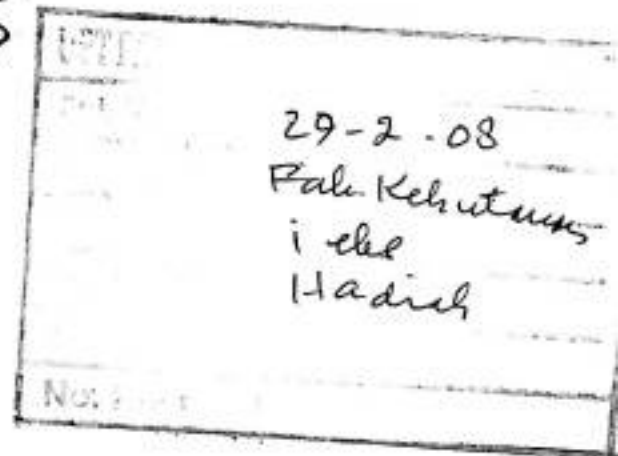


**STRUKTUR ANATOMI DAN DIMENSI SERAT  
KAYU BAKAU (*Rhizophora* sp.)**

**DEDY PURNA SIBULO  
M 121 01 048**



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

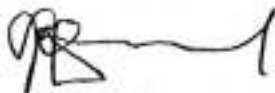
## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Struktur Anatomi dan Dimensi Serat Kayu Bakau  
(*Rhizophora sp.*)  
Nama : Dedy Purna Sibulo  
NIM : M 121 01 048  
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

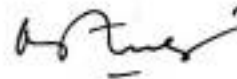
**Menyetujui,  
Komisi Pembimbing**

**Pembimbing I**



**Prof. Dr. Ir. H. Djamal Sanusi**

**Pembimbing II**



**Astuti Arif, S.Hut., M.Si**



**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknologi Hasil Hutan  
Fakultas Kehutanan  
Universitas Hasanuddin**

**Ir. Beta Putranto, M.Sc**

**NIP. 130 792 980**

**Tanggal lulus : 21 Februari 2008**

## ABSTRAK

**DEDY PURNA SIBULO (M 121 01 048). Struktur Anatomi dan Dimensi Serat Kayu Bakau (*Rhizophora* sp.), di bawah bimbingan Djamal Sanusi dan Astuti Arif.**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur anatomi kayu bakau (*Rhizophora* sp) pada bagian batang dan akar seperti pori, jari-jari, parenkim, tipe bidang perforasi, serta dimensi seratnya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam upaya pemanfaatan batang maupun akar bakau secara tepat serta menjadi bahan informasi dalam penelitian-penelitian selanjutnya.

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil lempengan kayu setebal 5 cm pada bagian batang yang terendam air, batang yang kadang terendam air, batang yang tidak terendam air, dan akar (tidak terendam air) dari tiga pohon bakau (*Rhizophora* sp.) yang berdiameter sekitar 30 cm. Selanjutnya, diambil sampel dari setiap lempengan tersebut sebanyak empat sampel. Sampel dikelompokkan ke dalam dua bagian, yaitu yang pertama untuk pengamatan struktur anatomi, sampel dibuat dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 5 cm (untuk bagian batang) dan 1 cm x 1 cm x 5 cm (untuk bagian akar), sedangkan yang kedua untuk pengamatan dimensi serat, sampel dibuat berbentuk batang korek api. Pengamatan struktur anatomi (pori, jari-jari, parenkim, tipe bidang perforasi) dilakukan dengan teknik sayatan, sedangkan untuk dimensi serat (panjang serat, diameter serat, tebal dinding serat, diameter lumen) dilakukan dengan teknik maserasi. Analisis yang digunakan ialah Rancangan Eksperimen Tersarang dan Uji Beda Nyata Jujur untuk mengetahui pengaruh serta perbedaan dari setiap perlakuan terhadap parameter pengamatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada bagian pengamatan struktur anatomi (diameter pori, frekuensi pori, persentase pori soliter, penyebaran pori, tinggi jari-jari, lebar jari-jari, frekuensi jari-jari, tipe jari-jari) pada bagian batang terendam, batang kadang terendam, batang tidak terendam, dan akar pada kayu bakau memiliki karakteristik yang sama. Pada bagian dimensi serat (panjang serat, diameter serat, tebal dinding serat, diameter lumen) beserta turunannya

*(runkel ratio, felting power, flexibility ratio, coeficient of rigidity, muhlsteph ratio)* memiliki karakteristik yang sama pula. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perendaman pohon oleh air dan lumpur tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap struktur anatomi dan dimensi serat kayu bakau, sehingga upaya pemanfaatan bagian-bagian tersebut dapat dilakukan dengan tepat sesuai dengan tujuannya.

## KATA PENGANTAR

Segala puji, hormat, dan syukur hanya bagi **Allah Bapa di Sorga** di dalam Tuhan **Yesus Kristus, my Saviour**, karena hanya oleh Kasih dan Penyertaan-Nya saja, maka skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang tak terhingga buat ayahanda **Marthen Sibulo** dan ibunda **Anatji Rafu Neno** sebagai orangtua serta **kakak, adik, dan segenap keluarga** atas segala cinta dan kasih sayangnya yang selalu dicurahkan buat Penulis.

Skripsi yang berjudul "**Struktur Anatomi dan Dimensi Serat Kayu Bakau (*Rhizophora sp.*)**" ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak halangan dan kendala yang tidak luput dari Penulis. Namun, berkat bantuan serta kerjasama dari berbagai pihak, maka semuanya itu dapat terlewati dengan baik. Oleh karena itu, ucapan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya ingin Penulis sampaikan kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Djamal Sanusi** dan Ibu **Astuti Arif, S.Hut., M.Si** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan pengarahan dengan penuh kesabaran dan kecermatan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M.Sc** selaku penasihat akademik sekaligus dosen penguji, serta Bapak **Ir. Bakri, M.Sc**, dan Ibu **Andi Detti Yunianti, S.Hut., M.P** selaku dosen penguji atas saran dan koreksinya serta kesediaan waktunya

3. Bapak **Dr. Ir. Muh. Restu, M.P** selaku Dekan Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin
4. Bapak **Ir. Beta Putranto, M.Sc** selaku Ketua Program Studi Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin
5. Segenap **Dosen Pengajar** serta seluruh **Staf Administrasi** Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin
6. **Pengelola** Laboratorium Teknologi Hasil Hutan pada Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Sudiang, Makassar
7. **Heru Arisandi** selaku Laboran Laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin
8. Bapak **A. Tawakkal sekeluarga** serta sahabatku **Hendra sekeluarga** yang senantiasa membantu selama melakukan penelitian
9. Sahabatku **Dalma, Ardialan, Yopa, Selin, Edo, Rizal** terima kasih atas sumbangsuhnya, juga buat **Keluarga Besar Persekutuan Doa Rimbawan Sulawesi Selatan (PDR-SS)**, **Keluarga Besar Persekutuan Mahasiswa Kristen Oikumene (PMKO Fapertahut Unhas)**, rekan-rekan **Mahasiswa Kehutanan Universitas Hasanuddin**, terkhusus buat angkatan 2001, serta **teman-teman** di Pondok Kenangan (**Nella, Yobet, Piter, Elis**, dan semuanya)
10. **Keluarga Besar Paduan Suara Mahasiswa Universitas Hasanuddin (PSM-UH)** serta **Melody Singers** atas keceriaannya setiap saat
11. **Semua pihak** yang turut membantu yang tidak dapat Penulis sebutkan satu-persatu. Terima kasih atas segala bantuannya. Tuhan Yesus Memberkati.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran dari pembaca sekalian akan penulis terima guna penyempurnaan di waktu-waktu mendatang. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi saudara sekalian yang membacanya. Amin.

Makassar, Februari 2008

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	2
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Sistematika dan Morfologi Tumbuhan Bakau .....	3
B. Struktur Anatomi Kayu Daun Lebar .....	4
1. Pori .....	5
2. Jari-jari .....	7
3. Parenkim .....	9
4. Tipe Bidang Perforasi .....	11
C. Dimensi Serat .....	12
D. Akar .....	15
E. Pengaruh Perendaman Air/ Lumpur Terhadap Pohon .....	17



### III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat.....	18
B. Alat dan Bahan.....	18
C. Prosedur Kerja	
1. Pengambilan Contoh Uji.....	19
2. Pembuatan Preparat.....	21
D. Variabel yang Diamati	
1. Struktur Anatomi.....	23
2. Dimensi Serat dan Turunannya .....	24
E. Pengolahan Data	
1. Pengkonversian Data .....	24
2. Rancangan Percobaan.....	26

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil

##### 1. Struktur Anatomi

a. Pori.....	28
(1) Diameter Pori.....	29
(2) Frekuensi Pori.....	30
(3) Persentase Pori Soliter.....	32
(4) Penyebaran Pori.....	33
b. Jari-jari.....	33
(1) Tinggi Jari-jari .....	34
(2) Lebar Jari-jari.....	36
(3) Frekuensi Jari-jari.....	37
(4) Tipe Jari-jari.....	38
c. Parenkim.....	39
d. Tipe Bidang Perforasi.....	40

2. Dimensi dan Turunan Serat.....	40
a. Panjang Serat.....	42
b. Diameter Serat .....	43
c. Tebal Dinding Serat.....	44
d. Diameter Lumen .....	46

e. Turunan Serat

(1) <i>Runkel Ratio</i> .....	47
(2) <i>Felting Power</i> .....	49
(3) <i>Flexibility Ratio</i> .....	50
(4) <i>Coeficient of Rigidity</i> .....	52
(5) <i>Muhlsteph Ratio</i> .....	53

B. Pembahasan

1. Pori .....	56
2. Jari-jari .....	57
3. Dimensi Serat dan Turunannya .....	57

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan .....	59
B. Saran .....	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Penggolongan Pori Berdasarkan Persentase Pori Soliter.....	6
2.	Penggolongan Pori Berdasarkan Diameter Tangensial.....	6
3.	Penggolongan Pori Berdasarkan Jumlah .....	6
4.	Penggolongan Jari-jari Berdasarkan Jumlah .....	8
5.	Penggolongan Jari-jari Berdasarkan Lebar.....	9
6.	Penggolongan Jari-jari Berdasarkan Tinggi .....	9
7.	Penggolongan Berdasarkan Panjang Serat .....	13
8.	Penggolongan Berdasarkan Diameter Serat .....	13
9.	Persyaratan dan Nilai Serat Kayu Sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas .....	15
10.	Karakteristik Pori Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Terendam, dan Akar.....	28
11.	Hasil Uji BNJ Diameter Pori Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon .....	29
12.	Hasil Uji BNJ Frekuensi Pori Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon .....	31
13.	Karakteristik Jari-jari Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Terendam, dan Akar.....	34
14.	Hasil Uji BNJ Tinggi Jari-jari Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon .....	34
15.	Hasil Uji BNJ Lebar Jari-jari Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon.....	36

16. Karakteristik Serat dan Turunannya pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar Kayu Bakau.....	41
17. Hasil Uji BNJ Diameter Serat Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon.....	43
18. Hasil Uji BNJ Tebal Dinding Serat Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon.....	45
19. Hasil Uji BNJ Diameter Lumen Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon.....	46
20. Hasil Uji BNJ <i>Runkel Ratio</i> Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon.....	48
21. Hasil Uji BNJ <i>Felting Power</i> Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon.....	49
22. Hasil Uji BNJ <i>Flexibility Ratio</i> Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon.....	51
23. Hasil Uji BNJ <i>Coeficient of Rigidity</i> Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon.....	52
24. Hasil Uji BNJ <i>Muhlsteph Ratio</i> Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon.....	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Cara Pengambilan dan Pembuatan Contoh Uji .....	20
2.	Dimensi Serat .....	24
3.	Diagram Batang Diameter Pori Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Terendam, dan Akar .....	30
4.	Diagram Batang Frekuensi Pori Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar.....	31
5.	Diagram Batang Persentase Pori Soliter Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar .....	32
6.	Penampang Aksial Batang Bakau .....	33
7.	Diagram Batang Tinggi Jari-jari Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar.....	35
8.	Diagram Batang Lebar Jari-jari Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar.....	37
9.	Diagram Batang Frekuensi Jari-jari Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar.....	38
10.	Penampang Tangensial Batang Bakau .....	39
11.	Penampang Radial Batang Bakau .....	39
12.	Perforasi Pembuluh pada Penampang Aksial Batang Bakau.....	40
13.	Serat Kayu Bakau .....	42

14. Diagram Batang Panjang Serat Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar.....	42
15. Diagram Batang Diameter Serat Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar.....	44
16. Diagram Batang Tebal Dinding Serat Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar.....	45
17. Diagram Batang Diameter Lumen Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar .....	47
18. Diagram Batang <i>Runkel Ratio</i> Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar.....	48
19. Diagram Batang , <i>Felting power</i> Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar.....	50
20. Diagram Batang <i>Flexibility ratio</i> , Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar.....	51
21. Diagram Batang <i>Coefficient of rigidity</i> , Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar .....	53
22. Diagram Batang <i>Muhlsteph ratio</i> , Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Tenggelam, dan Akar.....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Hasil Pengukuran dan Perhitungan Diameter Pori Kayu Bakau.....	63
2.	Hasil Sidik Ragam Diameter Pori Kayu Bakau .....	63
3.	Hasil Perhitungan Frekuensi Pori Kayu Bakau.....	64
4.	Hasil Sidik Ragam Frekuensi Pori Kayu Bakau .....	64
5.	Hasil Perhitungan Pori Soliter Kayu Bakau .....	65
6.	Hasil Sidik Ragam Persentase Pori Soliter Kayu Bakau .....	65
7.	Hasil Perhitungan Tinggi Jari-jari Kayu Bakau .....	66
8.	Hasil Sidik Ragam Tinggi Jari-jari Kayu Bakau.....	66
9.	Hasil Perhitungan Lebar Jari-jari Kayu Bakau.....	67
10.	Hasil Sidik Ragam Lebar Jari-jari Kayu Bakau .....	67
11.	Hasil Perhitungan Frekuensi Jari-jari Kayu Bakau.....	68
12.	Hasil Sidik Ragam Frekuensi Jari-jari Kayu Bakau.....	68
13.	Hasil Perhitungan Panjang Serat Kayu Bakau.....	69
14.	Hasil Sidik Ragam Panjang Serat Kayu Bakau .....	69
15.	Hasil Perhitungan Diameter Serat Kayu Bakau .....	70
16.	Hasil Sidik Ragam Diameter Serat Kayu Bakau.....	70
17.	Hasil Perhitungan Tebal Dinding Serat Kayu Bakau.....	71
18.	Hasil Sidik Ragam Tebal Dinding Serat Kayu Bakau .....	71
19.	Hasil Perhitungan Diameter Lumen Kayu Bakau .....	72
20.	Hasil Sidik Ragam Diameter Lumen Kayu Bakau.....	72
21.	Hasil Perhitungan <i>Runkel Ratio</i> Kayu Bakau.....	73
22.	Hasil Sidik Ragam <i>Runkel Ratio</i> Kayu Bakau .....	73
23.	Hasil Perhitungan <i>Felting Power</i> Kayu Bakau.....	74
24.	Hasil Sidik Ragam <i>Felting Power</i> Kayu Bakau .....	74
25.	Hasil Perhitungan <i>Flexibility Ratio</i> Kayu Bakau .....	75

26. Hasil Sidik Ragam <i>Flexibility Ratio</i> Kayu Bakau .....	75
27. Hasil Perhitungan <i>Coeficient of Rigidity</i> Kayu Bakau .....	76
28. Hasil Sidik Ragam <i>Coeficient of Rigidity</i> Kayu Bakau .....	76
29. Hasil Perhitungan <i>Muhlsteph Ratio</i> Kayu Bakau .....	77
30. Hasil Sidik Ragam <i>Muhlsteph Ratio</i> Kayu Bakau .....	77



## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dan maritim terbesar di dunia yang memiliki garis pantai sepanjang kurang lebih 81.000 km. Jajaran pantai ini tergabung di dalam kurang lebih 17.508 pulau yang merupakan gabungan antara bentuk ekosistem pantai dan hutan pantai. Luas hutan pantai Indonesia mencapai 4,25 juta ha yang sebagian besar ditumbuhi oleh hutan mangrove yang luasnya sekitar 3,6 juta ha dan merupakan hutan mangrove terluas di dunia (Sugiarto dan Ekariyono, 1996). Mangrove merupakan formasi vegetasi tropika dan subtropika yang tumbuh dan berkembang di daerah yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Mangrove dapat tumbuh pada pantai karang, muara sungai, pada karang koral yang mati yang atasnya ditimbuni selapis tipis pasir atau ditimbuni lumpur, bahkan pada pantai berlumpur. Tempat tumbuh yang unik ini menyebabkan mangrove sebagai formasi yang tidak dapat diganti atau disubstitusi oleh formasi vegetasi lain. Mangrove merupakan sumberdaya alam yang penting baik ditinjau dari segi ekonomi, seperti sumber bahan bakar, bahan bangunan, bahan baku industri kayu, serta dari segi ekologi seperti pelindung pantai dari ancaman abrasi, dan sebagai habitat berbagai jenis ikan dan binatang laut lainnya.

Salah satu jenis mangrove yang banyak tumbuh di Indonesia adalah bakau (*Rhizophora* sp.). Jenis ini sudah sejak lama dimanfaatkan oleh masyarakat, terutama oleh masyarakat pantai dalam memenuhi kebutuhannya, seperti untuk kayu bakar, arang, kayu bangunan, dan obat-obatan. Seiring dengan perkembangan teknologi dewasa ini, maka suatu jenis pohon dapat dimanfaatkan

tidak hanya untuk yang konvensional saja, tetapi juga untuk pemanfaatan yang lebih luas lagi. Bakau memiliki tipe tempat tumbuh yang spesifik sehingga membuat sebagian batang maupun akarnya tumbuh terendam dan tidak terendam dalam air yang biasanya bercampur endapan lumpur. Hal ini mungkin dapat mempengaruhi struktur anatomi kayunya sehingga akan mempengaruhi penggunaan kayu tersebut. Oleh karena itu, dilakukanlah penelitian ini untuk mengetahui struktur anatomi dan dimensi serat pada bagian batang dan akar dari kayu bakau (*Rhizophora* sp.), sehingga upaya pemanfaatannya dapat dilakukan secara tepat.

### **B. Tujuan dan Kegunaan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur anatomi kayu bakau (*Rhizophora* sp.) pada bagian batang dan akar seperti pori, jari-jari, parenkim, tipe bidang perforasi, serta dimensi seratnya. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam upaya pemanfaatan batang maupun akar bakau secara tepat serta menjadi bahan informasi dalam penelitian-penelitian selanjutnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sistematika dan Morfologi Tumbuhan Bakau

Menurut Heyne (1987), tumbuhan bakau merupakan jenis tumbuhan berdaun lebar yang memiliki sistematika sebagai berikut :

Regnum	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Subdivisio	: Angiospermae
Classis	: Dicotyledoneae
Ordo	: Myrtales
Familia	: Rhizophoraceae
Genus	: Rhizophora
Spesies	: <i>Rhizophora</i> sp.

Secara umum, tinggi tumbuhan bakau berkisar antara 4 – 30 m dengan diameter pohon mencapai 35 cm, batang dan cabang kerap kali berakar tunjang yang bercabang. Tata daunnya *opposite* dengan komposisi tunggal, *elliptical*, daunnya berukuran panjang 16 – 22 cm dan lebar 8 – 11 cm, berbentuk *elliptical* membesar, permukaan daun bagian atas berwarna hijau sedangkan bagian bawah daunnya berwarna hijau kekuningan dan berbintik-bintik hitam kecil. Tangkai daun panjangnya 3 – 4,5 cm. Kulit luar umumnya berwarna abu-abu terang, abu-abu tua, atau coklat terang, retak-retak, bersisik, dan mengelupas. Kulit dalamnya berserabut dan berwarna merah muda sampai merah tua. Tumbuhan ini umumnya tumbuh di pinggiran sungai yang digenangi oleh air pasang air laut yang agak besar (Kusmana, dkk., 2003).

## **B. Struktur Anatomi Kayu Daun Lebar**

Struktur kayu daun lebar lebih bervariasi dibandingkan dengan kayu daun jarum. Pada kayu daun lebar fungsi jaringan penguat dan pengangkut dilakukan oleh dua jaringan yang berbeda. Fungsi pengangkutan air dilakukan oleh pori atau pembuluh, dan pada jenis-jenis kayu tertentu terdapat pula jaringan pengangkut yang disebut trakeid pori. Fungsi penguat mekanis dilaksanakan oleh sel serat *libriform* dan serat trakeid yang keduanya disebut sebagai serat kayu (Sulistyo, 1995). Unsur-unsur yang selalu ada dalam kayu daun lebar adalah pembuluh, serabut, parenkim beruas, serta parenkim baring. Struktur anatomi kayu daun lebar lebih kompleks daripada kayu daun jarum karena kayu daun lebar tersusun dari lebih banyak jenis sel yang ukuran, bentuk, dan susunannya lebih bervariasi dalam satu lingkaran pertumbuhan (Sanusi, 1986).

Terdapat tiga bidang potongan kayu yang biasanya dipakai sebagai bidang pengamatan sifat-sifat kayu, yaitu bidang lintang (*cross section*), bidang radial (*radial section*), dan bidang tangensial (*tangensial section*). Bidang lintang atau bidang transversal ialah bidang yang tampak bila pohon dipotong tegak lurus terhadap sumbunya. Pada bidang ini akan tampak susunan, penggabungan, jumlah, ukuran, dan isi pori, susunan dan tipe parenkim, frekuensi jari-jari, serta susunan saluran interseluler aksial. Bidang radial ialah bidang yang tampak bila batang kayu dipotong memanjang melalui empulur. Pada bidang ini akan tampak bidang perforasi, isi pori, bentuk sel jari-jari, dan parenkim. Bidang tangensial ialah bidang yang tampak bila kayu dipotong dalam arah memanjang atau tegak

lurus jari-jari serta sejajar sumbu batang. Pada bidang ini akan tampak bidang perforasi, isi pori, susunan dan tipe jari-jari, serta saluran interseluler radial (Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 1986).

### **1. Pori**

Sel pembuluh (pori) adalah suatu sel berbentuk tabung, saling berhubungan secara vertikal, berfungsi sebagai pengantar masuknya cairan bahan makanan dari tanah ke daun. Pada penampang melintang kayu, pori terlihat berbentuk lubang yang kecil bila dilihat dengan mata (Dumanauw, 2001). Pori dapat tersebar secara tata lingkaran, tata baur, dan semi tata lingkaran atau semi tata baur. Kayu dengan peralihan besarnya pori dari kayu awal ke kayu akhir yang mendadak disebut kayu berpori tata lingkaran. Apabila kayu memiliki peralihan besarnya pori dari dalam satu lingkaran tahun tidak banyak berbeda disebut berpori tata baur. Kayu yang mempunyai susunan pori antara pori tata lingkaran dan pori tata baur disebut kayu berpori semi tata lingkaran atau semi tata baur. Pada penampang melintang kayu, sering dijumpai beberapa pori bergabung satu sama lain. Pori seperti ini disebut pori bergabung. Apabila pori berdiri sendiri-sendiri atau tidak berhubungan antara satu dengan lainnya, maka disebut pori soliter (Sanusi, 1986). Penggolongan pori berdasarkan persentase pori soliter dan diameter tangensial dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Penggolongan Pori Berdasarkan Persentase Pori Soliter

No.	Pori Soliter	Persentase Pori Soliter (%)
1.	Hampir seluruhnya soliter	>95
2.	Sebagian besar soliter	80 - 95
3.	Soliter dan bergabung	65 - 80
4.	Sebagian besar bergabung	25 - 65
5.	Hampir seluruhnya bergabung	< 25

Sumber: Mandang dan Pandit, 2002

Tabel 2. Penggolongan Pori Berdasarkan Diameter Tangensial

No.	Ukuran Pori	Diameter Tangensial ( $\mu$ )
1.	Sangat kecil	<50
2.	Kecil	50 - 100
3.	Besar	100 - 200
4.	Sangat besar	>200

Sumber: *International Association of Wood Anatomist*, 1987

Jumlah pori adalah jumlah pori per satuan luas bidang permukaan lintang, di mana jumlah pori ini memiliki nilai yang cukup besar dalam pengidentifikasian jenis-jenis kayu. Penggolongan pori berdasarkan jumlah pori dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penggolongan Pori Berdasarkan Jumlah

No.	Jumlah Pori	Jumlah Pori (per mm <sup>2</sup> )
1.	Sangat jarang	< 2
2.	Jarang	2 - 6
3.	Agak banyak	20 - 40
4.	Banyak	40 - 100
5.	Sangat banyak	> 40

Sumber: *International Association of Wood Anatomist*, 1987

## 2. Jari-jari

Jari-jari merupakan jaringan-jaringan kayu yang pada bidang melintang terlihat berbentuk garis-garis halus atau tebal dari arah pusat (sumbu) ke arah luar, dan berfungsi sebagai tempat saluran bahan makanan yang sudah diproses di daun untuk pertumbuhan pohon (Dumanauw, 2001). Hal yang sama disebutkan Haygreen dan Bowyer (1996) bahwa semua kayu mengandung jari-jari yang berfungsi sebagai jalan angkutan bagi cairan pohon dalam arah horizontal dari daun ke lapisan floem. Jari-jari ikut memberikan gambaran pada kayu yang dicirikan dengan pola jari-jari yang jelas pada penampang radial dan tangensialnya. Jari-jari juga berpengaruh pada sifat-sifat kayu, misalnya menghambat perubahan dimensi pada arah radial. Kehadiran jari-jari berpengaruh atas kenyataan, bahwa pada pengeringan, penyusutan kayu pada arah radial lebih kecil daripada penyusutan kayu pada arah tangensial. Jari-jari memanjang dari kambium dan kulit ke arah dalam. Beberapa jari-jari terlihat sampai ke pusat batang. Jarak antar jari-jari hampir selalu konstan di semua tempat pada jarak yang berbeda dari empulur. Menurut Sanusi (1986), jari-jari kayu mungkin tampak dengan mata telanjang pada permukaan melintang dan tangensial atau mungkin sama sekali tidak tampak. Jika jari-jari tampak, maka ciri ini dapat dipakai untuk membedakan jenis kayu tertentu. Tinggi jari-jari kayu daun lebar berkisar dari beberapa mikrometer (sekitar 20  $\mu\text{m}$ ) atau lebih panjang dari serat (50.000  $\mu\text{m}$  atau lebih) seperti ditemukan pada kayu oak.



Bentuk dari sel jari-jari sangat bervariasi. Sel baring adalah sel yang terletak horizontal, mengarah radial atau tegak lurus sumbu utama pohon, sedangkan sel tegak adalah sel jari-jari yang terletak memanjang sejajar dengan sumbu pohon, searah dengan arah aksial (berdiri). Bentuk yang ketiga adalah sel yang berbentuk bujur sangkar (Pandit dan Ramdan, 2002). Pada kayu daun lebar, jari-jari seluruhnya terdiri atas sel parenkim, dengan pengecualian jari-jari agregat. Jari-jari agregat sendiri yaitu suatu struktur yang tersusun dari jari-jari kecil, serabut, dan kadang-kadang pembuluh. Bentuk dan ukuran parenkim jari-jari sangat beragam. Jika semua sel jari-jari mempunyai bentuk dan ukuran yang sama, maka disebut jari-jari homoselular. Jika jari-jari tersusun atas lebih dari satu sel jari-jari, maka disebut jari-jari heteroselular (Soenardi, 1974). Sifat jari-jari yang penting untuk identifikasi kayu meliputi jumlah jari-jari, lebar jari-jari, serta tinggi jari-jari. Penggolongannya dapat dilihat pada Tabel 4, 5, dan 6.

Tabel 4. Penggolongan Jari-jari Berdasarkan Jumlah

No.	Frekuensi	Jumlah Jari-jari (per mm)
1.	Jarang	< 4
2.	Agak banyak	4 – 12
3.	Banyak	>12

Sumber: *International Association of Wood Anatomist*, 1987



Tabel 5. Penggolongan Jari-jari Berdasarkan Lebar

No.	Golongan	Lebar (μm)
1.	Sangat sempit	< 15
2.	Sempit	15 – 30
3.	Agak sempit	30 – 50
4.	Agak lebar	50 – 100
5.	Lebar	100 – 200
6.	Sangat lebar	200 – 400
7.	Luar biasa lebar	> 400

Sumber: Mandang dan Pandit, 2002

Tabel 6. Penggolongan Jari-jari Berdasarkan Tinggi

No.	Golongan	Tinggi (mm)
1.	Luar biasa pendek	< 0,5
2.	Sangat pendek	0,5 – 1
3.	Pendek	1 – 2
4.	Agak pendek	2 – 5
5.	Agak tinggi	5 – 10
6.	Tinggi	10 – 20
7.	Luar biasa tinggi	> 20

Sumber: Mandang dan Pandit, 2002

### 3. Parenkim

Parenkim kayu ialah jaringan yang tersusun dari sel pendek, berbentuk batu bata atau berdiameter sama, dan kebanyakan memiliki noktah sederhana. Fungsi utama sel ini ialah untuk menyimpan cadangan makanan, selain sebagai saluran pengangkutan karbohidrat (Panshin dan de Zeeuw, 1980). Organ pada tanaman sebagian besar tersusun dari jaringan parenkim yang menyusun berkas pengangkutan, batang, akar, buah, dan bunga. Sifat parenkim antara lain, sel-

selnya relatif lebih pendek bila dibandingkan dengan sel serabut, hidupnya lebih lama (berada dalam kayu gubal), biasanya bernoktah sederhana, serta dinding selnya relatif tipis (Soenardi, 1974). Menurut Sanusi (1986), di dalam sel parenkim sering dijumpai isi yang berupa getah atau resin yang mungkin berwarna gelap atau tidak gelap, atau berupa tepung pati, dan silika dengan ukuran mulai dari yang kecil sampai sangat halus.

Terdapat dua macam susunan parenkim pada batang melintang kayu, yaitu parenkim *apotracheal* dan parenkim *paratracheal*. Parenkim *apotracheal* ialah parenkim yang tidak berhubungan langsung dengan pori, meliputi parenkim *diffuse*, kelompok *diffuse*, dan bentuk pita. Parenkim *paratracheal* yaitu semua bentuk parenkim yang berhubungan dengan pori, meliputi tipe *paratracheal* jarang, *paratracheal* sepihak, vasisentrik, *aliform*, *confluent aliform*, *confluent* berpita, inisial, dan terminal (Haygreen dan Bowyer, 1996). Parenkim pita dapat dipilah menjadi parenkim terminal, apabila letaknya pada akhir lingkaran tumbuh, dan parenkim inisial, apabila terletak pada awal lingkaran tumbuh. Parenkim terminal dan parenkim inisial biasanya sukar dibedakan sehingga kedua tipe ini sering disebut parenkim marginal, yang artinya terletak pada batas lingkaran tumbuh tanpa mempersoalkan apakah pada awal atau akhir lingkaran tumbuh. Mungkin saja ditemukan dua atau lebih bentuk parenkim pada satu jenis kayu, tetapi biasanya hanya salah satu di antaranya saja yang menonjol (Mandang, 1991).

#### 4. Tipe Bidang Perforasi

Dinding penyekat dua sel pembuluh yang berhubungan ke arah longitudinal biasanya miring terhadap arah bentangan sel pembuluh. Pada waktu sel pembuluh baru dibentuk, dinding ini tidak berlubang. Pada waktu pembuluh menjadi dewasa, sebagian dinding penyekat tersebut larut hingga berlubang, dan pembuluh yang satu dengan yang lainnya dapat berhubungan secara langsung. Dinding penyekat inilah yang dinamakan bidang perforasi (Mandang dan Pandit, 2002). Proses terjadinya bidang perforasi adalah mula-mula dinding akhir sel pembuluh memiliki satu noktah sederhana atau berhalaman, masing-masing berpasangan, atau sejumlah noktah linier berhalaman berpasangan. Kemudian, selaput noktah diabsorpsi dan terjadilah satu atau beberapa lubang dalam bidang perforasi. Jika hanya terjadi satu lubang, maka bidang perforasi disebut sederhana, dan jika terjadi banyak lubang, maka disebut bidang perforasi berganda. Bidang perforasi berganda ini mungkin dapat berbentuk tangga apabila terdapat lubang-lubang yang sejajar menyerupai tangga, atau berbentuk jala apabila lubang-lubang tersusun seperti jala atau tapisan (Soenardi, 1974).

Kebanyakan kayu mempunyai bentuk bidang perforasi sederhana. Bidang perforasi yang berlubang hanya diduga mempunyai hubungan dengan sejarah perkembangan dari struktur kayu atau umur suatu jenis pohon. Bidang perforasi yang berlubang banyak berbentuk tangga, di mana dari bidang lintang tersusun garis-garis paralel. Jumlah tangga dalam suatu bidang perforasi juga bervariasi dan merupakan ciri khas yang berguna dalam pengenalan jenis kayu (Sulistyo, 1995).

### C. Dimensi Serat

Menurut Panshin dan de Zeeuw (1980), serat adalah sel-sel yang berbentuk panjang dan langsing. Dinding serat umumnya lebih tebal daripada parenkim dan pembuluh. Panjang serat antara 300 sampai 3600  $\mu$ , tergantung pada jenis pohon serta posisinya dalam batang. Diameternya antara 15 dan 50  $\mu$ . Ketebalan dinding serat adalah relatif dibandingkan diameter, dapat berukuran tipis, tebal, atau sangat tebal. Serat dikatakan berdinding sangat tebal, jika lumen atau rongga selnya hampir seluruhnya terisi dengan lapisan-lapisan dinding. Dari ciri inilah dapat dipahami bahwa serat berfungsi sebagai penguat batang pohon.

Dimensi serat adalah panjang serat, lebar serat, tebal dinding serat, dan diameter lumen. Berdasarkan data dimensi serat, maka dapat dihitung nilai turunan serat yaitu daya tenun, koefisien fleksibilitas, perbandingan *runkel*, dan koefisien kekasaran (Sanusi, 1990). Variasi dimensi serat tergantung pada jenis kayu, posisi dalam pohon, keadaan faktor lingkungan, dan sifat genetik pohon (Priasukmana dan Silitonga, 1972).

Menurut Sanio (1872) dalam Panshin dan de Zeeuw (1980), panjang serat bertambah dari empulur ke arah kambium sampai mencapai suatu diameter tertentu yang kemudian tidak berubah lagi. Panjang serat bertambah dari pangkal sampai mencapai maksimum pada ketinggian tertentu, kemudian akan berkurang pada bagian batang yang lebih di atas. Menurut Panshin dan de Zeeuw (1980), kayu daun lebar umumnya menunjukkan suatu peningkatan tebal dinding serat dari empulur ke arah luar dan berkurang dari pangkal ke ujung. Hasil penelitian Lee dan Smith yang dikutip oleh Tamolang dan Wangaard (1961) dalam

Priasukmana dan Silitonga (1972) menunjukkan bahwa panjang serat juga bervariasi pada jenis tanah di mana pohon tumbuh. Pada tanah subur dan kelembaban tinggi serat lebih panjang dibandingkan dengan pohon yang tumbuh pada tanah kering. Menurut Panshin (1964) dalam Priasukmana dan Sarajar (1974), variasi dimensi serat antara jenis pohon sangat jelas terutama antara jenis kayu daun lebar dengan kayu daun jarum. Panjang serat kayu daun lebar dapat mencapai 3–4 mm sedangkan jenis kayu daun jarum ada yang mencapai 8 mm.

*The International Association of Wood Anatomist (IAWA)* dalam Priasukmana dan Silitonga (1972) mengklasifikasikan panjang serat untuk kayu daun lebar ke dalam tiga kategori, yaitu kategori serat pendek, kategori serat sedang, dan kategori serat panjang. Klemn dalam Casey (1952) mengklasifikasikan diameter serat menjadi tiga kelas, yaitu diameter serat tipis, diameter serat sedang, dan diameter serat lebar. Pengklasifikasiannya dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Penggolongan Berdasarkan Panjang Serat

No.	Golongan	Tinggi $\mu$ -
1.	Pendek	< 900
2.	Sedang	900– 1600
3.	Panjang	$\geq$ 1600

Sumber: IAWA *dalam* Priasukmana dan Silitonga, 1972

Tabel 8. Penggolongan Berdasarkan Diameter Serat

No.	Golongaan	lebar ( $\mu$ )
1.	Tipis	2 - 10
2.	Sedang	10– 25
3.	Lebar	25-40

Sumber: Klemn *dalam* Casey, 1952

Terdapat hubungan antara panjang serat dengan kekuatan sobek kertas, yaitu semakin panjang serat, maka kekuatan sobek (*tearing strength*) semakin tinggi. Serat yang diameter lumennya besar mudah mengalami *collapse* pada proses penggilingan (*beating*) yang akan meningkatkan ikatan antar serat (*interfiber bonding*) sehingga kertas yang dihasilkan lebih kompak dan porositasnya rendah. Tebal dinding serat berpengaruh negatif terhadap kekuatan tarik (*tensile strength*), dan kekuatan pecah (*bursting strength*) serta berpengaruh positif terhadap *sheet bulk*. Koefisien fleksibilitas serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan kertas yang dihasilkan, di mana semakin tinggi koefisien fleksibilitas, maka sifat-sifat kekuatan kertas semakin baik (Sanusi, 1990). Pengaruh turunan serat yang diteliti oleh Peteri yang dikutip oleh Tamolang dan Wangaard (1961) dalam Priasukmana dan Silitonga (1972) menyatakan bahwa perbandingan diameter lumen terhadap diameter serat (*flexibility ratio*) mempunyai hubungan parabolis dengan kekuatan panjang putus (*breaking length*). Jika koefisien fleksibilitas tinggi, maka *pulp* memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Perbandingan tebal dinding serat terhadap diameter serat (*coefficient of rigidity*) diduga mempunyai korelasi yang negatif terhadap kekuatan tarik. Soenardi (1976) serta Sudrajad dan Rahman (1980) dalam Nuraeni (1997) menyatakan bahwa peranan diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat secara bersama-sama juga penting, karena dapat mempengaruhi perlakuan pencucian dan penyaringan dalam proses pembuatan pulp. Serat yang berdiameter kecil, apalagi tipis dinding selnya, akan dengan mudah dibentuk menjadi lembaran kertas yang lebih tipis. Menurut Soenardi (1996), serat dengan



dinding tipis akan mengalami *collapse* dan menjadi pipih dalam proses pembuatan pulp sehingga memberikan luas permukaan yang besar untuk ikatan serat sehingga menghasilkan permukaan kertas yang halus. Sebaliknya, serat yang berdinding tebal tidak mengalami *collapse*, kaku, dan mempertahankan bentuknya yang bulat dalam pembentukan lembaran. Meskipun serat semacam ini tidak mudah membentuk ikatan dan tahan penggilingan, namun mampu menaikkan kekuatan sobek. Lembaran-lembaran yang dibuat dari serat berdinding tipis dengan panjang yang sama, kekuatan sobeknya lebih rendah, tetapi lebih baik dalam kekuatan-kekuatan lain. Persyaratan dan nilai serat kayu sebagai bahan baku pulp dan kertas dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Persyaratan dan Nilai Serat Kayu Sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas

Turunan serat	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV
Runkel Ratio	< 0,25	0,25 – 0,50	0,50 – 1,00	> 1
Felting Power	> 90	70 – 90	40 – 70	< 40
Flexibility Ratio	> 0,80	0,60 – 0,80	0,40 – 0,60	< 0,40
Coeficient or Rigidity	< 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20	> 0,21
Muhlsteph Ratio	< 30%	30% – 60%	60% – 80%	> 80%

Sumber: Departemen Kehutanan, 1976

#### D. Akar

Akar merupakan bagian bawah dari ~~sumbu~~ tumbuhan dan biasanya berkembang di bawah permukaan tanah, meskipun terdapat pula akar yang tumbuh di luar tanah. Bentuk dan struktur akar sangat beragam dan sering terkait dengan fungsinya. Karena itu, dikenal adanya akar penyimpan, akar sukulen, akar udara, *pneumatofor* (akar udara pada mangrove), akar panjat, akar pembelit, akar

tunjang, dan akar yang hidup bersimbiosis dengan jamur mikoriza. Kondisi lingkungan sering mempengaruhi sistem akar. Tumbuhan yang terdapat di lahan kering biasanya mempunyai sistem akar yang baik sekali. Banyak tumbuhan di tanah berpasir akarnya lateral, horizontal lagi dangkal yang menyebar dekat permukaan tanah, berjarak sampai puluhan meter, misalnya pada tamarix (*Tamarix gallica*) dan retama (*Retama loca*). Berdasarkan asalnya, terdapat dua macam akar yang berlainan, yaitu akar primer (akar tunggang) dan akar liar. Akar berfungsi sebagai pelekat tanaman pada substrat, menyerap air dan berbagai garam mineral, serta berperan sebagai organ penyimpan dan untuk konduksi. Sistem akar tunggang umumnya dapat menembus tanah lebih dalam dibandingkan dengan akar liar (serabut). Susunan internal akar beragam, namun lebih sederhana dan dari segi filogeni lebih primitif dibandingkan dengan batang. Tidak adanya daun mengakibatkan struktur di sepanjang akar lebih seragam. Antara akar dan batang pohon terdapat berbagai perbedaan histologi, terutama pada kayunya. Unsur kulit kayu dan kayu yang memiliki dinding sekunder berlignin, jumlahnya pada batang lebih banyak dibandingkan pada akar. Pada akar lebih banyak terdapat parenkim (Fahn, 1991). Membandingkan antara xilem akar dan xilem batang utama pada kayu keras, pembuluh dan parenkim akar terdapat lebih banyak daripada normal, sedangkan volume seratnya rendah. Ukuran sel juga bervariasi, dengan garis tengah yang besar dan serat yang panjang (Haygreen dan Bowyer, 1996).



Banyak tumbuhan tropis, misalnya beberapa spesies dari *Ficus*, *Rhizophora*, *Araceae* tropis epifit, dan *Orchidaceae*, membentuk akar dari batangnya atau cabang-cabang yang tetap bebas di udara. Akar-akar yang tumbuh menjurus ke bawah ke dalam tanah, berfungsi sebagai akar sanggah (tiang). Sistem akar pada pohon yang hidup di payau litoral, yang tanahnya secara berkala terendam air dan kekurangan oksigen, memperlihatkan berbagai penyesuaian terhadap habitatnya (Fahn, 1991).

#### **E. Pengaruh Perendaman Air/ Lumpur Terhadap Pohon**

Secara umum tanaman yang sering terendam air atau lumpur akan menimbulkan berbagai bentuk adaptasi terhadap perubahan lingkungan tersebut. Jenis-jenis mangrove seperti bakau kebanyakan memiliki lenti sel, lubang pori pada pepagan (kulit kayu), untuk melakukan pernapasan. Tanaman bakau (*Rhizophora mangle*) mengembangkan sistem perakaran yang hampir tak tertembus air garam. Air yang terserap telah hampir-hampir tawar sehingga sekitar 90 – 97% dari kandungan garam air laut tak mampu melewati saringan akar ini. Garam yang sempat terkandung pada tumbuhan akan diakumulasikan di daun tua dan akan terbuang bersama gugurnya daun (Noor, dkk., 1999). Lebih lanjut dinyatakan bahwa bakau yang biasanya tumbuh pada zona terluar pantai mengembangkan akar tunjang (*still root*) untuk bertahan dari hempasan gelombang. Vegetasi mangrove juga berupaya mempertahankan kandungan air dalam tubuhnya, karena sulitnya memperoleh air tawar. Misalnya, dengan pengaturan stomatanya serta arah hadap permukaan daunnya di siang hari untuk mengurangi tingginya penguapan atau evaporasi dari daun.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2007 sampai Maret 2007. Lokasi pengambilan sampel yaitu di Kabupaten Bone, Propinsi Sulawesi Selatan. Pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Keteknikan dan Diversifikasi Produk Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin. Pengukuran dan pengamatan struktur anatomi serta dimensi serat dilakukan di Laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

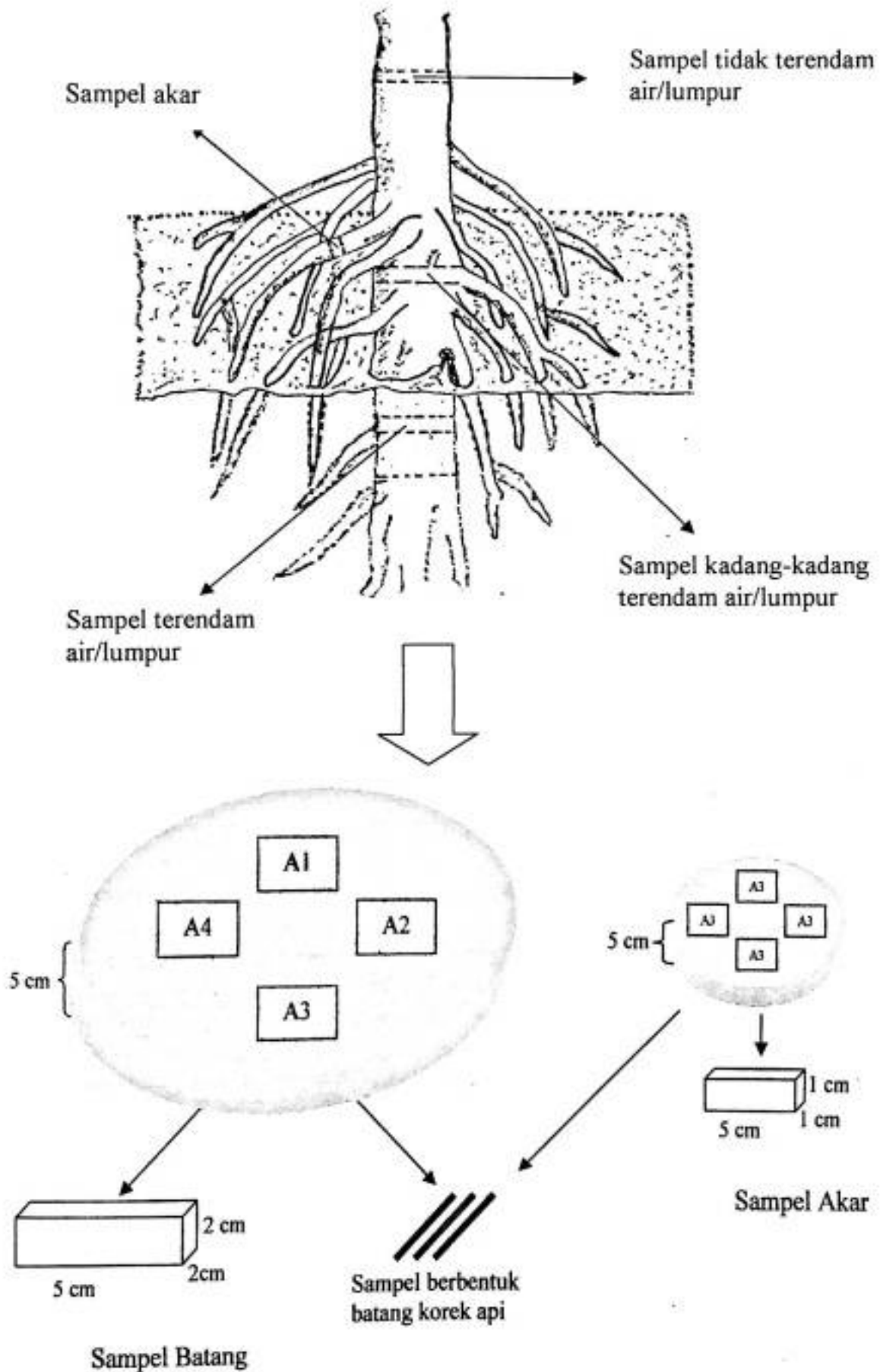
#### B. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas peralatan di lapangan dan laboratorium. Peralatan di lapangan berupa gergaji mesin, meteran, kantong plastik, dan alat tulis-menulis. Peralatan yang digunakan di laboratorium ialah mikrotom, mikroskop, cutter, label, object glass, deck glass, pipet, pinset, gelas ukur, penangas air, cawan petri, tabung reaksi, gelas kimia, serta alat tulis-menulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sampel kayu bakau serta bahan kimia berupa alkohol 30%, 50%, 70%, dan 90%, aquades, asam asetat glasial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), zat pewarna safranin, dan eukit (untuk memermanenkan sampel).

### **C. Prosedur Kerja**

#### **1. Pengambilan Contoh Uji**

Pengambilan sampel untuk pengukuran dan pengamatan struktur anatomi dilakukan pada bagian batang yang terendam, batang yang kadang-kadang terendam, batang yang tidak terendam dan bebas akar, serta akar tunjang pohon bakau pada bagian yang tidak terendam, dengan cara memilih tiga pohon bakau yang berdiameter sekitar 30 cm yang terdapat pada lokasi pengambilan sampel. Pohon yang terpilih ditebang 5 cm dari pangkal akar terbawah, kemudian dibagi atau dipisahkan menjadi tiga bagian, yaitu bagian batang yang terendam, bagian batang yang kadang-kadang terendam, dan bagian batang yang tidak terendam, sedangkan untuk akar dipilih yang berdiameter besar. Kemudian masing-masing bagian batang maupun akar tersebut dibuat lempengan setebal 5 cm. Ukuran sampel yang digunakan untuk pengukuran dan pengamatan struktur anatomi adalah 2 cm x 2 cm x 5 cm untuk batang dan 1 cm x 1 cm x 5 cm untuk akar. Sampel untuk dimensi serat dibuat berukuran seperti batang korek api. Jumlah sampel yang diambil untuk setiap lempengan batang maupun akar yaitu sebanyak empat sampel. Cara pengambilan serta pembuatan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar I. Cara pengambilan dan pembuatan contoh uji

## 2. Pembuatan Preparat

Pengamatan struktur anatomi kayu menggunakan preparat mikrotom dengan prosedur sebagai berikut :

1. Menyiapkan sampel batang yang berukuran (2 x 2 x 5) cm menurut arah sumbu anisotropiknya serta sampel akar dengan ukuran (1 x 1 x 5) cm.
2. Memberikan label pada setiap sampel kemudian merebusnya pada penangas air dengan menggunakan gelas kimia.
3. Merendam sampel tersebut dalam larutan alkohol dan gliserin selama tiga minggu masing-masing dengan perbandingan 3 : 1 selama satu minggu pertama, 1 : 1 selama satu minggu kedua, dan 1 : 3 selama satu minggu ketiga.
4. Menyayat sampel pada tiga bidang pengamatan dengan menggunakan pisau sayat atau cutter.
5. Meletakkan hasil sayatan pada cawan petri yang berisi aquades. Untuk mempertajam pengamatan sampel pada mikroskop, maka dilakukan pewarnaan dengan menggunakan safranin.
6. Proses pewarnaan yaitu sebagai berikut: hasil sayatan dihidrasi dengan alkohol 30%, alkohol 10%, dan aquades, masing-masing selama dua menit. Selanjutnya, diberi zat warna safranin 2% dan sampel disimpan selama 1 hari, kemudian mencucinya dengan aquades sampai bersih dan dihidrasi secara berurutan masing-masing dengan alkohol 30%, 50%, 70%, dan 90% masing-masing selama dua menit.

7. Menyusun sayatan pada object glass, memberikan masing-masing label, memberikan eukit, dan menutupnya dengan menggunakan deck glass. Pengamatan sampel siap dilakukan.

Untuk preparat dimensi serat digunakan teknik maserasi dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Membuat sampel sebesar batang korek api sebanyak lima batang dari masing-masing bagian dan memasukannya ke dalam tabung reaksi.
2. Menambahkan asam asetat glasial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) serta hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) dengan perbandingan 1 : 1 bagian, kira-kira sampai sampel terendam.
3. Merebus sampel di dalam penangas air hingga sampel berwarna putih serta terlihat ada tanda-tanda serabut mulai lepas.
4. Membuang filtrat dari sampel tersebut dan mencucinya beberapa kali dengan aquades sampai bebas asam.
5. Mengocok sampel dengan menambahkan sedikit aquades untuk memperoleh serabut-serabut yang terlepas dengan sempurna.
6. Memindahkan serabut ke cawan petri serta memberi zat safranin 2%.
7. Setelah beberapa jam kemudian, sampel dicuci kembali dengan aquades hingga zat warna yang berlebih terbuang kemudian menghidrasinya secara berurutan masing-masing dengan alkohol 30%, 50%, 70%, dan 90%, masing-masing selama dua menit.
8. Meletakkan sampel pada object glass, menetesinya dengan eukit, dan menutupinya dengan deck glass.

9. Mengukur panjang serat, diameter serat, tebal dinding serat, dan diameter lumen dengan menggunakan skala obyektif dan okuler yang terdapat pada mikroskop. Banyaknya serat yang diukur pada masing-masing sampel yaitu sebanyak 25 serat.

#### **D. Variabel yang Diamati**

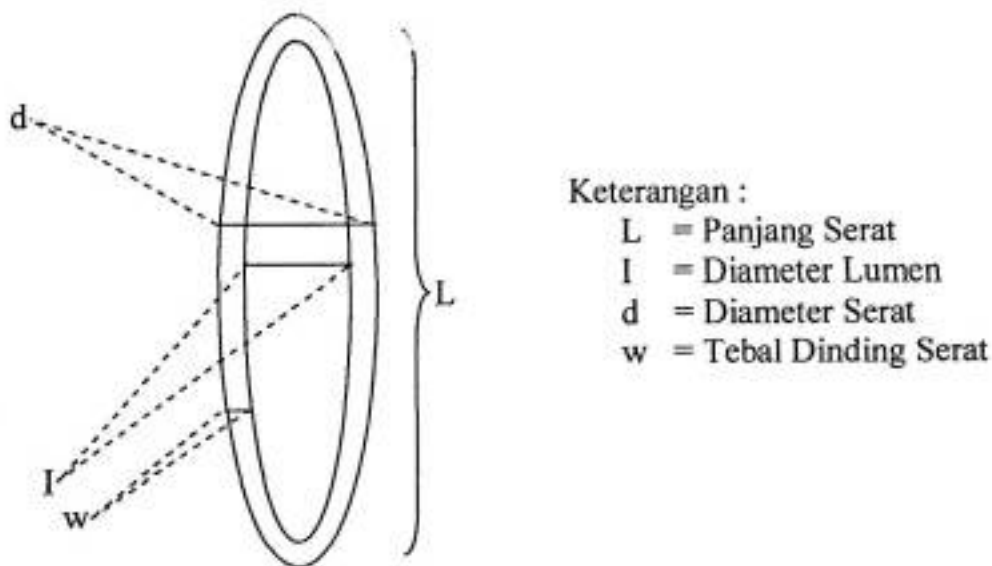
##### **1. Struktur Anatomi**

Pengamatan dan pengukuran struktur anatomi dilakukan dengan menggunakan mikroskop yang dilengkapi dengan pilar mikrometer. Pengamatan struktur anatomi meliputi pori, jari-jari, parenkim, serta bidang perforasi. Pengukuran pori dilakukan dengan mengukur diameter pori dengan mencari diameter terbesar, sedang, dan terkecil dari setiap preparat mikrotom yang diamati. Di samping itu, dilakukan pengamatan terhadap penggabungan pori, susunan pori, dan jumlah pori.

Pengukuran jari-jari meliputi tinggi jari-jari, lebar jari-jari, dan jumlah jari-jari. Tinggi jari-jari diukur yang tertinggi, sedang, dan terpendek sedangkan lebar jari-jari diukur yang terlebar dan tersempit. Di samping itu, juga dilakukan pengamatan terhadap tipe jari-jari. Pengamatan parenkim yaitu mengenali tipe parenkim yang dapat dilihat pada bidang melintang kayu. Selain itu, juga dilakukan pengamatan terhadap bidang perforasi.

## 2. Dimensi Serat dan Turunannya

Dimensi serat ditetapkan berdasarkan hasil pengukuran preparat maserasi dengan menggunakan mikroskop yang dilengkapi dengan pilar mikrometer. Adapun bagian-bagian yang diukur meliputi panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat (Gambar 2). Serat yang diukur adalah serat yang utuh dan tidak putus.



Gambar 2. Dimensi Serat

## E. Pengolahan Data

### 1. Pengkonversian Data

Pengukuran dan pengamatan struktur anatomi dan dimensi serat dilakukan dengan menggunakan mikroskop yang dilengkapi dengan pilar mikrometer. Preparat maserasi dan sayatan diukur di bawah mikroskop dengan perbesaran 10x (untuk jumlah pori, jumlah jari-jari, tinggi jari-jari, dan panjang serat), dan perbesaran 40x (untuk diameter pori, lebar jari-jari, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat).



Hasil pengukuran tersebut kemudian dikonversi ke dalam satuan mikron dan satuan per  $\text{mm}^2$  sesuai dengan perbesaran yang digunakan. Untuk perbesaran 10x data yang diperoleh dikalikan dengan 25, sedangkan untuk perbesaran 40x data yang diperoleh dikalikan dengan 10. Hasil yang diperoleh dari pengukuran panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat selanjutnya diolah untuk mengetahui nilai turunan seratnya, yaitu dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Zunkel Ratio} = 2 \frac{W}{l}$$

$$\text{Felting Power} = \frac{L}{d}$$

$$\text{Flexibility Ratio} = \frac{l}{d}$$

$$\text{Coefficient of Rigidity} = \frac{W}{d}$$

$$\text{Muhlstep Ratio} = \frac{d^2 - l^2}{d^2} \times 100\%$$

Keterangan :

L = Panjang serat

d = Diameter serat

l = Diameter lumen

W = Tebal dinding serat

## 2. Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Rancangan Eksperimen Tersarang dengan dua faktor dan empat kali ulangan. Faktor utama (A) adalah pohon yang terdiri atas tiga taraf, yaitu ; A1 = pohon pertama, A2 = pohon kedua, dan A3 = pohon ketiga. Sedangkan faktor tersarang (B) adalah bagian pengamatan, yang terdiri atas empat taraf, yaitu ; B1 = bagian batang yang terendam air, B2 = bagian batang yang kadang-kadang terendam air, B3 = bagian batang yang tidak terendam air, dan B4 = bagian akar (tidak terendam air).

Menurut Netter, dkk. (1990), model matematis dari Rancangan Eksperimen Tersarang tersebut ialah :

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

Di mana :

- $Y_{ijk}$  = Nilai pengamatan pohon ke-i pada bagian pengamatan ke-j untuk ulangan ke-k
- $\mu$  = Rata-rata umum hasil pengamatan
- $\alpha_i$  = Pengaruh pohon ke-i
- $\beta_j(i)$  = Pengaruh bagian pengamatan ke-j pada pohon ke-i
- $\epsilon_k(ij)$  = Kekeliruan 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 :

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

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. Pori

Mengacu pada hasil perhitungan dan pengamatan pori pada ketiga bidang penampang kayu, diperoleh data mengenai diameter pori, frekuensi pori, persentase pori soliter, dan penyebaran pori. Karakteristik pori pada bagian batang terendam, batang kadang terendam, batang tidak terendam, dan akar pada kayu bakau (*Rhizophora* sp.) secara kuantitatif dan kualitatif disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Karakteristik Pori Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Terendam, dan Akar

Bagian Pengamatan	No.	Parameter Pengukuran/Pengamatan	Kuantitatif	Kualitatif
Batang Terendam	1.	Diameter pori ( $\mu$ )	82,66	Jarang
	2.	Frekuensi pori (per $\text{mm}^2$ )	11,43	Agak banyak
	3.	Persentase pori soliter (%)	86,83	Sebagian besar soliter
	4.	Penyebaran pori	-	Tata baur
Batang Kadang Terendam	1.	Diameter pori ( $\mu$ )	83,11	Jarang
	2.	Frekuensi pori (per $\text{mm}^2$ )	10,37	Agak banyak
	3.	Persentase pori soliter (%)	91,20	Sebagian besar soliter
	4.	Penyebaran pori	-	Tata baur
Batang Tidak Terendam	1.	Diameter pori ( $\mu$ )	88,56	Jarang
	2.	Frekuensi pori (per $\text{mm}^2$ )	11,79	Agak banyak
	3.	Persentase pori soliter (%)	92,30	Sebagian besar soliter
	4.	Penyebaran pori	-	Tata baur
Akar	1.	Diameter pori ( $\mu$ )	82,10	Jarang
	2.	Frekuensi pori (per $\text{mm}^2$ )	12,57	Agak banyak
	3.	Persentase pori soliter (%)	91,66	Sebagian besar soliter
	4.	Penyebaran pori	-	Tata baur

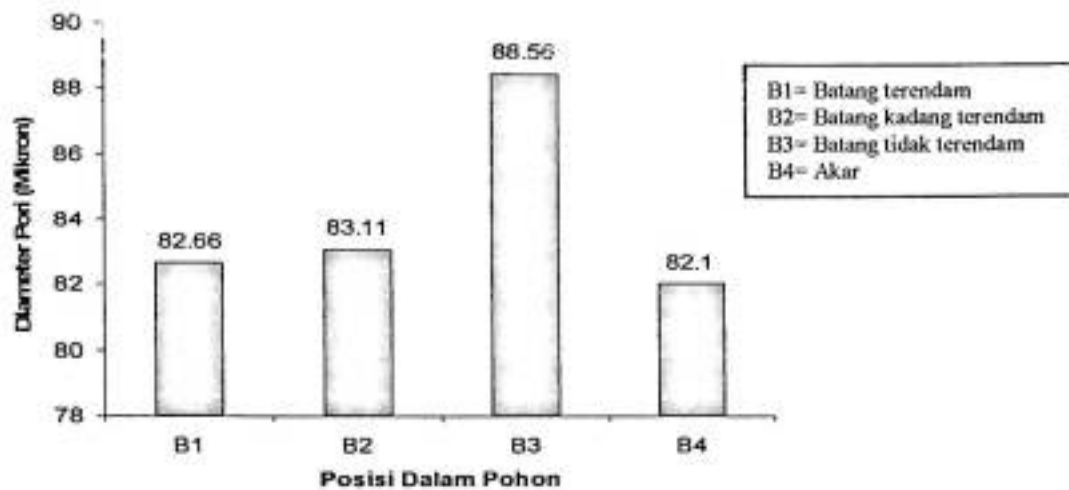
### (1) Diameter Pori

Hasil pengukuran dan perhitungan diameter pori kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 1, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 2. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh nyata terhadap diameter pori bakau. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan posisi dalam pohon terhadap diameter pori dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ terhadap diameter pori untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Uji BNJ Diameter Pori Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	Diameter Pori Rata-rata ( $\mu$ )	$\frac{BNJ}{W} = \frac{0,05}{6,08}$
Batang Terendam (B1)	82,66	ab
Batang Kadang Terendam (B2)	83,11	ab
Batang Tidak Terendam (B3)	88,56	b
Akar (B4)	82,10	a

Tabel 11 menunjukkan bahwa diameter pori rata-rata untuk batang terendam (B1) berbeda tidak nyata dengan batang kadang terendam (B2) dan batang tidak terendam (B3), sedangkan diameter pori untuk batang tidak terendam (B3) berbeda nyata dengan akar (B4). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Batang Diameter Pori Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 3 memperlihatkan bahwa nilai diameter pori tertinggi terdapat pada bagian batang tidak terendam ( $88,56 \mu$ ), kemudian diikuti oleh bagian batang kadang terendam ( $83,11 \mu$ ), batang terendam ( $82,66 \mu$ ), dan akar ( $82,10 \mu$ ). Berdasarkan klasifikasi diameter pori (Tabel 2), batang terendam (B1), batang kadang terendam (B2), batang tidak terendam (B3), dan akar (B4) memiliki ukuran pori yang kecil.

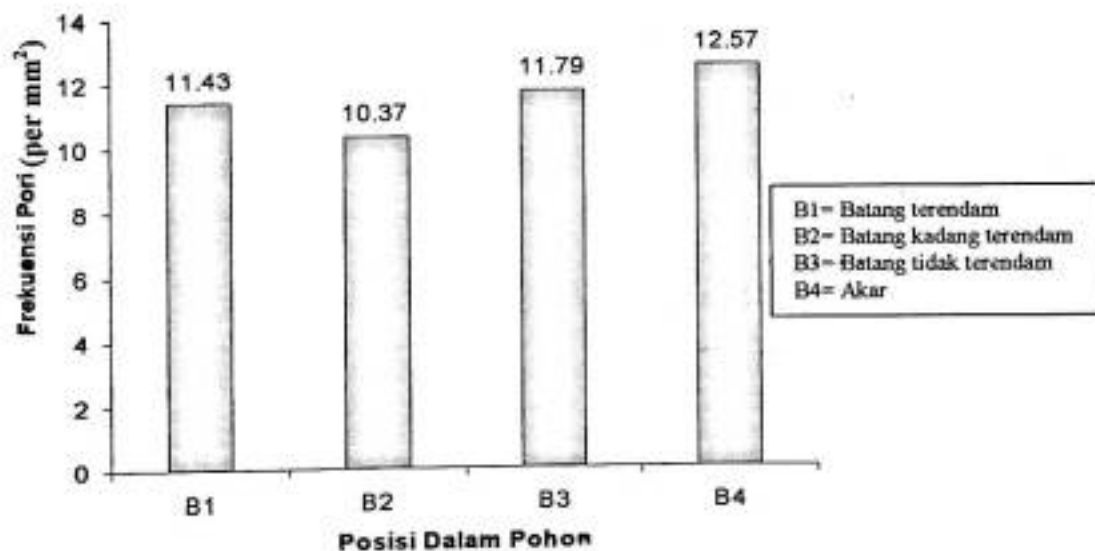
## (2) Frekuensi Pori

Hasil perhitungan frekuensi pori kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 3, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh sangat nyata terhadap frekuensi pori bakau. Untuk mengetahui pengaruh posisi dalam pohon terhadap frekuensi pori dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ terhadap frekuensi pori untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Uji BNJ Frekuensi Pori Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	Frekuensi Pori Rata-rata (per mm <sup>2</sup> )	BNJ 0,05 W= 1,65
Batang Terendam (B1)	11,43	ab
Batang Kadang Terendam (B2)	10,37	a
Batang Tidak Terendam (B3)	11,79	ab
Akar (B4)	12,57	b

Tabel 12 memperlihatkan bahwa frekuensi pori rata-rata antara batang terendam, batang kadang terendam, dan batang tidak terendam berbeda tidak nyata. Untuk batang terendam, batang tidak terendam, dan akar berbeda tidak nyata, sedangkan untuk batang kadang terendam dengan akar berbeda sangat nyata. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Batang Frekuensi Pori Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

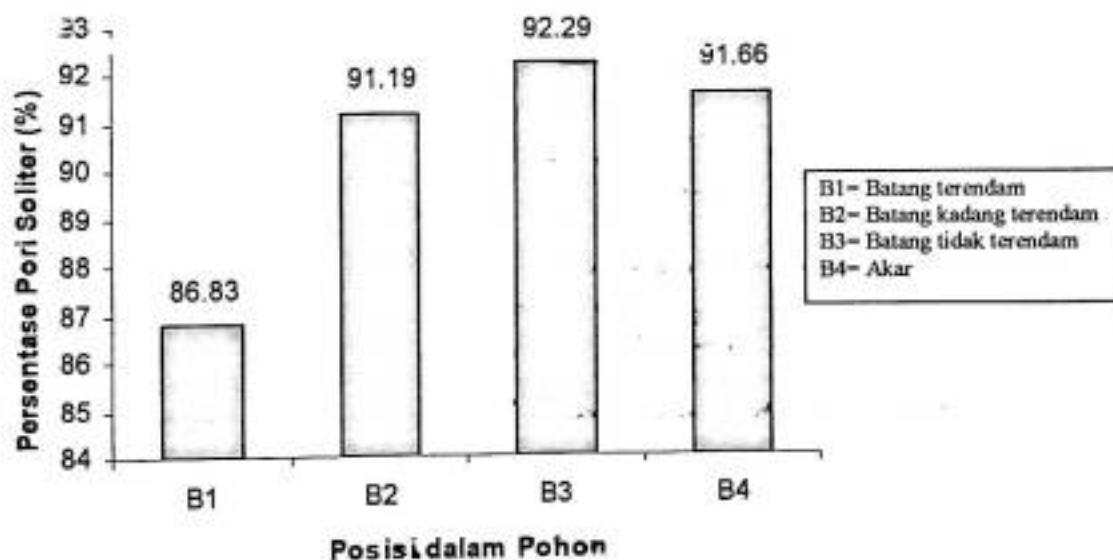
Gambar 4 memperlihatkan bahwa frekuensi pori tertinggi terdapat pada bagian akar (12,57 per mm<sup>2</sup>), kemudian diikuti oleh bagian batang tidak terendam (11,79 per mm<sup>2</sup>), batang terendam (11,43 per mm<sup>2</sup>), dan batang kadang terendam



(10,37 per  $\text{mm}^2$ ). Menurut penggolongan berdasarkan jumlah pori (Tabel 3), bagian batang terendam, batang kadang terendam, batang tidak terendam, dan akar memiliki frekuensi pori yang jarang.

### (3) Persentase Pori Soliter

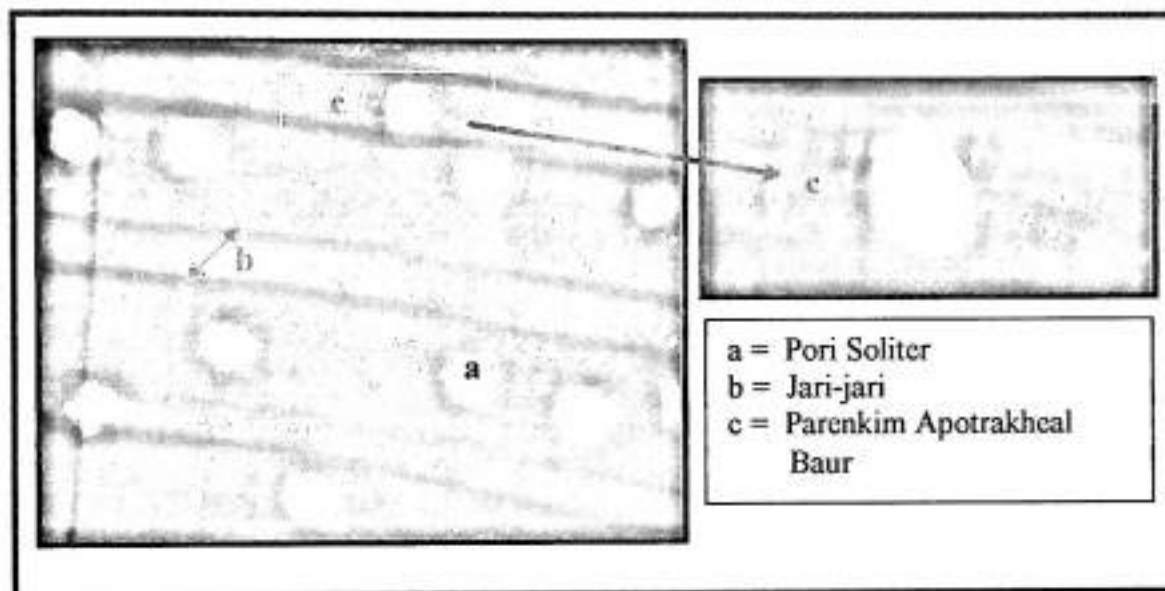
Hasil perhitungan persentase pori soliter kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 5, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 6. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh tidak nyata terhadap persentase pori soliter bakau. Perbandingan persentase pori soliter rata-rata untuk perlakuan posisi dalam pohon secara jelas dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Batang Persentase Pori Soliter Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 5 menunjukkan bahwa persentase pori soliter rata-rata tertinggi terdapat pada bagian batang tidak terendam (92,29%), kemudian diikuti oleh bagian akar (91,66%), bagian batang kadang terendam (91,19%), dan bagian batang terendam (86,83%). Menurut penggolongan berdasarkan persentase pori

soliter (Tabel 1), bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar mempunyai pori yang sebagian besar soliter. Secara jelas dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penampang Aksial Batang Bakau dengan Perbesaran 10x dan 40x

#### (4) Penyebaran Pori

Penyebaran pori pada bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar adalah tata baur. Pada Gambar 6 tampak bahwa pori tersebar merata pada penampang melintang kayu.

#### b. Jari-jari

Mengacu pada hasil pengukuran, pengamatan, dan perhitungan jari-jari pada ketiga bidang penampang kayu, diperoleh data mengenai tinggi jari-jari, lebar jari-jari, frekuensi jari-jari, dan tipe jari-jari. Karakteristik jari-jari pada bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar pada kayu bakau (*Rhizophora sp.*) secara kuantitatif dan kualitatif disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Karakteristik Jari-jari Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Batang Kadang Terendam, Batang Tidak Terendam, dan Akar

Bagian Pengamatan	No.	Parameter Pengukuran/Pengamatan	Kuantitatif	Kualitatif
Batang Terendam	1.	Tinggi jari-jari (mm)	1,79	Pendek
	2.	Lebar jari-jari ( $\mu$ )	63,40	Agak lebar
	3.	Frekuensi jari-jari (per mm)	8,10	Agak banyak
	4.	Tipe jari-jari	-	Heteroseluler (Radial) Multiseriet (Tangensial)
Batang Kadang Terendam	1.	Tinggi jari-jari (mm)	1,71	Pendek
	2.	Lebar jari-jari ( $\mu$ )	56,45	Agak lebar
	3.	Frekuensi jari-jari (per mm)	8,68	Agak banyak
	4.	Tipe jari-jari	-	Heteroseluler (Radial) Multiseriet (Tangensial)
Batang Tidak Terendam	1.	Tinggi jari-jari (mm)	1,70	Pendek
	2.	Lebar jari-jari ( $\mu$ )	54,00	Agak lebar
	3.	Frekuensi jari-jari (per mm)	9,45	Agak banyak
	4.	Tipe jari-jari	-	Heteroseluler (Radial) Multiseriet (Tangensial)
Akar	1.	Tinggi jari-jari (mm)	1,85	Pendek
	2.	Lebar jari-jari ( $\mu$ )	64,89	Agak lebar
	3.	Frekuensi jari-jari (per mm)	8,62	Agak banyak
	4.	Tipe jari-jari	-	Heteroseluler (Radial) Multiseriet (Tangensial)

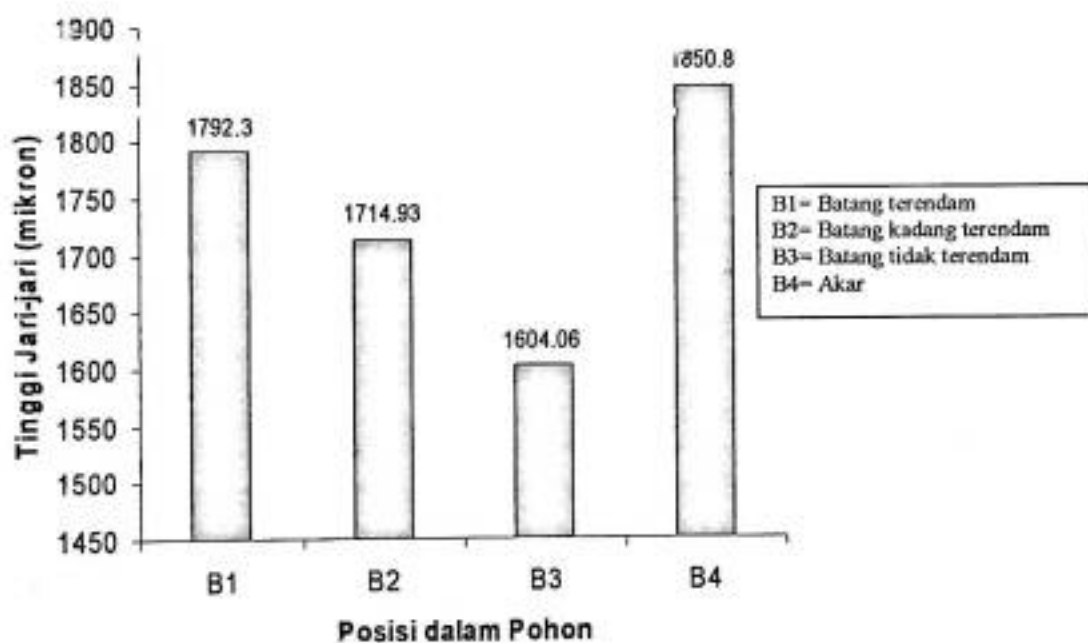
### (1) Tinggi Jari-jari

Hasil pengukuran dan perhitungan tinggi jari-jari kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 7, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 8. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh nyata terhadap tinggi jari-jari bakau. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan posisi dalam pohon terhadap tinggi jari-jari dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Uji BNJ Tinggi Jari-jari Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	Tinggi Jari-jari Rata-rata ( $\mu$ )	$\frac{BNJ\ 0,05}{W=229,91}$
Batang Terendam (B1)	1792,30	ab
Batang Kadang Terendam (B2)	1714,93	ab
Batang Tidak Terendam (B3)	1604,06	a
Akar (B4)	1850,80	b

Tabel 14 memperlihatkan bahwa tinggi jari-jari rata-rata antara batang terendam, batang kadang terendam, dan batang tidak terendam berbeda tidak nyata satu sama lain. Untuk batang terendam, batang kadang terendam, dan akar juga berbeda tidak nyata satu sama lain, sedangkan untuk batang tidak terendam dan akar berbeda nyata. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Batang Tinggi Jari-jari Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 7 memperlihatkan bahwa tinggi jari-jari rata-rata untuk perlakuan posisi dalam pohon yang tertinggi terletak pada bagian akar (1850,80  $\mu$ ), diikuti oleh bagian batang terendam (1792,30  $\mu$ ), bagian batang kadang terendam (1714,93  $\mu$ ), dan bagian batang tidak terendam (1604,06  $\mu$ ). Menurut penggolongan berdasarkan tinggi jari-jari (Tabel 6), bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar mempunyai jari-jari yang pendek.

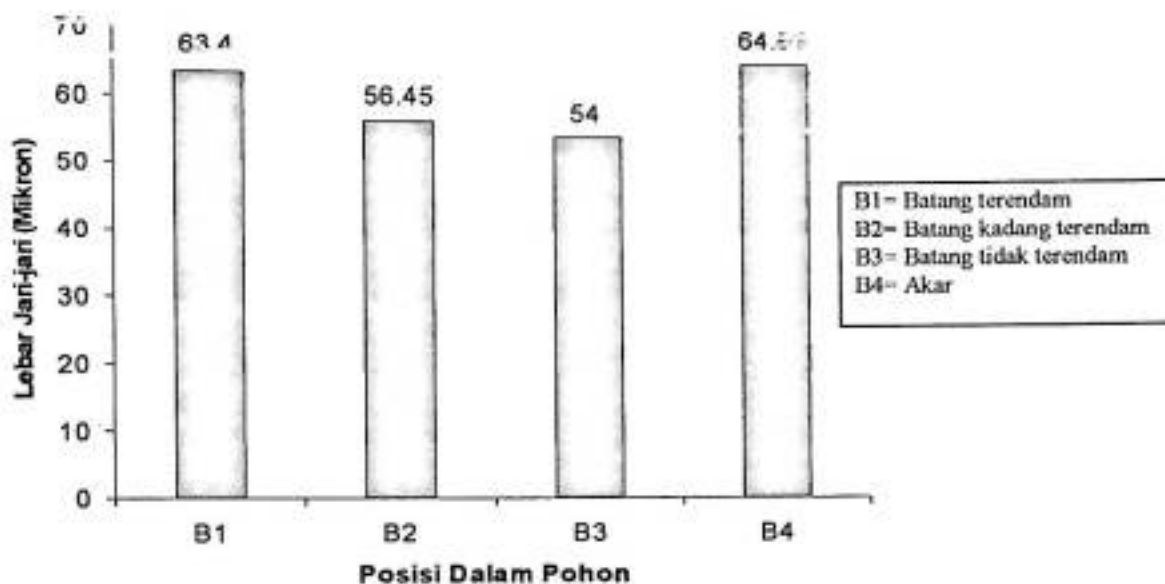
## (2) Lebar Jari-jari

Hasil pengukuran dan perhitungan lebar jari-jari kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 9, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 10. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh nyata terhadap lebar jari-jari bakau. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan posisi dalam pohon terhadap lebar jari-jari, dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Uji BNJ Lebar Jari-jari Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	Lebar Jari-jari Rata-rata ( $\mu$ )	$\frac{BNJ\ 0,05}{W=10,52}$
Batang Terendam (B1)	63,40	ab
Batang Kadang Terendam (B2)	56,45	ab
Batang Tidak Terendam (B3)	54,00	a
Akar (B4)	64,89	b

Tabel 15 memperlihatkan bahwa lebar jari-jari rata-rata antara batang terendam, kadang terendam, dan tidak terendam berbeda tidak nyata. Untuk batang terendam, kadang terendam, dan akar berbeda tidak nyata. Sedangkan antara batang tidak terendam dan akar berbeda nyata. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 8.

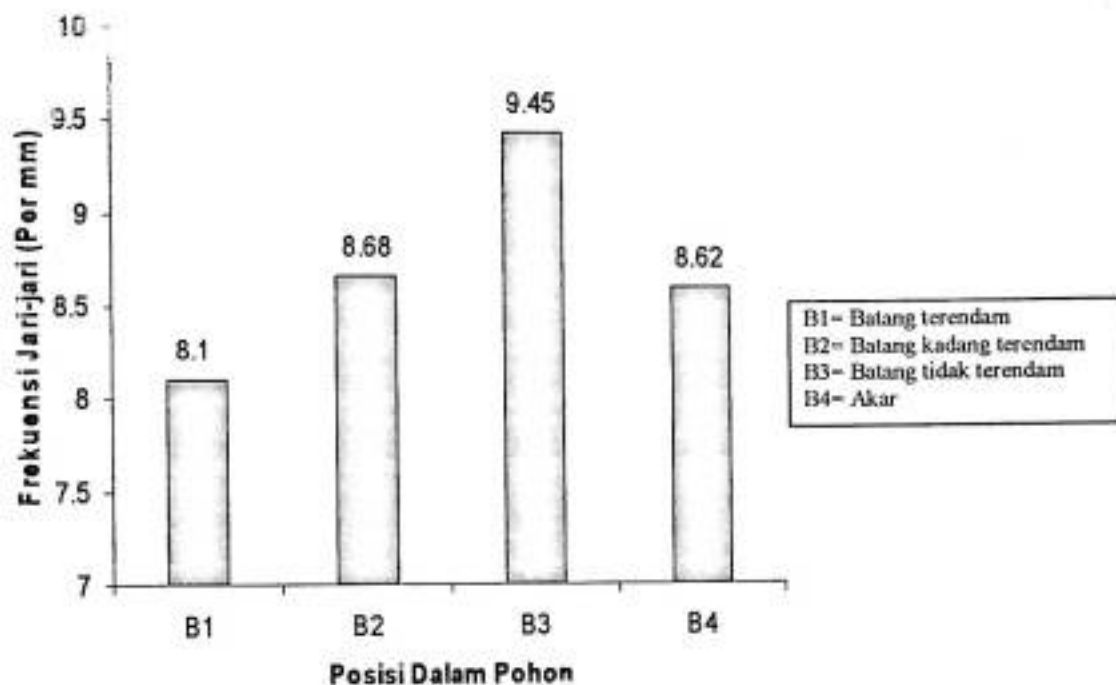


Gambar 8. Diagram Batang Lebar Jari-jari Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 8 memperlihatkan bahwa lebar jari-jari rata-rata untuk perlakuan posisi dalam pohon yang tertinggi terletak pada bagian akar ( $64,89 \mu$ ), kemudian diikuti oleh bagian batang terendam ( $63,40 \mu$ ), batang kadang terendam ( $56,45 \mu$ ), dan batang tidak terendam ( $54,00 \mu$ ). Menurut penggolongan berdasarkan lebar jari-jari (Tabel 5), bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar mempunyai jari-jari yang agak lebar.

### (3) Frekuensi Jari-jari

Hasil perhitungan frekuensi jari-jari kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 11, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 12. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh tidak nyata terhadap frekuensi jari-jari bakau. Perbandingan frekuensi jari-jari rata-rata untuk perlakuan posisi dalam pohon secara jelas dapat dilihat pada Gambar 9.



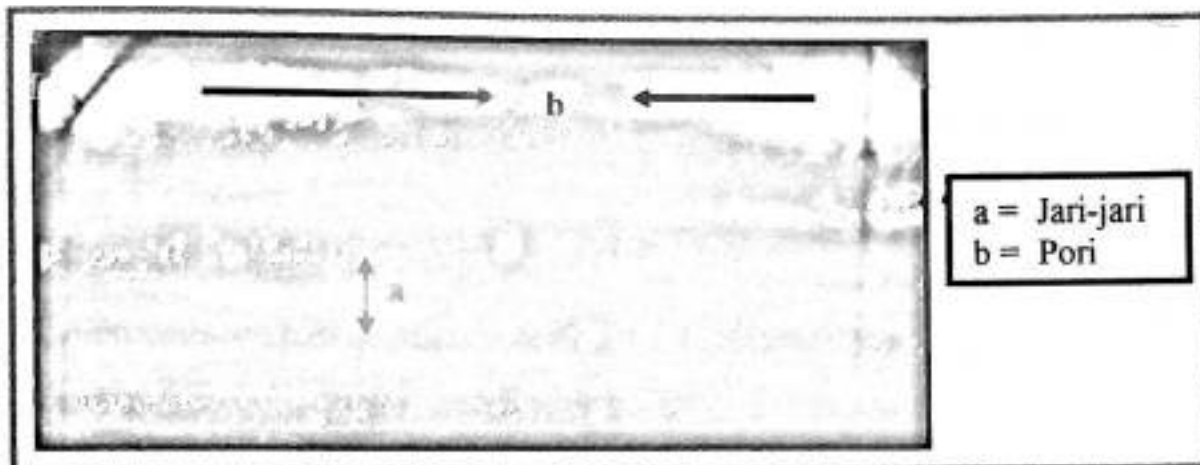
Gambar 9. Diagram Batang Frekuensi Jari-jari Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 9 memperlihatkan bahwa frekuensi jari-jari tertinggi untuk perlakuan posisi dalam pohon terletak pada bagian batang tidak terendam (9,45 per mm), kemudian diikuti oleh bagian batang kadang terendam (8,68 per mm), akar (8,62 per mm), dan batang terendam (8,10 per mm). Menurut penggolongan berdasarkan jumlah jari-jari (Tabel 4), bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar mempunyai frekuensi jari-jari yang agak banyak.

#### (4) Tipe Jari-jari

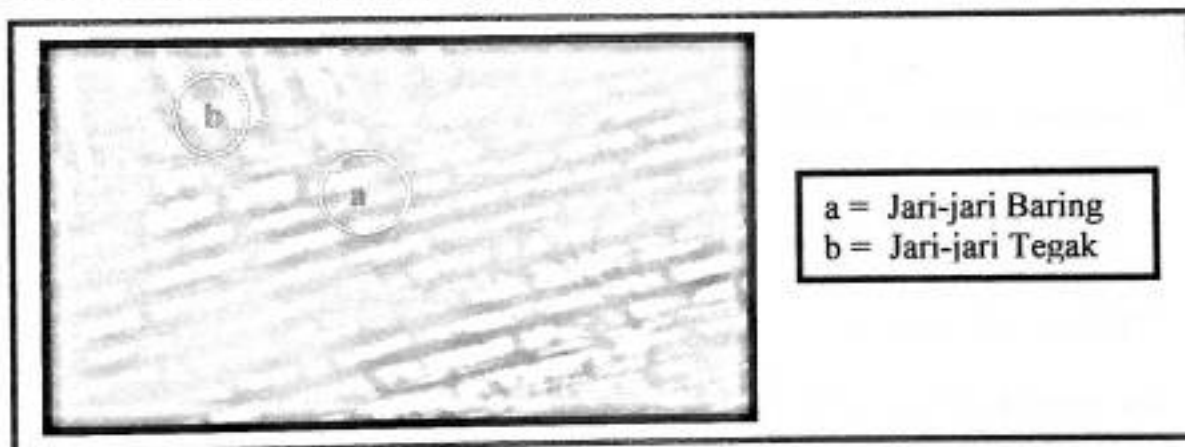
Berdasarkan hasil pengamatan pada penampang tangensial bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar, maka dapat diketahui bahwa sel jari-jari bakau yaitu multiseriet dengan tipe heteroseluler. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10.





Gambar 10. Penampang Tangensial Batang Bakau dengan Perbesaran 10x

Hasil pengamatan jari-jari pada penampang radial menunjukkan bahwa jari-jari bakau adalah jari-jari heteroseluler, di mana tersusun atas lebih dari satu jenis sel. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 11.



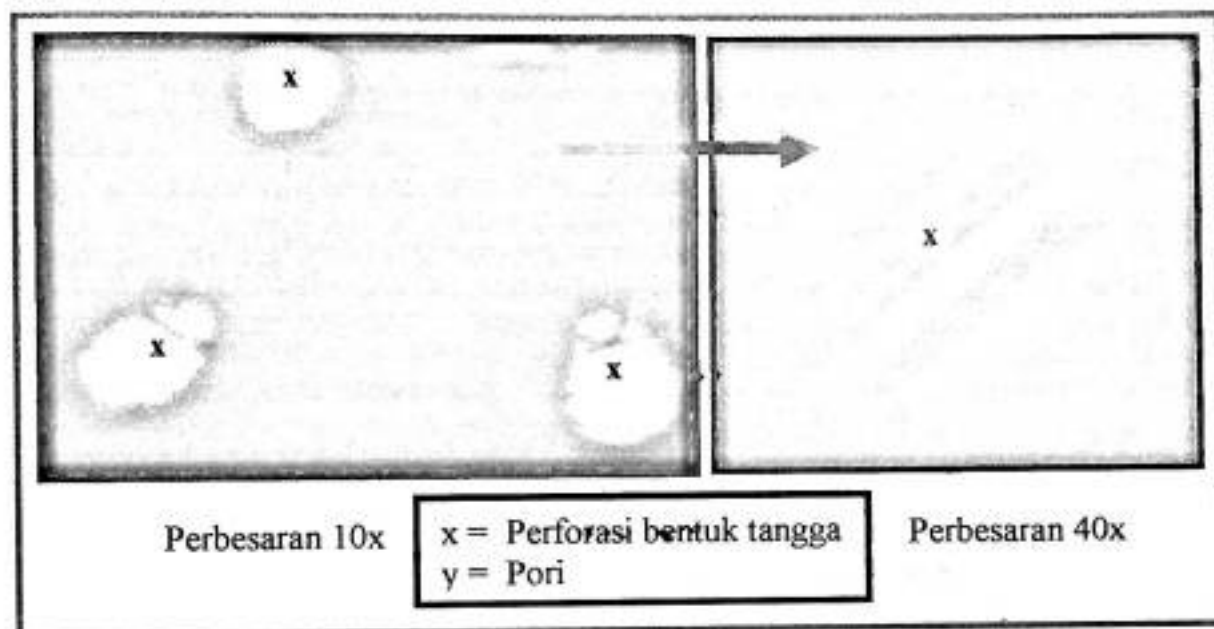
Gambar 11. Penampang Radial Batang Bakau dengan Perbesaran 40x

### c. Parenkim

Hasil pengamatan pada bidang aksial batang dan akar menunjukkan bahwa parenkim pada bakau adalah parenkim apotrakheal baur. Pada penampang aksial kayu (Gambar 6) memperlihatkan bahwa parenkim tersebar secara baur di sekitar pembuluh.

#### d. Tipe Bidang Perforasi

Hasil pengamatan pada bidang aksial batang dan akar menunjukkan bahwa beberapa pembuluh mengalami perforasi berganda (Gambar 12). Pola perforasi yang tampak yaitu berbentuk tangga dengan beberapa anak tangga.



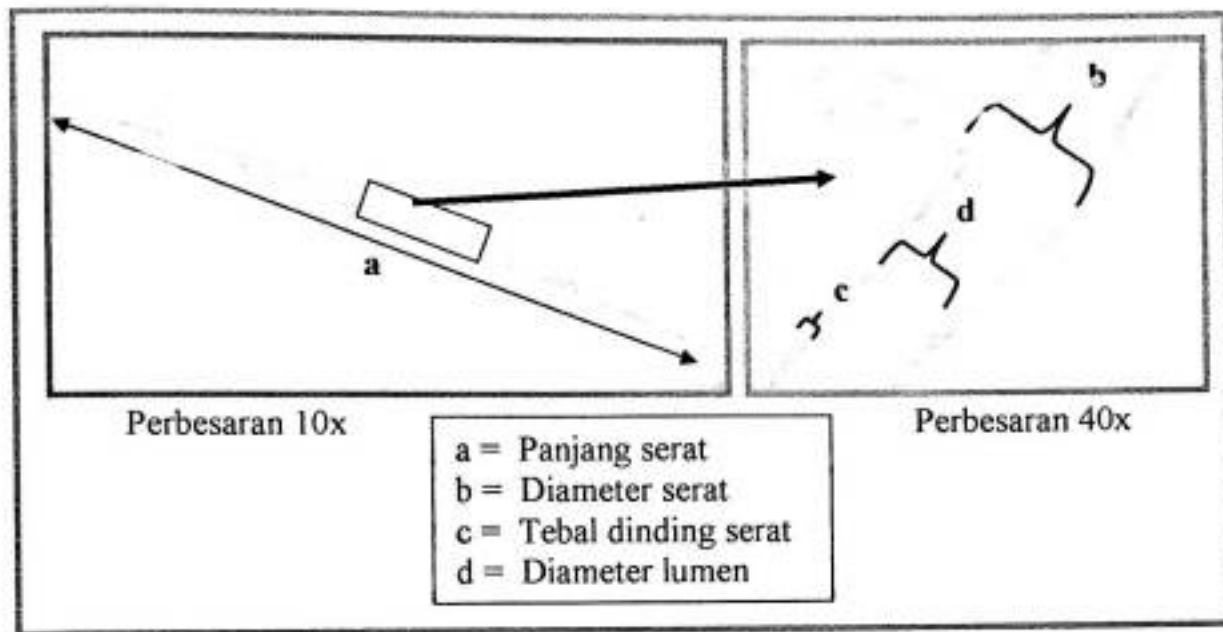
Gambar 12. Perforasi Pembuluh pada Penampang Aksial Batang Bakau

#### 2. Dimensi dan Turunan Serat

Demensi serat diperoleh dengan cara mengukur panjang serat, diameter serat, tebal dinding serat, dan diameter lumen. Setelah diperoleh dimensi serat, maka dihitung turunannya. Karakteristik serat dan turunannya pada bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar pada kayu bakau dapat dilihat pada Tabel 16, sedangkan gambar serat kayu dapat dilihat pada Gambar 13.

Tabel 16. Karakteristik Serat dan Turunannya pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar Kayu Bakau

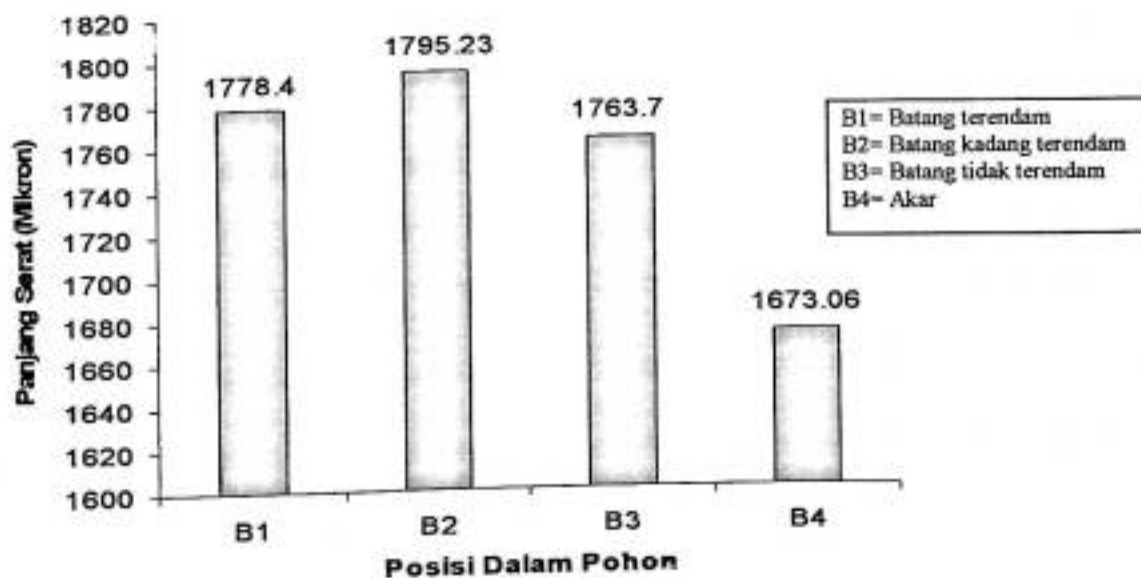
Bagian Pengamatan	Karakteristik Serat dan Turunannya	Rata-rata	Keterangan
Batang Terendam	Panjang serat ( $\mu$ )	1778,40	Panjang (IAWA)
	Diameter serat ( $\mu$ )	23,98	Sedang (Klemn)
	Tebal dinding serat ( $\mu$ )	2,78	-
	Diameter lumen ( $\mu$ )	18,42	-
	<i>Runkel Ratio</i>	0,30	Kelas II
	<i>Felting Power</i>	74,41	Kelas II
	<i>Muhlstep Ratio (%)</i>	41,00	Kelas II
	<i>Flexibility Ratio</i>	0,76	Kelas II
<i>Coefficient of Rigidity</i>	0,11	Kelas II	
Batang Kadang Terendam	Panjang serat ( $\mu$ )	1795,23	Panjang (IAWA)
	Diameter serat ( $\mu$ )	25,02	Sedang (Klemn)
	Tebal dinding serat ( $\mu$ )	2,64	-
	Diameter lumen ( $\mu$ )	19,74	-
	<i>Runkel Ratio</i>	0,26	Kelas II
	<i>Felting Power</i>	71,85	Kelas II
	<i>Muhlstep Ratio (%)</i>	37,00	Kelas II
	<i>Flexibility Ratio</i>	0,79	Kelas II
<i>Coefficient of Rigidity</i>	0,10	Kelas II	
Batang Tidak Terendam	Panjang serat ( $\mu$ )	1763,70	Panjang (IAWA)
	Diameter serat ( $\mu$ )	24,66	Sedang (Klemn)
	Tebal dinding serat ( $\mu$ )	2,59	-
	Diameter lumen ( $\mu$ )	19,47	-
	<i>Runkel Ratio</i>	0,26	Kelas II
	<i>Felting Power</i>	71,59	Kelas II
	<i>Muhlstep Ratio (%)</i>	37	Kelas II
	<i>Flexibility Ratio</i>	0,78	Kelas II
<i>Coefficient of Rigidity</i>	0,10	Kelas II	
Akar	Panjang serat ( $\mu$ )	1673,06	Panjang (IAWA)
	Diameter serat ( $\mu$ )	21,33	Sedang (Klemn)
	Tebal dinding serat ( $\mu$ )	2,53	-
	Diameter lumen ( $\mu$ )	16,27	-
	<i>Runkel Ratio</i>	0,31	Kelas II
	<i>Felting Power</i>	78,74	Kelas II
	<i>Muhlstep Ratio (%)</i>	0,41	Kelas II
	<i>Flexibility Ratio</i>	0,76	Kelas II
<i>Coefficient of Rigidity</i>	0,12	Kelas II	



Gambar 13. Serat Kayu Bakau

#### a. Panjang Serat

Hasil pengukuran dan perhitungan panjang serat kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 13, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 14. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh tidak nyata terhadap panjang serat kayu bakau. Perbandingan panjang serat rata-rata untuk perlakuan posisi dalam pohon secara jelas dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Diagram Batang Panjang Serat Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 14 memperlihatkan bahwa panjang serat rata-rata tertinggi untuk perlakuan posisi dalam pohon terletak pada bagian batang kadang terendam (1795,23  $\mu$ ), kemudian diikuti oleh bagian batang terendam (1778,4  $\mu$ ), batang tidak terendam (1763,7  $\mu$ ), dan akar (1673,06  $\mu$ ). Menurut penggolongan berdasarkan panjang serat (Tabel 7), bagian batang terendam, batang kadang terendam, batang tidak terendam, dan akar mempunyai serat yang panjang.

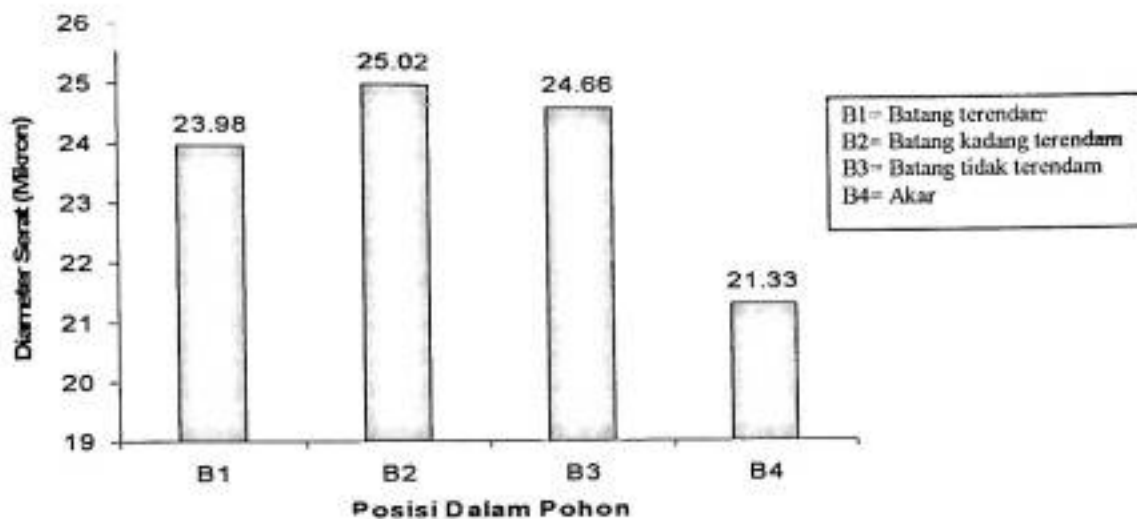
### b. Diameter Serat

Hasil pengukuran dan perhitungan diameter serat kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 15, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 16. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh sangat nyata terhadap diameter serat kayu bakau. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan posisi dalam pohon terhadap diameter serat dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil Uji BNJ Diameter Serat Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	Diameter Serat Rata-rata ( $\mu$ )	BNJ 0,05 W= 1,69
Batang Terendam (B1)	23,98	a
Batang Kadang Terendam (B2)	25,02	a
Batang Tidak Terendam (B3)	24,66	a
Akar (B4)	21,33	b

Tabel 17 memperlihatkan bahwa diameter serat rata-rata antara batang terendam, kadang terendam, dan tidak terendam berbeda tidak nyata, sementara ketiga bagian batang tersebut berbeda sangat nyata dengan akar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Diagram Batang Diameter Serat Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 15 memperlihatkan bahwa diameter serat rata-rata tertinggi untuk perlakuan posisi dalam pohon terletak pada bagian batang kadang terendam ( $25,02 \mu$ ), kemudian diikuti oleh bagian batang tidak terendam ( $24,66 \mu$ ), batang terendam ( $23,98 \mu$ ), dan akar ( $21,33$ ). Menurut penggolongan berdasarkan diameter serat (Tabel 8), bagian batang kadang terendam mempunyai diameter serat lebar, sedangkan bagian batang terendam, tidak terendam, dan akar mempunyai diameter serat sedang.

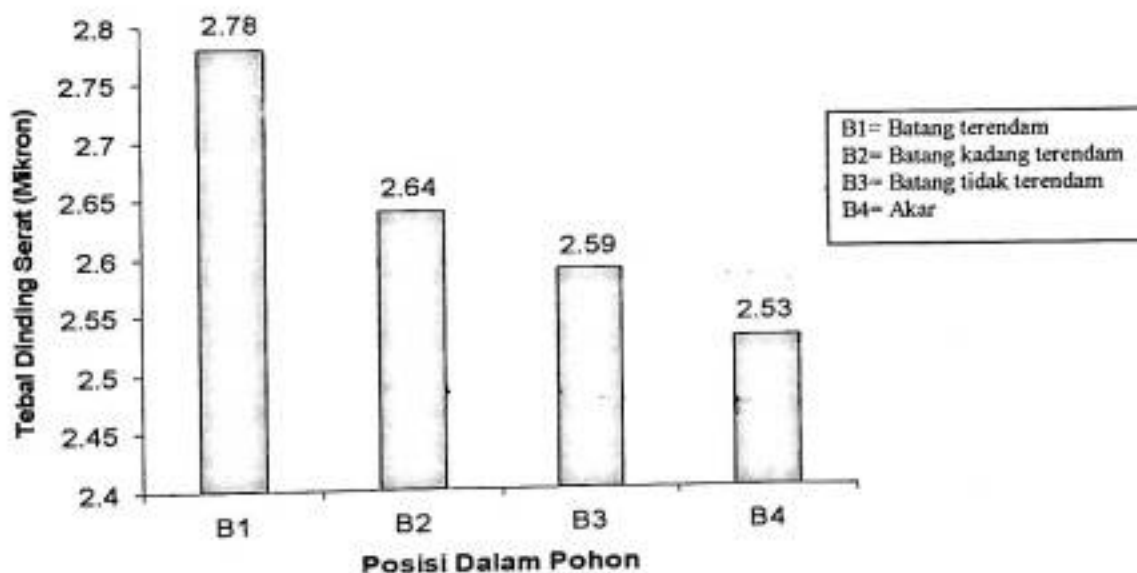
### c. Tebal Dinding Serat

Hasil pengukuran dan perhitungan tebal dinding serat kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 17, dan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 18. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh sangat nyata terhadap tebal dinding serat kayu bakau. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan posisi dalam pohon terhadap tebal dinding serat dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil Uji BNJ Tebal Dinding Serat Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	Tebal Dinding Serat Rata-rata ( $\mu$ )	BNJ 0,05 W= 0,13
Batang Terendam (B1)	2,78	a
Batang Kadang Terendam (B2)	2,64	b
Batang Tidak Terendam (B3)	2,59	b
Akar (B4)	2,53	b

Tabel 18 memperlihatkan bahwa tebal dinding serat rata-rata antara batang kadang terendam, tidak terendam, dan akar berbeda tidak nyata, sedangkan ketiga bagian tersebut berbeda sangat nyata dengan batang terendam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Diagram Batang Tebal Dinding Serat Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 16 memperlihatkan bahwa tebal dinding serat rata-rata tertinggi untuk perlakuan posisi dalam pohon terletak pada bagian batang terendam (2,78  $\mu$ ), kemudian diikuti oleh bagian batang kadang terendam (2,64  $\mu$ ), batang tidak terendam (2,59  $\mu$ ), dan akar (2,53  $\mu$ ).



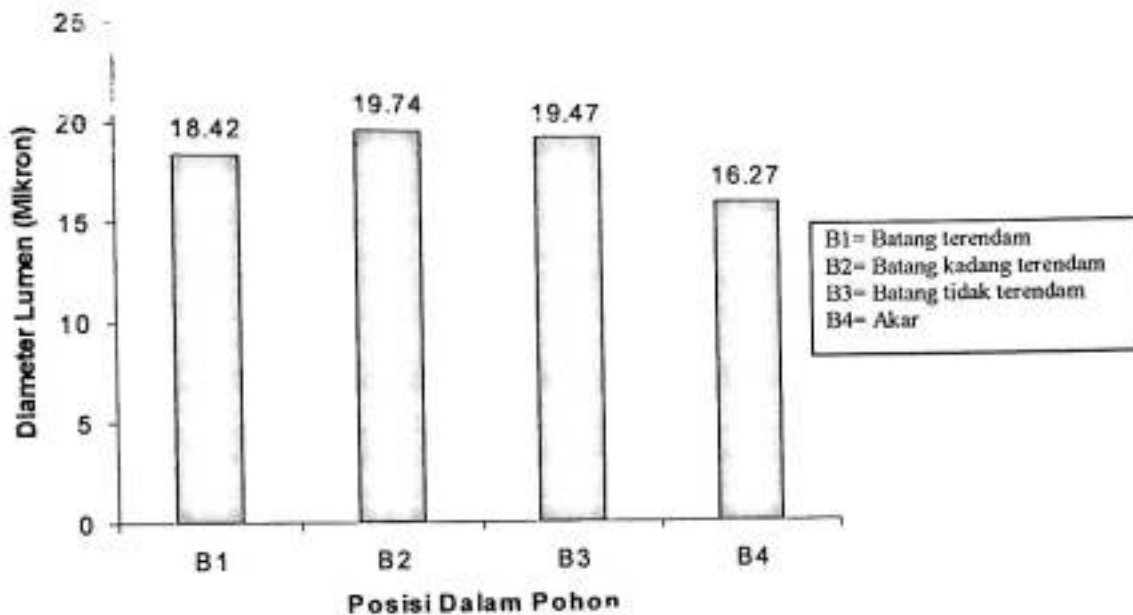
#### d. Diameter Lumen

Hasil pengukuran dan perhitungan diameter lumen kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 19, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 20. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh sangat nyata terhadap diameter lumen kayu bakau. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan posisi dalam pohon terhadap diameter lumen dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19. Hasil Uji BNJ Diameter Lumen Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	Diameter Lumen Rata-rata ( $\mu$ )	$\frac{BNJ\ 0,05}{W=1,62}$
Batang Terendam (B1)	18,42	a
Batang Kadang Terendam (B2)	19,74	a
Batang Tidak Terendam (B3)	19,47	a
Akar (B4)	16,27	b

Tabel 19 memperlihatkan bahwa diameter lumen rata-rata antara batang terendam, kadang terendam, dan tidak terendam berbeda tidak nyata, sedangkan ketiga bagian batang tersebut berbeda sangat nyata dengan akar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Diagram Batang Diameter Lumen Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 17 memperlihatkan bahwa diameter lumen rata-rata tertinggi untuk perlakuan posisi dalam pohon terletak pada bagian batang kadang terendam ( $19,74 \mu$ ), kemudian diikuti oleh bagian batang tidak terendam ( $19,47 \mu$ ), batang terendam ( $18,42 \mu$ ), dan akar ( $16,27 \mu$ ).

#### e. Turunan Serat

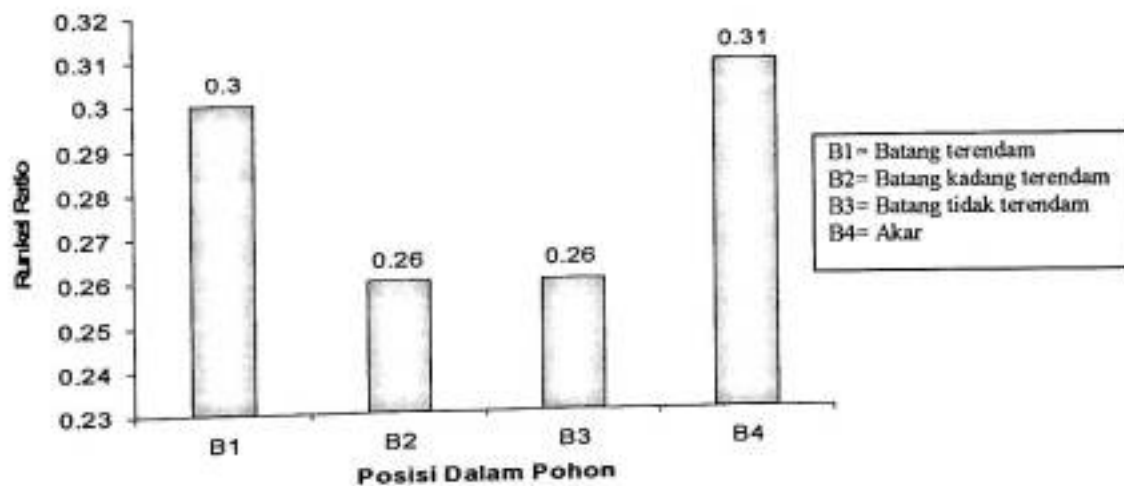
##### (1) *Runkel Ratio*

Hasil perhitungan *Runkel Ratio* kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 21, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 22. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh sangat nyata terhadap *Runkel Ratio* kayu bakau. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan posisi dalam pohon terhadap *Runkel Ratio* dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 20.

Tabel 20. Hasil Uji BNJ *Runkel Ratio* Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	<i>Runkel Ratio</i>	$\frac{BNJ\ 0,05}{W=0,02}$
Batang Terendam (B1)	0,30	a
Batang Kadang Terendam (B2)	0,26	b
Batang Tidak Terendam (B3)	0,26	b
Akar (B4)	0,31	a

Tabel 20 memperlihatkan bahwa *Runkel Ratio* rata-rata antara batang terendam dengan akar berbeda tidak nyata. Demikian pula dengan batang kadang terendam dengan batang tidak terendam, berbeda tidak nyata. Untuk batang terendam dan akar berbeda sangat nyata dengan batang kadang terendam dan batang tidak terendam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Diagram Batang *Runkel Ratio* Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 18 memperlihatkan bahwa *Runkel Ratio* rata-rata tertinggi untuk perlakuan posisi dalam pohon terletak pada akar (0,31), kemudian diikuti oleh bagian batang terendam (0,30) serta bagian batang kadang terendam dan tidak terendam (0,26). Menurut persyaratan dan nilai serat kayu sebagai bahan baku pulp dan kertas (Tabel 9), bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar termasuk dalam kelas II.

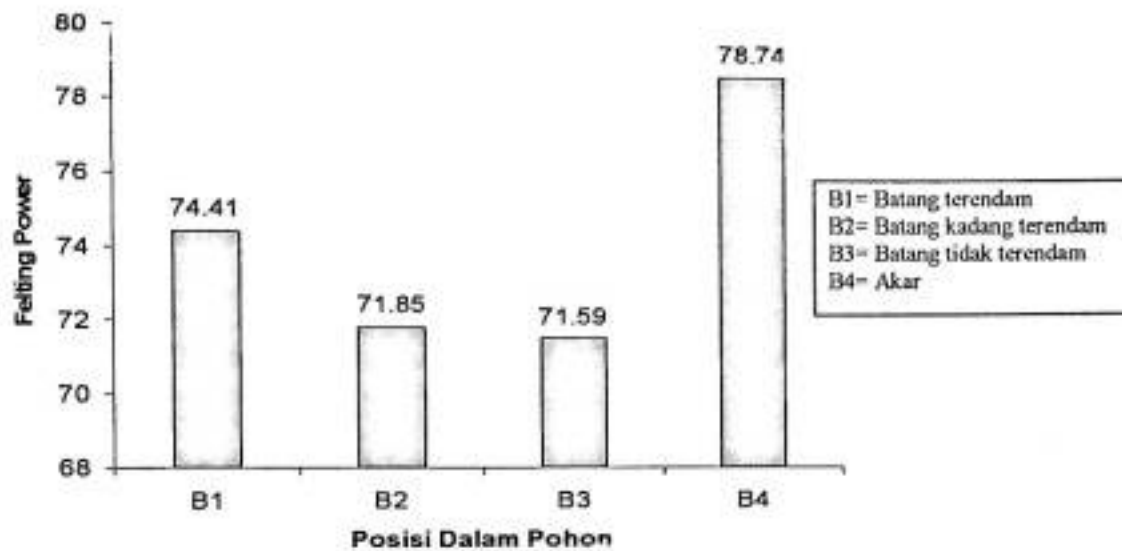
## (2) *Felting Power*

Hasil perhitungan *Felting Power* kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 23, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 24. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh sangat nyata terhadap *Felting Power* kayu bakau. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan posisi dalam pohon terhadap *Felting Power* dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Hasil Uji BNJ *Felting Power* Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	<i>Felting Power</i>	$\frac{BNJ 0,05}{W= 5,03}$
Batang Terendam (B1)	74,41	ab
Batang Kadang Terendam (B2)	71,85	a
Batang Tidak Terendam (B3)	71,59	a
Akar (B4)	78,74	b

Tabel 21 memperlihatkan bahwa *Felting Power* rata-rata antara batang terendam, batang kadang terendam, dan batang tidak terendam berbeda tidak nyata. Untuk batang terendam dengan akar juga berbeda tidak nyata, sedangkan untuk batang kadang terendam dan batang tidak terendam berbeda sangat nyata dengan akar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Diagram Batang *Felting Power* Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 19 memperlihatkan bahwa *Felting Power* rata-rata tertinggi untuk perlakuan posisi dalam pohon terletak pada bagian akar (78,74), kemudian diikuti oleh bagian batang terendam (74,41), bagian batang kadang terendam (71,85), dan bagian batang tidak terendam (71,59). Menurut persyaratan dan nilai serat kayu sebagai bahan baku pulp dan kertas (Tabel 9), bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar termasuk dalam kelas II.

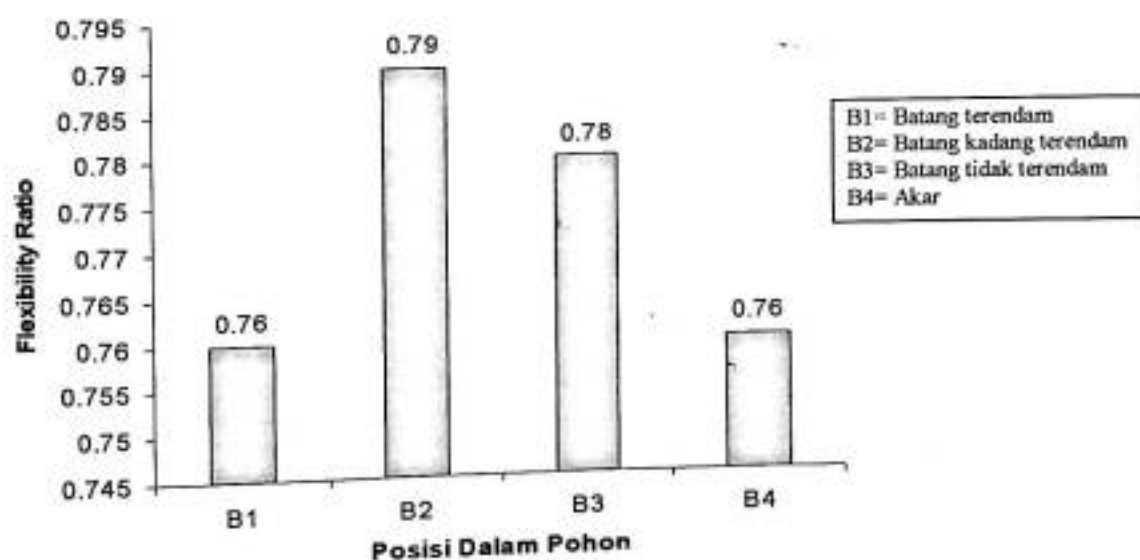
### (3) *Flexibility Ratio*

Hasil perhitungan *Flexibility Ratio* kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 25, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 26. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh sangat nyata terhadap *Flexibility Ratio* kayu bakau. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan posisi dalam pohon terhadap *Flexibility Ratio* dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Hasil Uji BNJ *Flexibility Ratio* Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	<i>Flexibility Ratio</i>	BNJ 0,05 W= 0,01
Batang Terendam (B1)	0,76	a
Batang Kadang Terendam (B2)	0,79	b
Batang Tidak Terendam (B3)	0,78	b
Akar (B4)	0,76	a

Tabel 22 memperlihatkan bahwa *Flexibility Ratio* rata-rata antara batang terendam berbeda tidak nyata dengan akar, sedangkan bagian batang kadang terendam berbeda tidak nyata dengan batang tidak terendam. Untuk bagian batang terendam dan akar berbeda sangat nyata dengan bagian batang kadang terendam dan bagian batang tidak terendam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Diagram Batang *Flexibility Ratio* Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 20 memperlihatkan bahwa *Flexibility Ratio* rata-rata tertinggi untuk perlakuan posisi dalam pohon terletak pada bagian batang kadang terendam (0,79), diikuti oleh bagian batang tidak terendam (0,78), serta bagian batang terendam dan akar (0,76). Menurut persyaratan dan nilai serat kayu sebagai bahan baku pulp dan kertas (Tabel 9), bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar termasuk dalam kelas II.

#### (4) *Coefficient of Rigidity*

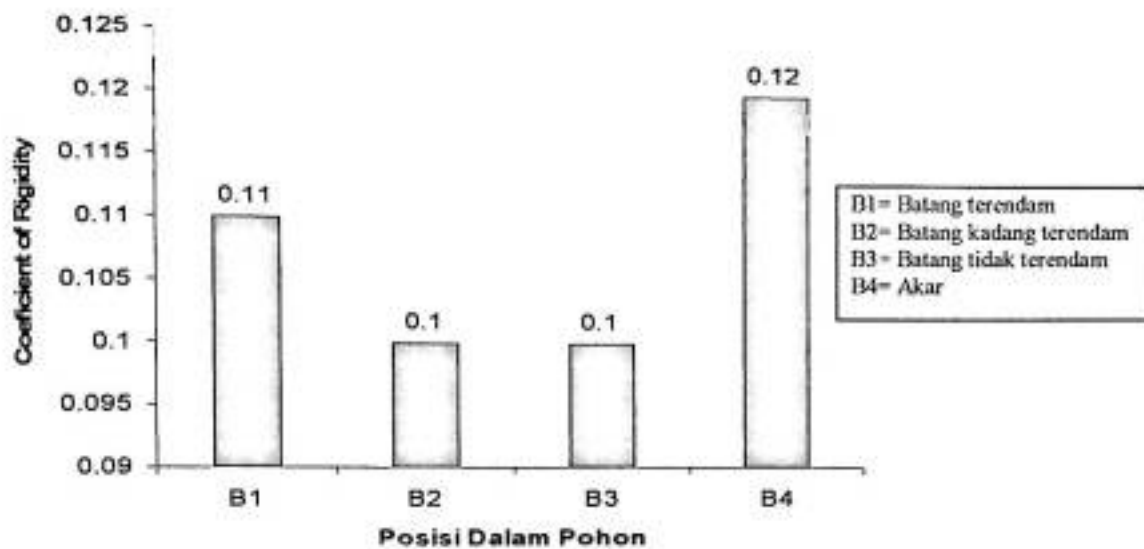
Hasil perhitungan *Coefficient of Rigidity* kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 27, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 28. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh sangat nyata terhadap *Coefficient of Rigidity* kayu bakau. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan posisi dalam pohon terhadap *Coefficient of Rigidity* dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 23.

Tabel 23. Hasil Uji BNJ *Coefficient of Rigidity* Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	<i>Coefficient of Rigidity</i>	<u>BNJ 0,05</u> W= 0,009
Batang Terendam (B1)	0,11	a
Batang Kadang Terendam (B2)	0,10	b
Batang Tidak Terendam (B3)	0,10	b
Akar (B4)	0,12	a

Tabel 23 memperlihatkan bahwa *Coefficient of Rigidity* rata-rata antara bagian batang terendam berbeda tidak nyata dengan bagian akar. Demikian pula dengan bagian batang kadang terendam berbeda tidak nyata dengan bagian batang tidak terendam. Untuk bagian batang terendam dan akar berbeda sangat nyata dengan bagian batang kadang terendam dan batang tidak terendam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 21.





Gambar 21. Diagram Batang *Coefficient of Rigidity* Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 21 memperlihatkan bahwa *Coefficient of Rigidity* rata-rata tertinggi untuk perlakuan posisi dalam pohon terletak pada bagian akar (0,12), kemudian diikuti oleh bagian batang terendam (0,11) serta bagian batang kadang terendam dan tidak terendam (0,10). Menurut persyaratan dan nilai serat kayu sebagai bahan baku pulp dan kertas (Tabel 9), bagian batang kadang terendam dan tidak terendam termasuk dalam kelas I, sedangkan bagian batang terendam dan akar termasuk dalam kelas II.

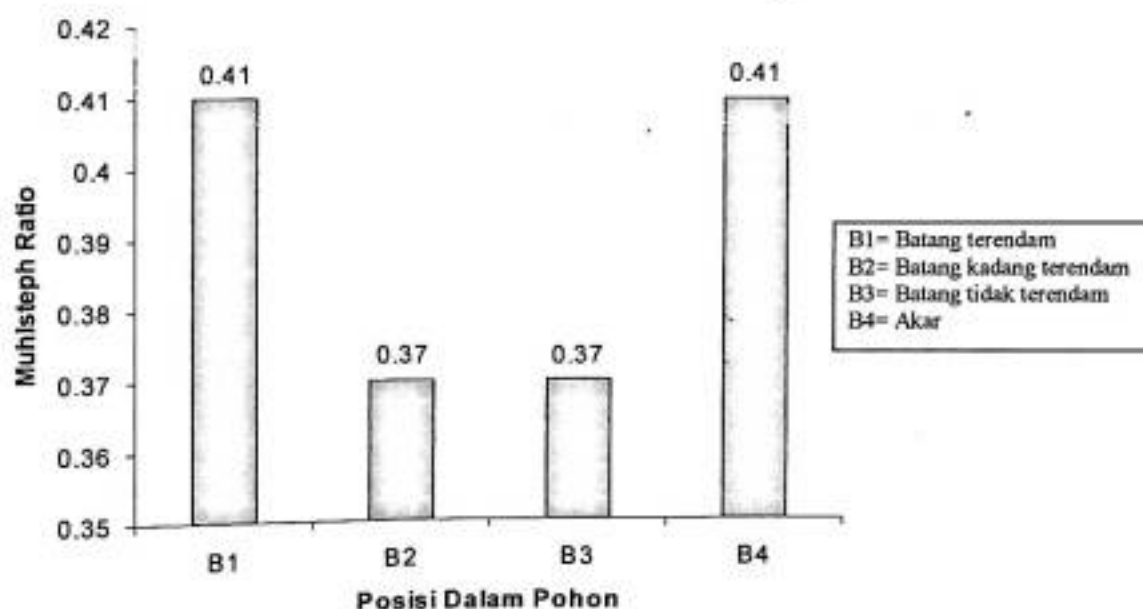
##### (5) *Muhlsteph Ratio*

Hasil perhitungan *Muhlsteph Ratio* kayu bakau dapat dilihat pada Lampiran 29, sedangkan sidik ragamnya dapat dilihat pada Lampiran 30. Faktor tersarang (B) yaitu posisi dalam pohon berpengaruh sangat nyata terhadap *Muhlsteph Ratio* kayu bakau. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan posisi dalam pohon terhadap *Muhlsteph Ratio* dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil uji BNJ untuk perlakuan posisi dalam pohon dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24. Hasil Uji BNJ *Muhlsteph Ratio* Kayu Bakau pada Berbagai Posisi dalam Pohon

Posisi dalam Pohon	<i>Muhlsteph Ratio</i>	$\frac{BNJ}{W} 0,05$ W= 0,02
Batang Terendam (B1)	0,41	a
Batang Kadang Terendam (B2)	0,37	b
Batang Tidak Terendam (B3)	0,37	b
Akar (B4)	0,41	a

Tabel 24 memperlihatkan bahwa *Muhlsteph Ratio* rata-rata antara bagian batang terendam dengan akar berbeda tidak nyata, demikian pula untuk bagian batang kadang terendam juga berbeda tidak nyata dengan bagian batang tidak terendam. Untuk bagian batang terendam dan akar, berbeda sangat nyata dengan bagian batang kadang terendam dan batang tidak terendam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Diagram Batang *Muhlsteph Ratio* Kayu Bakau pada Bagian Batang Terendam, Kadang Terendam, Tidak Terendam, dan Akar

Gambar 22 memperlihatkan bahwa *Muhlsteph Ratio* rata-rata tertinggi untuk perlakuan posisi dalam pohon terletak pada bagian batang terendam dan akar (0,41), kemudian diikuti oleh bagian batang kadang terendam dan tidak terendam (0,37). Menurut persyaratan dan nilai serat kayu sebagai bahan baku pulp dan kertas (Tabel 9), bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar termasuk dalam kelas II.

## **B. Pembahasan**

### **1. Pori**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa secara kuantitatif diameter pori, frekuensi pori, dan persentase pori soliter pada bagian batang terendam, batang kadang terendam, batang tidak terendam, dan akar pada kayu bakau menunjukkan nilai yang berbeda. Meskipun demikian, perbedaan nilai karakteristik pori pada keempat bagian pengamatan tersebut dapat diasumsikan sama, karena memiliki rentang nilai yang tidak jauh berbeda dan secara kualitatif termasuk dalam kelas yang sama. Frekuensi pori yang jarang pada keempat bagian pengamatan tersebut mengindikasikan bahwa bagian-bagian tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pulp dan kertas. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan Haygreen dan Bowyer (1996) bahwa kayu yang mengandung proporsi sel pembuluh (pori) yang rendah akan cenderung menghasilkan pulp yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh sifat pembuluh yang sukar untuk membentuk ikatan yang kuat dengan serat.

Pola penyebaran pori bakau pada penampang melintang adalah tata baur. Hal ini dapat dilihat dari adanya pori dengan berbagai ukuran (diameter) yang tersebar merata pada penampang melintang kayu pada setiap bagian pengamatan. Menurut Pandit dan Ramdan (2002) bahwa pori tata baur adalah pori yang tersebar merata atau hampir merata dengan diameter sama atau hampir sama.

## 2. Jari-jari

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa secara kuantitatif tinggi jari-jari, lebar jari-jari, dan frekuensi jari-jari pada bagian batang terendam, batang kadang terendam, batang tidak terendam, dan akar memiliki nilai yang berbeda. Meskipun demikian, perbedaan nilai karakteristik pori pada keempat bagian pengamatan tersebut dapat diasumsikan sama, karena memiliki rentang nilai yang tidak jauh berbeda dan secara kualitatif termasuk dalam kelas yang sama. Tinggi jari-jari, lebar jari-jari, dan frekuensi jari-jari dapat berpengaruh terhadap proses penyusutan pada arah radial kayunya. Dengan keberadaannya, maka proses perubahan dimensi (penyusutan) pada arah radial kayu bakau selama proses pengeringan akan menjadi lebih kecil bila dibandingkan dengan penyusutan pada arah tangensialnya. Pengamatan pada bidang tangensial memperlihatkan bahwa lebar jari-jari tersusun atas lebih dari dua sel sehingga sel jari-jarinya adalah multiseriet. Pada bidang radial, jari-jari tersusun atas dua jenis sel, yaitu sel baring dan sel tegak, sehingga tipe jari-jarinya adalah heteroseluler. Sel baring adalah sel yang tegak lurus dengan arah longitudinal batang dan sel tegak adalah sel yang searah dengan arah longitudinal batang.

## 3. Dimensi Serat dan Turunannya

Terdapat hubungan antara panjang serat dengan kekuatan sobek kertas, yaitu semakin panjang serat, maka kekuatan sobek (*tearing strength*) semakin tinggi (Sanusi, 1990). Berdasarkan hasil pengamatan dapat diketahui bahwa serat

pada bagian batang yang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar mempunyai serat yang panjang sehingga baik digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas.

Berdasarkan persyaratan sebagai bahan baku pulp dan kertas untuk turunan seratnya, maka kayu bakau dapat digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas dengan kualitas yang baik. Bagian batang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar memperlihatkan kelas kesesuaian yang tinggi. Departemen Kehutanan (1976) menyatakan bahwa kayu dengan persyaratan seperti ini merupakan jenis kayu yang baik untuk dijadikan sebagai bahan baku pulp dan kertas.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

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

1. Parameter pengamatan pori yang meliputi diameter pori, frekuensi pori, dan persentase pori soliter pada bagian batang terendam, batang kadang terendam, batang tidak terendam, dan akar pada kayu bakau memiliki karakteristik yang relatif sama
2. Pola penyebaran pori kayu bakau pada bagian batang terendam, batang kadang terendam, batang tidak terendam, dan akar pada kayu bakau adalah tata baur
3. Parameter pengamatan jari-jari yang meliputi tinggi jari-jari, lebar jari-jari, dan frekuensi jari-jari pada bagian batang terendam, batang kadang terendam, batang tidak terendam, dan akar pada kayu bakau memiliki karakteristik yang relatif sama
4. Sel jari-jari kayu bakau adalah multiseriet dengan tipe heteroseluler
5. Parenkim pada kayu bakau adalah parenkim apotrakheal yang bertipe baur
6. Perforasi yang terjadi pada kayu bakau yaitu perforasi berganda dengan tipe (pola) yang berbentuk tangga
7. Parameter pengamatan dimensi serat yang meliputi panjang serat, lebar serat, tebal dinding serat, dan diameter lumen pada bagian batang terendam, batang kadang terendam, batang tidak terendam, dan akar pada kayu bakau memiliki karakteristik yang relatif sama



8. Parameter pengamatan turunan serat yang meliputi *runkel ratio*, *felting power*, *flexibility ratio*, *coeficient of rigidity*, dan *muhlsteph ratio* pada bagian batang terendam, batang kadang terendam, batang tidak terendam, dan akar pada kayu bakau memiliki karakteristik yang relatif sama
9. Perendaman pohon oleh air dan lumpur relatif tidak mempengaruhi struktur anatomi dan dimensi serat kayu bakau
10. Kayu bakau pada bagian batang yang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar dapat memberikan hasil yang baik apabila digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas.

### **B. Saran**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari struktur anatomi dan dimensi serat kayu bakau (*Rhizophora* sp.) pada bagian batang yang terendam, kadang terendam, tidak terendam, dan akar, maka diperlukan penelitian-penelitian lebih lanjut terhadap tetumbuhan bakau yang tidak terendam air, sehingga dapat diperbandingkan baik sifat maupun kualitasnya agar pemanfaatannya dapat dilakukan secara tepat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Casey, J. P., 1952. Pulp and Paper: Chemistry and Chemical Technology. Vol. I, interscience Publishers. Ltd., fifth Ave Southampton Row. London.
- Departmen Kehutanan, 1976. Vademecum Lehutanan Indonesia. Direktorat Jenderal Kehutanan. Jakarta.
- Dumanaw, J. F., 2001. Mengenal Kayu. Edisi Revisi Cetakan Pertama. Penerbit Kanisius. Jakarta.
- Fahn, A., 1991. Anatomi Tumbuhan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Haygreen, J.G., and J.L.Bowyer, 1996. Forest Products and Wood Science: An Introduction. Iowa State University Press. Amess. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Heyne, 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia. Badan Kerjasama Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Yayasan Sarana Wanajaya. Ujung Pandang.
- Kusmana, C., Onrizal, dan Sudarmadji, 2003. Jenis-Jenis Pohon Mangrove di Teluk Bintuni, Papua. Kerjasama Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor dan PT. Bintuni Utama Murni Wood Industries.
- Mandang, Y. I., 1991. Dasar-dasar Identifikasi Jenis Kayu di Lapangan. Volume III, Nomor 1. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan. Bogor.
- Mandang, Y.I., dan I.K.N. Pandit, 2002. Pedoman Identifikasi Jenis Kayu di Lapangan. Prosea Indonesia, Yayasan Prosea. 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.
- Noor, Y.R., M. Khazali, dan I.N.N. Suryadiputra, 1999. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PKA/WI-IP. Bogor
- Nuraeni, 1997. Analisis Struktur Anatomi dan Dimensi Serat Kayu Sukun (*Arthocarpus communis* Forst). Skripsi Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Hasanuddin. Makassar (Tidak Dipublikasikan).

- Pandit, I.K.N., dan H.Ramdan, 2002. Anatomi Kayu: Pengantar Sifat Kayu sebagai Bahan Baku. Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Panshin, A.J., and C. de Zeeuw, 1980. Textbook of Wood Technology. Mc. Graw-Hill. Book Company. New York.
- Priasukmana, S., dan T. Silitonga, 1972. Dimensi Serat Beberapa Jenis Kayu Jawa Barat. Laporan Nomor 2. Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Priasukmana, S., dan C.G. Sarajar, 1974. Variasi Dimensi Serat pada Batang *Shorea leprosula* Miq. Laporan Nomor 25. Lembaga Penelitian Hasil Hutan Direktorat Jenderal Kehutanan. Departemen Pertanian. Bogor. Indonesia.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 1986. Dasar-dasar Identifikasi Kayu. Balai Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Sanusi, D., 1986. Diktat Kuliah Teknologi Kayu. Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.
- Sanusi, D., 1990. Kajian Aspek Teknologis Kayu-kayu Hutan Tanaman Industri. Makalah Seminar HTI. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Soenardi, 1974. Ilmu Kayu. Bagian Penerbit Yayasan Pembinaan Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Soenardi, 1996. Struktur dan Sifat Kayu. Bahan Kuliah S2 Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sugiarto dan Ekariyono, W., 1996. Penghijauan Pantai. Penerbit PT. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sulistyo, A.B., 1995. Diktat Pengantar Anatomi Kayu. Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman. Samarinda.

Lampiran 1. Hasil Pengukuran dan Perhitungan Diameter Pori Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	Diameter Pori ( $\mu$ ) Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Total
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	81,85	83,30	85,45	76,15	
	2	87,25	79,40	90,15	90,10	
	3	87,20	88,65	81,80	80,70	
	4	82,30	91,00	89,75	88,60	
Jumlah		338,60	342,35	347,15	335,55	1363,65
Rata-rata		84,65	85,59	86,79	83,89	85,23
A2	1	84,45	89,35	90,25	79,70	
	2	74,85	83,90	85,30	77,55	
	3	84,85	78,95	87,95	75,45	
	4	81,55	81,25	92,85	77,30	
Jumlah		325,70	333,45	356,35	310,00	1325,50
Rata-rata		81,43	83,36	89,09	77,50	82,84
A3	1	80,60	81,15	84,95	89,80	
	2	82,65	72,95	97,00	84,35	
	3	81,75	85,85	82,65	85,05	
	4	82,60	81,60	94,60	80,40	
Jumlah		327,60	321,55	359,20	339,60	1347,95
Rata-rata		81,90	80,39	89,80	84,90	84,25
Jumlah A		991,90	997,35	1062,70	985,15	4037,10

Lampiran 2. Hasil Sidik Ragam Diameter Pori Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	532,13	59,12	2,89 (*)	2,15	2,94
Galat	36	734,90	20,41			
Total	47	1285,58				

Keterangan: \* = Berpengaruh nyata

Lampiran 3. Hasil Perhitungan Frekuensi Pori Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	Frekuensi Pori (per mm <sup>2</sup> ) Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	16,00	9,50	11,40	15,30	
	2	10,50	11,40	10,50	14,70	
	3	12,20	11,80	10,90	15,40	
	4	10,20	10,10	9,70	14,50	
Jumlah		48,90	42,80	42,50	59,90	194,10
Rata-rata		12,23	10,70	10,63	14,98	12,13
A2	1	11,50	10,40	11,70	10,80	
	2	10,80	9,00	11,80	11,00	
	3	9,80	9,70	11,40	11,60	
	4	9,30	10,00	12,40	10,70	
Jumlah		41,40	39,10	47,30	44,10	171,90
Rata-rata		10,35	9,78	11,83	11,03	10,74
A3	1	12,70	11,40	11,30	11,60	
	2	10,30	10,50	12,20	10,60	
	3	10,40	10,90	14,80	12,70	
	4	13,50	9,70	13,40	11,90	
Jumlah		46,90	42,50	51,70	46,80	187,90
Rata-rata		11,73	10,63	12,93	11,70	11,74
Jumlah A		137,20	124,40	141,50	150,80	553,90

Lampiran 4. Hasil Sidik Ragam Frekuensi Pori Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	72,78	8,08	5,33 (**)	2,15	2,94
Galat	36	54,53	1,51			
Total	47	155,50				

Keterangan: \*\* = Berpengaruh sangat nyata

Lampiran 5. Hasil Perhitungan Pori Soliter Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	Persentase Pori Soliter (%) Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	91,88	88,24	82,80	94,07	
	2	90,63	78,26	94,49	94,74	
	3	20,00	93,52	91,26	78,95	
	4	84,43	93,88	92,31	94,07	
Jumlah		286,93	353,89	360,85	361,83	1363,50
Rata-rata		71,73	88,47	90,21	90,46	85,22
A2	1	94,06	89,47	93,16	86,73	
	2	97,12	98,10	92,37	84,43	
	3	92,78	94,50	90,35	87,16	
	4	92,00	91,75	95,16	93,28	
Jumlah		375,96	373,82	371,05	351,60	1472,42
Rata-rata		93,99	93,45	92,76	87,90	92,03
A3	1	95,90	88,89	95,37	98,28	
	2	90,32	89,80	97,27	97,17	
	3	95,04	94,16	90,52	95,28	
	4	97,81	93,79	92,52	95,80	
Jumlah		379,07	366,63	375,68	386,52	1507,91
Rata-rata		94,77	91,66	93,92	96,63	94,24
Jumlah A		1041,95	1094,34	1107,58	1099,94	4343,83
		86,83	91,20	92,30	91,66	

Lampiran 6. Hasil Sidik Ragam Persentase Pori Soliter Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	0,11	0,01	1,05 (tn)	2,15	2,94
Galat	36	0,42	0,01			
Total	47	0,60				

Keterangan: tn = Berpengaruh tidak nyata



Lampiran 7. Hasil Perhitungan Tinggi Jari-jari Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	Tinggi Jari-jari ( $\mu$ ) Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	2157,60	1688,40	1575,60	2120,00	
	2	2036,80	1828,00	1791,60	2508,80	
	3	1788,00	1922,40	1663,60	1708,00	
	4	1767,20	1934,00	1893,20	2110,40	
Jumlah		7749,60	7372,80	6924,00	8447,20	30493,60
Rata-rata		1937,40	1843,20	1731,00	2111,80	1905,85
A2	1	1815,60	1865,20	1493,20	1550,40	
	2	1560,40	1320,40	1540,80	1599,20	
	3	1469,20	1687,60	1780,80	1465,60	
	4	1711,20	1687,60	1542,80	1855,20	
Jumlah		6556,40	6560,80	6357,60	6470,40	25945,20
Rata-rata		1639,10	1640,20	1489,40	1617,60	1621,58
A3	1	1733,60	1699,20	1662,00	1790,00	
	2	1863,60	1820,40	1948,00	1704,00	
	3	1680,40	1533,20	1804,00	1870,00	
	4	1924,00	1592,80	1753,20	1928,00	
Jumlah		7201,60	6645,60	7167,20	7292,00	28306,40
Rata-rata		1800,40	1661,40	1791,80	1823,00	1769,15
Jumlah A		21507,60	20579,20	20448,80	22209,60	84745,20

Lampiran 8. Hasil Sidik Ragam Tinggi Jari-jari Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	731032,63	81225,84	2,78 (*)	2,15	2,94
Galat	36	1048762,68	29132,29			
Total	47	2078027,73				

Keterangan: \* = Berpengaruh nyata



Lampiran 9. Hasil Perhitungan Lebar Jari-jari Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	Lebar Jari-jari ( $\mu$ ) Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	55,20	50,70	54,00	70,00	
	2	59,20	52,20	51,20	68,50	
	3	59,40	53,60	53,40	85,20	
	4	67,60	56,20	56,90	72,00	
Jumlah		241,40	212,70	215,50	295,70	965,30
Rata-rata		60,35	53,18	53,88	73,93	60,33
A2	1	61,80	46,40	54,00	54,80	
	2	59,30	62,60	59,50	56,20	
	3	56,70	65,00	46,70	65,80	
	4	56,70	50,60	45,20	67,00	
Jumlah		234,50	224,60	205,40	243,80	908,30
Rata-rata		58,63	56,15	51,35	60,95	56,77
A3	1	62,20	59,00	53,30	57,40	
	2	59,80	72,20	50,70	54,10	
	3	97,00	61,30	59,30	62,60	
	4	65,90	47,60	63,80	65,10	
Jumlah		284,90	240,10	227,10	239,20	991,30
Rata-rata		71,23	60,03	56,78	59,80	61,96
Jumlah A		760,80	677,40	648,00	778,70	2864,90

Lampiran 10. Hasil Sidik Ragam Lebar Jari-jari Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	1539,56	171,06	2,80 (*)	2,15	2,94
Galat	36	2195,93	60,99			
Total	47	4219,20				

Keterangan: \* = Berpengaruh nyata

Lampiran 11. Hasil Perhitungan Frekuensi Jari-jari Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	Frekuensi Jari-jari (per mm) Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	5,40	8,70	9,50	10,00	
	2	5,80	8,60	8,70	7,20	
	3	8,20	8,60	9,30	7,30	
	4	8,90	9,60	9,30	6,70	
Jumlah		28,30	35,50	36,80	31,20	131,80
Rata-rata		7,08	8,88	9,20	7,80	8,24
A2	1	8,20	9,10	9,20	10,20	
	2	7,50	7,70	8,90	11,00	
	3	10,00	10,60	8,30	8,50	
	4	8,30	5,70	10,30	7,00	
Jumlah		34,00	33,10	36,70	36,70	140,50
Rata-rata		8,50	8,28	9,18	9,18	8,78
A3	1	8,30	9,40	10,20	9,70	
	2	8,70	8,00	9,90	9,80	
	3	8,40	8,50	9,90	8,10	
	4	9,50	9,60	9,90	8,00	
Jumlah		34,90	35,50	39,90	35,60	145,90
Rata-rata		8,73	8,88	9,98	8,90	9,12
Jumlah A		97,20	104,10	113,40	103,50	418,20

Lampiran 12. Hasil Sidik Ragam Frekuensi Jari-jari Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	20,13	2,23	1,59 (tn)	2,15	2,94
Galat	36	50,42	1,40			
Total	47	74,81				

Keterangan: tn = Berpengaruh tidak nyata

Lampiran 13. Hasil Perhitungan Panjang Serat Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	Panjang Serat ( $\mu$ ) Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	1747,20	1852,80	1728,40	1740,80	
	2	1751,20	1582,00	1744,80	1725,20	
	3	1706,00	1827,20	1709,20	1692,00	
	4	1793,60	1892,00	1924,80	1762,00	
Jumlah		6998,00	7154,00	7107,20	6920,00	28179,20
Rata-rata		1749,50	1788,50	1776,80	1730,00	1761,20
A2	1	1739,20	1708,40	1777,20	1552,80	
	2	1902,80	1698,00	1800,40	1594,00	
	3	1728,40	1762,80	1814,80	1673,20	
	4	1842,40	1843,60	1693,60	1681,60	
Jumlah		7212,80	7012,80	7086,00	6501,60	27813,20
Rata-rata		1803,20	1753,20	1771,50	1625,40	1738,33
A3	1	1848,00	2005,60	1773,20	1803,60	
	2	1715,60	1730,80	1690,40	1609,20	
	3	1728,40	1834,80	1741,60	1605,20	
	4	1838,00	1804,80	1766,00	1637,20	
Jumlah		7130,00	7376,00	6971,20	6655,20	28132,40
Rata-rata		1782,50	1844,00	1742,80	1663,80	1758,28
Jumlah A		21340,80	21542,80	21164,40	20076,80	84124,80

Lampiran 14. Hasil Sidik Ragam Panjang Serat Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	62096,70	6899,63	1,05 (tn)	2,15	2,94
Galat	36	236456,48	6568,23			
Total	47	391344,64				

Keterangan: tn = Berpengaruh tidak nyata

Lampiran 15. Hasil Perhitungan Diameter Serat Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	Diameter Serat ( $\mu$ ) Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	22,43	25,68	25,53	24,15	
	2	22,68	22,65	24,15	22,28	
	3	23,38	23,08	24,23	20,63	
	4	23,85	26,33	27,40	22,25	
Jumlah		92,33	97,73	101,30	89,30	380,65
Rata-rata		23,08	24,43	25,33	22,33	23,79
A2	1	22,58	24,58	24,28	21,50	
	2	22,55	25,53	25,53	18,85	
	3	23,95	26,78	25,15	19,88	
	4	22,88	26,13	23,98	19,45	
Jumlah		91,95	103,00	98,93	79,68	373,55
Rata-rata		22,99	25,75	24,73	19,92	23,35
A3	1	26,18	27,95	24,18	23,18	
	2	26,58	23,23	24,85	21,60	
	3	25,28	24,15	22,63	22,35	
	4	25,53	24,23	24,05	19,83	
Jumlah		103,55	99,55	95,70	86,95	385,75
Rata-rata		25,89	24,89	23,93	21,74	24,11
Jumlah A		287,83	300,28	295,93	255,93	1139,95

Lampiran 16. Hasil Sidik Ragam Diameter Serat Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	57,69	6,41	4,05 (**)	2,15	2,94
Galat	36	56,88	1,58			
Total	47	199,24				

Keterangan: \*\* = Berpengaruh sangat nyata

Lampiran 17. Hasil Perhitungan Tebal Dinding Serat Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	Tebal Dinding Serat ( $\mu$ ) Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	2,83	2,83	2,60	2,63	
	2	2,58	2,73	2,53	2,50	
	3	2,65	2,55	2,58	2,58	
	4	2,65	2,85	2,88	2,53	
Jumlah		10,70	10,95	10,58	10,23	42,45
Rata-rata		2,68	2,74	2,64	2,56	2,65
A2	1	2,93	2,55	2,58	2,50	
	2	2,98	2,58	2,58	2,50	
	3	3,05	2,63	2,58	2,50	
	4	3,43	2,65	2,55	2,53	
Jumlah		12,38	10,40	10,28	10,03	43,08
Rata-rata		3,09	2,60	2,57	2,51	2,69
A3	1	2,55	2,63	2,58	2,58	
	2	2,50	2,55	2,53	2,50	
	3	2,55	2,63	2,63	2,50	
	4	2,68	2,53	2,58	2,53	
Jumlah		10,28	10,33	10,30	10,10	41,00
Rata-rata		2,57	2,58	2,58	2,53	2,56
Jumlah A		33,35	31,68	31,15	30,35	126,53

Lampiran 18. Hasil Sidik Ragam Tebal Dinding Serat Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	0,64	0,07	7,02 (**)	2,15	2,94
Galat	36	0,36	0,01			
Total	47	1,46				

Keterangan: \*\* = Berpengaruh sangat nyata

Lampiran 19. Hasil Perhitungan Diameter Lumen Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	Diameter Lumen ( $\mu$ ) Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	16,78	20,03	20,33	18,90	
	2	17,53	17,20	19,10	17,28	
	3	18,08	17,98	19,08	15,48	
	4	18,55	20,63	21,65	17,20	
Jumlah		70,93	75,83	80,15	68,85	295,75
Rata-rata		17,73	18,96	20,04	17,21	18,48
A2	1	16,73	19,48	19,13	16,50	
	2	16,60	20,38	20,38	13,85	
	3	17,85	21,53	20,00	14,88	
	4	16,03	20,83	18,88	14,40	
Jumlah		67,20	82,20	78,38	59,63	287,40
Rata-rata		16,80	20,55	19,59	14,91	17,96
A3	1	21,08	22,70	19,03	18,03	
	2	21,58	18,13	19,80	16,60	
	3	20,18	18,90	17,38	17,35	
	4	20,18	19,18	18,90	14,78	
Jumlah		83,00	78,90	75,10	66,75	303,75
Rata-rata		20,75	19,73	18,78	16,69	18,98
Jumlah A		221,13	236,93	233,63	195,23	886,90

Lampiran 20. Hasil Sidik Ragam Diameter Lumen Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	67,65	7,51	5,17 (**)	2,15	2,94
Galat	36	52,28	1,45			
Total	47	196,05				

Keterangan: \*\* = Berpengaruh sangat nyata



Lampiran 21. Hasil Perhitungan *Runkel Ratio* Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	<i>Runkel Ratio</i> Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	0,34	0,28	0,26	0,28	
	2	0,29	0,32	0,26	0,29	
	3	0,29	0,28	0,27	0,33	
	4	0,29	0,28	0,27	0,29	
Jumlah		1,21	1,16	1,06	1,19	4,62
Rata-rata		0,30	0,29	0,26	0,30	0,29
A2	1	0,35	0,26	0,27	0,30	
	2	0,36	0,25	0,25	0,36	
	3	0,34	0,24	0,26	0,34	
	4	0,43	0,25	0,27	0,35	
Jumlah		1,48	1,01	1,05	1,35	4,89
Rata-rata		0,37	0,25	0,26	0,34	0,31
A3	1	0,24	0,23	0,27	0,29	
	2	0,23	0,28	0,26	0,30	
	3	0,25	0,28	0,30	0,29	
	4	0,27	0,26	0,27	0,34	
Jumlah		0,99	1,05	1,10	1,22	4,36
Rata-rata		0,25	0,26	0,28	0,30	0,27
Jumlah A		3,68	3,23	3,21	3,76	13,87

Lampiran 22. Hasil Sidik Ragam *Runkel Ratio* Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	0,05	0,00	11,76 (**)	2,15	2,94
Galat	36	0,01	0,00			
Total	47	0,07				

Keterangan: \*\* = Berpengaruh sangat nyata



Lampiran 23. Hasil Perhitungan *Felting Power* Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	<i>Felting Power</i> Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	77,91	72,16	67,71	72,08	
	2	77,23	69,85	72,25	77,45	
	3	72,98	79,19	70,56	82,04	
	4	75,20	71,87	70,25	79,19	
Jumlah		303,33	293,07	280,77	310,76	1187,92
Rata-rata		75,83	73,27	70,19	77,69	74,25
A2	1	77,04	69,52	73,21	72,22	
	2	84,38	66,52	70,53	84,56	
	3	72,17	65,84	72,16	84,19	
	4	80,54	70,57	70,64	86,46	
Jumlah		314,13	272,45	286,55	327,43	1200,55
Rata-rata		78,53	68,11	71,64	81,86	75,03
A3	1	70,60	71,76	73,35	77,83	
	2	64,56	74,52	68,02	74,50	
	3	68,38	75,98	76,98	71,82	
	4	72,01	74,50	73,43	82,58	
Jumlah		275,55	296,76	291,78	306,73	1170,82
Rata-rata		68,89	74,19	72,94	76,68	73,18
Jumlah A		893,01	862,27	859,09	944,92	3559,29

Lampiran 24. Hasil Sidik Ragam *Felting Power* Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	727,14	80,79	5,78 (**)	2,15	2,94
Galat	36	502,82	13,96			
Total	47	1257,80				

Keterangan: tn = Berpengaruh tidak nyata, \*\* = Berpengaruh sangat nyata

Lampiran 25. Hasil Perhitungan *Flexibility Ratio* Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	<i>Flexibility Ratio</i> Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	0,75	0,78	0,80	0,78	
	2	0,77	0,76	0,79	0,78	
	3	0,77	0,78	0,79	0,75	
	4	0,78	0,78	0,79	0,77	
Jumlah		3,07	3,10	3,16	3,08	12,42
Rata-rata		0,77	0,78	0,79	0,77	0,78
A2	1	0,74	0,79	0,79	0,77	
	2	0,74	0,80	0,80	0,73	
	3	0,75	0,80	0,80	0,75	
	4	0,70	0,80	0,79	0,74	
Jumlah		2,92	3,19	3,17	2,99	12,27
Rata-rata		0,73	0,80	0,79	0,75	0,77
A3	1	0,81	0,81	0,79	0,78	
	2	0,81	0,78	0,80	0,77	
	3	0,80	0,78	0,77	0,78	
	4	0,79	0,79	0,79	0,75	
Jumlah		3,21	3,17	3,14	3,07	12,58
Rata-rata		0,80	0,79	0,78	0,77	0,79
Jumlah A		9,20	9,46	9,47	9,14	37,27

Lampiran 26. Hasil Sidik Ragam *Flexibility Ratio* Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	0,01	0,00	11,20 (**)	2,15	2,94
Galat	36	0,00	0,00			
Total	47	0,02				

Keterangan: \*\* = Berpengaruh sangat nyata

Lampiran 27. Hasil Perhitungan *Coefficient of Rigidity* Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	<i>Coefficient of Rigidity</i> Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	0,13	0,11	0,10	0,11	
	2	0,11	0,12	0,10	0,11	
	3	0,11	0,11	0,11	0,12	
	4	0,11	0,11	0,10	0,11	
Jumlah		0,46	0,45	0,42	0,46	1,79
Rata-rata		0,12	0,11	0,10	0,11	0,11
A2	1	0,13	0,10	0,11	0,12	
	2	0,13	0,10	0,10	0,13	
	3	0,13	0,10	0,10	0,13	
	4	0,15	0,10	0,11	0,13	
Jumlah		0,54	0,40	0,42	0,50	1,86
Rata-rata		0,13	0,10	0,10	0,13	0,12
A3	1	0,10	0,09	0,11	0,11	
	2	0,09	0,11	0,10	0,12	
	3	0,10	0,11	0,12	0,11	
	4	0,10	0,10	0,11	0,13	
Jumlah		0,40	0,42	0,43	0,47	1,71
Rata-rata		0,10	0,10	0,11	0,12	0,11
Jumlah A		1,40	1,27	1,26	1,43	5,36

Lampiran 28. Hasil Sidik Ragam *Coefficient of Rigidity* Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	0,00	0,00	10,42 (**)	2,15	2,94
Galat	36	0,00	0,00			
Total	47	0,00				

Keterangan: \*\* = Berpengaruh sangat nyata

Lampiran 29. Hasil Perhitungan *Muhlsteph Ratio* Kayu Bakau

Pohon	Ulangan	<i>Muhlsteph Ratio</i> (%) Berdasarkan Posisi dalam Pohon				Jumlah
		B1	B2	B3	B4	
A1	1	44,04	39,17	36,59	38,75	
	2	40,27	42,33	37,45	39,85	
	3	40,21	39,32	38,00	43,70	
	4	39,51	38,62	37,57	40,24	
Jumlah		164,02	159,44	149,61	162,55	635,62
Rata-rata		41,01	39,86	37,40	40,64	39,73
A2	1	45,11	37,20	37,93	41,10	
	2	45,81	36,28	36,28	46,01	
	3	44,45	35,37	36,76	43,99	
	4	50,92	36,46	38,02	45,19	
Jumlah		186,30	145,31	148,99	176,29	656,89
Rata-rata		46,57	36,33	37,25	44,07	41,06
A3	1	35,17	34,04	38,07	39,51	
	2	34,09	39,10	36,51	40,94	
	3	36,28	38,75	41,02	39,74	
	4	37,53	37,35	38,24	44,46	
Jumlah		143,07	149,23	153,85	164,64	610,79
Rata-rata		35,77	37,31	38,46	41,16	38,17
Jumlah A		493,39	453,98	452,45	503,48	1903,31

Lampiran 30. Hasil Sidik Ragam *Muhlsteph Ratio* Kayu Bakau

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
B(A)	9	0,04	0,00	12,82 (**)	2,15	2,94
Galat	36	0,01	0,00			
Total	47	0,06				

Keterangan: \*\* = Berpengaruh sangat nyata