

**STRUKTUR ANATOMI KAYU TEKAN PADA KAYU
PINUS (*Pinus merkusii*)**



**Sarlin
M 121 01 010**



PERPUSTAKAAN PUSAT UIN. HASANUDDIN	
Tgl. Terima	26-8-08
Asal Dari	Khatolanam
Banyaknya	1 Ekst
Harga	Hediah
No. Inventaris	48

SICR - KHOP
SAR
J.

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : **Struktur Anatomi Kayu Tekan pada Kayu Pinus
(*Pinus merkusii*)**

Nama : **S a r l i n**

Stambuk : **M 121 01 010**

Program studi : **Teknologi Hasil Hutan**

Skripsi ini Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Kehutanan
pada
Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin

**Menyetujui,
Komisi Pembimbing**

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M.Sc

Pembimbing II



Astuti Arif, S.Hut., M.Si

Mengetahui,

**Panitia Ujian Lengkap Sarjana
Program Studi Teknologi Hasil Hutan**



Ir. Beta Putranto, M.Sc

Nip 130 792 980

Tanggal lulus: **20 Agustus 2008**

KATA PENGANTAR

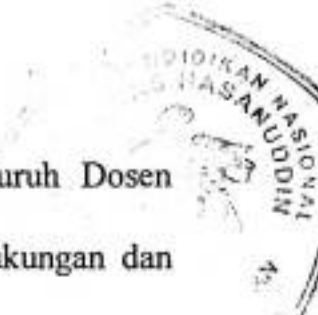
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan Syukur bagi Allah, Tuhan semesta alam karena atas berkah dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan dan tauladan kita, Muhammad Rasulullah, keluarga dan para sahabat.

Skripsi ini berjudul "Struktur Anatomi Kayu Tekan pada Kayu Pinus (*Pinus merkusii*) disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin. Dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi ini banyak pihak yang terlibat secara langsung maupun secara tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

- 1) **Prof.Dr.Ir.Musrizal Muin, M.Sc**, selaku pembimbing pertama dan **Astuti Arif, S.Hut.,M.Si** selaku pembimbing kedua atas segala saran, petunjuk, bimbingan dan dorongan yang diberikan selama penelitian berlangsung dan selama penulisan skripsi ini.
- 2) **Prof.Dr.H. Djamal Sanusi, Ir. Beta Putranto., M.Sc** dan **Andi Detti Yunianti, S.Hut., MP**, selaku penguji yang telah memberikan koreksi dan petunjuk selama penulisan skripsi ini.

- 
- 3) **Ir. Beta Putranto, M.Sc** selaku Penasehat Akademik serta seluruh Dosen Pengajar dan staf Pegawai administrasi yang telah memberikan dukungan dan tuntutan selama mengikuti pendidikan.
 - 4) **Kedua Orang Tua** tercinta serta seluruh keluarga yang telah banyak memberikan dorongan moril maupun material hingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
 - 5) Ibunda yang tercinta **Hj Mariyatie Bausad, BA** dan adik sepupuku tercinta **Lidya Afriani S.Ked** dan kakak sepupuku **Fieta Widya Sari S.Pt, Muh Sahrul Afriadi S.Kom** dan **Inta Afrianti Ningrum S.E** yang selama ini telah memberikan motivasi dan dorongan kepada penulis disaat-saat suka maupun duka. Jazakillah Khaeran Katsiran atas Semuanya.
 - 6) Seluruh teman-teman dan semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis yang tidak sempat saya sebutkan.

Penulis menyadari bahwa tidak tertutup kemungkinan dalam penyusunan skripsi ini terdapat kekurangan dan jauh dari kesempurnaan karena kesempurnaan itu hanyalah milik Allah SWT semata. Olehnya itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan Rahmat kepada kita semua.

Amin.

Makassar, Agustus 2008

Penulis

ABSTRAK

Sarlin (M 121 01 010). Struktur Anatomi Kayu Tekan pada Kayu Pinus (*Pinus merkusii*) di bawah bimbingan Musrizal Muin dan Astuti Arif.

Pertumbuhan pohon yang tidak normal dapat menimbulkan pembentukan kayu reaksi. Pada kayu daun jarum disebut kayu tekan karena terbentuk pada sisi bawah atau tertekan. Dalam penggunaan kayu pinus sebagai konstruksi, penggunaan kayu reaksi pada kayu pinus tidak cocok karena memiliki kekuatan yang rendah.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan mengetahui struktur anatomi kayu tekan pada kayu pinus. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2007 sampai Mei 2008. Pengambilan sampel dilakukan di Desa Lakapodo Kecamatan Kusambi Kabupaten Muna dan Pengamatan Struktur Anatomi dan Pengukuran Dimensi Serat dilakukan di Laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan. Program Studi Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Makassar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi jari-jari, lebar jari-jari, panjang tracid, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat pada kayu pinus daerah *Opposite* dan daerah kayu tekan berbeda tidak nyata pada posisi dalam pohon. Sedangkan frekuensi jari-jari kayu pinus rata-rata untuk ujung tekan, bawah tekan, tengah tekan, ujung *opposite* dan bawah *opposite* berbeda tidak nyata, sedangkan tengah *opposite* berbeda nyata pada taraf 5%. Sedangkan *Runkel Ratio*, *Felting Power*, *Muhlstep Ratio*, dan *Flexibility Ratio* pada daerah kayu tekan dan daerah *opposite*, termasuk dalam kelas III, merupakan jenis kayu yang kurang baik



digunakan untuk bahan baku pulp dan kertas, karena memiliki rendemen pulp yang rendah, konsumsi alkali tinggi, pulp sukar diputihkan dan memiliki kekuatan lembaran pulp dan kertas yang rendah. Sedangkan *Coefficient of Rigidity* pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan pada kayu pinus (*Pinus merkusii*) karakteristik turunan seratnya masuk dalam kelas IV.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Gambaran Umum Tanaman Pinus.....	3
B. Kayu Tekan.....	4
C. Struktur Anatomi.....	7
1. Trakeid.....	8
2. Parenkim.....	9
3. Jari-jari.....	10
D. Dimensi Serat.....	11
III. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat.....	13
B. Alat dan Bahan.....	13



C. Metode Penelitian	14
1. Pengambilan Sampel	15
2. Pembuatan Preparat Sayatan	16
D. Variabel yang Diamati	
1. Struktur Anatomi	17
2. Dimensi dan turunan serat	18
E. Pengolahan data	19
F. Rancangan Penelitian	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil	
1. Struktur anatomi	22
a. Jari-jari	
1. Tinggi jari-jari	23
2. Lebar jari-jari	24
3. Frekuensi jari-jari	25
4. Tipe jari-jari	26
b. Parenkim	
2. Dimensi dan Turunan Serat	
a. Panjang Serat	29
b. Dimensi serat	31
c. Diameter Lumen	32
d. Tebal dinding serat	33
B. Pembahasan	
1. Jari-jari	34
2. Dimensi dan turunannya	35

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	36
B. Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR TABEL



Nomor.	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Elemen-elemen Penyusun Kayu Daun Jarum.....	7
2.	Karakteristik Jari-jari Kayu Pinus pada Daerah Tekan dan Daerah <i>Opposite</i>	22
3.	Hasil uji BNJ Frekuensi jari-jari kayu pinus pada berbagai posisi dalam pohon.....	26
4.	Karakteristik serat dan turunannya pada daerah kayu tekan dan daerah <i>Opposite</i>	29

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
1.	Cara Pengambilan Sampel.....	15
2.	Cara Pembuatan Sampel.....	15
3.	Cara Pengukuran Serat.....	18
4.	Diagram Batang Tinggi Jari-jari Kayu Pinus Daerah <i>Opposite</i> Dan Daerah Kayu Tekan.....	23
5.	Diagram Batang Lebar Jari-jari Pada Kayu Pinus Daerah <i>Opposite</i> dan Daerah Kayu Tekan.....	24
6.	Diagram Frekuensi Jari-jari pada Kayu Pinus Daerah <i>Opposite</i> dan Daerah Kayu Tekan.....	25
7.	Penampang Tangensial Batang Dengan Pembesaran 10x.....	26
8.	Penampang Radial Dengan Pembesaran 10x.....	27
9.	Parenkim Longitudinal dengan Pembesaran 10x.....	28
10.	Diagram Panjang Serat pada Kayu Pinus pada Daerah <i>Opposite</i> dan Daerah Kayu Tekan.....	30
11.	Serat Kayu Pinus.....	31
12.	Diagram Diameter Serat Kayu Pinus pada Daerah <i>Opposite</i> dan Daerah Kayu Tekan.....	31
13.	Diagram Diameter Lumen Kayu Pinus pada Daerah <i>Opposite</i> dan Daerah Kayu Tekan.....	32
14.	Diagram Tebal Dinding Serat Kayu Pinus pada Daerah <i>Opposite</i> dan Daerah Kayu Tekan.....	32

DAFTAR LAMPIRAN



Nomor	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Foto Penampang Melintang Kayu.Pinus.....	40
2.	Hasil Data Pengamatan Tinggi Jari-jari (mikron)	41
3.	Analisis Ragam Tinggi Jari-jari Kayu Pinus.....	41
4.	Hasil Data Pengamatan Lebar Jari-jari (mikron)	42
5.	Analisis Ragam Lebar Jari-jari.....	42
6.	Hasil Data Pengamatan Frekuensi Jari-jari (mikron)	43
7.	Analisis Ragam Frekuensi Jari-jari.....	43
8.	Hasil Data Pengamatan Panjang Serat (mikron).....	44
9.	Analisis Ragam Panjang Serat.....	44
10.	Hasil Data Pengamatan Diameter Serat (mikron)	45
11.	Analisis Ragam Diameter Serat.....	45
12.	Hasil Data Pengamatan Diameter Lumen (mikron)	46
13.	Analisis Ragam Diameter Lumen.....	46
14.	Hasil Data Pengamatan Tebal Dinding Serat (mikron)	47
15.	Analisis Ragam Tebal Dinding Serat.....	47
16.	Karakteristik Kayu Sebagai Bahan Baku.....	48
17.	Kelas Kualitas Serat.....	48
18.	Penggolongan Panjang Serat	48

19. Penggolongan Diameter Serat.....	49
20. Penggolongan Berdasarkan Frekuensi Jari-jari	49
21. Penggolongan Berdasarkan Lebar Jari-jari.....	49

PENDAHULUAN



A. Latar Belakang.

Kayu pinus merupakan salah satu jenis tanaman hutan yang memegang peranan penting dalam berbagai bidang industri maupun untuk kebutuhan masyarakat. Di Indonesia kepopuleran jenis ini didasarkan sifat pionirnya yang mampu bertahan hidup pada kondisi tempat tumbuh yang kurang baik. Sebagaimana ditemukan pada jenis tanaman hutan lainnya, tanaman pinus juga ada memiliki pertumbuhan yang tidak normal sehingga mempengaruhi penggunaannya. Pada dasarnya pertumbuhan pohon merupakan hasil proses fisiologis yang sangat kompleks dan dapat dipengaruhi oleh banyak faktor. Dalam proses pertumbuhannya, pohon dapat membentuk kayu normal dan tidak normal. Kayu tidak normal disebut kayu reaksi, yang banyak ditemukan di alam baik pada jenis kayu yang lebar maupun jenis kayu daun jarum. Pada kayu daun lebar disebut kayu tarik dan pada kayu daun jarum disebut kayu tekan.

Kayu reaksi terbentuk apabila batang utama suatu pohon miring dari vertikal atau kayu reaksi dapat pula terjadi pada pembengkokan kayu dari arah normal. Pertumbuhan yang tidak normal dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan seperti iklim, topografi dan kondisi lingkungan yang tidak stabil. Dalam penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi, penggunaan kayu reaksi khususnya pada kayu pinus tidak cocok karena memiliki kekuatan yang rendah. Oleh karena itu, pemanfaatan kayu reaksi untuk palang-palang lantai, kasau rumah, tiang dan lain sebagainya perlu dihindari

karena tidak memenuhi persyaratan-persyaratan kayu konstruksi terutama untuk perumahan yang memiliki kekuatan, kekakuan dan keawetan yang tinggi. Ditinjau dari aspek efisiensi apabila kayu reaksi tidak dapat dimanfaatkan maka akan menimbulkan pemborosan dan akan terbuang dengan percuma tanpa ada pengolahan lebih lanjut. Oleh karena itu, diperlukan suatu informasi yang jelas terutama sifat anatomi kayu reaksi, terutama kayu tekan pada kayu pinus. Pengetahuan tentang sifat anatomi tersebut diharapkan dapat memberikan informasi yang tepat, sehingga kayu tekan pada kayu pinus dapat termanfaatkan dan pemborosan kayu dapat dihindari.

B. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat anatomi kayu tekan pada pinus (*Pinus merkussi*). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pemanfaatan dan penggunaan kayu tekan secara tepat.

II. TINJAUAN PUSTAKA



A. Gambaran Umum Tanaman Pinus

Sistematika tanaman pinus dalam Tantra (1980) sebagai berikut:

- Kingdom : Plantarum
- Divisio : Spermatophyte
- Subdivisio : Gymnospermae
- Kelas : Coniferae
- Ordo : Pinales
- Famili : Pinaceae
- Genus : Pinus
- Spesies : *Pinus merkusii* Jungh et de Vriese.

Di Indonesia secara alami terdapat pohon pinus yaitu yang ada di Sumatera Utara yaitu sekitar Aceh di Tapanuli. Pohon ini umumnya dijumpai tumbuh secara berkelompok-kelompok sampai murni dan kadang-kadang bercampur dengan jenis kayu daun lebar di lereng-lereng gunung dan padang-padang rumput. Tetapi yang terdapat di padang-padang rumput umumnya dijumpai dalam tegakan murni (Beckman, 1949 dalam Yahya, 1991). Mirow (1969) dalam Yahya (1991) bahwa pinus memiliki 107 jenis tersebar secara alami di berbagai tempat tumbuh yang berbeda-beda di Benua Eropa, Amerika, Afrika dan Asia yang meliputi luas areal kurang lebih 284.732,132 ha. Di Asia terdapat 28 jenis dan di antaranya 3 – 7 jenis tersebar di Asia Tenggara antara lain *Pinus merkusii*, *Pinus kaysia* dan *Pinus insularis*.

Tinggi pohon pinus mencapai 20 - 40 m dengan panjang batang bebas cabang 2 - 23 m. Diameter sampai 100 cm, tidak berbanir, kulit luar kasar berwarna coklat kelabu sampai coklat tua, tidak mengelupas, dan beralur lebar dalam. Ciri umum warna kayu teras coklat kuning muda dengan pita dan gambar yang berwarna lebih gelap, kayu yang berdamar berwarna coklat atau coklat tua, kayu gubal berwarna putih atau kekuning-kuningan tebal 6 -8 cm. Kayu pinus dapat dipergunakan untuk bangunan perumahan, lantai, mebel, kotak dan tangkai korek api, potlot (dengan pengelolaan khusus), pulp, tiang listrik (diawetkan), papan wol dan kayu lapis (Martawijaya, dkk., 1989).

B. Kayu Tekan

Secara makroskopis kayu tekan berbeda dengan kayu normal seperti bentuk trakeid kayu tekan yang bundar. Sel-sel ini membulat pada tahap perkembangan sel (pada awal perkembangan dinding sel) sebagai akibat dari bentuknya yang bundar, maka trakeid tidak bersambung kuat dan biasanya menyisahkan ruang antar sel. Pada bagian longitudinal (radial dan tangensial) tanda-tanda ini tersusun dalam bentuk spiral yang membentuk sudut sekitar $40^{\circ} - 60^{\circ}$. Dinding sel dari sel kayu tekan sangat tebal kira-kira 2 kali tebal dinding sel trakeid kayu normal. Trakeid permukaan kayu awal mempunyai tebal dinding sel kira-kira sama dengan sel kayu normal (10 - 40 %) dan ujungnya biasanya tidak normal (Core, dkk., 1979 dalam Panshin dan de Zeeuw, 1980). Pohon dengan pertumbuhan tertekan mempunyai jumlah saluran resin vertikal mengecil, frekuensi saluran resin lebih sedikit dan sel perenkim epitel aksial sering

tidak ada. Hasil penelitian Hought (1962) yang dikutip Panshin dan de Zeeuw (1980) mendapatkan bahwa volume kayu tekan 6% pada batang yang cukup luas dan 9,7% pada batang yang cukup bengkok. Sedangkan Low (1964) dalam Panshin dan de Zeeuw (1980) menyatakan bahwa volume kayu tekan bervariasi pada kayu pinus dari 5,4 % - 57,1 %. Pembentukan kayu tekan juga dilaporkan terjadi pada akar beberapa jenis conifer.

Menurut Haygreen dan Bowyer (1989), suatu potongan kayu melintang mengandung kayu tekan dalam jumlah yang besar, memiliki lingkaran tahun yang sangat lebar pada sisi bawah atau sisi yang tertekan pada batang yang miring dengan lingkaran-lingkaran yang jauh lebih sempit pada sisi yang berlawanan pada empulur. Sebagai akibatnya empulur letaknya lebih dekat ke sisi atas batang yang menyebabkan eksentrik. Di samping itu, lingkaran-lingkaran yang lebar itu mengandung kayu akhir dalam proporsi yang cukup besar dan kadang-kadang kontras antara kayu awal dan kayu akhir sehingga kurang jelas dibanding dalam kayu normal biasa. Hasil penelitian Wershing dan Bailey (1942), Praser (1952), serta Wardrop dan Davies (1964) yang dikutip Haygreen dan Bowyer (1989) menunjukkan bahwa auksin yang diberikan secara buatan seperti asam indolasetat (IAA) dan asam gliberelat menyebabkan pembentukan kayu tekan. Injeksi IAA ke dalam satu sisi batang kayu lunak yang vertikal menyebabkan batang tersebut miring menjauhi tempat injeksi. Oleh karena itu, batang-batang kayu lunak dan miring memiliki konsentrasi auksin yang lebih tinggi pada sisi bawah dari pada sisi atas dan gaya berat berpengaruh pada distribusi IAA dalam tanaman. Petunjuk-petunjuk kuat

memperlihatkan bahwa konsentrasi auksin menyebabkan pembentukan kayu tekan. Di samping itu, auksin juga berpengaruh pada pembentukan kayu tarik sehingga jelas bahwa gaya berat dan auksin memainkan peranan penting dari pembentukan kayu reaksi.

Menurut Haygreen dan Bowyer (1989), trakeid kayu tekan kira-kira lebih pendek daripada kayu normal. Kayu tekan mengandung selulosa 10% lebih sedikit, lignin dan hemiselulosa 8-9 % lebih banyak dari kayu-kayu normal. Faktor-faktor ini mengurangi kesesuaian kayu tekan untuk pembuatan pulp dan kertas. Dadswell dan Wardrop (1960) menunjukkan bahwa kayu tekan tidak hanya mengurangi hasil selulosa tetapi menghasilkan pulp berkekuatan rendah, terutama apabila digunakan proses kimia sulfit pada pembuatan pulp. Pulp sulfit kayu tekan dikatakan oleh Timell (1973) secara jelas kurang disukai dari pada pulp kayu normal, tetapi penggunaan proses kraft (sulfat) pada kayu tekan dilaporkan menghasilkan produk yang hanya sedikit lebih rendah kualitasnya. Barefoot, dkk (1964) mengakui pengaruh kayu tekan yang merugikan pada kualitas pulp, serat kayu tekan bervariasi dari bentuk sedang sampai yang berat. Bentuk sedang kayu tekan mempunyai pengaruh yang merugikan pada kekuatan sobek tetapi tidak pada sifat-sifat kertas yang lain. Kayu tekan sangat tidak disukai dalam bentuk gergajian dan produk kayu utuh lainnya.

C. Struktur Anatomi

Menurut Pandit dan Ramdan (2002), struktur kayu daun jarum lebih sederhana bila dibandingkan struktur kayu daun lebar. Pola penyusunan sel-sel seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Elemen-elemen Penyusun Kayu Daun Jarum

Arah longitudinal	Arah Tranversal
A. Bersifat prosenkim Trakeida 1. Trakeida berdamar 2. Trakeida rantai	A. Bersifat prosenkim 1. Trakeida jari-jari
B. Bersifat parenkim 1. Parenkim aksial 2. Parenkim epitel	B. Parenkim 1. Sel epitel jari-jari

Sumber : Pandit dan Ramdan, 2002

Arah vertikal dari batang yaitu sumbu batang yang dibuat melalui empulur batang (*Pith*) dari pangkal ke ujung. Sebagian besar dari sel-sel di dalam kayu mempunyai sumbu panjang sel yang sejajar dengan sumbu vertikal batang. Oleh karena itu, dikatakan bahwa pohon mempunyai sel penyusun yang senantiasa vertikal, di mana sel-sel atau elemen-elemen yang menyusun kayu orientasinya searah dengan sumbu aksial arah horizontal atau penampang melintang dari batang bulat secara utuh. Tiga bagian pokok dapat dilihat secara makroskopis pada penampang melintang batang berturut-turut dari pusat yaitu empulur atau *pith*, bagian kayu atau xylem (kayu teras dan kayu gubal) dan bagian kulit atau phloem (Pandit dan Ramdan, 2002).

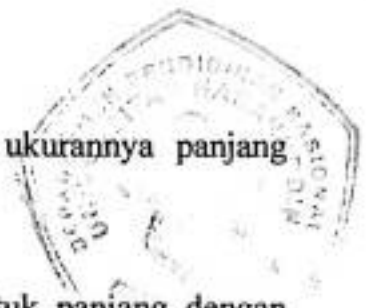


Sifat struktur anatomi dan dimensi serat bervariasi tergantung dari spesies kayu, posisi kayu atau letak dalam batang kayu serta pertumbuhan kayu, faktor-faktor tersebut secara fundamental berpengaruh terhadap kualitas pulp dan kertas yang dihasilkan. Pertumbuhan kayu antara lain dipengaruhi oleh umur, tingkat kesuburan tanah, iklim, dan musim serta letak geografis tanah (Casey, 1980).

1. Trakeid

Pada kayu daun jarum sel trakeid berfungsi sebagai saluran pengangkutan dan pendukung mekanis. Trakeid longitudinal merupakan unsur utama penyusun kayu daun jarum, berkisar 90% sampai 94% dari volume kayu trakeid longitudinal, berbentuk hexagonal pada penampang melintang dengan diameter lebih besar dalam arah radial. Pada kayu akhir potongan melintang trakeid longitudinal pada dasarnya berbentuk empat persegi panjang dengan bentuk yang pipih tersusun dalam arah radial. Perubahan bentuk potongan melintang trakeid dipengaruhi oleh musim pertumbuhan. Terdapat hubungan antara diameter tangensial dan panjang trakeid, di mana kayu yang memiliki trakeid yang berdiameter tangensial besar akan memiliki trakeid yang panjang. Panjang rata-rata trakeid kayu daun jarum berkisar 3 sampai 5 mm (Sanusi, 1986).

Trakeid adalah sel-sel yang bentuknya panjang dan ujung-ujungnya tertutup dan runcing. Panjangnya kira-kira 75 – 200 kali ukuran lebarnya, panjang sel trakeid sangat bervariasi yaitu yang terpendek sekitar 1 mm dan yang terpanjang 7 mm. Panjang rata-rata adalah sekitar 3 – 5 mm sehingga di bawah selang ini dikatakan



trakeid berukuran pendek dan di atas selang ini dikatakan ukurannya panjang terpendek sekitar 1 mm (Pandit dan Ramdan, 2002).

Menurut Dumanauw (1990), trakeid adalah sel berbentuk panjang dengan bagian ujung yang mengecil sampai meruncing, berfungsi untuk mengangkut makanan. Sel-sel ini merupakan jaringan dasar dari kayu daun jarum. Menurut Panshin dan de Zeeuw (1979), trakeid kayu tekan 10 – 40% lebih pendek dari pada kayu normal pada bagian riap tumbuh yang berdekatan, sedangkan dalam Haygreen dan Bowyer (1989) dinyatakan bahwa pemendekan trakeid sebesar 30% yang pada dasarnya merupakan refleksi dari reduksi panjang sel yang bersamaan.

2. Parenkim

Parenkim adalah sel yang berbentuk seperti batu bata dengan dinding sel yang tipis. Sel parenkim di dalam batang membentuk untaian-untaian atau rantai vertikal. Untaian atau rantai itu dapat soliter dan dapat juga berkumpul menjadi kelompok-kelompok dari berbagai bentuk (Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 1989). Menurut Panshin dan de Zeeuw (1980), di dalam kayu gubal sel parenkim masih dalam keadaan hidup dan di dalam kayu teras sudah tidak berfungsi lagi secara fisiologis. Jaringan parenkim dibagi atas parenkim aksial yaitu sel-sel parenkim yang tersusun arah radial sering disebut parenkim jari-jari. Parenkim adalah jaringan sel yang tersusun dari sel pendek, berbentuk batu bata dan berdiameter sama dan kebanyakan memiliki noktah sederhana. Fungsi utama sel ini adalah untuk menyimpan cadangan makanan, di samping sebagai saluran pengangkut karbohidrat.

Haygreen dan Bowyer (1989) membedakan dua macam susunan parenkim pada bidang melintang kayu yaitu parenkim apotracheal dan parenkim paratracheal. Parenkim apotracheal adalah parenkim yang tidak berhubungan langsung dengan pori yang meliputi difusi dan bentuk pita. Parenkim paratracheal adalah semua bentuk parenkim yang berhubungan dengan pori yang meliputi tipe paratracheal jarang, paratracheal sepihak, aliform, inisial berpita dan marginal.

3. Jari-jari

Jari-jari kayu merupakan jaringan yang terdiri dari sel-sel yang berbentuk seperti batu bata yang letaknya radial atau longitudinal. Ada dua macam jari-jari yaitu jari-jari berbaring dan jari-jari tegak adalah jari-jari sumbu panjang selnya sejajar dengan sumbu batang (Departemen Pertanian, 1976). Jari-jari ini tersusun dari kelompok sel-sel dan nampak seperti pita yang memanjang ke arah radial yaitu dari kulit menuju ke bagian tengah batang (Panshin dan de Zeeuw, 1980).

Pada bidang radial sel jari-jari ini terdapat dalam dua bentuk yaitu sel-sel berbaring dengan ukuran yang terbesar pada arah yang memanjang yang disebut dengan sel tegak. Berdasarkan bentuk sel, penyusunan jari-jari dibedakan atas dua yaitu homoselluler apabila jari-jari terdiri dari hanya sel tegak atau hanya sel baring, sedangkan apabila jari-jari mengandung lebih dari satu sel jari-jari maka disebut heteroselluler. Pada bidang tangensial, sel jari-jari tersusun dari gelondongan jari-jari sehingga jari-jari tampak lebar dan sempit. Pembagian jari-jari berdasarkan lebarnya dibagi atas jari-jari uniseriat bila lebar jari-jari terdiri atas satu baris sel, biseriati bila lebar jari-jari terdiri atas dua baris sel (Panshin dan de Zeeuw, 1980).

Pada bidang lintang kayu, jari-jari akan nampak berupa garis-garis kecil yang mengarah dari kambium ke empulur atau ke pusat batang. Sedangkan pada bidang tangensial sel jari-jari tersusun dalam gelondongan jari-jari sehingga jari-jari tampak lebar dan sempit. Pembagian jari-jari berdasarkan lebar sempitnya di bagi atas jari-jari uniseriat bila lebar jari-jari terdiri atas dua baris sel, biseriati bila jari-jari terdiri dari dua baris sel dan multiseriati bila jari-jari terdiri dari dua sel (Rulliaty, 1986 dalam Rosmiati, 1991).

D. Dimensi Serat

Dimensi serat meliputi panjang serat, diameter serat, diameter lumen dan tebal dinding serat. Variasi dimensi serat tergantung pada jenis kayu antar pohon dalam satu jenis dan bahkan bervariasi menurut posisinya dalam pohon. Variasi dimensi sangat nyata, terutama antar jenis kayu daun lebar dan kayu daun jarum (Sanusi, 1990).

Dimensi serat meliputi panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat. Berdasarkan data dimensi serat dapat dihitung nilai turunan serat, yaitu daya tenun, koefisien fleksibilitas, perbandingan runkel dan koefisien kekasaran (Sanusi, 1990). Selanjutnya dikemukakan bahwa berdasarkan data dimensi serat dapat dihitung nilai turunan serat, yaitu daya tenun, koefisien fleksibilitas, perbandingan runkel dan koefisien kekasaran.

Variasi dimensi serat tergantung pada jenis kayu, posisinya dalam pohon, keadaan faktor lingkungan dan sifat genetis lingkungan dan sifat genetis pohon (Priasukmana dan Silitonga, 1972). Selanjutnya dikemukakan pada kayu-kayu

abnormal seperti kayu tekan dan kayu tarik terdapat perbedaan ukuran dimensi serat dibandingkan dengan kayu normal. Pada umumnya kayu tarik mempunyai serat lebih panjang, dinding sel tebal, dan diameter kecil. Sedangkan pada kayu tekan, seratnya lebih pendek, dinding sel tebal dan diameter besar.

Menurut Panshin dan de Zeeuw (1980), serat adalah sel-sel yang berbentuk panjang dan langsing. Dinding serat umumnya lebih tebal dari parenkim dan pembuluh. Panjang serat antara 300 – 600 μm tergantung pada jenis pohon dan posisinya dalam batang, diameter antara 15 - 50 μm . Ketebalan dinding serat relatif dibanding diameter, yaitu tipis, tebal dan sangat tebal. Serat dikatakan berdinding sangat tebal jika lumen dan rongga selnya hampir seluruhnya terisi dengan lapisan-lapisan dinding. Dari ciri-ciri inilah dapat dipahami bahwa serat berfungsi sebagai penguat pohon.

Runkel ratio adalah perbandingan dua kali tebal dinding serat terhadap diameter lumen, felting power adalah perbandingan panjang serat terhadap diameter serat, flexibility ratio adalah perbandingan diameter lumen dengan diameter serat, coefficient of rigidity adalah perbandingan antara tebal dinding sel dengan diameter serat, muhlsteph ratio adalah perbandingan dinding sel terhadap luas penampang lintang sel yang dinyatakan dalam persen (Departemen Kehutanan, 1976).

III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2007 sampai Mei 2008. Pengambilan sampel dilakukan di Desa Lakapodo Kecamatan Kusambi Kabupaten Muna dan Pengamatan Struktur Anatomi dan Pengukuran Dimensi Serat dilakukan di Laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan. Program Studi Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Makassar.

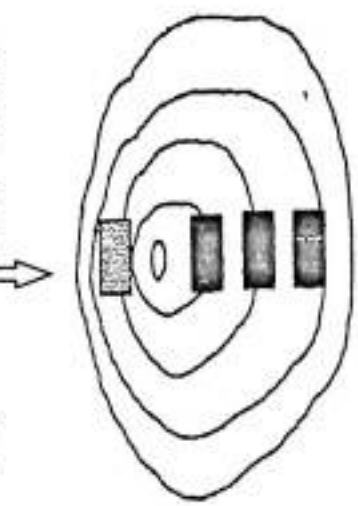
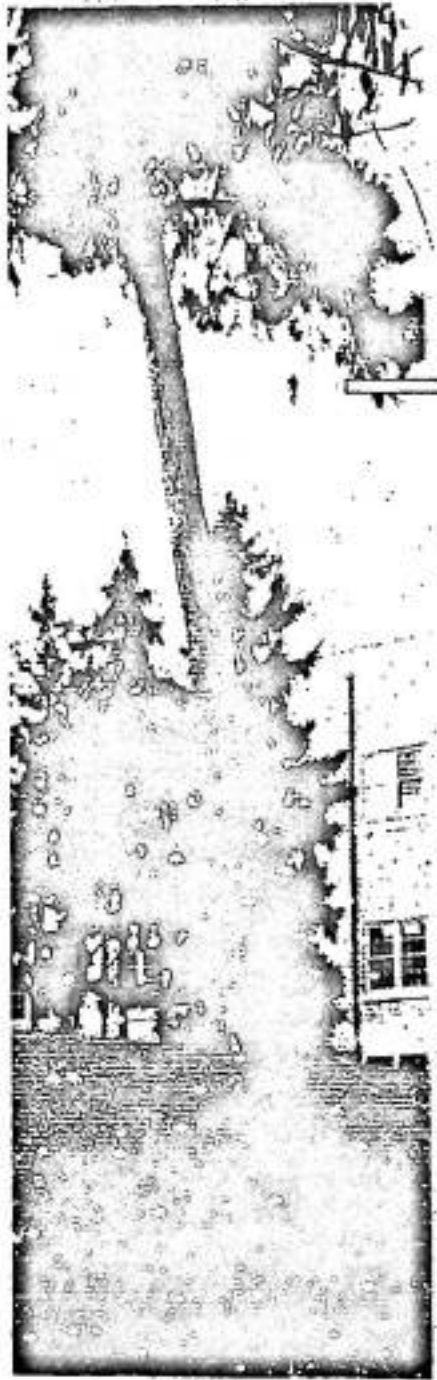
B. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan meliputi peralatan di lapangan dan peralatan di laboratorium. Peralatan di lapangan berupa parang, pita ukur, kantong plastik, label dan alat tulis menulis. Peralatan yang digunakan di laboratorium meliputi mikroskop dengan pembesaran 10 x, dan 40x, foto mikroskop, mikrotom, objek glass, deck glass, pipet, cawan petri, tabung reaksi, penangas air, stoples, kawat, label dan alat tulis menulis. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel kayu pinus, alkohol 30%, 50%, 70%, 90%, asam asetat glacial (CH_3COOH), hydrogen peroksida (H_2O_2), dan zat pewarna safranin.

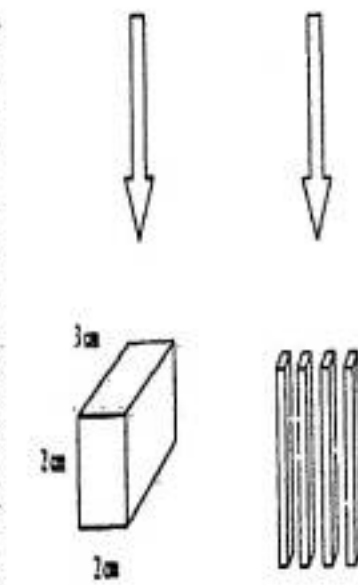
C. Metode Penelitian

1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan memilih tiga pohon yang memiliki batang yang miring dengan diameter 25-30 cm. Masing-masing pohon kemudian dibuat lempengan setebal 5 cm. Pada masing-masing pohon pada bagian batang dengan mengambil bawah, tengah dan ujung (cara pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1). Kemudian masing-masing lempeng dibuat contoh uji pada daerah kayu tekan dan daerah *opposite* sebagai pembanding. Kemudian masing-masing lempeng dibuat contoh uji pada daerah kayu tekan dan *opposite* sebagai pembanding. Jumlah contoh uji tergantung diameter batang yang menjadi sampel uji. Dari lempengan tersebut dibuat potongan (2 x 2 x 2) cm. Untuk keperluan pembuatan preparat sayatan dan untuk pembuatan preparat maserasi dibuat sampel berukuran sebesar tangkai korek api.



■ Kayu tekan
□ Opposite wood



Sampel Preparat Sayatan Sampel Maserasi

Gambar 1. Pengambilan Sampel dan Cara Pembuatan Sampel

2. Pembuatan Preparat Maserasi dan Sayatan

Untuk pengamatan struktur anatomi kayu, digunakan preparat mikrotom yang dibuat dengan prosedur sebagai berikut: menyiapkan sampel kayu dengan ukuran (2 x 2 x 2) cm menurut arah sumbu anistropiknya. Pada masing-masing sampel yang telah disiapkan tersebut diberi label dan direbus pada penangas air dengan menggunakan gelas piala, selanjutnya dilakukan perendaman dengan menggunakan alkohol : gliserin selama tiga minggu. Satu minggu dalam alkohol gliserin (3 : 1), satu minggu dalam alkohol gliserin (1 : 1), satu minggu dalam alkohol gliserin (1 : 3). Penyayatan dilakukan pada tiga bidang pengamatan dengan menggunakan mikrotom. Hasil sayatan diletakkan pada cawan petri yang berisi aquadest. Untuk memberikan ketajaman dalam pengamatan pada mikroskop dilakukan pewarnaan safranin. Langkah-langkah pewarnaan safranin adalah sebagai berikut: Hasil sayatan dihidrasi dengan alkohol 30%, 10% dan aquadest masing-masing selama dua menit, kemudian memberi zat warna safranin 2% dan menyiapkannya selama 24 jam. Kemudian mencuci dengan aquadest sampai bersih dan dihidrasi secara berurutan masing-masing dengan alkohol (30%, 50%, 70% dan 90%) masing-masing selama dua menit. Sayatan disusun pada *object glass* dengan memberikan label masing-masing, lalu ditutup dengan *deck glass*. Contoh uji siap diamati.

Untuk pengukuran dimensi serat dilakukan maserasi dengan menggunakan prosedur sebagai berikut: Membuat contoh uji sebesar korek api sebanyak lima batang dari masing-masing bagian, kemudian memasukkannya ke dalam tabung

reaksi. Menambahkan asam asetat glacial (CH_3COOH) dan hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan perbandingan 1 : 1 bagian, kira-kira sampai contoh uji tenggelam. Merebus contoh uji dalam penangas air sampai potongan sampel kayu berwarna putih dan terlihat ada tanda-tanda serat mulai lepas. Waktu perebusan diperkirakan kurang lebih 2 – 3 jam. Membuang filtrat dan mencuci beberapa kali dengan aquadest sampai bebas asam. Menambahkan lagi sedikit aquadest, kemudian ditutup dengan ibu jari dan mengocok untuk mendapatkan serat yang lepas dengan sempurna. Memindahkan serat ke cawan petri dan memberi zat warna safranin 2 %, setelah beberapa jam dicuci kembali dengan aquadest, sampai zat warna yang berlebih terbuang dan dihidrasi secara berurutan masing-masing dengan alkohol (30%, 50%, 70% dan 90%) masing-masing selama dua menit. Sampel diletakkan pada *object glass*, kemudian ditutupi dengan *deck glass* dan siap untuk diamati. Mengukur panjang serat, diameter serat, tebal dinding serat dan diameter lumen dengan menggunakan mikrometer yang terdapat pada mikroskop. Banyaknya serat yang diukur pada masing-masing sampel sebanyak 25 serat (International Association of Wood Anatomis, 1989).

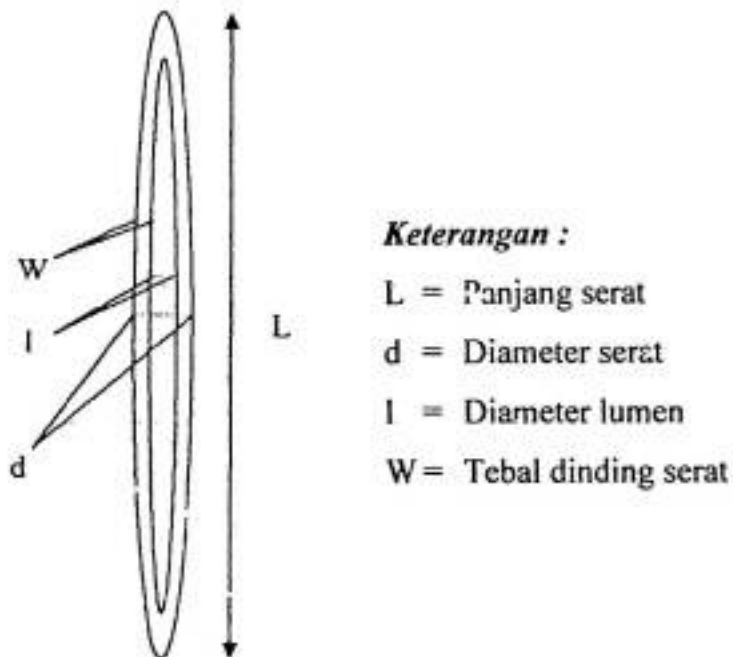
D. Variabel yang Diamati

1. Struktur Anatomi

Pengamatan dilakukan pada struktur anatomi yang dilakukan melalui preparat sayatan dengan menggunakan mikroskop yang dilengkapi dengan mikrometer dan pilar meliputi: tipe parenkim pada bidang aksial, sedangkan pada bidang tangensial pengukuran meliputi tinggi jari-jari, lebar jari-jari, dan jumlah jari-jari per millimeter, juga dilakukan pengamatan untuk tipe jari-jari.

2. Dimensi dan Turunan Serat

Dimensi serat diperoleh dari hasil pengukuran dan perhitungan serat pada masing-masing contoh uji dari preparat maserasi dengan menggunakan mikroskop yang dilengkapi dengan mikrometer. Bagian yang diukur meliputi panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat (Gambar 2). Serat yang diukur adalah serat utuh dan tidak terputus.



Gambar 2. Cara Pengukuran Serat

E. Pengolahan Data



Pengukuran dan pengamatan struktur anatomi dan dimensi serat dilakukan dengan menggunakan mikroskop yang dilengkapi dengan pilar dan mikrometer. Untuk pengamatan frekuensi jari-jari, tinggi jari-jari, lebar jari-jari, panjang serat dengan pembesaran 10x. Sedangkan untuk diameter serat, diameter lumen dan tebal dinding serat diukur dengan pembesaran 40x. Hasil yang diperoleh dari pengukuran panjang serat, diameter serat, diameter lumen dan tebal dinding serat diolah lebih lanjut untuk mengetahui nilai turunan serat, yaitu:

Runkel Ratio	= $2w/l$
Felting Power	= L/d
Flexibility of Rigidity	= l/d
Coefficient of Rigidity	= w/d
Muhlsteph Ratio	= $\frac{d^2 - l^2}{d^2} \times 100\%$

F. Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rancangan eksperimen Tersarang dengan dua faktor. Faktor utama pohon adalah pohon yang terdiri dari tiga taraf, yaitu pohon pertama (P1), pohon kedua (P2), pohon ketiga (P3). Sedangkan faktor tersarang (vertikal) yaitu bagian yang terdiri dari tiga taraf yaitu bagian bawah (B), bagian tengah (T) dan ujung batang (U). Jumlah ulangan sampel untuk kayu

tekan dan opposite disesuaikan dengan diameter batang dan posisi kayu tekan (Lampiran 1).

Menurut Netter, dkk. (1990) model matematis dari rancangan eksperimen tersarang tersebut adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j(i) + \epsilon_k(ij)$$

Dimana: Y_{ijk} = Nilai pengamatan pohon ke-i pada bagian pengamatan ke-j untuk ulangan ke-k

μ = Rata-rata umum hasil pengamatan

α_i = Pengaruh pohon ke -i

$\beta_j(i)$ = Pengaruh bagian pengamatan ke-j pada pohon ke-i

$\epsilon_k(ij)$ = Kekeiruan karena ulangan ke-k pada pohon ke-i dengan bagian pengamatan ke-j

Menurut Gaspersz (1989), untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing perlakuan dilakukan uji lanjutan yaitu Uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Uji lanjutan dalam penelitian ini dilakukan jika hasil sidik ragam menunjukkan hasil yang nyata atau sangat nyata, yaitu dengan rumus:

$$W = q \alpha(p, fe) \longrightarrow S_y = \sqrt{\frac{KTG}{r}}$$

Di mana: W = Nilai BNJ
 $q\alpha$ = Nilai pada tabel berdasarkan nilai p dan fe
 p = Jumlah perlakuan
 fe = Derajat bebas galat
 r = Jumlah ulangan
 Sy = Nilai kuadrat tengah galat dibagi jumlah ulangan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Struktur Anatomi

a. Jari-jari

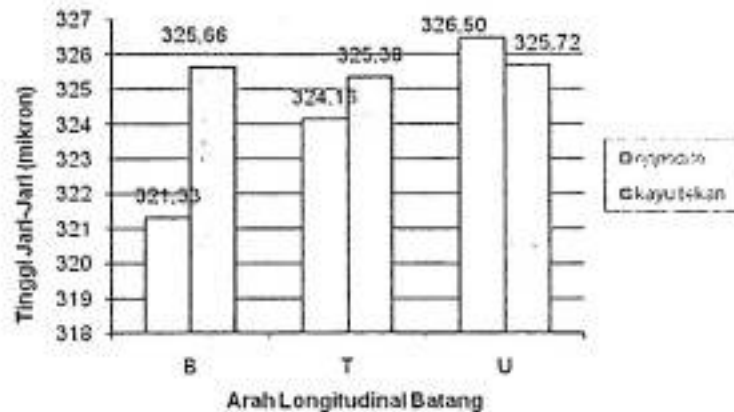
Hasil pengukuran, pengamatan dan perhitungan jari-jari pada ketiga penampang kayu menghasilkan data mengenai tinggi jari-jari (Lampiran 2), lebar jari-jari (Lampiran 4), frekuensi jari-jari (Lampiran 5) dan tipe jari-jari. Karakteristik jari-jari kayu pinus pada daerah *opposite* dan daerah tekan pada kayu pinus secara kuantitatif dan kualitatif disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Jari-jari Kayu Pinus pada Daerah Tekan dan Daerah *Opposite*

Bagian Kayu	No	Parameter pengukuran pengamatan	Kuantitatif	Kualitatif
Kayu Tekan	1.	Frekuensi Jari-jari (per mm)	3,54	Sangat jarang
	2.	Tinggi Jari-jari (μ)	326,08	Luar biasa pendek
	3.	Lebar Jari-jari (μ)	37,54	Agak sempit
	4.	Tipe Jari-jari	-	Uniseriat (radial) Heteroseluler (tangensial)
<i>Opposite</i>	1.	Frekuensi Jari-jari (per mm)	3,42	Sangat jarang
	2.	Tinggi Jari-jari (μ)	322,44	Luar biasa pendek
	3.	Lebar Jari-jari (μ)	35,71	Agak sempit
	4.	Tipe Jari-jari	-	Uniseriat (radial) Heteroseluler (tangensial)

(1) Tinggi jari-jari

Hasil pengukuran dan perhitungan tinggi jari-jari kayu pinus dapat dilihat pada Lampiran 2 dengan kisaran 300 -340 μ . Perbandingan tinggi jari-jari rata-rata pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan secara jelas dapat dilihat pada Gambar 3

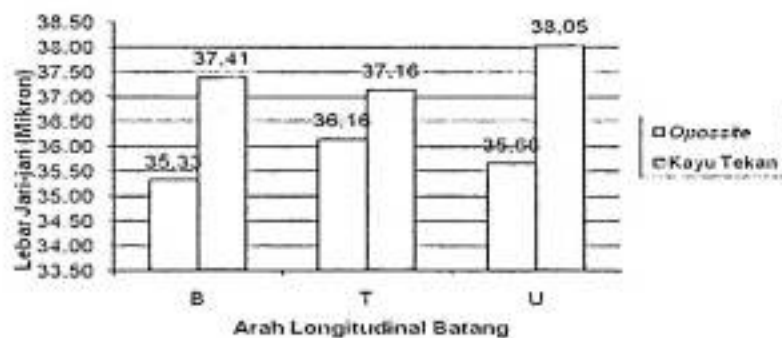


Gambar 4. Diagram Batang Tinggi Jari-jari Kayu Pinus pada Daerah *Opposite* dan Daerah kayu Tekan.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa tinggi jari-jari pada daerah *opposite* 321,33 μ , 324,13 μ , 326,50 μ dan daerah kayu tekan 325,66 μ , 326,38 μ dan 325,72 μ . Menurut penggolongan berdasarkan tinggi jari-jari (Tabel 2), bagian daerah *opposite* dan daerah kayu tekan mempunyai jari-jari luar biasa pendek. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor tersarang (vertikal) yaitu posisi dalam pohon dan posisi horizontal (vertikal) berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi jari-jari kayu pinus sebagaimana disajikan pada Lampiran 3.

(2) Lebar Jari-jari

Hasil pengukuran dan perhitungan lebar jari-jari kayu pinus (*Pinus merkusii*) dapat dilihat pada Lampiran 4 dengan kisaran 31 - 39 μ . Perbandingan tinggi jari-jari rata-rata pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan secara jelas dapat dilihat pada Gambar 5.



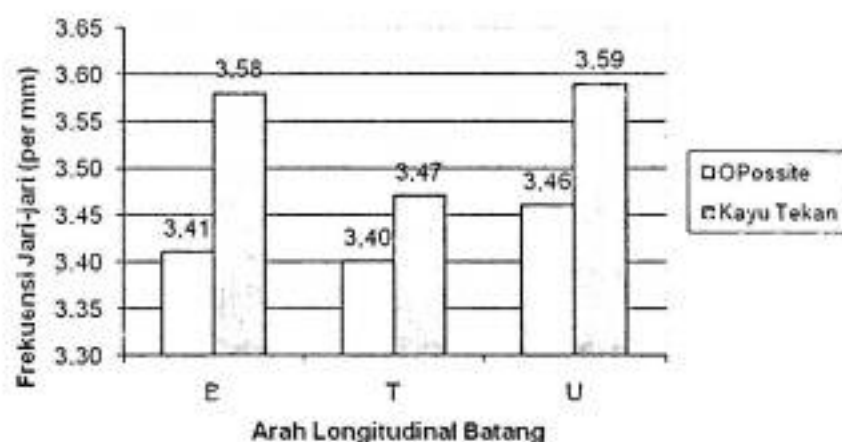
Gambar 5. Gambar Diagram Batang Lebar Jari-jari pada Kayu Pinus Daerah dan Daerah Kayu Tekan.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa lebar jari-jari daerah *opposite* 35,33 μ , 36,16 μ dan 35,66 μ dan daerah kayu tekan 37,41 μ , 37,16 μ dan 38,05 μ penggolongan berdasarkan lebar jari-jari bagian daerah *opposite* dan daerah kayu tekan mempunyai lebar jari-jari agak sempit (Tabel 2). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor tersarang (vertikal) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh tidak nyata terhadap lebar jari-jari kayu pinus sebagaimana disajikan pada Lampiran 5.



(3) Frekuensi Jari-jari

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan frekuensi jari-jari kayu pinus (*Pinus merkusii*) dapat dilihat pada Lampiran 6, dengan kisaran 310 - 380 mm. Perbandingan frekuensi jari-jari rata-rata pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan secara jelas dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Batang Frekuensi Jari-jari pada Kayu Pinus pada Daerah *Opposite* dan Daerah Kayu Tekan

Pada Gambar 6 terlihat bahwa frekuensi jari-jari daerah *opposite* 3,41 mm, 3,40 mm dan 3,46 mm dan daerah kayu tekan 3,58 mm, 3,47 mm, dan 3,59 mm. Penggolongan berdasarkan frekuensi jari-jari (Tabel 2) bagian daerah *opposite* dan daerah kayu tekan mempunyai frekuensi jari-jari sangat jarang. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor tersarang (vertikal) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh nyata, sedangkan horizontal (vertikal) berpengaruh tidak nyata terhadap frekuensi jari-jari kayu pinus sebagaimana dilampirkan pada Lampiran 7. Untuk mengetahui

perbedaan nilai frekuensi jari-jari pada arah vertikal pohon dilakukan uji BNJ yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji BNJ Frekuensi Jari-jari Kayu Pinus Pada Berbagai Posisi Dalam Pohon.

Posisi Vertikal Dalam Pohon	Frekuensi Jari-jari Rata-raya (mm)	BNJ 0,05 W = 0,19
Ujung tekan	3,59	a
Bawah tekan	3,58	a
Tengah tekan	3,47	a
Ujung <i>opposite</i>	3,46	a
Bawah <i>opposite</i>	3,41	a
Tengah <i>opposite</i>	3,40	b

Keterangan: Huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata.

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa frekuensi jari-jari kayu pinus rata-rata untuk ujung tekan, bawah tekan, tengah tekan, ujung *opposite* dan bawah *opposite* berbeda tidak nyata, sedangkan tengah *opposite* berbeda nyata pada taraf 5%.

(4) Tipe Jari-jari

Hasil pengamatan pada penampang tangensial bagian daerah *opposite* dan daerah kayu tekan menunjukkan jari-jari yang uniseriat dengan tipe heteroseluler. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penampang Tangensial Batang dengan Pembesaran 10 x

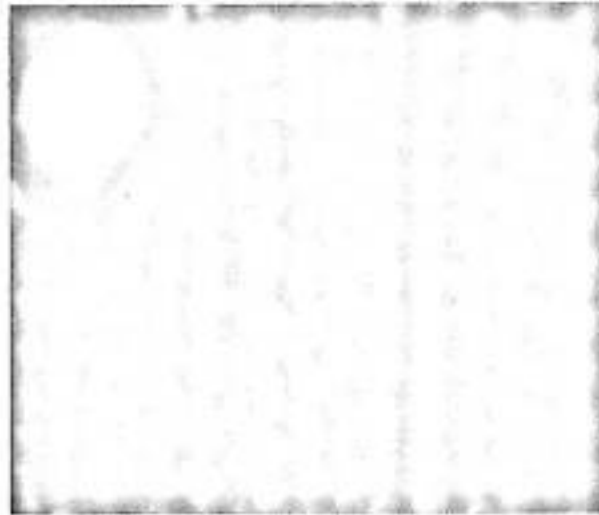
Hasil pengamatan jari-jari pada penampang radial menunjukkan bahwa jari-jari kayu pinus adalah jari-jari heteroseluler di mana tersusun atas lebih dari satu jenis sel. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Penampang Radial dengan Pembesaran 10 x

b. Parenkim

Hasil pengamatan pada bidang melintang batang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan parenkim antara daerah *opposite* dan daerah kayu tekan. Parenkim pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan adalah parenkim yang tersusun atas sel-sel parenkim arah longitudinal, sel-selnya sering membelah-belah beberapa kali menurut panjangnya, sebelum pembentukan dinding sekunder dan memiliki saluran resin di mana ruang antar sel yang dikelilingi oleh sel-sel parenkim yang mengeluarkan resin dalam saluran tersebut.



Gambar 9. Parenkim Longitudinal dengan Pembesaran 10.

2. Dimensi dan Turunan Serat

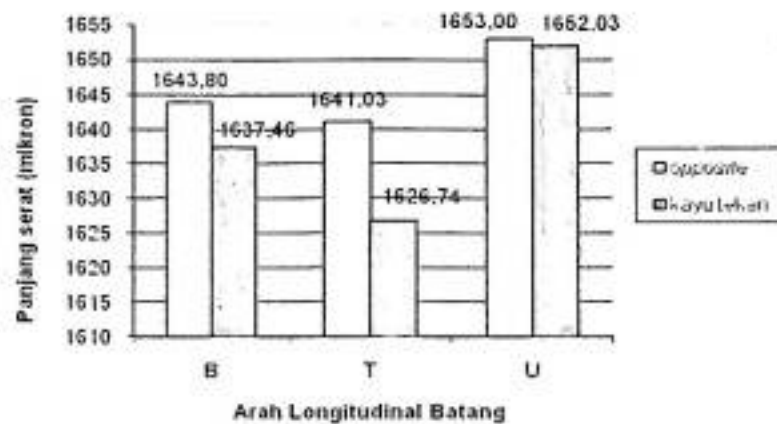
Hasil pengamatan dimensi serat dan turunannya diketahui bahwa panjang trakeid, diameter serat, tebal dinding serat, diameter lumen, *Runkel ratio*, *Felting power*, *Muhlstep ratio* dan *Coeficient of Rigidity* pada daerah kayu tekan dan *opposite* relatif sama. Secara lengkap karakteristik dimensi serat dan turunannya pada daerah kayu tekan dan daerah *opposite* relatif sama. dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik Serat dan Turunannya pada Daerah Kayu Tekan dan Daerah *Opposite*

Bagian Kayu	Karakteristik Serat dan Turunannya	Rata-rata	Keterangan
Kayu Tekan	Panjang serat (μ)	1642,07	Pendek (<i>lawa</i>)
	Diameter serat (μ)	25,09	Lebar (<i>Klemm</i>)
	Tebal dinding serat (mm)	5,55	-
	Diameter lumen (μ)	13,95	-
	Runkel Ratio	0,79	Kelas III
	Felting Power	65,44	Kelas III
	Muhlstep Ratio (%)	68,45	Kelas III
	Flexibility Ratio	0,55	Kelas III
	Coefficient of Rigidity	0,22	Kelas IV
<i>Opposite</i>	Panjang serat (μ)	1645,94	Pendek (<i>lawa</i>)
	Diameter serat (μ)	24,96	Lebar (<i>Klemm</i>)
	Tebal dinding serat (mm)	5,58	-
	Diameter lumen (μ)	13,83	-
	Runkel Ratio	0,80	Kelas III
	Felting Power	65,94	Kelas III
	Muhlstep Ratio (%)	69,30	Kelas III
	Flexibility Ratio	0,55	Kelas III
	Coefficient of Rigidity	0,22	Kelas IV

(a) Panjang Serat

Hasil pengukuran dan perhitungan panjang serat kayu pinus dapat dilihat pada Lampiran 8 dengan kisaran 1600 - 1725 μ . Perbandingan panjang serat rata-rata pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan secara jelas dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Diagram Batang Panjang Serat pada Kayu Pinus pada Daerah *Opposite* dan Daerah Kayu Tekan

Pada Gambar 11 terlihat bahwa panjang serat pada daerah *opposite* 1643,80 μ , 1641,03 μ , 1653,00 μ dan daerah kayu tekan 1637,46 μ , 1626,74 μ dan 1652, 03 μ . Menurut penggolongan berdasarkan panjang serat (Tabel 2), bagian daerah *opposite* dan daerah kayu tekan mempunyai panjang trakeid pendek. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor tersarang (vertikal) yaitu posisi dalam pohon dan posisi horizontal (vertikal) berpengaruh tidak nyata terhadap panjang serat kayu pinus sebagaimana disajikan pada Lampiran 9.

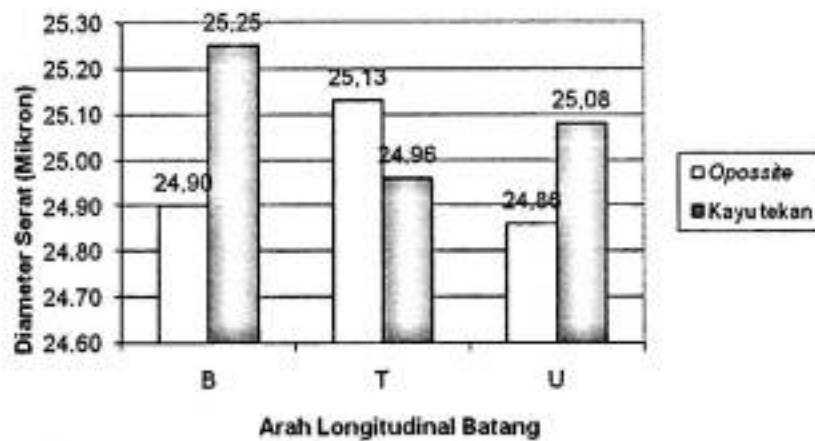
Data pada Tabel 5 memperlihatkan bahwa panjang serat rata-rata antara ujung *opposite* dan daerah tekan berbeda tidak nyata, bawah *opposite*, tengah *opposite* dan ujung *opposite* berbeda nyata, sedangkan tengah tekan berbeda sangat nyata pada taraf 5%. Serat kayu pinus secara jelas dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Serat Kayu Pinus

(b) Diameter Serat

Hasil pengukuran dan perhitungan diameter serat kayu pinus dapat dilihat pada Lampiran 10 dengan kisaran 24,04 - 76 μ . Perbandingan diameter serat bagian *opposite* dan kayu tekan dapat dilihat pada Gambar 12.



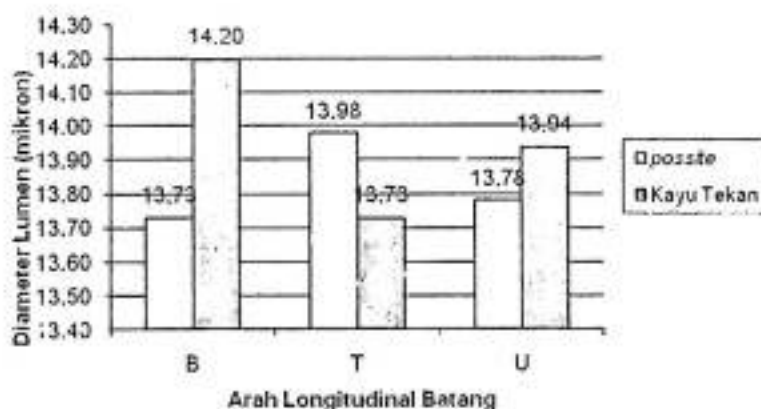
Gambar 12. Diagram Batang Diameter Serat Kayu Pinus pada Daerah *Opposite* dan daerah Kayu Tekan.

Pada Gambar 12 terlihat bahwa diameter serat rata-rata pada daerah *opposite* 24,90 μ , 25,13 μ , dan 24,86 μ dan daerah kayu tekan adalah 25,25 μ , 24,96 μ dan 25,08 μ . Menurut penggolongan berdasarkan diameter serat (Tabel 2), bagian daerah

opposite dan daerah kayu tekan mempunyai diameter lebar. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor tersarang (vertikal) yaitu posisi dalam pohon dan posisi horizontal (vertikal) berpengaruh tidak nyata terhadap diameter serat kayu pinus sebagaimana disajikan pada Lampiran 11.

(c) Diameter Lumen

Hasil pengukuran dan perhitungan diameter lumen kayu pinus dapat dilihat pada Lampiran 12 dengan kisaran nilai 12,86 – 14,92 μ . Perbandingan diameter serat bagian *opposite* dan kayu tekan dapat dilihat pada Gambar 13.

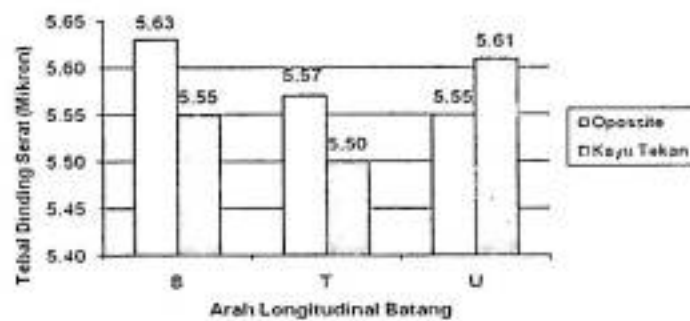


Gambar 13. Diagram Batang Diameter Lumen Kayu Pinus pada Daerah *Opposite* dan Daerah Kayu Tekan.

Gambar 13. terlihat bahwa diameter lumen rata-rata pada daerah *opposite* 13,73 μ , 13,98 μ dan 13,78 μ dan daerah kayu tekan 14,20 μ , 13,73 μ dan 13,94 μ . Faktor tersarang (vertikal) yaitu posisi dalam pohon dan posisi horizontal (vertikal) berpengaruh tidak nyata terhadap diameter lumen kayu pinus sebagaimana disajikan pada Lampiran 13.

(d) Tebal Dinding Serat

Hasil pengukuran dan perhitungan tebal dinding serat kayu pinus dapat dilihat pada Lampiran 14 dengan kisaran 5,23 - 5,83 μ . Perbandingan tebal dinding serat rata-rata pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan secara jelas dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Diagram Batang Tebal Dinding Serat Kayu Pinus pada Daerah *Opposite* dan Daerah Kayu Tekan.

Gambar 14 terlihat bahwa tebal dinding serat daerah *opposite* 5,63 μ , 5,57 μ , 5,55 μ dan daerah kayu tekan 5,55 μ , 5,50 μ , dan 3,61 μ . Faktor tersarang (vertikal) yaitu posisi dalam pohon dan posisi horizontal (vertikal) berpengaruh tidak nyata terhadap tebal dinding serat kayu pinus. Sebagaimana disajikan pada Lampiran 15.

B. Pembahasan

Jari-jari

Hasil perhitungan dan pengamatan secara kuantitatif dan kualitatif karakteristik jari-jari pada daerah kayu tekan dan daerah *opposite* menunjukkan bahwa tinggi jari-jari, lebar jari-jari, frekuensi jari-jari pada kedua bagian tersebut relatif sama. Tinggi jari-jari pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan luar biasa pendek dan lebar jari-jari agak sempit. Hal ini dapat mempengaruhi sifat pulp dan kertas maupun kayu gergajian yang dibuat dari jenis kayu tersebut. Proses pengeringan kayu tersebut juga mudah menyebabkan *collapse* dan hasilnya kurang baik. Adapun tipe jari-jari pada penampang kayu tersebut juga uniseriat (mempunyai lebar hanya satu sel jari-jari) dengan tinggi yang bervariasi. Pada penampang radial tampak bahwa komposisi jari-jari pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan adalah heteroselluler (terdiri dari sel-sel tegak dan sel-sel baring). Martawijaya, dkk (1981) menyatakan bahwa jari-jari yang terdapat pada kayu pinus normal adalah jari-jari homoselluler umumnya uniseriat, multiseriat pada jaringan yang mengandung saluran interselluler radial, lebar 16-18 mikron, tinggi 90 – 510 mikron dengan frekuensi 3 – 7 per mm.

a. Dimensi Serat dan Turunannya

Peranan dimensi serat seperti panjang serat, diameter dan tebal dinding serat mempunyai hubungan satu sama lain yang kompleks dan mempunyai pengaruh yang fundamental terhadap sifat fisik pulp dan kertas. Berdasarkan hasil pengamatan dapat diketahui bahwa panjang serat pada kayu pinus pada daerah *opposite* 1645,94 μ dan daerah kayu tekan 1642,07 μ . Semakin panjang serat makin besar kekuatan sobeknya. Panjang trakeid kayu pinus normal sangat bervariasi yang terpendek sekitar 1 mm dan yang terpanjang dapat mencapai lebih dari 7 mm, panjang rata-rata sekitar 3 -5 mm.

Pada Tabel 8 mengenai turunan serat kayu pinus pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan dapat diketahui sifat-sifat pulp yang akan dihasilkan. Berdasarkan klasifikasi yang telah ditentukan. *Runkel Ratio*, *Felting Power*, *Muhlstep Ratio*, dan *Flexibility Ratio* pada daerah kayu tekan dan daerah *opposite*, termasuk dalam kelas III, merupakan jenis kayu yang kurang baik digunakan untuk bahan baku pulp dan kertas, karena memiliki rendemen pulp yang rendah, konsumsi alkali tinggi, pulp sukar diputihkan dan memiliki kekuatan lembaran pulp dan kertas yang rendah (Departemen Kehutanan, 1976). Sedangkan *Coefficient of Rigidity* pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan pada kayu pinus karakteristik turunan seratnya masuk dalam kelas IV, serat kayu pendek, dinding sel tebal dan lumen serat sempit. Serat akan sulit menggepeng waktu digiling, jenis ini diduga akan menghasilkan lembaran dengan kekuatan sobek, retak dan tarik yang rendah. Hal ini merupakan

jenis kayu yang tidak baik digunakan untuk pembuatan pulp dan kertas, karena akan menghasilkan rendemen yang sangat rendah, sukar diputihkan, pemakaian alkali tinggi dan memiliki kekuatan lembaran kertas yang rendah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Parameter pengamatan jari-jari, tinggi jari-jari, lebar jari-jari dan frekuensi jari-jari pada bagian daerah *opposite* dan daerah kayu tekan relatif sama pada kayu pinus.
2. Sel jari-jari kayu pinus adalah uniseriat dengan tipe heteroselluler.
3. Parenkim pada kayu pinus adalah parenkim longitudinal
4. Parameter pengamatan dimensi serat yang meliputi panjang serat, diameter serat, tebal dinding serat dan diameter lumen pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan pada kayu pinus memiliki karakteristik yang relatif sama.
5. Parameter pengamatan turunan serat yang meliputi *runkel ratio*, *felting power*, *flexibility ratio*, *coefficient of rigidity* pada daerah *opposite* dan daerah kayu tekan memiliki karakteristik yang relatif sama.

B. Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari struktur anatomi dan dimensi serat kayu pinus pada kayu tekan, maka diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap hal yang sama dengan memperhatikan pertumbuhan kayu pinus yang memiliki umur yang sama.

DAFTAR PUSTAKA



- Casey, J. P. 1980. Pulp dan Paper: Chemistry and Chemical Technology. Interscience Publishers, Ltd. London.
- Daniel, W.T., J.A Heliens dan P.S Baker. 1979. Prinsip-Prinsip Silvikultur. Alih Bahasa: Marsono. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Departemen Pertanian. 1976. Vandemecum Kehutanan Indonesia. Direktorat Jenderal Kehutanan. Jakarta.
- Dumanauw, J. F. 2001. Mengenal Kayu. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Gaspertz, J. F. 1991. Metode Perancangan Percobaan. Armico. Bandung.
- Haygreen, J.G. dan J.L. Bowyer. 1989. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu: Suatu Pengantar. Alih Bahasa: A. H. Sutjipto. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- IAWA. 2004. IAWA List Microscopio Features for Softwood Identification. Publisher for The Internasional Association of Wood Anatomists at The National Herbarium Nederland, Liden, The Netherlands.
- Mandang, Y.I dan I.K.N. Pandit. 2002 Seri Manual : Pedoman Identifikasi Jenis Kayu di Lapangan. Yayasan Prosea. Bogor.
- Martawijaya, A.I. Kartasujana, I., Kadir, K., Prowira, S.A. 1989. Atlas Kayu Indonesia. Jilid II. Departemen Kehutanan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Netter, J., W. Wasseiman and M.H. Kutner, 1990. Applied Linier Statistical Models: Regression Analysis of Variance and Experimental Design. Toppan Company Ltd., Tokyo. Japan.
- Panshin, A. J. and C. de Zeeuw. 1980. Test Book of Wood Technology: Structure, Identification, Properties and Uses of the Comercial Wood of the US and Canada. Volume I. Mc.Graw-Hill Book Company, Inc. United States.
- Pandit I.N.K dan H. Ramdan . 2002. Anatomi Kayu: Pengantar Sifat Kayu sebagai Bahan Baku. Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Priasukmana, S. dan T. Silitonga. 1972. Dimensi Serat Beberapa Jenis Kayu Jawa Barat. Laporan Nomor 2. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. 1989. Dasar-Dasar Identifikasi Kayu. Balai Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor, Bogor.
- Rosmiati 1991. Analisis Struktur Anatomi dan Dimensi Serat Kayu Uru (*Elmerillia Ovalis* Dandy). Skripsi jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Hasanuddin. Ujung Pandang (Tidak Diplikasikan).
- Sanusi, D. 1990. Kajian Aspek Teknologi Kayu Hutan Tanaman Industri. Makalah Seminar HTI. Universitas Hasanuddin. Ujung Pandang (Tidak Dipublikasikan).
- Sanusi, D. 1986. Diktat Kuliah Teknologi Kayu. Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.
- Yahya, R. 1991. Pengaruh Umur Pohon terhadap Produksi Getah Pinus (*Pinus merkusii*) Jugh et de Vries dan Analisis Saluran Resin. Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian dan Kehutanan. Ujung Pandang (Tidak Dipublikasikan).
- Tantra, I.G.M. 1980. Flora Pohon Indonesia. Lembaga Penelitian Kehutanan, Bogor.

Lampiran 1. Foto Penampang Melintang Kayu



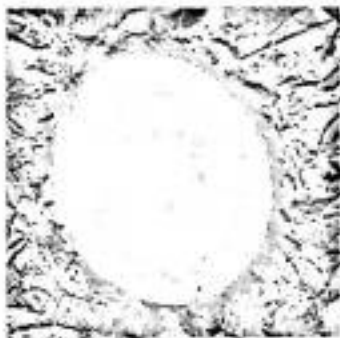
P1B1



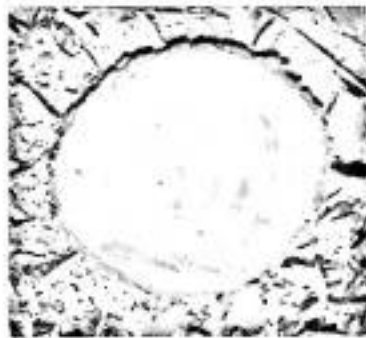
P1T1



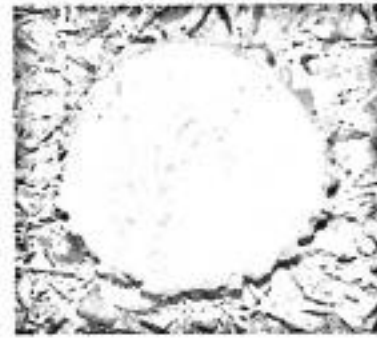
P1U1



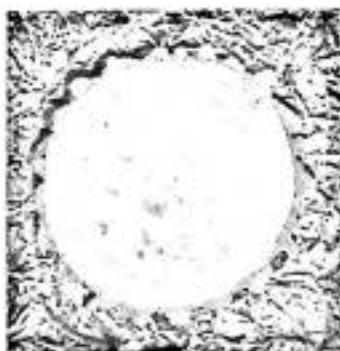
P2B2



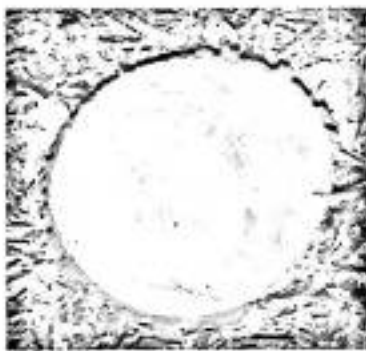
P2T2



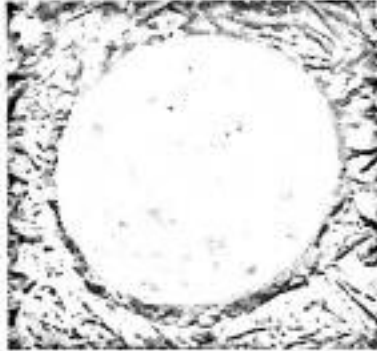
P2U2



P3B3



P3T3



P3U3

Keterangan :
P1B1 = Pohon pertama bagian bawah batang
P1T1 = Pohon pertama bagian tengah batang
P1U1 = Pohon pertama bagian ujung batang
P2B2 = Pohon kedua bagian bawah batang
P2T2 = Pohon kedua bagian tengah batang
P2U2 = Pohon kedua bagian ujung batang
P3B3 = Pohon ketiga bagian bawah batang
P3T3 = Pohon ketiga bagian tengah batang
P3U3 = Pohon ketiga bagian ujung batang

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Tinggi Jari-jari Kayu Pinus (*Pinus merkusii*) (μ)

Pohon	Ulangan	Tinggi jari-jari berdasarkan posisi ketinggian dalam pohon						Jumlah
		B		T		U		
		O	T	O	T	O	T	
P1	1	300	325	321	325	325	325	
	2	325	325	325	325	320	325	
	3		330		325		327	
	4		320					
Jumlah		625	1300	646	975	645	977	5168
Rata-rata		312.5	325	323	325	322.5	325.66	323,94
P2	1	325	300	325	317	324	325	
	2	330	325	325	323	325	325	
	3		330		325		340	
	4		325					
Jumlah		655	1280	650	965	649	990	5189
Rata-rata		327.5	320	325	321.66	324.5	330	324,77
P3	1	300	325	324	325	325	325	
	2	320	330	325	330	340	340	
Jumlah		620	655	649	655	665	665	3909
Rata-rata		310	327.5	324.5	327.5	332.5	332.5	325,75
Rata-rata		321,33	325,66	324,16	326,50	325,72	324,26	324,26

Lampiran 3. Analisis Ragam Tinggi Jari-jari Kayu Pinus

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
Antar Pohon	2	25,328				
Vertikal (Pohon)	4	66,709	16,677	0,275tn	2,67	3,97
Horizontal (Vertikal)	3	259,433	86,478	1,425tn	2,90	4,46
Galat	32	1941,450	60,670			
Total	43	2559,182				

Keterangan: tn) Berpengaruh tidak nyata

Lampiran 4. Hasil Perhitungan Lebar Jari-jari Kayu Pinus (*Pinus merkusii*) (μ)

Pohon	Ulangan	Lebar Jari-jari Berdasarkan Posisi Ketinggian Dalam Batang						Jumlah	
		B		T		U			
		O	T	O	T	O	T		
P1	1	34	38	36	37	31	40		
	2	37	39	38	39	36	40		
	3		40				40		
	4		40						
Jumlah		71	157	74	76	67	80	525	
Rata-rata		35.5	39.25	37	39.66	33.5	40	37.48	
P2	1	33	34	32	34	35	35		
	2	35	36	36	35	36	38		
	3		38		37		40		
	4		40						
Jumlah		68	148	68	106	71	113	574	
Rata-rata		34	37	34	35.33	35.5	37.66	35.58	
P3	1	36	35	37	35	37	36		
	2	37	37	38	38	39	37		
	Jumlah		73	72	75	73	76	73	442
	Rata-rata		36,5	36	37,5	36,5	38	36,5	36,83
Rata-rata		35,33	37,41	36,16	37,16	35,66	38,05	36,62	

Lampiran 5. Analisis Ragam Lebar Jari-jari Kayu Pinus

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
Antar Pohon	28,088	2				
Vertikal (Pohon)	8,623	4	2,156	0,436tn	2,67	3,97
Horizontal (vertikal)	9,601	3	3,200	0,647tn	2,90	4,46
Galat	158,332	52	4,948			
Total	218,909	43				

Keterangan: tn) Berpengaruh tidak nyata.



Lampiran 6. Hasil Perhitungan Frekuensi Jari-jari (per mm)

Pohon	Ulangan	Frekuensi jari-jari berdasarkan posisi ketinggian						Jumlah
		B	T		U			
		O	T	O	T	O	T	
P1	1	3,10	3,10	3,10	3,20	3,10	3,10	
	2	3,40	3,50	4,00	3,10	3,20	3,70	
	3		3,50		3,50		3,80	
	4		4,00					
Jumlah		6,50	14,10	7,10	9,80	6,30	10,60	54,40
Rata-rata		3,25	3,52	3,55	3,26	3,15	3,53	3,37
P2	1	3,50	3,20	3,20	3,10	3,50	4,00	
	2	3,50	3,20	3,80	3,20	4,00	4,00	
	3		3,70		4,00		4,00	
	4		3,80		4,00			
Jumlah		7	13,9	7	14,3	7,5	12	61,70
Rata-rata		3,50	3,47	3,50	3,57	3,75	4,00	3,63
P3	1	3,50	3,50	3,10	3,20	3,50	3,50	
	2	3,50	4,00	3,20	4,00	3,50	4,00	
	Jumlah		7	7,5	6,3	7,2	7	7,5
Rata-rata		3,5	3,75	3,15	3,6	3,5	3,75	3,54
Rata-rata		3,41	3,58	3,40	3,47	3,46	3,59	

Lampiran 7. Analisis Ragam Frekuensi Jari-jari Kayu Pinus

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
Antar Pohon	2	0,002				
Vertikal (Pohon)	4	0,644	0,161	2,689*	2,67	3,97
Horizontal (Vertikal)	3	0,108	0,35	0,600	2,90	3,97
Galat	32	1,915	0,060			
Total	43	2,852				

Keterangan: *) Berpengaruh Nyata

Lampiran 8. Hasil Perhitungan Panjang Serat Kayu Pinus (*Pinus merkusii*) (μ)

Pohon	Ulangan	Panjang serat berdasarkan posisi ketinggian dalam pohon						Jumlah	
		B		T		U			
		O	T	O	T	O	T		
P1	1	1640	1620,40	1650	1604,2	1620	1622,4		
	2	1654,4	1630,20	1693,2	1609,2	1650	1632,2		
	3		1672,20		1694,2		1600		
	4		1674,40						
Jumlah		3294,4	6597,2	3343,2	4907,6	3270	4854,6	26267	
Rata-rata		1647,2	1649,3	1671,6	1636,06	1635	1618,13	1642,89	
P2	1	1622	1612	1627	1621,60	1692	1690,22		
	2	1690,40	1612	1630	1647,20	1699	1660,53		
	3		1632		1621,60		1632,90		
	4		1642						
Jumlah		3312,40	6498	3257	4890,4	3391	4983,65	26332,45	
Rata-rata		1656,20	1624,50	1628,5	1630,13	1695,5	1661,21	1631,16	
P3	1	1626	1616	1625	1627	1627	1628,4	9749,4	
	2	1630	1661,2	1621	1600	1630	1725	1634,6	
	Jumlah		3256	3277,2	3246	3227	3257	3353,40	19616,6
	Rata-rata		1628	1638,6	1623	1613,5	1628,5	1676,70	1629,41
Rata-rata		1643,80	1637,46	1641,03	1626,74	1653	1652,03		

Lampiran 9. Analisis Ragam Panjang Trakeid Kayu Pinus

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
Antar Pohon	2	3304,750				
Vertikal (Pohon)	4	7967,694	1991,923	2,486tn	2,67	3,97
Horizontal (Vertikal)	3	2196,871	732,290	1,282	2,90	4,46
Galat	32	18238,528	571,360			
Total	43	31836,085				

Keterangan: tn) Berpengaruh tidak nyata

Lampiran 10. Hasil Pengamatan Diameter Serat Pada Kayu Pinus (*Pinus merkusii*) (μ)

Pohon	Ulangan	Diameter serat berdasarkan posisi ketinggian dalam pohon						Jumlah
		B		T		U		
		O	T	O	T	O	T	
P1	1	24,28	25,02	25,44	24,12	24,44	24,64	
	2	24,30	25,23	24,50	24,16	24,04	25,25	
	3		25,30		25,04		25,26	
	4		25					
Jumlah		48,58	100,55	49,94	73,32	48,48	75,15	396,02
Rata-rata		24,29	25,13	24,97	24,44	24,24	25,05	24,85
P2	1	25,52	25,76	25,12	25,12	25,20	25,01	
	2	25,05	24,52	25,25	24,25	25,25	24,25	
	3		25,32		25,25		25,25	
	4		25,44					
Jumlah		50,57	101,04	50,37	74,62	50,45	74,51	401,56
Rata-rata		25,28	25,26	25,18	25,29	25,22	25,15	25,23
P3	1	25,00	25,31	25,01	25,15	25,09	25,58	
	2	25,40	25,45	25,49	25,16	25,18	25,43	
Jumlah		50,28	50,76	50,5	50,31	50,27	51,01	303,13
Rata-rata		25,14	25,38	25,25	25,15	25,13	25,05	25,18
Rata-rata		24,90	25,21	25,13	24,96	24,86	25,08	

Lampiran 11. Analisis Ragam Diameter Serat Kayu Pinus

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
Antar Pohon	2	2.345	0.045			
Vertikal (Pohon)	4	0.180	0.415	0.220tn	2.67	3.97
Horizontal (Vertikal)	3	1.246	0.205	2.030tn	2.90	4.46
Galat	32	6.546				
Total	43	218.909				

Keterangan: tn) Berpengaruh tidak nyata.

Lampiran 12. Hasil Perhitungan Diameter Lumen Pada Kayu Pinus (*Pinus merkusii*) (μ)

Pohon	Ulangan	Diameter Lumen Berdasarkan Posisi Ketinggian Dalam Pohon						Jumlah
		B		T		U		
		O	T	O	T	O	T	
P1	1	13,28	14,02	14,36	13,12	13,32	13,52	
	2	13,30	14,21	13,40	13,14	12,90	14,05	
	3		14,10		13,66		14,06	
	4		13,6					
Jumlah		26,58	55,93	27,76	39,92	26,22	41,63	218,04
Rata-rata		13,29	13,98	13,88	13,3	13,11	13,87	13,57
P2	1	14,28	14,76	14,12	14,12	14,40	14,01	
	2	13,67	12,86	13,85	13,25	14,05	13,25	
	3		14,86		13,85		13,85	
	4		14,92					
Jumlah		27,95	57,4	27,97	41,22	28,45	41,11	224,1
Rata-rata		13,97	14,35	13,98	13,74	14,22	13,7	13,99
P3	1	14,00	14,31	14,01	14,15	14,09	14,58	
	2	13,86	14,25	14,19	14,16	13,98	13,97	
Jumlah		27,86	28,56	28,2	28,31	28,07	28,55	169,55
Rata-rata		13,93	14,28	14,1	14,15	14,03	14,27	14,12
Rata-rata		13,73	14,20	13,98	13,73	13,78	13,94	13,89

Lampiran 13. Analisis Ragam Diameter Lumen Kayu Pinus

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
Antar Pohon	2	1,173				
Vertikal (Pohon)	4	0,180	0,45	0,220tn	2,67	3,97
Horizontal (Vertikal)	3	1,246	0,415	2,030tn	2,90	4,46
Galat	32	6,546	0,205			
Total	43	10,652				

Keterangan: tn) Berpengaruh tidak nyata



Lampiran 14. Hasil Perhitungan Tebal Dinding Trakeid Kayu Pinus (*Pinus merkusii*) (μ)

Pohon	Ulangan	Tebal Dinding serat berdasarkan posisi ketinggian dalam pohon						Jumlah
		B		T		U		
		O	T	O	T	O	T	
	1	5,50	5,5	5,54	5,50	5,56	5,56	
P1	2	5,50	5,51	5,55	5,51	5,56	5,60	
	3		5,60		5,69		5,60	
	4		5,70					
	Jumlah	11	22,31	11,09	16,7	11,12	11,16	83,38
Rata-rata		5,50	5,57	5,54	5,56	5,56	5,58	5,55
	1	5,62	5,50	5,50	5,50	5,40	5,50	
P2	2	5,69	5,83	5,70	5,50	5,60	5,50	
	3		5,23		5,70		5,70	
	4		5,26					
	Jumlah	11,31	21,82	11,2	16,7	11	16,7	88,73
Rata-rata		5,65	5,45	5,60	5,56	5,5	5,56	5,55
	1	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	
P3	2	5,77	5,60	5,65	5,50	5,60	5,73	
	Jumlah	11,27	11,1	11,15	11	11,1	11,23	66,85
Rata-rata		5,63	5,55	5,57	5,50	5,55	5,61	5,56

Lampiran 15. Analisis Ragam Tebal Dinding Sel Kayu Pinus

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
Antar pohon	2	0,025				
Vertikal (Pohon)	4	0,062	0,016	0,882tn	2,67	3,97
Horizontal (Vertikal)	3	0,68	0,023	1,295tn	2,90	4,46
Galat	32	0,563	0,018			
Total	43	0,733				

Keterangan: tn) Berpengaruh tidak Nyata

Lampiran 16. Karakteristik Kayu Sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas

Kelas	Nilai	Keterangan
I	612,0-699,9	Merupakan jenis kayu yang sangat baik digunakan untuk pulp dan kertas, karena akan menghasilkan rendemen pulp yang tinggi, pemakaian alkali rendah, pulp sangat mudah diputihkan dan memiliki lembaran yang Sangat baik.
II	437,7- 611,9	Merupakan jenis kayu yang cukup baik digunakan untuk pulp dan kertas karena rendemen pulp yang cukup tinggi, pemakaian alkali sedang, mudah diputihkan dan lembaran kekuatannya cukup tinggi.
III	262,5-437,6	Merupakan jenis kayu yang kurang baik digunakan untuk pulp dan kertas, karena memiliki rendemen pulp yang rendah, konsumsi alkali tinggi, pulp sukar diputihkan dan memiliki kekuatan lembaran pulp dan kertas yang rendah.
IV	< 262,4	Merupakan jenis kayu yang tidak baik digunakan untuk pembuatan pulp dan kertas, karena menghasilkan rendemen yang Sangat mudah, sukar diputihkan, pemakaian alkali yang sangat tinggi dan memiliki kekuatan lembaran yang sangat rendah.

Sumber: Departemen Kehutanan, 1976.

Lampiran 17. Kelas Kualitas Serat

1	2	3	4	5	6	7
I	>2200	<0,25	<90	<30	>0,8	<0,10
II	1600-2200	0,5-0,50	70-90	30-60	0,60-0,80	0,10-0,15
III	900-1600	0,50-1,00	40-70	60-80	0,40-0,60	0,15-0,20
IV	<900	<1,00	<40	>80	<0,40	>0,20s

Sumber: Departemen Kehutanan, 1976.

Tabel 18. Penggolongan Panjang Serat

No	Penggolongan	Panjang (μ m)
1.	Pendek	< 3000
2.	Sedang	3000 – 5000
3.	Panjang	> 5000

Sumber: IAWA, 2004

Tabel 18. Penggolongan Diameter Serat

No	Penggolongan	Diameter (μm)
1.	Lebar	25 – 45
2.	Sedang	10 – 25
3.	Kecil	2 – 10

Sumber : Klemm *dalam* Casey

Lampiran 19. Penggolongan Berdasarkan Frekuensi Jari-jari.

No	Frekuensi Jari-jari	Jumlah per mm
1	Sangat jarang	≤ 3
2	Jarang	4 – 5
3	Agak jarang	6 – 7
4	Agak banyak	8 – 10
5	Banyak	11 – 15
6	Sangat banyak	≥ 15

Sumber: Mandang dan Pandit, 2002

Lampiran 20. Penggolongan Berdasarkan Lebar Jari-jari.

No	Golongan	Lebar (mikron)
1	Sangat jarang	15
2	Jarang	15 – 30
3	Agak jarang	30 – 50
4	Agak banyak	50 – 100
5	Banyak	100 -
6	Sangat banyak	≥ 15

Sumber: Mandang dan Pandit, 2002