0,22	0,35±0,01
3	III	10	12,42%±0,24	0,41±0,04
4	IV	11	12,40%±1,27	0,38±0,03
5	V	14	12,23%±0,41	0,44±0,03
Rata-rata			13,32%±0,51	0,38±0,02
SD			1,35%±0,43	0,04±0,01

Hasil dari pengukuran KA kayu sengon berdasarkan kelas diameter secara berurutan dari bagian segmen dekat empulur sampai bagian segmen dekat kulit 5 kelas diameter yaitu 15,07%, 14,51%, 12,42%, 12,40%, dan 12,23%. Nilai KA tertinggi dari setiap kelas diameternya terdapat pada kelas (1), sedangkan nilai KA terendah dari setiap kelas diameternya terdapat pada kelas (V). Nilai standar deviasi (SD) berdasarkan kelas diameter secara berurutan yaitu, kelas I 0,04. Kelas II 0,22, kelas III 0,24, kelas IV 1,27, dan

kelas V 0,41. Nilai SD tertinggi yaitu terdapat pada kelas diameter IV, sedangkan nilai SD terendah yaitu terdapat pada kelas diameter II. Jadi rerata keseluruhan KA didapatkan 13,32% dan untuk keseluruhan SD yaitu 0,51. Nilai keseluruhan dari rerata yaitu 1,35%±0,43.

2. Berat Jenis (BJ)

Hasil berat jenis (BJ) pada masing-masing kelas diameter disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Berat Jenis (BJ) pada kayu sengon berdasarkan kelas diameter

Hasil dari perhitungan rata-rata berat jenis (BJ) kayu sengon berdasarkan kelas diameternya ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai BJ kayu sengon sebesar 0,34, 0,35, 0,41, 0,38, dan 0,44 dari masing-masing pohon secara berurutan. Rata-rata nilai berat jenis (BJ) yang diperoleh adalah 0,38 dari lima kelas diameter pohon sengon. Dengan rata-rata BJ sebesar 0,36, jenis kayu ini termasuk dalam kategori kekuatan IV (0,22-0,56).

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa berat jenis cenderung meningkat dari segmen dekat empulur menuju bagian dekat kulit (Istikowati *et al.*, 2014; Aiso *et al.*, 2013; Takeuchi, 2016; Frismanti, 2014). Dari empulur (teras) menuju kulit (gubal), lebar riap tumbuh akan meningkat, yang menyebabkan kerapatan dan BJ juga meningkat seiring dengan bertambahnya umur dan diameter pohon dari empulur ke kulit. Karakteristik Anatomi Kayu Sengon

c. Karakteristik Anatomi Kayu sengon

Anatomi kayu dapat dianalisis melalui dimensi serat kayu sengon, yang mencakup panjang serat, panjang pembuluh, diameter serat, diameter lumen, dan ketebalan dinding sel. Rata-rata dari pengukuran ini digunakan untuk menentukan nilai turunan serat. Semakin

baik dimensi seratnya, semakin tinggi juga nilai turunan serat yang diperoleh. Pengukuran nilai turunan serat mencakup bilangan Runkel (*Runkel ratio*), daya tenun (*Felting power*), bilangan Muhlsteph (*Muhlsteph ratio*), koefisien kekakuan (*Coefficient of rigidity*), dan perbandingan fleksibilitas (*Flexibility ratio*).

Tabel 4. Hasil Perhitungan Dimensi Serat Dari Kelima Kelas Diameter Sampel Batang Kayu Sengon

Kelas Diameter	Panjang serat (mm)	Panjang pembuluh (mm)	Ø Serat (µm)	Ø Lumen (µm)	TDS (µm)
I	1,02	0	11,88	8,74	1,49
II	1,03	0,02	10,58	8,52	1,16
III	1,36	0,03	10,60	8,13	1,27
IV	1,42	0,04	9,0	7,15	1,25
V	1,61	0,02	10,00	7,46	1,43
Rata-rata	1,28	0,02	10,51	8,00	1,32
SD	0,21	0,009	0,89	0,68	0,13

Keterangan: SD, standardeviasi, TDS, tebal dinding sel

1. Panjang Serat dan Panjang Pembuluh

Hasil nilai dari panjang serat dan panjang Pembuluh yang telah diukur dapat diamati pada Tabel 4. Panjang serat yang didapatkan setelah dilakukan pengamatan yaitu 1,02 mm, 1,03 mm, 1,36 mm, 1,42 mm, dan 1,61 mm dengan rata-rata panjang serat yang didapatkan sebesar 1,28 mm serta standar deviasinya 0,21 mm. Setiap kelas pohon memiliki perbedaan yang mencolok secara keseluruhan akibat variasi ukuran diameter (Tabel 2). Panjang serat dalam setiap kelas menunjukkan peningkatan yang signifikan. Pohon yang termasuk dalam kelas diameter (V) menunjukkan trend tertinggi yang mengarah naik, meningkat berurutan sesuai dengan bertambahnya kelas diameternya. Sedangkan

pohon dalam kategori kelas (I) menunjukkan trend yang terendah.

Pola variasi yang diperoleh menunjukkan adanya peningkatan dari empulur ke kulit. Variasi panjang serat yang serupa juga diamati pada jenis pohon hutan tropis (Istikowati *et al.*, 2016). Panjang pembuluh yang teramati adalah 0 mm, 0,02 mm, 0,03 mm, 0,04 mm, dan 0,02 mm, dengan rata-rata 0,02 mm dan standar deviasi sebesar 0,009. Pola variasi yang terlihat dari tren menunjukkan peningkatan yang signifikan, dengan kisaran antara 0-0,02 mm. Hasil dari perhitungan dapat memberikan informasi dasar mengenai karakteristik anatomi kayu, adanya perbedaan signifikan diantara panjang serat dan panjang pembuluh.

Tabel 5. Hasil analisis keragaman panjang serat

Sumber variasi	Jumlah Kuadrat (SS)	Derajat Bebas (df)	Rata-rata Kuadrat (MS)	Nilai F	Sig. (P value)
Antara Kelompok	19990.018	4	4997.504	71.138	0.000
Dalam Kelompok	2810.034	40	70.251		
Total	22800.052	44			

Nilai F sebesar 71.138 dengan p-value sebesar 0.000 menunjukkan bahwa perbedaan antara grup sangat signifikan. Karena p-value

jauh di bawah 0.05, kita menolak hipotesis nol yang menyatakan bahwa semua kelas memiliki rata-rata yang sama.

Tabel 6. Hasil Analisis Keragaman Panjang Pembuluh

Sumber variasi	Jumlah Kuadrat (SS)	Derajat Bebas (df)	Rata-rata Kuadrat (MS)	Nilai F	Sig.(P- value)
Antara Kelompok	2907.673	3	969.224	2.882	0.052
Dalam Kelompok	10424.727	31	336.282		
Total	13332.400	34			

Nilai F sebesar 2.882 dengan p-value 0.052 menunjukkan bahwa perbedaan antar kelas mendekati tingkat signifikansi statistik. Karena nilai p sedikit melebihi level signifikansi 0.05, ini berarti kita hampir dapat menolak hipotesis nol yang menyatakan tidak ada perbedaan signifikan antara kelas.

2. Pengukuran Ø Serat, Ø lumen dan Tebal Dinding Sel

Morfologi sel, data yang didapatkan pada penelitian morfologi sel ada dua yaitu diameter serat dan diameter lumen. Diameter sel yang diukur memiliki satuan mikrometer (μm). Diameter di setiap bagian kayu pada setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil rata-rata nilai diameter serat kayu sengon dari segmen bagian dekat empulur menuju dekat kulit terluar yaitu pada sengon kelas diameter (I) Ø Serat dengan nilai rata-rata 11,88 μm , kelas (II) Ø Serat dengan nilai rata-rata 10,58 μm , kelas (III) Ø Serat dengan nilai rata-rata 10,60 μm , kelas (IV) Ø Serat dengan nilai rata-rata 9 μm , dan kelas (V) Ø Serat dengan nilai rata-rata 10 μm . Hasil rata-rata nilai diameter serat kayu sengon dari kelima kelas dengan nilai rata-rata 10,51 μm dengan standar deviasinya 0,89. Grafik diameter serat dapat dilihat pada Gambar 13.

Hasil rata-rata nilai diameter lumen kayu sengon dari segmen bagian dekat empulur menuju dekat kulit terluar yaitu pada kelas diameter (I) Ø lumen dengan nilai rata-rata 8,74 μm , kelas diameter (II) Ø lumen dengan nilai rata-rata 8,52 μm , kelas diameter (III) Ø lumen dengan nilai rata-rata 8,13 μm , kelas diameter

(IV) Ø lumen dengan nilai rata-rata 7,15 μm , dan kelas diameter (V) Ø lumen dengan nilai rata-rata 7,46 μm dengan rata-rata Ø lumen dari lima kelas yaitu 8 μm serta standar deviasinya bernilai 0,68.

Hasil rata-rata nilai ketebalan dinding sel kayu sengon dari segmen bagian dekat empulur menuju dekat kulit terluar yaitu pada kelas diameter (I) Tds dengan nilai rata-rata 1,49 μm , kelas diameter (II) Tds dengan nilai rata-rata 1,16 μm , kelas diameter (III) Tds dengan nilai rata-rata 1,27 μm , kelas diameter (IV) Tds dengan nilai rata-rata 1,25 μm , dan kelas diameter (V) Tds dengan nilai rata-rata 1,43 μm . Hasil rata-rata nilai ketebalan dinding sel kayu sengon dari segmen bagian dekat empulur menuju dekat kulit terluar yaitu 3,51,32 μm dengan nilai standar deviasinya 0,13.

d. Turunan Serat

Hasil dari data turunan serat dapat diperoleh melalui karakteristik anatomi (seperti panjang serat dan morfologi sel), yang berguna untuk menentukan kesesuaian bahan kayu sebagai bahan baku pulp kertas (Tamolang & Wanggard, 1961; Barefoot et al., 1964; Ona et al., 2001). Turunan serat didapat dengan membandingkan hasil pengukuran dimensi serat. Selain itu, turunan serat dapat digunakan untuk memprediksi kualitas pulp yang akan dihasilkan. Turunan serat kayu sengon dianalisis berdasarkan lima kelas diameter dari sampel batang sengon di areal reklamasi lahan pasca tambang batu bara di PT BIB.

Tabel 7. Turunan serat dari rerata kelas diameter pohon sengon

Kelas	RR	Daya Tenun	Muhlstep Ratio (%)	COR	COF
I	0.34	8.59	84.87	0.13	0.74
II	0.27	9.73	54.45	0.11	0.80
III	0.31	12.92	69.95	0.12	0.77
IV	0.35	14.98	76.38	0.13	0.75
V	0.38	16.08	79.77	0.14	0.75
Rata-rata	0.33	12.46	73.08	0.13	0.76

Keterangan:

RR, Bilangan Runkel SR,
 Daya Tenun
 MR, Bilangan Muhlsteph COR,
 Koefisien Kekakuan COF, Koefisien
 Kelenturan

Hasil data nilai turunan pada bilangan runkel sengon kelas (I) dengan rata-rata 0,34, nilai rata-rata bilangan runkel sengon (II) yaitu 0,27, nilai rata-rata bilangan runkel sengon (III) yaitu 0,31, nilai rata-rata bilangan runkel sengon (IV) yaitu 0,35, dan nilai rata-rata bilangan runkel sengon (V) yaitu 0,38 dengan keseluruhan nilai rata-rata sampel batang bilangan runkel yaitu 0,33. Grafik bilangan runkel dari kelima kelas diameter sampel batang kayu sengon Berdasarkan data pada Tabel 6, Nilai turunan serat menunjukkan bahwa rata-rata bilangan Runkel sengon pada kelas diameter adalah 0,33, yang tergolong dalam kelas mutu II. Semakin rendah rasio Runkel, semakin mudah pulp untuk digiling karena ikatan serat yang lebih longgar, sehingga dapat menghasilkan pulp dengan kekuatan jebol dan tarik yang sangat tinggi (Sunardi & Istikowati, 2012; Istikowati et al., 2016). Rasio Runkel yang rendah akan menghasilkan kualitas serat yang sangat baik (Kasmudjo, 1994).

Berdasarkan data pada Tabel 6, nilai turunan hasil data nilai turunan pada daya tenun kayu sengon kelas (I) dengan rata-rata 8,59, nilai rata-rata daya tenun sengon kelas (II) yaitu 9,73, nilai rata-rata daya tenun sengon kelas (III) yaitu 12,92, nilai rata-rata daya tenun sengon kelas (IV) yaitu 14,98 dan nilai rata-rata daya tenun sengon kelas (V) yaitu 16,08 dengan keseluruhan nilai rata-rata daya tenun ketiga sampel batang 12,56. Grafik daya tenun dari ketiga sampel batang kayu sengon. Nilai rata-rata daya tenun (Felting power) adalah 0,30, yang termasuk dalam kelas mutu II. Felting power mencerminkan jumlah ikatan antar serat yang terjadi, dimana nilai yang lebih rendah menunjukkan potensi ikatan serat yang lebih rendah. Sebaliknya, nilai daya tenun yang lebih tinggi menandakan ikatan serat yang lebih kuat, yang diinginkan dalam pembuatan pulp. Daya tenun yang tinggi berkontribusi pada kekuatan lipat, tarik, dan jebol kertas.

Hasil data nilai turunan pada bilangan muhlsteph kayu sengon kelas diameter (I) dengan rata-rata 84,87%, nilai rata-rata bilangan muhlsteph sengon kelas diameter (II) yaitu 54,45%, nilai rata-rata bilangan muhlsteph sengon kelas diameter (III) yaitu

69,95%, nilai rata-rata bilangan muhlsteph sengon kelas diameter (IV) yaitu 76,58% dan nilai rata-rata bilangan muhlsteph sengon kelas diameter (v) yaitu 79,77% dengan keseluruhan nilai rata-rata bilangan muhlsteph kelima kelas diameter pada sampel batang 73,08%. Grafik bilangan muhlsteph dari ketiga sampel batang kayu sengon.

Rasio Muhlsteph pada sengon memiliki nilai rata-rata sebesar 73,08%, yang tergolong dalam kualitas III. Rasio yang rendah menunjukkan bahwa kertas dari kayu sengon cenderung kasar. Serat dengan rasio Muhlsteph rendah sangat diinginkan dalam produksi pulp dan kertas karena dapat menghasilkan kertas yang lebih halus.

Hasil data nilai turunan pada koefisien kekakuan kayu sengon kelas diameter (I) dengan rata-rata 0,13, nilai rata-rata koefisien kekakuan sengon kelas (II) yaitu 0,11, nilai rata-rata koefisien kekakuan sengon kelas (III) yaitu 0,12, nilai rata-rata koefisien kekakuan sengon kelas (IV) yaitu 0,13, dan nilai rata-rata koefisien kekakuan sengon kelas (V) yaitu 0,14 dengan keseluruhan nilai rata-rata koefisien kekakuan keseluruhan kelas diameter pada sampel batang yaitu 0,13. Grafik daya tenun dari ketiga sampel batang kayu sengon.

Nilai Coefficient of Rigidity berhubungan dengan kekakuan kertas yang dihasilkan. Dengan nilai sebesar 0,13, yang termasuk dalam kelas mutu II, menunjukkan bahwa semakin rendah nilai koefisien, maka kekakuan kertas semakin tinggi. Kertas dengan kekakuan tinggi biasanya memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah. Hasil data nilai turunan pada koefisien kelenturan kayu sengon kelas diameter (I) dengan rata-rata 0,74, nilai rata-rata koefisien kelenturan sengon (II) yaitu 0,80, nilai rata-rata koefisien kelenturan sengon (III) yaitu 0,77, nilai rata-rata koefisien kelenturan sengon (IV) yaitu 0,75, dan nilai rata-rata koefisien kelenturan sengon (V) yaitu 0,75 dengan keseluruhan nilai rata-rata koefisien kelenturan ketiga sampel batang 0,76. Grafik daya tenun dari ketiga sampel batang kayu sengon.

Rasio Fleksibilitas yang tinggi menghasilkan

kertas yang lebih fleksibel dan tidak kaku. Nilai rata-rata Flexibility Ratio sebesar 0,76 termasuk dalam kelas II, dan nilai yang tinggi sangat diinginkan dalam pembuatan pulp dan kertas.

Rekomendasi Pemanfaatan Kayu Sengon

Hasil klasifikasi kualitas serat sengon dapat dilihat pada Tabel 9. Pengklasifikasian ini didasarkan pada persyaratan dan nilai serat kayu sebagai bahan baku pulp dan kertas (VKI 1976), yang rinciannya dapat ditemukan pada Lampiran 4. Nilai turunan serat sengon pada kelas I adalah 300, yang termasuk dalam kategori kelas III untuk serat kayu. Berdasarkan sifat anatomi dan kualitas seratnya, kayu sengon berpotensi sebagai bahan baku alternatif untuk pembuatan pulp dan kertas, karena bilangan Runkel-nya sebesar 0,34 dan nilai 75 yang tergolong dalam kelas II, menunjukkan dinding serat yang tipis dan kualitas serat yang baik.

Vademekum Kehutanan 1976, kayu untuk bahan baku pulp mungkin diklasifikasikan berdasarkan beberapa karakteristik penting, termasuk panjang serat, kekuatan serat, kandungan lignin, dan kemudahan pengolahan. Kelas I: Sangat cocok untuk produksi pulp berkualitas tinggi karena serat yang panjang dan kandungan lignin yang rendah. Contoh: (*Eucalyptus sp.*). Kelas II: Cukup baik untuk pulp, tetapi mungkin memerlukan lebih banyak pemrosesan untuk mencapai kualitas tinggi. Contoh: (*Acacia mangium*). Kelas III: Digunakan untuk pulp dengan kualitas sedang. Contoh: (*Pinus merkusii*). Kelas IV dan V: Biasanya digunakan untuk produk pulp dengan kebutuhan kualitas rendah atau untuk aplikasi tertentu di mana kualitas serat tidak menjadi prioritas utama. Contoh: Karet.

Dari persyaratan dan nilai serat kayu sengon sebagai bahan baku pulp (*Requirement and wood fiber score as raw material for pulp*) didapatkan masing-masing nilai yaitu kelas 1 dengan nilai 300 masuk dalam kelas III, kelas II dengan nilai 350 masuk dalam kelas II, kelas III dengan nilai 350 masuk dalam kelas II, kelas IV dengan nilai 325 masuk kelas II, dan kelas V dengan nilai 350 masuk dalam kelas II. Nilai persyaratan dari keseluruhan kelas diameter didapatkan semakin besar kelas diameter maka, semakin baik pula untuk bahan baku pulp dan kertas, dengan nilai tertinggi yaitu 350 masuk kategori kelas II.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa kayu sengon, berdasarkan kelas diameter yang diteliti, memiliki nilai rerata uji sifat fisik kayu untuk KA (%) sebesar $13,32\pm 0,51$. Nilai rerata keseluruhan berat jenis (BJ) kayu sengon adalah $0,38\pm 0,02$. Untuk karakteristik anatomi, panjang serat rata-rata adalah 0,12 mm, panjang pembuluh rata-rata adalah 0,02 mm, diameter serat rata-rata adalah 10,51 μm , diameter lumen rata-rata adalah 8 μm , dan ketebalan dinding sel rata-rata adalah 1,32 μm . Untuk turunan serat, nilai rerata bilangan Runkel adalah 0,33, daya tenun rata-rata adalah 12,46, bilangan Muhlsteph (%) rata-rata adalah 73,08, koefisien kekakuan rata-rata adalah 0,13, dan koefisien kelenturan rata-rata adalah 0,76. Kualitas turunan serat kayu sengon yang baik termasuk dalam kategori kelas 2 dengan jumlah nilai 350, yang menunjukkan bahwa kayu sengon dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku pulp dan kertas dengan kualitas yang semakin baik seiring dengan meningkatnya kelas diameter.

Saran

Pemanfaatan kayu di areal reklamasi lahan pasca tambang batu bara membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk berbagai jenis pohon dan tumbuhan lainnya yang dapat tumbuh di area tersebut. Disarankan agar penelitian juga mencakup karakteristik kimia dan anatomi kayu dari jenis lain untuk memberikan manfaat yang lebih besar bagi masyarakat, pihak penambang, dan industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Casey J. 1980. *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology*. Third Edition Vol.IIA. New York: Willey and Sons Inc.
- Frismanti AAAR. 2017. Sifat-sifat Kayu Bangkal (*Nauclea officinalis* Pierre ex Pit) Dari Hutan Sekunder Di Kalimantan Selatan, Indonesia. [Skripsi]. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat Fakultas Kehutanan.
- Istikowati WT, H Aiso, F Ishiguri, Sunardi, B Sutiya, J Ohshima, K Iizuka & S Yokota. 2016. Study of radial variation in anatomical characteristics of three native fast-growing

- tree species of a secondary forest in South Kalimantan for evaluation as pulpwood. *Appita Journal*, 49-56.
- Istikowati, W. T., Sutiya, B., Sunardi, Ishiguri, F., & Yokota, S. 2019. Karakteristik Anatomi Kayu Terap, Medang, Dan Balik Angin Dari Hutan Sekunder Di Kalimantan Selatan, Indonesia.
- Kasmudjo. 1983. *Pengantar Industri Pulp dan Kertas*. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada. Yogyakarta, Jawa Tengah.
- Naemah, D., Payung, D., & Sokendera, W. 2013. Budidaya Tanaman Aren (*Arenga pinnata Merr.*) Sebuah Alternatif dalam Upaya Peningkatan Pendapatan Masyarakat. Seminar Nasional *Agroforestry*, 26–27.
- Rahmadi, S., Matius, P., Priahutama, A. A., Ramadani, D. N., Munawarah, J., Maharani, R., & Rayadin, Y. 2022. Variasi umur tanaman reklamasi Terhadap Struktur dan Komposisi Vegetasi di Areal Reklamasi Tambang PT Kideco Jaya Agung, Paser, Kalimantan Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 13–21.
- Syachroni, S. H., Rosianty, Y., & Samsuri, G. S. 2018. Daya Tumbuh Tanaman Pionir Pada Area Bekas Tambang Timah Di Kecamatan Bakam, Provinsi Bangka Belitung. *Sylva: Jurnal Ilmu-Ilmu Kehutanan*, 7(2):78-85.
- Runkel ROH. 1949. On the production of pulp from wood of the genus *Eucalyptus* and experiments with two different species of *Eucalyptus*. The paper. 3: 476-490.
- Malan & Gerisher. 1987. Wood property differences in South African grown *Eucalyptus grandis* trees of different growth stress intensity. *Holzforschung*. 41: 331-335.
- Yahya R, J Sugiyama, D Silsia & J Gril. 2010. Some anatomical features of an *Acacia* hybrid, *A. mangium* and *A. auriculiformis* grown in Indonesia with regard to pulp yield and paper strength. *Journal of Tropical Forest Science*. 22: 343-351.
- Tamolang F. N & Wangaard F. F. 1961. Relationships between hardwood fiber characteristics and pulp-sheet properties. *Tappi*. 44: 201-216.

