

**TUGAS AKHIR
(KP - 1701)**

**ANALISA JENIS KAYU ALTERNATIF PENGGANTI
KAYU POKHOUT SEBAGAI BANTALAN POROS
PROPELLER PADA KAPAL RAKYAT**



RSPe
623.873
Sap
21-1
2001

Oleh :

HN. HANDI SAPTOTO
NRP. 4193 100 039

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001**

19/02/01	
H	
21.3176	



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

Kampus ITS-Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5947254, 5994251-5 Pcs. 1173 - 1176 Fax 5947254

SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR

No. 1 67 a / K03.4.2/PP/2000

Nama Mahasiswa : H.N. Handi Saptoto
Nomor Pokok : 4193100039
Tanggal diberi tugas : 01 Pebruari 2000
Tanggal selesai tugas : 31 Juli 2000
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Heri Supomo, MSc
2. Ir. Andjar Suharto

Uraian / judul tugas akhir yang diberikan :

#ANALISA JENIS KAYU ALTERNATIF PENGGANTI KAYU POKHOUT SEBAGAI
BANTALAN POROS PROPELLER PADA KAPAL RAKYAT#

Surabaya, 28 Februari 2000



Tembusan :

1. Yth. Dekan FTK-ITS
2. Yth. Dosen Pembimbing
3. Arsip

Jurusan Teknik Perkapalan

Dr. H. HAR MANFAAT, MSc, Ph.D.

Telp. 651 651 444.

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
(KP 1701)**

**ANALISA JENIS KAYU ALTERNATIF PENGGANTI
KAYU POKHOUT SEBAGAI BANTALAN POROS
PROPELLER PADA KAPAL RAKYAT**

**Diajukan guna memenuhi salah satu syarat,
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**Menyetujui :
Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

DOSEN PEMBIMBING



Ir. HERI SUPOMO. MSc.
NIP. 131 842 506

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
(KP 1701)**

Telah direvisi sesuai dengan hasil sidang ujian Tugas Akhir tanggal 24 Januari 2001

**ANALISA JENIS KAYU ALTERNATIF PENGGANTI
KAYU POKHOUT SEBAGAI BANTALAN POROS
PROPELLER PADA KAPAL RAKYAT**

**Diajukan guna memenuhi salah satu syarat,
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**Menyetujui :
Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

DOSEN PEMBIMBING



Ir. HERI SUPOMO. MSc.
NIP. 131 842 506

*"Aku persembahkan tugas akhir ini kepada :
Keluarga Bapak Antonius Hendrosiswoyo
dan Agnes tercinta, untuk semua
perhatian & dukungan yang
telah aku dapatkan
selama ini"*



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Pengasih atas karunia dan rahmatNya yang berlimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul :

ANALISA JENIS KAYU ALTERNATIF PENGANTI KAYU POKHOUT SEBAGAI BANTALAN POROS PROPELLER PADA KAPAL RAKYAT

Laporan Tugas Akhir ini guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penelitian ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik itu berupa moril maupun materiil, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua, yang telah membeayai, memberikan dorongan dan doa selama penulis kuliah di ITS.
2. Bapak Ir. Heri Supomo, MSc. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Djauhar Manfaat, MSc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.
4. Almarhum Bapak Ir. Andjar Soeharto, selaku dosen wali dan para dosen serta karyawan Jurusan Teknik Perkapalan ITS yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan selama penulis menimba ilmu di ITS.

5. Bapak Ir. Haryanto Suroso yang telah banyak membantu dalam mengerjakan tugas akhir ini.
6. Bapak Ir. Sasa Abdurrohman selaku Kepala Laboratorium Penelitian dan Rekayasa Puslitbang Bogor, yang telah memberikan ijin untuk melakukan impregnasi.
7. Bapak Madiyono sekeluarga dan Bapak Emanuel, atas segala bantuan, dorongan dan doa.
8. Teman –teman seperjuangan di Jurusan Teknik Perkapalan ITS, Ulum, Fauzi, Riyan, Anang, Toni, Aji, Erwan, Gede, Wahyu, Ichi, Zainul, Seno, Kusnul teman-teman P33 dan P34 atas bantuan dan kerjasamanya.
9. Teman-teman Mudika SMK, Indo, Rina, Maria, Letho, Doni, Nunung, Ade, Hendrik, Topan, Angger, Erpan, Bobi, Simon, Ricard atas dukungan dan doa.

Tugas akhir ini tentunya masih jauh dari sempurna, namun penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada teman-teman semua.

Surabaya, 24 Januari 2001

Penulis



ABSTRAK

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER (ITS)

ABSTRAK

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

Sarjana Teknik (S1)

ANALISA JENIS KAYU ALTERNATIF PENGGANTI
KAYU POKHOUT SEBAGAI BANTALAN POROS
PROPELLER PADA KAPAL RAKYAT

Kayu pokhout (*guaiacum officinalum*) sebagai bantalan poros propeller belum dapat digantikan oleh jenis kayu lain yang mempunyai sifat fisis mekanis sebaik kayu pokhout. Kayu pokhout memiliki keteguhan tekan, keteguhan geser, kekerasan kandungan minyak yang tinggi dan hanya didapatkan di hutan tropis khususnya Brasil. Kayu pokhout belum ditemukan di hutan Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis kayu alternatif pengganti kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller, dengan proses impregnasi untuk meningkatkan kandungan minyak pada kayu sawo, kayu nangka dan kayu kempas sebagai kayu alternatif pengganti kayu pokhout. Material uji diimpregnasi dengan minyak pelumas SAE 40 dan dilakukan pengujian abrasi untuk mendapatkan data laju keausan dan laju pengurangan minyak.

Dari analisis hasil pengujian dapat diketahui bahwa kayu sawo dan kayu kempas setelah dilakukan impregnasi belum dapat menggantikan kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller, sedangkan kayu nangka dapat menggantikan kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller.

Oleh : HN. Handi Saptoto

Pembimbing : Ir. Heri Supomo, MSc.

SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY (ITS)

ABSTRACT

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
DEPARTEMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIP BUILDING

Degree in Engineering (S1)

THE ANALYSIS OF ALTERNATIVE WOOD TYPES
AS A SUBSTITUTED FOR THE PROPELLER
BALL BEARING OF THE BOAT

Pokhout wood (*Latin: Guaiacum Officinalum*) is known as the material of propeller ball bearing that is not yet substituted by other kinds of wood. It is due to its best physical and mechanical characteristics, compared to the other kinds. Pokhout wood possesses pressure solidity, shifting solidity, hardness, and high oil content. Pokhout trees grow in tropical climate especially in Brazil, yet cannot be found in Indonesia's forests. This research is aimed at finding alternative woods as substitutes of Pokhout wood for the propeller ball bearing. The method of this research is using impregnation process to increase the oil content within Sapodilla wood, Jackfruit wood, and Kempas wood as the chosen alternatives. The tested materials are impregnated using SAE 40 lubricant. Abrasion trial is done as well to get the data of weathering rate and oil decreasing rate.

The analysis shows that Sapodilla wood and Kempas wood, after the impregnation process, cannot substitute the Pokhout wood. However, Jackfruit wood, through the impregnation process, can replace the use of Pokhout wood as the propeller ball bearing.

By : HN. Handi Saptoto

Supervisor (s) : Heri Supomo, Ir. MSc.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii

BAB I : PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah	4
1.6. Metodologi	5
1.7. Tempat Penelitian	6

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum	7
2.2. Macam-Macam Bantalan Poros Propeller	7
2.3. Kayu Sebagai Bantalan Poros Propeller	8

2.4. Karakteristik Kayu Pokhout, Sawo, Nangka dan Kempas	23
2.5. Metode Impregnasi	25

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum	33
3.2. Metode Pengujian Impregnasi	33
3.3. Pengujian Laju Abrasi	40

BAB IV : ANALISIS HASIL PENGUJIAN

4.1. Umum	44
4.2. Hasil Pengujian Impregnasi	44
4.3. Hasil Pengujian Abrasi	46
4.4. Laju Abrasi Bantalan Poros propeller	48
4.5. Laju Pengurangan Minyak Karena Abrasi	51

BAB V : PENUTUP

5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Material Uji	36
Gambar 3.2. Instalasi Proses Impregnasi Vakum Tekan	37
Gambar 3.3. Proses Vakum Tekan	39
Gambar 3.4. Instalasi Pengujian Laju Abrasi	41
Gambar 4.1. Perubahan RPM Terhadap Waktu untuk Kayu Pokhout	47
Gambar 4.2. Perubahan RPM Terhadap Waktu untuk Kayu Nangka	47
Gambar 4.3. Perubahan RPM Terhadap Waktu untuk Kayu Sawo	47

DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kelas Berat Kayu	14
Tabel 2.2.	Komponen Kimia Menurut Golongan Kayu	22
Tabel 3.	Volume dan Berat Material Uji	35
Tabel 4.1.	Perubahan Berat Karena Impregnasi	44
Tabel 4.2.	Perubahan Volume Karena Impregnasi	45
Tabel 4.3.	Pengurangan Berat Karena Abrasi	50
Tabel 4.4.	Pengurangan Volume Karena Abrasi	50
Tabel 4.5.	Hasil Pengujian Fisis dan Mekanis	54

BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Bantalan poros (bearing) propeller terdiri atas tiga macam yaitu bantalan poros propeller yang terbuat dari karet, white metal (besi lunak) dan dari kayu. Bantalan poros propeller yang terbuat dari karet dan white metal menggunakan sistem pelumasan dengan minyak pelumas, sedangkan bantalan yang terbuat dari kayu menggunakan sistem pelumasan dan pendinginan dengan air laut. Pada umumnya kayu yang digunakan adalah kayu yang mempunyai kemampuan melumasi sendiri (*self lubricated*). Sampai saat ini bahan yang memenuhi persyaratan untuk kegunaan tersebut diatas adalah kayu pokhout (*Guaiacum officinallum / Lignum vitae*). Kayu pokhout selain mempunyai kemampuan melumasi sendiri, juga mempunyai kekuatan fisis-mekanis yang tinggi, berstruktur kayu yang halus dan tidak terlalu keras sehingga tidak membuat poros propeller cepat aus. Pada saat poros propeller berputar akan timbul panas yang diakibatkan oleh gesekan antara poros propeller dengan kayu, sehingga keluar minyak yang berfungsi sebagai pelumas. Hampir seluruh kapal rakyat (tradisional), kapal ferry penyeberangan dan sebagian besar kapal milik TNI AL masih menggunakan kayu pokhout sebagai bantalan poros propellernya. Kayu pokhout dengan sifat khusus ini belum ditemukan di hutan Indonesia, sehingga untuk memenuhi kebutuhan akan kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller harus diimpor dari luar negeri, terutama dari Brasil. Karena menjadi barang



impor, harga kayu pokhout menjadi sangat mahal, rentan terhadap nilai tukar uang dan butuh waktu pemesanan yang relatif lama.

Kapal-kapal rakyat berukuran kecil terutama di daerah Sumatera dan Kalimantan tidak menggunakan kayu pokhout karena harga yang terlalu mahal. Sebagai gantinya mereka menggunakan kayu sawo (*Acrass zapota*) dan kayu nangka (*Artocarpus integrus*). Kayu sawo dan kayu nangka ini digunakan sebagai bantalan poros propeller sudah sejak lama sebelum mereka mengenal kayu pokhout. Namun demikian frekuensi penggantian bantalan poros propeller dari kayu sawo dan kayu nangka jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan kayu pokhout.

Berdasarkan pemikiran diatas maka perlu dicarikan alternatif pengganti kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller kapal yang lebih tepat guna dan efisien penggunaannya terutama pada kapal rakyat karena ukuran kapal rakyat relatif kecil. Sebagai bahan pengujian dipilih kayu nangka, kayu sawo dan kayu kempas karena mudah didapatkan dan murah harganya, dengan kekuatan setara dengan kayu pokhout. Untuk mendapatkan kayu yang mempunyai kemampuan *self lubricated* setara dengan kayu pokhout dilakukan dengan suatu proses impregnasi.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas, pokok permasalahan dan kendala yang harus dipecahkan antara lain, bahwa selama ini pemakaian kayu sebagai bearing poros propeller selain kayu pokhout hanya menggunakan kayu



sawo dan kayu nangka yang frekuensi pengantiannya jauh lebih tinggi daripada kayu pokhout. Hal ini dikarenakan pada kedua kayu tersebut mempunyai kandungan minyak yang jauh lebih rendah daripada kayu pokhout. Untuk mendapatkan karakteristik setara dengan kayu pokhout yang dapat mengeluarkan minyak akibat gesekan dengan propeler dalam media air sehingga berfungsi sebagai pelumas tersebut, maka dilakukan proses **impregnasi** (yaitu proses pengendapan dan penyimpanan bahan kimia kedalam struktur kosong kayu, dinding sel atau bereaksinya bahan kimia dengan komponen dinding sel tanpa merusak struktur kayu) pada ketiga jenis kayu tersebut. Sebagai bahan impregnasi dipakai oli (minyak pelumas) SAE 40, ukuran kekentalan yang dianggap tepat untuk mengimpregnasi dan mudah didapatkan. Setelah diimpregnasi, kayu-kayu tersebut dianalisa kadar minyaknya dan diuji abrasi (uji keausan) dalam kondisi tercelup air. Hasil uji abrasi terhadap bahan uji tersebut dibandingkan dengan hasil uji abrasi kayu pokhout dengan putaran poros dan selang waktu yang sama. Selain itu, dianalisis juga pengurangan kadar minyak dalam kayu-kayu tersebut, sehingga dapat diketahui karakteristik kayu-kayu tersebut dan kemampuannya sebagai kayu alternatif pengganti kayu pokhout.

1.3. TUJUAN

Analisis jenis kayu alternatif pengganti kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller bertujuan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui besar absorpsi kayu terhadap oli dengan SAE 40 melalui proses impregnasi vakum-tekan.

2. Untuk mendapatkan kayu alternatif pengganti kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller dengan jenis kayu yang ada di Indonesia, dengan kekuatan fisis-mekanis dan kandungan minyak dalam kayu yang sama atau hampir sama dengan kayu pokhout.

1.4. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian antara lain :

1. Dapat menghemat biaya produksi atau biaya reparasi pada bantalan poros (bearing) propeller.
2. Mendapatkan besar daya absorpsi kayu sawo, kayu nangka dan kayu kempas terhadap minyak pelumas melalui proses impregnasi.
3. Mendapatkan angka atau tingkat abrasi pada kayu pokhout, kayu sawo, kayu nangka dan kayu kempas melalui uji abrasi.

1.5. BATASAN MASALAH

Berdasarkan uraian di atas, maka tugas akhir ini hanya terfokus pada analisa hasil impregnasi vakum-tekan dan pengujian abrasi dengan batasan sebagai berikut:

1. Sebagai bahan uji (kayu alternatif) adalah kayu sawo (*Achrass zapota*), kayu nangka (*Arthocarpus integrus*), dan kayu kempas (*Tektona grandis*).
2. Menggunakan minyak pelumas (oli) SAE 40 sebagai bahan impregnasi.

3. Metode impregnasi yang digunakan adalah metode vakum dan tekanan yang diadopsi dari metode pengawetan kayu dengan proses sel penuh (*full cell*).
4. Sebagai penggerak poros propeller digunakan motor listrik.
5. Peralatan pengujian abrasi merupakan model dan bukan perlakuan pada bantalan poros propeller yang sebenarnya dengan perlakuan yang sama untuk semua benda uji.
6. Propeller diputar pada kondisi normal (*balance*), dengan kecepatan putaran 400 rpm.

1.6. METODOLOGI

Untuk mendapatkan hasil analisa yang optimal maka metodologi yang dikembangkan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :



Gambar 1. Diagram Metodologi Penelitian



Sebagai langkah awal mempelajari teori-teori yang digunakan yang diperoleh dari literatur terkait yaitu mengenai teori kayu, cara dan metode impregnasi dan teori tentang bearing atau bantalan poros propeller kapal .

Langkah kedua adalah melakukan impregnasi vakum-tekan terhadap kayu alternatif pengganti kayu pokhout untuk memasukkan minyak pelumas oli SAE 40 ke dalam kayu-kayu alternatif tersebut.

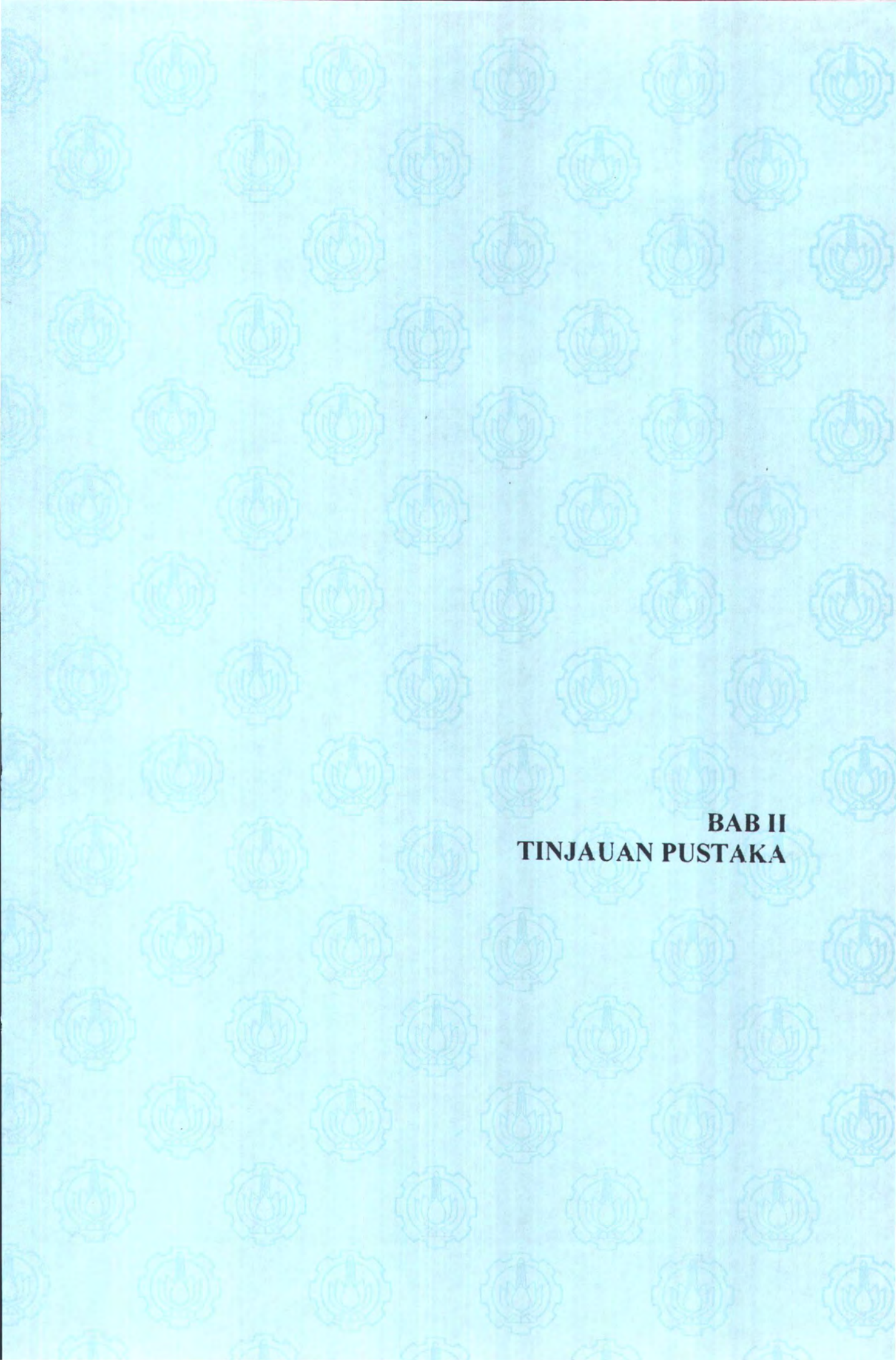
Langkah berikutnya adalah melakukan pengujian abrasi terhadap kayu sawo, kayu nangka dan kayu kempas.

Langkah keempat adalah melakukan analisa terhadap hasil pengujian material uji. Data yang dihasilkan tersebut selanjutnya dibandingkan antara data kayu alternatif dengan data kayu pokhout.

Langkah berikutnya adalah pengambilan kesimpulan dari analisa data yang telah didapatkan, yaitu prosentasi kemampuan kayu-kayu alternatif tersebut terhadap kayu pokhout sebagai bantalan poros (bearing) propeller kapal.

1.7. TEMPAT PENELITIAN

Penelitian dilakukan di dua tempat yaitu di Puslitbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan, Bogor sebagai tempat untuk melakukan pengujian impregnasi dan di Politeknik Perkapalan ITS, Surabaya sebagai tempat pengujian abrasi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. UMUM

Sifat fisis mekanis kayu pokhout baik berat jenis, keteguhan tekan, keteguhan geser, kekerasan maupun kandungan minyak yang dimiliki begitu tinggi sehingga sangat sulit untuk mendapatkan jenis kayu alternatif pengganti kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller. Jika ditinjau tingkat keteguhan geser, keteguhan tekan dan kekerasan banyak jenis kayu yang hampir menyamai keteguhan geser, keteguhan tekan dan kekerasan kayu pokhout, tetapi jika ditinjau dari keseluruhan aspek fisis mekanis termasuk kandungan minyak kayu pokhout hampir tidak ada jenis kayu yang menyamainya. Maka untuk mendapatkan jenis kayu alternatif pengganti kayu pokhout dilakukan penambahan kandungan minyak pada jenis kayu yang telah memiliki sifat fisis mekanis yang hampir sama dengan sifat fisis mekanis kayu pokhout.

2.2. MACAM-MACAM BANTALAN POROS PROPELLER

Bantalan poros (bearing) propeller terdiri atas tiga macam yaitu bantalan poros propeller yang terbuat dari karet, white metal (besi lunak) dan dari kayu. Bantalan propeller yang terbuat dari karet dan white metal menggunakan sistem pelumasan dengan minyak pelumas sedangkan bantalan poros propeller yang terbuat dari kayu menggunakan sistem pelumasan dan pendinginan dengan air.



2.3. KAYU SEBAGAI BANTALAN POROS PROPELLER

Kayu pada industri perkapalan mempunyai peranan yang sangat penting terutama pada kapal kayu. Pada kapal baja, kayu antara lain digunakan sebagai bantalan poros (bearing) propeller. Kayu yang sering digunakan untuk keperluan ini adalah kayu pokhout (*Guaiacum officinale*) karena kayu ini memiliki sifat kekuatan dan keawetan yang sangat tinggi sehingga penggantianannya dapat dilakukan setiap dua hingga empat tahun sekali. Sedangkan pada kapal tradisional kayu yang sering dimanfaatkan sebagai bearing yaitu kayu nangka (*Artocarpus integrus*). Dalam penggantian kayu nangka ini secara berkala harus diganti enam bulan sekali.

2.3.1. Sifat-sifat umum kayu

Kayu yang berasal dari beberapa jenis pohon memiliki sifat yang berbeda-beda. Bahkan kayu dalam satu pohon dapat memiliki sifat agak berbeda antara bagian ujung pohon dengan pangkalnya. Sifat yang dimaksud antara lain yang bersangkutan dengan sifat-sifat anatomi kayu, sifat fisik, sifat-sifat mekanik, dan sifat-sifat kimianya. Disamping sekian banyak sifat-sifat kayu yang berbeda satu sama lain, ada beberapa sifat yang umum terdapat pada semua kayu yaitu :

- a. Semua batang pohon mempunyai pengaturan vertikal dan sifat simetri radial.
- b. Kayu tersusun dari sel-sel yang memiliki tipe bermacam-macam dan susunan dinding selnya terdiri dari senyawa-senyawa kimia

berupa selulosa dan hemiselulosa (unsur karbohidrat) serta berupa lignin (non karbohidrat).

- c. Semua kayu bersifat anisotropik, yaitu memperlihatkan sifat-sifat yang berlainan jika diuji menurut tiga arah utamanya (longitudinal, tangensial, dan radial). Hal ini disebabkan oleh struktur dan orientasi selulosa dalam dinding sel, bentuk memanjang sel-sel kayu dan pengaturan sel terhadap sumbu vertikal dan horisontal pada batang pohon.
- d. Kayu merupakan suatu bahan yang bersifat higroskopik, yaitu dapat kehilangan atau bertambah kelembabannya akibat perubahan kelembaban dan suhu udara disekitarnya.
- e. Kayu dapat diserang makhluk hidup perusak kayu, dapat juga terbakar, terutama jika kayu dalam keadaan kering.

Bila sebatang pohon dipotong melintang dan permukaan potongan melintang itu dihaluskan, maka akan tampak suatu gambaran unsur-unsur kayu yang tersusun dalam pola melingkar dengan suatu pusat ditengah batang serta deretan sel kayu dengan arah mirip jari-jari roda ke permukaan batang. Sebuah sumbu dapat dibayangkan melewati pusat lingkaran dan merupakan salah satu sumbu arah utama yang disebut sumbu longitudinal. Sumbu-sumbu arah utama yang lain dapat dibuat tegak lurus pada dan memotong sumbu longitudinal, sumbu ini disebut sumbu arah radial selanjutnya yang tegak lurus dengan jari-jari kayu, tetapi tidak memotong sumbu longitudinal dinamakan sumbu arah tangensial. Kekuatan kayu yang menahan beban ternyata lebih besar pada arah sumbu



longitudinal dari pada arah-arah yang lain. Demikian pula aliran zat cair lebih cepat dan lebih mudah mengalir pada arah longitudinal daripada arah sumbu radial dan tangensial. Sebaliknya kembang - susut kayu terbesar terdapat pada arah tangensial.

2.3.2. Sifat fisik kayu

Beberapa hal yang tergolong dalam sifat fisik kayu adalah berat jenis, keawetan alami, warna, higroskopik, kekerasan dan lain-lain.

a. Berat jenis

Kayu memiliki berat jenis yang berbeda-beda, berkisar antara minimum 0,20 (kayu balsa) hingga 1,28 (kayu nani). Berat jenis merupakan petunjuk penting bagi aneka sifat kayu. Berat jenis kayu semakin besar, umumnya kayu tersebut semakin kuat sebagai konstruksi. Sebaliknya, semakin kecil berat jenis kayu, akan berkurang pula kekuatannya sebagai bahan konstruksi. Berat jenis kayu ditentukan antara lain oleh tebal dinding sel, besar-kecilnya rongga sel yang membentuk pori-pori. Berat jenis diperoleh dari perbandingan antara berat suatu volume kayu tertentu dengan volume air yang sama pada suhu standar. Umumnya berat jenis kayu ditentukan berdasarkan berat kayu kering tanur atau kering udara dan volume kayu pada posisi kadar air tersebut.

b. Keawetan alami kayu

Lain jenis kayu ternyata berbeda-beda pula sifat keawetannya. Yang dimaksud dengan keawetan alami, ialah ketahanan kayu terhadap serangan unsur-unsur perusak kayu dari luar seperti : Jamur, rayap, bubuk, cacing laut, dan



makhluk lainnya yang diukur dengan jangka waktu tahunan. Keawetan kayu tersebut disebabkan oleh adanya suatu zat di dalam kayu (zat ekstratif) yang merupakan sebagian unsur racun bagi perusak-perusak kayu, sehingga perusak tersebut tidak sampai masuk dan tinggal di dalamnya serta merusak kayu. Misalnya kayu jati memiliki tectoquinon, kayu ulin memiliki silika dan lain-lain., sehingga jenis kayu ini mempunyai cukup keawetan secara alami. Zat ekstratif pada kayu mulai terbentuk disaat kayu gubal berubah menjadi teras. Oleh karena itu kayu teras pada semua jenis umumnya lebih awet dibandingkan dengan kayu gubalnya. Selain itu kayu gubal sel-selnya masih hidup dan berfungsi sebagai tempat cadangan bahan makanan serta kayunya lunak, sehingga lebih mudah bagi perusak-perusak kayu untuk menembus dan merusak kayu tersebut.

c. Warna kayu

Ada beraneka macam warna kayu, antara lain warna kuning, keputih-putihan, coklat muda, coklat tua, kehitam-hitaman, kemerahan-kemerahan, dan lain sebagainya. Hal ini disebabkan oleh zat-zat pengisi warna dalam kayu yang berbeda-beda pula. Warna suatu jenis kayu dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini : tempat di dalam batang, umur pohon, kelembaban udara. Kayu teras umumnya memiliki warna yang lebih jelas atau lebih gelap dari pada warna bagian kayu yang ada disebelah luar kayu teras yaitu kayu glubal. Kayu pohon yang lebih tua warna kayunya biasanya lebih gelap daripada kayu yang lebih muda dengan jenis yang sama. Kayu yang kering berbeda pula warnanya dibanding kayu yang basah. Kayu yang lama berada di luar dapat lebih gelap, dapat juga lebih pucat, daripada kayu yang segar dan kering udara. Pada



pengenalan kayu, warna kayu yang di pakai adalah warna terasnya. Pada umumnya warna suatu jenis kayu bukanlah warna yang murni, tetapi warna campuran dari berbagai jenis warna. Kadang kala terdapat satu warna yang menyolok dengan kombinasi warna-warna lain yang sukar di pisahkan, contoh: kayu jelutung berwarna putih, kayu kempas, kayu renghas berwarna merah dan lain sebagainya.

d. Higroskopik

Kayu mempunyai sifat higroskopik, yaitu dapat menyerap atau melepaskan air atau kelembaban. Suatu petunjuk bahwa kelembaban kayu sangat di pengaruhi oleh kelembaban dan suhu udara pada suatu saat. Makin lembab udara di sekitarnya akan makin tinggi pula kelembaban kayu sampai tercapai kesimbangan dengan lingkungannya. Kandungan air pada kayu serupa ini dinamakan kandungan air kesetimbangan (EMC - Equilibrium Moisture Content). Dengan masuknya air ke dalam kayu, maka berat kayu akan bertambah. Selanjutnya keluar dan masuknya air dari kayu menyebabkan kayu itu basah atau kering. Akibatnya kayu itu akan mengembang atau menyusut.

e. Tekstur

Tekstur ialah ukuran relatif sel - sel kayu. Yang dimaksud dengan sel kayu ialah serat - serat kayu. Jadi dapat dikatakan tekstur ialah ukuran relatif serai - serat kayu. Berdasarkan teksturnya, jenis kayu digolongkan ke dalam :

1. Kayu bertekstur halus, contoh : giam, lara, kulim, dan lain - lain.
2. Kayu bertekstur sedang, contoh : jati, sono keling, dan lain - lain.
3. Kayu bertekstur kasar, contoh : kempas, meranti, dan lain - lain.



f. Serat

Bagian ini terutama menyangkut sifat kayu, yang menunjukkan arah umum sel-sel kayu di dalam kayu terhadap sumbu batang pohon asal potongan. Arah serat dapat ditentukan oleh arah alur-alur yang terdapat pada permukaan kayu. Kayu dikatakan berserat lurus, jika arah sel-sel kayunya sejajar dengan sumbu batang, jika arah sel-sel kayunya menyimpang atau membentuk sudut terhadap sumbu panjang batang, dikatakan kayu itu berserat mencong. Serat mencong dapat dibagi lagi menjadi :

1. Serat berpadu : bila batang kayu terdiri dari lapisan-lapisan yang berseling-seling, menyimpang ke kiri kemudian ke kanan terhadap sumbu batang. Contoh kayu : kulim, kapur (ulin).
2. Serat berombak : serat-serat kayu yang membentuk gambaran berombak. Contoh kayu : renghas, merbau.
3. Serat terpilin : serat-serat kayu yang membuat gambaran terpilin (untiran), seolah-olah batang kayu dipilin mengelilingi sumbu. Contoh kayu : bintangur, damar.
4. Serat diagonal ; yaitu serat yang terdapat pada potongan kayu atau papan yang digergaji sedemikian rupa sehingga tepinya tidak sejajar arah sumbu tetapi membentuk sudut dengan sumbu (lihat gambar).

g. Berat kayu

Berat suatu jenis kayu tergantung dari jumlah zat kayu yang tersusun, rongga-rongga sel atau jumlah pori-pori, kadar air yang dikandung dan zat-zat ekstraktif di dalamnya. Berat suatu jenis kayu ditunjukkan dengan besarnya berat

jenis kayu bersangkutan, dan dipakai sebagai patokan berat kayu. Berdasarkan berat jenisnya, jenis-jenis kayu digolongkan ke dalam kelas-kelas sebagai berikut:

KELAS BERAT KAYU	BERAT JENIS
a. Sangat berat	$> 0,90$
b. Berat	$0,75 - 0,90$
c. Agak berat	$0,60 - 0,75$
d. Ringan	$< 0,60$

Tabel 2.1. Kelas Berat Kayu

Sebagai contoh jenis kayu yang termasuk dalam kelas sangat berat adalah giam dan balau. Masuk kelas berat misalnya kulim, sedangkan agak berat misalnya bintangur dan yang termasuk ringan misalnya pinus dan balsa.

h. Kekerasan

Pada umumnya terdapat hubungan langsung antara kekerasan kayu dan berat kayu. Kayu-kayu yang keras juga termasuk kayu-kayu yang berat. Sebaliknya kayu ringan adalah juga kayu yang lunak. Berdasarkan kekerasannya, jenis kayu digolongkan sebagai berikut :

- a. Kayu sangat keras, contoh : balau, giam, dll.
- b. Kayu keras, contoh : kulim, pilang, dll.
- c. Kayu sedang kekerasannya, contoh: Mahoni, Meranti, dll.
- d. Kayu lunak, contoh : Pinus, Balsa, dll.

Cara menetapkan kekerasan kayu ialah dengan memotong kayu tersebut arah melintang dan mencatat atau menilai kesan perlawanan oleh kayu itu pada



saat pemotongan dan kilapnya bidang potongan yang dihasilkan. Kayu yang sangat keras akan sulit dipotong melintang dengan pisau. Pisau tersebut akan meleset dan hasil potongannya akan memberi tanda kilauan pada kayu. Kayu yang lunak akan mudah rusak, potongan melintangnya akan memberikan hasil yang kasar dan muram.

i. Kesan raba

Kesan raba suatu jenis kayu adalah kesan yang diperoleh pada saat kita meraba permukaan kayu tersebut. Ada jenis kayu bila diraba memberi kesan kasar, halus, licin, dingin, dan sebagainya. Kesan raba yang berbedabeda itu untuk tiap jenis kayu tergantung dari : Tekstur kayu, besar kecilnya air yang dikandung , dan kadar zat ekstraktif di dalam kayu. Kesan raba licin adalah bila tekstur kayunya halus dan permukaannya mengandung lilin. Sebaliknya apabila kesan tekstur kayunya kasar. Kesan raba dingin pada kayu bertekstur halus dan berat jenisnya tinggi, sebaliknya terasa panas bila teksturnya kasar dan berat jenisnya rendah. Kayu Jati memberi kesan agak berlemak atau berlilin kalau diraba, sedangkan kayu Renghas memeberi kesan gatal pada kulit atau alergi.

j. Bau dan rasa

Bau dan rasa kayu mudah hilang bila kayu itu lama tersimpan di udara terbuka. Untuk mengetahui bau dan rasa kayu perlu dilakukan pemotongan atau sayatan baru pada kayu atau dengan membasahi kayu tersebut. Sebab ada jenis kayu yang mempunyai bau yang cepat hilang, atau memeiliki bau yang cukup merangsang. Sifat bau dari kayu dapat digambarkan sesuai dengan bau yang umum dikenal. Untuk menyatakan bau kayu yang dihadapi, seringkali kita



gunakan bau sesuatu benda yang umum dikenal, misalnya bau bawang putih (kulim), bau keasam-asaman (Ulin), bau zat penyamak (Jati), bau kamper (Kapur) dan lain sebagainya.

k. Nilai dekoratif

Umumnya menyangkut jenis kayu yang akan dibuat untuk tujuan tertentu yang hanya mementingkan nilai keindahan tertentu pada kayu tersebut. Nilai dekoratif suatu jenis kayu tergantung dari penyebaran warna, arah serat kayu, tekstur dan pemunculan riap-riap tumbuh yang bersama-sama muncul dalam pola atau bentuk tertentu. Pola gambar inilah yang membuat suatu jenis kayu yang memilikinya mempunyai suatu nilai dekoratif. Kayu-kayu yang mempunyai nilai-nilai dekoratif antara lain: Sono Keling, Sono Kembang, Renghas, Eboni dan lain sebagainya.

l. Sifat-sifat lain

Sifat kayu lainnya yaitu sifat pembakaran. Semua jenis kayu dapat terbakar tergolong dalam tingkatan menjadi arang dan sampai menjadi abu. Sifat mudah terbakar ini pada satu pihak memberi keuntungan, misalnya kalau kayu itu akan dipergunakan sebagai bahan bakar. Dilain pihak ada sifat yang merugikan, misalnya kalau kayu itu dipakai sebagai bahan perabot atau bangunan. Walaupun demikian kayu tidak dapat ditinggalkan, karena kayu mempunyai sifat-sifat menguntungkan yang lebih besar bila dibandingkan dengan sifat-sifat logam. Proses pembakaran sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik, kimia dan anatomi kayu. Umumnya jenis kayu dengan pembuluh-pembuluh besar lebih mudah



terbakar daripada jenis kayu yang berat. Selanjutnya kandungan damar banyak mempercepat pula pembakaran. Dengan adanya sifat-sifat ini maka jenis kayu yang dapat digolongkan ke dalam kelas daya tahan bakar misalnya : Kayu Merbau, Ulin, Jati dan lain sebagainya. Daya tahan yang kecil, misalnya : Kayu balsa, Sengon, Pinus dan lain sebagainya. Daya tahan bakar kayu dapat ditingkatkan dengan membuat kayu itu menjadi anti api (*Fire Proof*) antara lain :

- a. menutup kayu itu dengan bahan lapisan yang tidak mudah terbakar, yang berfungsi melindungi lapisan kayu di bawahnya terhadap api, (Asbes, Plat logam dan lain sebagainya)
- b. Menutup kayu itu dengan bahan-bahan kimia yang bersifat mencegah terbakarnya kayu, misalnya : Jenis cat tahan api, persenyawaan garam seperti amonium dan boorzuur.
- c. Dengan mengimpregnir (**impregnasi**) kayu itu dengan macam-macam bahan kimia yang bersifat m.engurangi terbakarnya kayu. Ada juga bahan -bahan lain yang menghasilkan gas yang dapat mencegah api tersebut.

2.3.3. Sifat Mekanika Kayu

Sifat-sifat mekanik atau kekuatan kayu ialah kemampuan kayu untuk menahan beban dari luar. Yang dimaksud dengan beban dari luar adalah gaya-gaya diluar benda yang mempunyai kemampuan untuk mengubah bentuk dan dimensi benda. Kekuatan kayu memegang peranan penting dalam penggunaan kayu untuk bangunan, perkakas dan lain sebagainya. Hakekatnya hampir pada



semua penggunaan kayu dibutuhkan syarat kekuatan. Dalam hubungan ini dibedakan beberapa macam kekuatan sebagai berikut :

a. Keteguhan Tarik

Kekuatan atau keteguhan tarik suatu jenis kayu adalah kekuatan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha menarik kayu itu. Kekuatan tarik terbesar pada kayu adalah sejajar arah serat. Kekuatan tarik tegak lurus arah serat lebih kecil dari pada kekuatan tarik sejajar arah serat dan keteguhan tarik ini mempunyai hubungan dengan ketahanan kayu terhadap pembelahan.

b. Keteguhan Tekan / Kompresi

Keteguhan tekan suatu jenis kayu adalah kekuatan kayu untuk menahan muatan jika kayu itu dipergunakan untuk penggunaan tertentu. Dalam hal ini dibedakan dua macam kompresi yaitu kompresi tegak lurus arah serat dan kompresi sejajar arah serat. Keteguhan kompresi tegak lurus arah serat menentukan ketahanan kayu terhadap beban. Keteguhan ini mempunyai hubungan juga dengan kekerasan dan keteguhan geser. Keteguhan kompresi tegak lurus arah serat pada semua kayu lebih kecil dari pada keteguhan kompresi sejajar arah serat.

c. Keteguhan Geser

Yang dimaksud dengan keteguhan geser ialah suatu ukuran kekuatan kayu dalam hal kemampuannya menahan gaya-gaya yang membuat suatu bagian kayu tersebut bergeser dari bagian lain di



dekatnya. Dalam hubungan ini dibedakan 3 : macam keteguhan geser sejajar arah serat, keteguhan geser tegak lurus arah serat dan keteguhan geser miring. Pada keteguhan geser tegak lurus arah serat jauh lebih besar dari pada keteguhan geser sejajar arah serat.

d. Keteguhan Lengkung (lentur)

Ialah kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan kayu atau untuk menahan beban lentuk selain beban pukulan yang harus ditahan oleh kayu tersebut. Dalam hal ini dibedakan keteguhan lentuk statik dan keteguhan lentuk. Keteguhan lentuk statik menunjukkan kekuatan kayu untuk menahan gaya yang mengencainya secara perlahan-lahan, sedangkan keteguhan lentuk adalah kekuatan kayu menahan gaya yang mengencainya secara mendadak seperti pukulan.

e. Kekakuan

Ialah suatu ukuran kekuatan untuk mampu menahan perubahan bentuk atau lengkungan. Kekakuan tersebut dinyatakan dengan istilah modulus elastisitas yang berasal dari pengujian-pengujian keteguhan lentuk statik.

f. Keuletan

Ialah suatu istilah yang biasa digunakan bagi lebih dari satu sifat kayu. Misalnya kayu yang sukar dibelah., dikatakan ulet. Ada pengertian pula bahwa kayu yang ulet itu adalah kayu yang tidak akan patah sebelum bentuknya berubah karena beban-beban yang sama atau



yang mendekati keteguhan maksimumnya, atau kayu yang telah patah dan dilekuk-lekuk tanpa kayu tersebut putus terlepas. Dalam uraian ini keuletan kayu diartikan sebagai kemampuan kayu untuk meyerap sejumlah tenaga yang relatif besar atau tahan terhadap kejutan-kejutan atau tegangan-tegangan yang berulang-ulang yang melampaui batas proporsional serta mengakibatkan perubahan bentuk yang permanen dan kerusakan sebagian. Keuletan kebalikan dari kerapuhan kayu dalam arti bahwa kayu yang ulet akan patah secara berangsur-angsur dan memberi suara peringatan tentang kerusakannya.

g. Kekerasan

Yang dimaksud dengan kekerasan kayu ialah suatu ukuran kekuatan kayu menahan gaya yang membuat takik atau lekukan padanya. Juga dapat diartikan sebagai kemampuan kayu untuk menahan kikisan (abrasi). Dalam arti yang terakhir kekerasan kayu bersamaan dengan keuletannya merupakan suatu ukuran tentang ketahanannya terhadap pengausan kayu. Kekerasan dalam arah sejajar serat pada umumnya melampaui kekerasan kayu dalam arah yang lain.

h. Keteguhan Belah

Sifat ini digunakan untuk menyatakan kekuatan kayu menahan gaya-gaya yang berusaha membelah kayu. Tegangan belah adalah suatu tegangan yang terjadi karena adanya gaya yang berperan sebagai baji. Kebanyakan kayu lebih mudah terbelah sepanjang jari-jari (arah



radial) daripada dalam arah sejajar lingkaran tahun (tangensial). Ukuran-ukuran yang dipakai untuk menjabarkan sifat-sifat kekuatan kayu atau sifat-sifat mekaniknya dinyatakan dalam kg/cm^2 . Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat-sifat mekanik secara garis besar dapat digolongkan dalam dua kelompok yaitu:

1. Faktor-faktor luar (eksternal) antara lain: pengawetan kayu, kelembaban lingkungan, pembebanan dan cacat-cacat yang disebabkan oleh jamur serta serangga perusak kayu.
2. Faktor kedua yaitu faktor dalam kayu (internal) yang bersangkutan antara lain : berat jenis kayu, cacat berupa mata kayu serat-serat mencong, dan lain sebagainya.

2.3.4. Sifat Kimia Kayu

Komponen kayu di dalam kayu mempunyai arti yang penting, karena menentukan kegunaan sesuatu jenis kayu. Juga kita dapat membedakan jenis-jenis kayu. Susunan kimia kayu digunakan sebagai pengenalan ketahanan kayu terhadap serangan makhluk perusak kayu. Selain itu dapat pula menentukan pengerjaan dan pengolahan kayu, sehingga didapat hasil yang maksimal. Pada umumnya komponen kimia kayu daun lebar dan kayu daun jarum terdiri dari 3 unsur :

1. Unsur karbohidrat terdiri dari selulosa dan hemiselulosa
2. Unsur non karbohidrat terdiri dari lignin
3. Unsur yang diendapkan dalam kayu selama proses pertumbuhan dinamakan zat ekstraktif.



Distribusi komponen kimia tersebut dalam dinding sel kayu tidak merata. Kadar selulosa dan hemiselulosa banyak terdapat dalam dinding sekunder. Sedangkan lignin banyak terdapat dalam dinding sel kayu. Komposisi unsur-unsur kimia dalam kayu adalah:

1. Karbon 50%
2. Hidrogen 6%
3. Nitrogen 0,04-0,50%
4. Abu 0.20-0,50%
5. Sisanya adalah oksigen

Komponen kimia kayu sangat bervariasi, karena dipengaruhi oleh faktor tempat tumbuh, iklim dan letaknya didalam batang atau cabang. Komponen kimia kayu menurut golongan kayu dapat dilihat pada tabel 2.2.

Komponen kimia	Golongan kayu	
	<i>Kayu daun lebar (%)</i>	<i>Kayu daun jarum (%)</i>
Selulosa	40 - 45	41 - 44
Lignin	18 - 33	28 - 32
Pentosan	21 - 24	8 - 13
Zat ekstratif	1 - 24	2,03
Abu	0,22 - 6	0,89

Tabel 2.2. Komponen kimia menurut golongan kayu.

Selulosa

Adalah bahan kristalin untuk membangun dinding-dinding sel. Bahan dasar selulosa ialah glukosa, gula bermartabat enam, dengan rumus $C_6H_{12}O_6$.

Molekul-molekul glukosa disambung menjadi molekul-molekul besar, panjang dan berbentuk rantai dalam susunan menjadi glukosa.

Lignin

Merupakan bagian yang bukan karbohidrat, sebagai persenyawaan kimia yang jauh dari sederhana, tidak berstruktur, bentuknya amorf. Dinding sel, lignin berfungsi untuk memberi ketegaran [Haygreen dkk, 1989].

2.4. KARAKTERISTIK KAYU POKHOUT, KAYU SAWO, KAYU NANGKA DAN KAYU KEMPAS

2.4.1. Kayu Pokhout

Kayu pokhout (*Guaiacum officinalum*) merupakan salah satu kayu yang sangat berat dan sangat keras. Pada bagian teras berwarna hitam kehijauan dan pada bagian gubal berwarna kuning cerah. Tidak ada kayu lain yang dapat menyamai keawetan dan kekuatan kayu pokhout untuk dibuat balok [Howard, 1948]. Struktur serat pada kayu pokhout sangat luar biasa, serat kayu saling menyilang. Bila satu grup dari lingkaran tahun memutar ke kanan maka lingkaran tahun berikutnya memutar ke kiri.

Resin dari kayu pokhout (*Guaiacum officinalum*) adalah guaiac atau gom guaiac yang di dalamnya terkandung sekitar 70% alfa dan beta guaiaconic acid termasuk guaiaretic acid, 15% vanilin, guaiac yellow, guaiacin. Bersifat tidak larut dalam alkohol, kloroform, eter, kreosot, alkali dan sedikit larutan dalam benzena dan karbon disulfida [Windholdz, 1976]. Kayu pokhout mempunyai berat jenis rata-rata 1.139 kg/m^3 , kembang susut rata-rata 2.300%, keteguhan tekan serat 425.200 kg/cm^2 , keteguhan geser rata-rata 140.152 kg/cm^2 , kekerasan 791.325 kg dan kandungan lemak 6.220% [Widodo, 1996].

2.4.2. Kayu Sawo

Kayu sawo (*Manilkara kauki*) merupakan kayu kelas awet I dan kelas kuat I, mempunyai berat jenis kering udara rata-rata 1.03 kg/m^3 , tingkat susut muai sedang (Puslitbang Kehutanan Bogor, 1973). Keteguhan geser kayu sawo rata-rata 111.343 kg/cm^2 , keteguhan tekan serat 341.835 kg/cm^2 , kekerasan rata-rata 569.090 kg dan kandungan lemak Kayu Sawo 1.120% [Widodo, 1996]. Kayu sawo ini banyak ditemukan di hutan-hutan di Indonesia terutama di Pulau Jawa dan Pulau Sulawesi.

2.4.3. Kayu Nangka

Kayu nangka (*Artocarpus intergrus*) adalah kayu yang termasuk dalam kelas kuat II [Oey Djoen Seng, 1964], bersifat agak berat, agak keras hingga keras agak padat, agak kasar dan sukar dibelah tetapi mudah diserut dan dibubut [Badan Litbang, 1987]. Kayu nangka memiliki berat jenis rata-rata 0.795 kg/m^3 , kembang



susut 1.142%, keteguhan tekan serat 89.011 kg/cm^3 , keteguhan geser rata-rata 99.04 kg/cm^2 , kekerasan 252.054 kg dan kandungan lemak 0.760%. Kayu ini lazim juga dipakai sebagai bantalan poros propeller pada kapal-kapal rakyat, terutama di daerah Sumatera dan Kalimantan.

2.4.4. Kayu Kempas

Kayu Kempas (*Koompassia malaccensis maing*) termasuk kayu keras, dengan kelas keawetan III dan kelas kuat I [Badan Litbang, 1987]. Kayu kempas mempunyai sifat susut-muai sedikit, mudah dalam pengerjaan dan mempunyai berat jenis rata-rata 0.95 gr/cm^3 , tegangan pada batas proporsi 792 kg/cm^2 , keteguhan geser radial 89 kg/cm^2 dan kekerasan 662 kg [Risalah Kayu Indonesia]. Kayu kempas biasa dipakai sebagai bahan untuk prabot rumah, untuk lantai rumah dan lainnya.

2.5. METODE IMPREGNASI

Salah satu usaha untuk meningkatkan umur pakai kayu yang memiliki keawetan alami yang rendah adalah melalui pengawetan. Salah satu metode pengawetan adalah dengan metode impregnasi yang pada prinsipnya merupakan perlakuan fisis atau kimia dengan memasukkan bahan pengawet kedalam sel kayu sehingga dapat meningkatkan umur pakai kayu dan secara ekonomis menguntungkan.

Efektifitas metode impregnasi tidak hanya ditentukan oleh sifat-sifat yang dimiliki bahan pengawet, akan tetapi juga ditentukan oleh jumlah bahan pengawet

yang masuk ke dalam sel kayu (absorpsi dan penetrasi). Besarnya absorpsi dan penetrasi ditentukan oleh struktur anatomi kayu, persiapan kayu sebelum diimpregnasi konsentrasi & jenis bahan impregnasi dan metode impregnasi [Tobing, 1977].

2.5.1. Pengertian Impregnasi

Impregnasi [Kollmann dkk, 1975] adalah penyimpanan dan pengendapan bahan kimia kedalam struktur kosong kayu pada dinding sel atau bereaksinya bahan kimia dengan komponen dinding sel tanpa merusak struktur kayu. Impregnasi pada umumnya bertujuan untuk meningkatkan stabilitas dimensi dan keawetan kayu. Selain itu impregnasi juga bertujuan untuk meningkatkan sifat fisis mekanis, atau untuk tujuan tertentu seperti ketahanan terhadap rayap, ketahanan terhadap api, atau absorpsi terhadap air [Rowell, 1984]. Dalam tugas akhir ini tujuan utama impregnasi yang dilakukan adalah meningkatkan kandungan minyak dalam kayu. Menurut Nicholas [1987] untuk menaikkan kandungan minyak dalam kayu dapat dilakukan dengan proses impregnasi dengan minyak, lilin lebah, parafin, minyak pelumas dan bahan pelumas lainnya.

2.5.2. Metode Impregnasi

Impregnasi dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu :

a. Metode Rendaman

Kayu direndam di dalam bak larutan bahan impregnasi yang telah ditentukan konsentrasi bahan (kepekatan) selama beberapa jam atau beberapa hari.

Keuntungan metode rendaman :

1. Penetrasi dan retensi bahan yang diimpregnasi tinggi.

Kayu mempunyai sifat higroskopik (daya serap terhadap cairan) yang tinggi, sehingga larutan bahan impregnasi dengan mudah dapat masuk kedalam sel kayu.

2. Kayu dalam jumlah banyak dapat diimpregnasi.

Pada metode perendaman, instalasi yang digunakan hanya tangki untuk merendam kayu, sehingga instalasi yang digunakan sangat sederhana dan asalkan tangki yang digunakan besar, maka jumlah kayu yang dapat diimpregnasi banyak.

3. Larutan dapat digunakan berulang kali.

Pada metode pencelupan, sisa larutan yang telah digunakan untuk impregnasi dapat digunakan lagi dengan menambahkan zat pelarut untuk mendapatkan konsentrasi larutan sesuai yang diinginkan.

Kerugian metode rendaman:

1. Waktu yang dibutuhkan lama, terlebih dengan cara rendaman dingin.

Metode rendaman hanya mengandalkan sifat higroskopik kayu, sehingga untuk memasukkan larutan pengawet atau minyak pelumas dibutuhkan waktu yang lama.

2. Kayu basah sulit diimpregnasi.

Tingkat absorpsi kayu terhadap larutan impregnasi dipengaruhi oleh tingkat kejenuhan kayu terhadap larutan yang telah berada didalam kayu.

Jika kayu berada dalam kondisi basah, maka kadar air didalam kayu sudah



tinggi atau berada dalam tingkat kejenuhan yang tinggi. Oleh sebab itu larutan impregnasi menjadi sulit untuk masuk ke dalam sel kayu.

b. Metode Pencelupan

Kayu dimasukkan ke dalam bak berisi larutan bahan impregnasi dengan konsentrasi yang telah ditentukan, dengan waktu hanya beberapa menit. Kelemahan cara ini penetrasi dan retensi bahan impregiasi tidak memuaskan, hanya melapisi permukaan kayu sangat tipis, sehingga penambahan minyak pada kayu kurang optimal.

Keuntungan metode pencelupan :

1. Proses impregnasi sangat cepat.

Impregnasi dengan metode pencelupan dilakukan dengan cara mencelupkan kayu ke dalam larutan impregnasi. Setelah seruh permukaan kayu tercelup, kayu diangkat kembali. Dengan demikian waktu yang digunakan dalam metode pencelupan ini sangat singkat.

2. Peralatan sederhana.

Sama halnya pada metode rendaman pada metode pencelupan instalasi yang dibutuhkan hanya tangki yang berisi larutan impregnasi untuk mencelupkan kayu. Sehingga instalasi yang digunakan pada metode pencelupan ini sangat sederhana.

3. Bahan untuk impregnasi dapat dipakai berulang-ulang.

Larutan yang tersisa setelah proses impregnasi dengan metode pencelupan dapat digunakan untuk proses impregnasi yang lain.



Kerugian metode pencelupan :

1. Penetrasi dan retensi sangat kecil, terlebih pada kayu basah.

Pada metode pencelupan, penetrasi dan retensi larutan ke dalam sel kayu sangat kecil karena prosesnya sangat cepat sementara masuknya larutan kedalam sel kayu hanya mengandalkan daya serap kayu terhadap larutan tanpa ada tekanan dari luar.

2. Larutan impregnasi mudah luntur.

Pada metode pencelupan, hanya melapisi bagian permukaan kayu karena penetrasi dan retensi larutan kedalam sel kayu sangat kecil sehingga larutan impregnasi mudah luntur.

c. Metode Vakum dan Tekanan

Impregnasi dengan metode vakum dan tekanan ini bertujuan untuk memaksimalkan minyak pelumas atau bahan pengawet yang masuk ke dalam sel kayu. Metode ini menggunakan tenaga untuk mengeluarkan larutan yang berada di dalam sel dan tenaga untuk mendorong masuknya bahan impregnasi. Menurut proses kerjanya metode vakum dan tekanan ini dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Proses sel penuh (*Full-cell process*)

Proses sel penuh (*Full-cell process*) bertujuan untuk mengisi sel kayu dengan bahan impregnasi. Adanya tekanan yang diberikan pada proses ini akan memaksimalkan jumlah bahan impregnasi yang masuk dan mengisi sel kayu.



Proses sel penuh digolongkan menjadi dua yaitu :

a. Proses Bethel

Proses Bethel menggunakan bahan impregnasi creosot.

b. Proses Burnett

Bahan impregnasi yang digunakan pada proses Burnett adalah zinc chlorida.

2. Proses sel kosong antara lain:

a. Proses Rueping

Pada proses Rueping bahan impregnasi langsung dimasukkan ke dalam sel kayu dengan tekanan sampai kurang lebih 4 atmosfer, kemudian dinaikkan sampai sekitar 7 – 8 atmosfer.

b. Proses Lowry

Pada proses Lowry tekanan yang diberikan langsung sampai pada tekanan 7 atmosfer tanpa menggunakan tekanan awal seperti pada proses rueping.

Proses Rueping dan proses Lowry tersebut berbeda pada perlakuan awal pelaksanaan impregnasi. Pada proses rueping bahan impregnasi dikenakan tekanan awal 4 atmosfer baru kemudian ditingkatkan menjadi 7 atmosfer sedangkan pada proses Lowry bahan impregnasi langsung dikenakan tekanan 7 atmosfer. Selanjutnya beberapa jam kemudian tekanan di hentikan dan bahan impregnasi di keluarkan dan dilakukan vakum selama 10 menit untuk membersihkan permukaan kayu dari larutan bahan impregnasi.

Perbedaan impregnasi vakum-tekan sel penuh dengan sel kosong adalah bahwa pada proses sel penuh impregnasi dapat mengisi seluruh lumen sel, sedangkan pada proses sel kosong hanya mengisi ruang antar sel.

Keuntungan metode vakum dan tekanan :

1. Penetrasi dan retensi sangat tinggi

Pada metode vakum dan tekanan, larutan impregnasi dimasukkan ke dalam sel kayu secara paksa yaitu dengan diberi tekanan udara ke dalam tangki yang telah diisi dengan larutan impregnasi dan kayu telah dimasukkan ke dalam tangki. Dengan demikian penetrasi dan retensi larutan impregnasi ke dalam sel kayu sangat tinggi.

2. Proses relatif singkat

Pompa vakum yang dikenakan pada kayu di dalam tangki akan mengurangi cairan didalam kayu dan membuka sel kayu. Selanjutnya dengan pompa tekan larutan impregnasi dimasukkan ke dalam sel kayu. Karena dibantu oleh pompa vakum dan pompa tekan inilah proses impregnasi berlangsung dengan cepat.

3. Dapat untuk mengimpregnasi kayu basah maupun kayu kering

Dengan pompa vakum larutan yang berada di dalam sel kayu dapat dikeluarkan secara paksa. Dengan demikian baik kayu basah maupun kayu kering tidak kendala pada proses impregnasi dengan metode vakum dan tekanan.



Kerugian metode vakum dan tekanan :

1. Biaya relatif lebih mahal

Pada metode vakum dan tekanan membutuhkan pompa vakum dan tekan serta tangki yang kedap udara dan tahan terhadap tekanan udara sehingga dibutuhkan biaya yang relatif lebih mahal dibandingkan dengan metode impregnasi yang lainnya.

2. Peralatan lebih rumit

Adanya pompa vakum – tekan, tangki kedap udara, tangki penyimpanan larutan untuk impregnasi dan alat pengukur tekanan membuat instalasi menjadi rumit.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. UMUM

Dalam Tugas Akhir ini kayu sawo, kayu nangka dan kayu kempas diberi perlakuan impregnasi dengan metode cara vakum-tekan dan memakai oli dengan kekentalan SAE 40. Proses vakum-tekan ini dimaksudkan untuk mengisi minyak pelumas ke dalam sel kosong kayu. Setelah perlakuan impregnasi vakum-tekan, dilakukan pengujian laju abrasi. Uji abrasi ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat ketahanan kayu terhadap gaya geser akibat putaran poros propeller. Hasil pengujian ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian laju abrasi pada kayu pokhout yang telah diberi perlakuan yang sama, yaitu dipasangkan sebagai bantalan poros propeller pada permodelan poros dan propeller yang berputar didalam air.

Pengujian impregnasi dilaksanakan di Puslitbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutan , Badan Litbang Kehutanan dan Perkebunan Bogor pada bulan Oktober 2000. Sedangkan tempat untuk melaksanakan uji abrasi di POLTEK Perkapalan ITS Surabaya pada bulan Nopember 2000.

3.2. METODE PENGUJIAN IMPREGNASI

Dalam Tugas Akhir ini, metode impregnasi yang digunakan adalah metode impregnasi vakum-tekan dengan proses sel penuh. Metode vakum-tekan proses sel penuh selain waktu yang dibutuhkan singkat, bahan impregnasi dapat masuk



dan mengisi seluruh sel kosong kayu yang telah di pompa vakum. Sehingga tujuan dari impregnasi yaitu untuk memasukkan minyak pelumas ke dalam sel kayu mempunyai penetrasi yang tinggi. Kegiatan pengujian impregnasi ini meliputi :

A. Pembuatan Material

Material uji yang digunakan dalam proses impregnasi vakum-tekan dan uji abrasi mempunyai bentuk dan ukuran yang sama. Adapun bahan yang dipakai adalah kayu sawo, kayu nangka dan kayu kempas. Jumlah material uji setiap jenis kayu yang digunakan untuk pengujian adalah sepuluh buah. Langkah-langkah pembuatan material uji adalah sebagai berikut:

1. Mencari kayu pokhout yang telah siap pakai sebagai bantalan poros propeller.
2. Mencari kayu sawo, kayu nangka dan kayu kempas yang memenuhi persyaratan klasifikasi alami jenis kayu Indonesia sebagai bahan uji, yang telah ditetapkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan. Syarat tersebut antara lain : diameter minimum pohon 30 cm dan kayu telah kering udara maksimum 30 % untuk proses impregnasi vakum-tekan.
3. Material uji dipotong dengan dimensi 2.5 x 5 x 5 cm menurut standar Deutch Industrial Norm (DIN 521844) tentang ukuran material uji impregnasi.



4. Melakukan penimbangan dan pengukuran volume setiap material uji
5. Melakukan pembersihan material uji dari debu dan kotoran lain dengan kertas gosok dan kain lap.
6. Dilakukan penandaan dengan angka pada setiap material uji.

Dari hasil pembuatan material uji dengan urutan proses seperti di atas, diperoleh tabel volume dan berat awal serta gambar material uji seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 3.1.

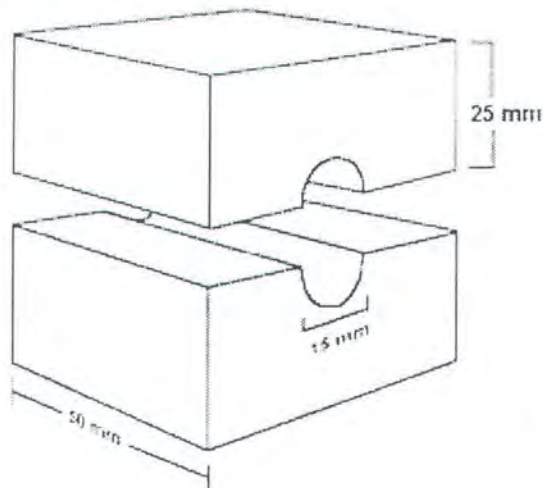
No	Pokhout		Sawo		Nangka		Kempas	
	Vo	Wo	Vo	Wo	Vo	Wo	Vo	Wo
1	55.07	62.73	56.761	49.53	61.831	45.44	58.472	48.82
2	54.547	62.13	58.937	50.17	55.978	46.18	58.273	48.13
3	55.198	62.87	56.816	51.12	56.04	47.19	57.071	47.97
4	56.431	64.75	56.807	50.03	62.102	47.58	59.48	50.05
5	55.632	63.37	56.321	46.35	59.717	46.82	57.032	48.45
6	55.472	63.18	59.181	51.63	57.363	44	58.33	49.36
7	53.785	61.26	57.351	48.34	60.807	48.27	57.245	47.81
8	55.815	63.57	55.953	51.35	56.614	47.18	58.677	48.62
9	55.117	62.78	58.868	45	57.312	47.17	58.673	48.27
10	54.201	61.74	55.877	50.28	59.015	46.39	59.075	48.87

Tabel 3. Volume dan Berat Material Uji

Keterangan :

V_0 = Voleme awal material uji (cm^3)

W_0 = Berat awal material uji (gr)



Gambar 3.1. Material uji

B. Proses Impregnasi Vakum-Tekan

Proses impregnasi vakum-tekan dimaksudkan untuk memasukkan minyak pelumas sebanyak-banyaknya kedalam sel-sel kosong pada kayu. Minyak ini yang nantinya berfungsi sebagai pelumas.

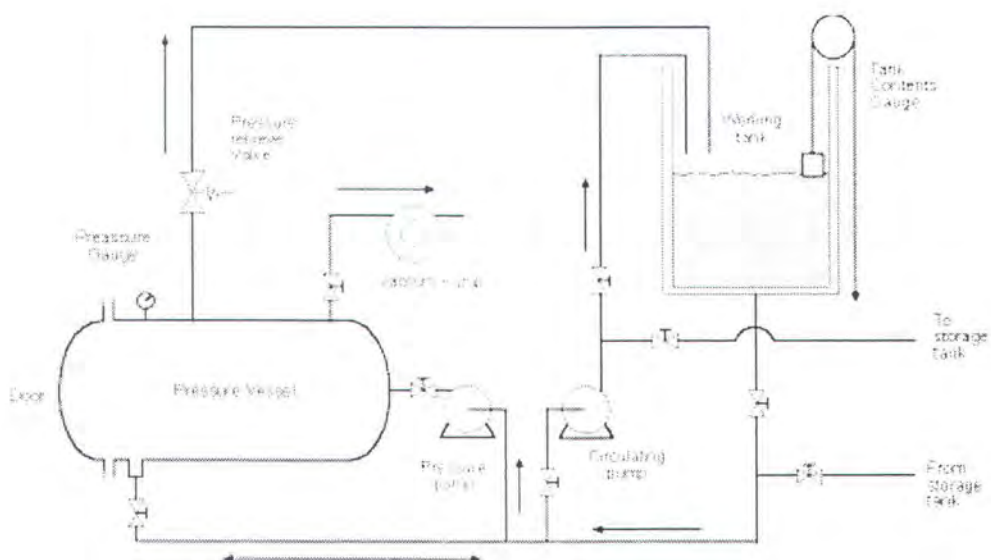
a. Peralatan

Instalasi untuk impregnasi vakum-tekan memerlukan peralatan sebagai berikut :

1. Tanki impregnasi, yaitu bejana tahan vakum dan tekanan tempat kayu diimpregnasi.
2. Tanki pengukur, untuk mengukur banyaknya minyak pelumas yang terpakai.
3. Tangki persediaan, untuk menyimpan persediaan minyak pelumas yang sudah siap pakai.
4. Pompa vakum, untuk menghisap udara dari dalam kayu yang ada daalam tangki impregnasi.

5. Pompa tekan hidraulik, untuk menekan minyak pelumas supaya dapat meresap ke dalam kayu yang ada di dalam tangki impregnasi.
6. Bejana vakum, penghubung antara pompa vakum dan tangki impregnasi.
7. Alat pengukur waktu untuk mengukur lamanya proses vakum, proses tekanan dan proses vakum akhir

Instalasi tersebut dilengkapi dengan manometer, termometer dan skala pengukur volume yang diperlukan untuk mengamati kondisi di dalam tangki impregnasi selama berlangsungnya proses impregnasi vakum-tekan, yaitu untuk memantau vakum, tekanan dan banyaknya minyak pelumas yang diserap oleh kayu. Selain itu diperlukan bor untuk pengambilan contoh kedalaman penetrasi, jangka sorong untuk mengukur dimensi dan timbangan untuk menimbang material uji setelah mengalami proses impregnasi vakum-tekan.



Gambar 3.2. Instalasi Proses Impregnasi Vakum-Tekan



b. Perlakuan Pendahuluan

Kayu yang akan di impregnasi-vakum tekan harus siap pakai (tidak mengalami pengerjaan teknis lagi) dan dikeringkan terlebih dahulu. Sebelum proses impregnasi vakum-tekan dilakukan, kayu harus dikeringkan sampai mencapai kadar air 30 %.

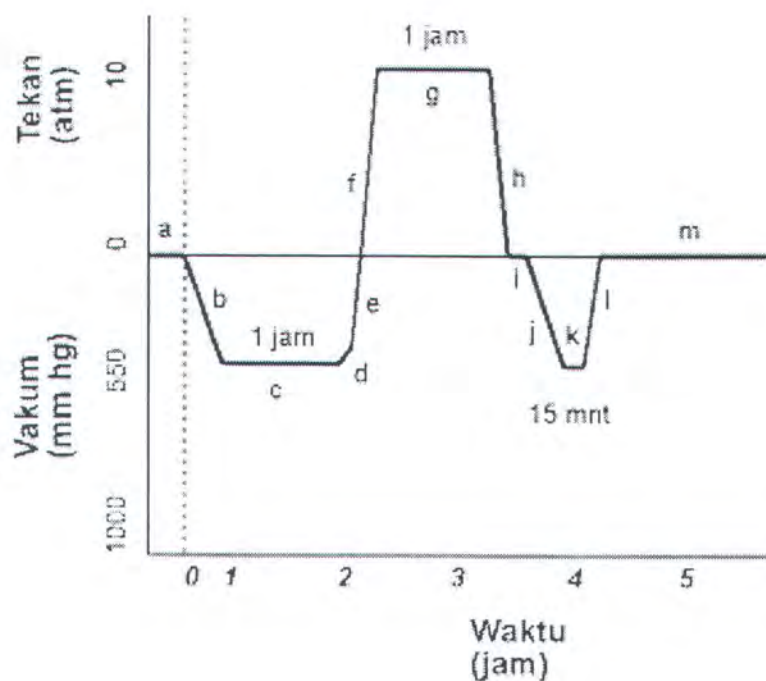
c. Tahap Pelaksanaan Impregnasi Vakum-Tekan

Tahap pelaksanaan impregnasi vakum-tekan meliputi kegiatan seperti langkah-langkah sebagai berikut :

1. Instalasi impregnasi vakum-tekan dalam keadaan siap, dengan tangki impregnasi dalam keadaan kosong dan tangki persediaan berisi minyak pelumas dengan konsentrasi SAE 40.
2. Kayu yang akan di impregnasi, dimasukkan ke dalam tangki impregnasi.
3. Pompa vakum dijalankan sampai mencapai tingkat vakum awal 550 mm Hg dan terus dipertahankan pada tingkat tersebut selama 60 menit.
4. Minyak pelumas dialirkan dari tangki persediaan ke dalam tangki impregnasi, sambil vakum awal tetap dipertahankan selama minyak pelumas dimasukkan ke dalam tangki impregnasi.
5. Tekanan hidrolik dimulai sampai mencapai 10 cm Hg dan terus dipertahankan pada tingkat tersebut selama jangka waktu 60 menit. Tekanan dimaksudkan untuk memasukkan minyak pelumas ke dalam sel kosong kayu.

6. Tekanan dihentikan dan minyak pelumas dialirkan kembali ke dalam tanki persediaan. Selanjutnya vakum akhir dijalankan untuk membersihkan permukaan kayu dari sisa minyak pelumas yang berlebih. Tinggi vakum akhir sama dengan vakum awal, dan lamanya 15 menit.

Tahap proses vakum-tekan dapat juga dilukiskan dengan grafik seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Proses vakum-tekan



3.3. PENGUJIAN LAJU ABRASI

pengujian laju abrasi bertujuan untuk mendapatkan angka laju abrasi kayu karena gesekan yang terjadi antara poros propeller dengan kayu sebagai bantalan poros propeller. Pengujian abrasi dilakukan pada kayu pokhout sebagai pembanding dan kayu alternatif pengganti kayu pokhout. Pengujian laju abrasi ini menggunakan model seperti fungsi bantalan pada poros propeller kapal.

A. Peralatan

Instalasi yang digunakan untuk pengujian laju abrasi / keausan adalah sebagai berikut :

1. Tangki percobaan

Tangki percobaan yang digunakan sudah dilengkapi dengan propeller, poros propeller, klem bantalan poros propeller dan tangki telah diisi air laut.

2. Motor penggerak

Motor penggerak yang digunakan adalah motor listrik milik POLTEK Perkapalan ITS untuk memutar poros propeller.

3. Tachometer

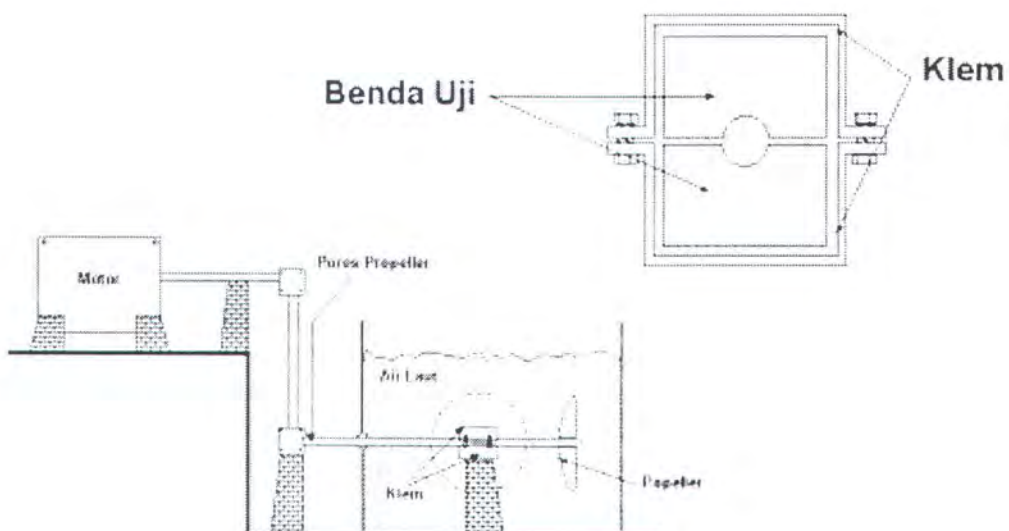
Tachometer yang digunakan adalah "Ono Sokki HT-341" milik POLTEK Perkapalan ITS. Tachometer digunakan untuk mengukur putaran (rpm) poros propeller.

4. Timbangan

Timbangan yang digunakan adalah timbangan digital ” Mettler PM 4800 Delta Range” milik POLTEK Perkapalan ITS.

5. Air raksa

Digunakan untuk mengukur volume benda uji.



Gambar 3. 4. Instalasi Pengujian Laju Abrasi

B. Perlakuan Pendahuluan

Sebagai langkah awal sebelum kayu bahan uji akan diuji laju keausannya, kayu uji direndam dalam air laut selama 2 x 24 jam agar penyerapan kayu terhadap air mencapai titik jenuh. Hal ini didasarkan pada pengukuran clearance dalam pemasangan kayu pokhout pada bantalan poros propeller.

Dalam pengukuran clearance antara poros propeller dengan bantalan poros propeller yang terbuat dari kayu, dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Kondisi Kering

Yang dimaksud dengan kondisi kering yaitu kayu dengan tingkat kelembaban 30 %

Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah :

$$\text{Clearance} = 4D/1000 + 1 \text{ (mm)}$$

$$D = \text{diameter poros propeller (mm)}$$

2. Kondisi Basah

Yang dimaksud dengan kondisi basah adalah kondisi dimana kayu telah mencapai titik jenuh dalam menyerap air.

Rumus yang digunakan :

$$\text{Clearance} = 3D / 1000 + 1 \text{ (mm)}$$

$$D = \text{diameter poros propeller (mm)}$$

C. Tahap-Tahap Pelaksanaan Pengujian

Tahap-tahap pelaksanaan pengujian laju abrasi meliputi kegiatan sebagai berikut :

1. Instalasi pengujian dalam keadaan siap, dengan tanki telah diisi dengan air laut, propeller telah terpasang dan poros propeller telah dihubungkan dengan motor penggerak.
2. Kayu yang telah direndam 2 x 24 jam (sampai pada titik jenuh air) ditimbang dalam kondisi basah



3. Kayu uji dipasangkan pada klem bantalan poros propeller.
4. Motor penggerak dihidupkan untuk memutar poros propeller dengan putaran 400 rpm.
5. Kecepatan putan poros propeller dicatat setiap 15 menit Propeller diputar selama 3 jam.
6. Motor penggerak dimatikan, kemudian kayu uji diambil dan langsung ditimbang.
7. Setelah kondisi kering dilakukan pengukuran volume dengan air raksa.

Penimbangan dilakukan dengan alat timbang digital "Mettler PM 4800 Delta Range", sedangkan indikator speed yang digunakan adalah Digital Tachometer "Ono Sokki HT – 341".

Pencatatan kecepatan putaran dalam setiap 15 menit untuk mendapatkan grafik perbandingan antara kecepatan putaran poros propeller (rpm) dengan waktu, yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa saat pelumasan bertambah dan berkurang. Hasil pengukuran putaran (rpm) dapat dilihat pada bab berikut.

BAB IV
ANALISIS HASIL PENGUJIAN

BAB IV

ANALISIS HASIL PENGUJIAN

4.1. UMUM

Untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam menganalisis kemungkinan kayu alternatif yang digunakan sebagai pengganti kayu pokhout, dilakukan pengujian yang meliputi perlakuan impregnasi untuk menambah kandungan minyak pada kayu alternatif pengganti kayu pokhout dan pengujian laju abrasi serta analisa sifat fisis-mekanis kayu material uji.

4.2. HASIL PENGUJIAN IMPREGNASI

Impregnasi diperlakukan pada material uji kayu alternatif pengganti kayu pokhout yaitu kayu sawo, kayu nangka dan kayu kempas, untuk memasukkan minyak pelumas (oli) SAE 40 ke dalam sel kosong kayu. Hasil impregnasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

NO	SAWO			NANGKA			KEMPAS		
	Wo	W1	W1 - Wo	Wo	W1	W1-Wo	Wo	W1	W1-Wo
1	49.53	53.91	4.38	45.44	58.41	12.97	48.82	60.22	11.4
2	50.17	56.06	5.89	46.18	48.88	2.7	48.13	60.08	11.95
3	51.12	55.98	4.86	47.19	49.2	2.01	47.97	59.83	11.86
4	50.03	56.47	6.44	47.58	55.27	7.69	50.05	63.17	13.12
5	46.35	56.24	9.89	46.82	53.03	6.21	48.45	61.19	12.74
6	51.63	61.82	10.19	44	45.59	1.59	49.36	60.86	11.5
7	48.34	58.53	10.19	48.27	51.85	3.58	47.81	60.18	12.37
8	51.35	55.33	3.98	47.18	49.81	2.63	48.62	59.39	10.77
9	45	56.44	11.44	47.17	48.04	0.87	48.27	61.28	13.01
10	50.28	56.81	6.53	46.39	51.21	4.82	48.87	60.64	11.77
	Rata-rata		7.379			4.507			12.049
	Absorbsi		0.129			0.077			0.225

Tabel 4.1. Perubahan berat karena impregnasi



NO	SAWO			NANGKA			KEMPAS		
	V ₀	V _I	V _I -V ₀	V ₀	V _I	V _I -V ₀	V ₀	V _I	V _I -V ₀
1	56.761	56.765	0.004	61.831	61.931	0.1	58.472	60.513	2.041
2	58.937	58.948	0.011	55.978	55.988	0.01	58.273	61.524	3.251
3	56.816	57.016	0.2	56.04	56.04	0	57.071	58.322	1.251
4	56.807	56.819	0.012	62.102	62.106	0.004	59.48	60.728	1.248
5	56.321	56.321	0	59.717	59.731	0.014	57.032	58.381	1.349
6	59.181	59.199	0.018	57.363	57.393	0.03	58.33	59.572	1.242
7	57.351	57.351	0	60.807	60.807	0	57.245	61.512	4.267
8	55.953	55.957	0.004	56.614	56.714	0.1	58.677	58.492	-0.185
9	58.868	58.875	0.007	57.312	57.409	0.097	58.673	59.977	1.304
10	55.877	55.881	0.004	59.015	59.045	0.03	59.075	61.325	2.25
		Rata-rata	0.026			0.039			1.802

Tabel 4.2. Perubahan volume karena impregnasi

Keterangan :

W_0 = berat awal material (gr)

W_1 = berat setelah diimpregnasi (gr)

$$\text{Daya absorpsi} = \frac{W_1 - W_0}{V_1}$$

V_0 = Volume sebelum diimpregnasi (cm³)

V_1 = Volume setelah diimpregnasi (cm³)

Dari Tabel 4.1. dapat dilihat besarnya berat dan daya absorpsi kayu alternatif pengganti kayu pohout terhadap minyak pelumas (bahan impregnasi). Perubahan berat tersebut terjadi karena masuknya minyak pelumas ke dalam sel kosong kayu.

Perubahan berat tampak paling mencolok pada kayu kempas. Hal ini dikarenakan struktur kayu kempas memiliki sel kosong lebih besar dibanding sel kosong pada kayu sawo dan kayu nangka, sehingga kemampuan menampung



minyak pelumas lebih besar dibanding kemampuan kayu sawo dan kayu nangka dalam menampung minyak pelumas.

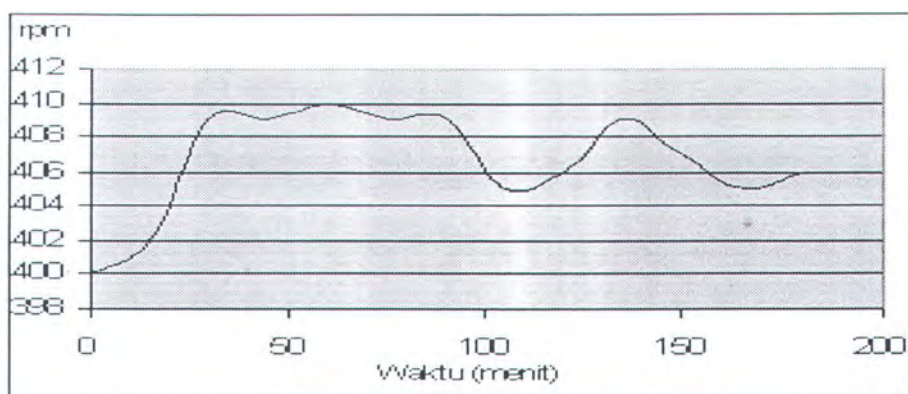
Dari Tabel 4.2. dapat diketahui bahwa pada kayu sawo dan kayu nangka perubahan volume yang terjadi sangat kecil karena kayu sawo dan kayu nangka memiliki struktur kayu yang lebih stabil sehingga tidak mudah mengalami perubahan dimensi. Lain halnya pada struktur kayu kempas yang terjadi perubahan volume yang sangat mencolok, sehingga untuk memasukkan kayu kempas ke klem uji abrasi harus diadakan pemotongan hal ini mengurangi kandungan minyak pada kayu kempas sehingga tidak dapat di analisa laju pengurangan minyaknya. Dengan demikian kayu kempas tidak diteruskan ke pengujian abrasi.



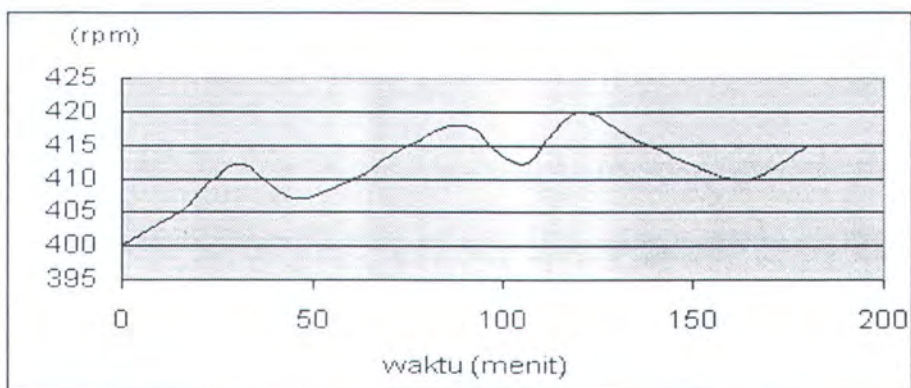
4.3. HASIL PENGUJIAN ABRASI

Pengujian abrasi terhadap kayu pokhout, kayu sawo dan kayu nangka, dimaksudkan untuk mencari angka perbandingan laju keausan karena gesekan akibat putaran poros propeler. Perbandingan yang dimaksud yaitu antara laju keausan pada kayu pokhout dengan laju keausan pada kayu alternatif pengganti kayu pokhout dengan perlakuan pengujian yang sama.

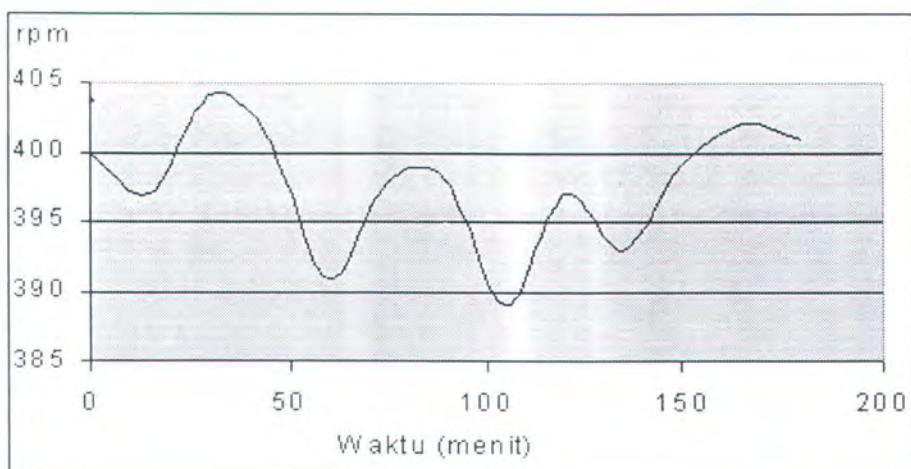
Besar laju keausan pada kayu pokhout, kayu sawo dan kayu nangka dapat dilihat pada Tabel 4.3, sedangkan pengurangan volume karena abrasi dapat dilihat pada tabel 4.4. Hasil analisis waktu dimana pelumasan terjadi dan saat poros propeller berputar mengabrasi kayu bantalan poros propeller, dapat dilihat pada Gambar 4.1 s/d 4.3.



Gambar 4.1. Perubahan RPM Terhadap Waktu untuk Kayu Pokhout



Gambar 4.2. Perubahan RPM Terhadap Waktu untuk Kayu Nangka



Gambar 4.3. Perubahan RPM Terhadap Waktu untuk Kayu Sawo



Dari Gambar 4.1. di atas dapat dilihat bahwa pada kayu pokhout pelumasan terjadi sesaat setelah poros propeller berputar. Hal ini dapat dilihat dengan meningkatnya putaran (rpm) poros propeller. Sedangkan pada kayu nangka, pelumasan terjadi beberapa saat setelah poros propeller berputar. Naik atau turunnya putaran poros propeller ini menunjukkan saat dimana pelumasan atau abrasi sedang berlangsung. Ketika poros propeller mengabrasi serat yang memiliki banyak sel yang berisi minyak, maka sel tadi pecah dan minyak yang terkandung didalamnya tumpah dan melumasi poros propeller sehingga putaran poros meningkat karena tidak terjadi abrasi. Sebaliknya saat dimana poros propeller mengabrasi serat yang memiliki banyak sel kayu, maka poros propeller mengalami gesekan yang lebih besar dibanding ketika poros propeller mengabrasi sel yang berisi minyak. Karena terjadinya gesekan tersebut tidak diimbangi dengan pelumasan yang cukup maka abrasi terjadi.

Dari ketiga kayu diatas yaitu kayu pokhout, kayu sawo dan kayu nangka, terlihat bahwa kayu pokhout memiliki struktur sel yang lebih teratur, sehingga pelumasan dan laju abrasi berlangsung hampir konstan, oleh sebab itu perubahan putaran poros propeller tidak begitu signifikan.

4.4. LAJU ABRASI BANTALAN POROS PROPELLER

Adanya gesekan antara poros propeller yang berputar dengan bantalan poros propeller yang berada dalam keadaan diam dan perbedaan tingkat kekerasan bahan mengakibatkan terjadinya keausan (abrasi). Poros propeller terbuat dari



bahan yang lebih keras dibanding bahan untuk membuat bantalan poros propeller sehingga bantalan poros propeller yang akan mengalami keausan. Laju abrasi bantalan poros propeller yang terjadi antara lain dipengaruhi oleh :

1. Kecepatan putaran poros propeller

Semakin tinggi kecepatan putaran poros propeller akan semakin tinggi pula laju abrasi yang terjadi.

2. Pelumasan

Adanya pelumasan akan mencegah laju abrasi.

3. Beban

Semakin besar beban yang diderita baantalan poros propeller menyebabkan laju abrasi semakin tinggi.

4. Kekasaran

Baik kekasaran permukaan poros propeller maupun kekasaran permukaan bantalan poros propeller berpengaruh pada laju abrasi. semakin kasar permukaan poros propeller maupun bantalannya akan semakin tinggi laju abrasi.

Laju abrasi yang terjadi pada bantalan poros propeller ditunjukkan dengan adanya penambahan *clearence* antara poros propeller dengan bantalan poros propeller. Penambahan *clearence* berarti pula terjadi pengurangan volume pada bantalan poros propeller.

No	Pokhout			Sawo			Nangka		
	wo	wl	wo-wl	wo	wl	wo-wl	wo	wl	wo-wl
1	138.84	138.15	0.69	127.2	126.58	0.65	104.69	103.8	0.86
2	141.13	139.91	1.22	126.9	126.25	0.66	99.86	99.51	0.35
3	140.88	140.19	0.69	127.4	126.79	0.63	103.14	102.9	0.27
4	141.97	141.48	0.49	128.4	127.72	0.66	104.25	103.7	0.51
5	139.71	139.36	0.35	127.4	126.75	0.65	100.53	99.77	0.76
Total			0.689				0.55		

Tabel 4.3 Pengurangan berat karena abrasi

 W_0 = Berat sebelum uji abrasi (gr) W_1 = Berat sesudah uji abrasi (gr)

No	Pokhout			Sawo			Nangka		
	Vo	V1	Vo-V1	Vo	V1	Vo-V1	Vo	V1	Vo-V1
1	109.617	109.019	0.602	115.713	115.162	0.551	117.919	117.085	0.834
2	111.629	110.896	0.733	113.829	113.237	0.592	118.146	117.335	0.811
3	111.104	110.587	0.517	115.52	114.715	0.805	117.124	116.419	0.705
4	109.6	108.969	0.631	113.308	112.697	0.611	117.54	117.099	0.422
5	109.318	108.783	0.535	114.758	114.156	0.602	116.454	115.779	0.675
rata-rata			0.603				0.689		

Tabel 4.4. Pengurangan volume karena abrasi

 V_0 = Volume sebelum uji abrasi (cm^3) V_1 = Volume setelah uji abrasi (cm^3)

Dari hasil pengujian laju abrasi yang tertera pada Tabel 4.4. dapat dibandingkan laju pengurangan volume karena abrasi antara kayu pokhout dengan kayu alternatif pengganti kayu pokhout. Pada kayu pokhout pengurangan volume karena abrasi rata-rata sebesar 0.603 cm^3 , pada kayu sawo rata-rata sebesar 0.632 cm^3 dan pada kayu nangka rata-rata sebesar 0.689 cm^3 . Jika laju pengurangan volume karena abrasi pada kayu pokhout sebagai pembanding dianggap 0%, maka



laju pengurangan volume pada kayu sawo 4.809% dan pada kayu nangka 14.262% lebih cepat dibanding laju pengurangan volume karena abrasi kayu pada pokhout. Dengan demikian ditinjau dari laju pengurangan volume karena abrasi ketahanan terhadap laju abrasi kayu sawo 95.191% ketahanan kayu pokhout dan ketahanan terhadap laju abrasi kayu nangka 82.738% ketahanan kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller.

4.5. LAJU PENGURANGAN MINYAK KARENA ABRASI

Pengurangan berat yang terjadi karena abrasi (W_{aus}) terdiri dari berat kayu yang hilang karena abrasi dan berat minyak yang hilang sebagai pelumas (W_{minyak}). Dari Tabel 4.3. Pengurangan Berat Karena Abrasi, dapat dilihat besarnya W_{aus} . Berat kayu yang hilang karena abrasi (W_{kayu}) dapat dihitung dengan mengalikan rata-rata volume kayu yang hilang karena abrasi (V_{aus}) dengan berat jenis kayu sebelum diimpregnasi pada kayu sawo sebesar nasi (bd_1).

1. Perhitungan laju pengurangan minyak pada kayu pokhout

Laju pengurangan berat minyak karena abrasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$W_{\text{aus}} = W_{\text{kayu}} + W_{\text{minyak}}$$

$$W_{\text{aus}} = 0.689 \text{ gr.}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{kayu}} &= V_{\text{aus}} \times bd_1 \\ &= 0.603 \times 1.139 \\ &= 0.687 \text{ gr.} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}W_{\text{minyak}} &= W_{\text{aus}} - W_{\text{kayu}} \\&= 0.689 - 0.687 \\&= 0.002 \text{ gr.}\end{aligned}$$

Jadi selama 3 jam laju pengurangan minyak pada kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller sebesar 0.002 gr.

2. Perhitungan laju pengurangan minyak pada kayu sawo

$$\begin{aligned}W_{\text{aus}} &= W_{\text{kayu}} + W_{\text{minyak}} \\W_{\text{aus}} &= 0.65 \text{ gr.} \\W_{\text{kayu}} &= V_{\text{aus}} \times bd_l \\&= 0.632 \times 0.862 \\&= 0.545 \text{ gr.} \\W_{\text{minyak}} &= W_{\text{aus}} - W_{\text{kayu}} \\&= 0.65 - 0.545 \\&= 0.105 \text{ gr.}\end{aligned}$$

Jadi selama 3 jam laju pengurangan minyak pada kayu sawo sebagai bantalan poros propeller sebesar 0.105 gr.

3. Perhitungan laju pengurangan minyak pada kayu nangka

$$\begin{aligned}W_{\text{aus}} &= W_{\text{kayu}} + W_{\text{minyak}} \\W_{\text{aus}} &= 0.55 \text{ gr.} \\W_{\text{kayu}} &= V_{\text{aus}} \times bd_l\end{aligned}$$



$$= 0.689 \times 0.795$$

$$= 0.547 \text{ gr.}$$

$$W_{\text{minyak}} = W_{\text{aus}} - W_{\text{kayu}}$$

$$= 0.55 - 0.547$$

$$= 0.003 \text{ gr.}$$

Jadi selama 3 jam laju pengurangan minyak pada kayu nangka sebagai bantalan poros propeller sebesar 0.003 gr.

Dari Tabel 4.5. dapat dianalisa kemungkinan kayu sawo dan kayu nangka untuk menggantikan kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller. Pada kayu sawo dilihat dari prosentase perbandingan berat jenis, keteguhan tekan, keteguhan geser, kekerasan dan kandungan minyak setelah diimpregnasi sangat memungkinkan untuk menggantikan fungsi kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller. Tetapi jika ditinjau dari laju pengurangan minyak karena abrasi maka kayu sawo tidak dapat menggantikan fungsi kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller karena selisih laju pengurangan minyak yang terjadi sangat besar pada kayu sawo sebesar 0.105 gr selama 3 jam sedangkan pada kayu pokhout hanya 0.002 gr dalam 3 jam.

Sedangkan pada kayu nangka dilihat dari ketahanan terhadap laju abrasi cukup mampu mengimbangi ketahanan terhadap laju abrasi kayu pokhout yaitu sebesar 82.7%. Dilihat dari laju pengurangan minyak juga tidak terlalu beda jauh dengan laju pengurangan minyak pada kayu pokhout masing-masing sebesar 0.003 gr dan 0.002 gr selama tiga jam.



No	Jenis Pengujian	Pokhout		Sawo		Nangka	
		Nominal	%	Nominal	%	Nominal	%
1	Berat Jenis						
	a.sebelum impreg.	1.139	100	0.862	75.68	0.795	0.698
2	b.setelah impreg.			0.99	86.918	0.87	76.382
	Kandungan minyak(%)	6.22	100	6.21	99.839	4.437	71.334
3	Keteguhan tekan serat (kg/cm2)	425.2	100	341.84	80.4	89.011	20.9
4	Keteguhan geser						
	a. radial (kg/cm2)	152.79	100	114.87	75.2	94.413	61.8
	b. tangensial	127.52	100	107.82	84.6	93.747	73.5
	rata-rata	140.15	100	111.34	79.9	94.04	67.7
5	Kekerasan (kg)						
	a. radial	601.58	100	586.2	97.4	233.31	38.8
	b. tangensial	981.07	100	569.09	58	270.05	33.2
	rata-rata	791.33	100	577.65	77.7	252.05	33.2
	rata-rata		100		80.3		42.7

Tabel 4.5. Hasil pengujian fisis dan mekanis

BAB V
PENUTUP

BAB V

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah :

1. Dari hasil analisis daya absorpsi kayu terhadap minyak paling tinggi adalah kayu kempas yaitu sebesar 0.225 gr/cm³, disusul kemudian kayu sawo sebesar 0.129 gr/cm³ dan kayu nangka sebesar 0.077 gr/cm³.
2. Meskipun kandungan minyak pada kayu sawo bertambah namun belum dapat menggantikan kayu pokhout sebagai bantalan poros popeller karena laju pengurangan minyak dalam uji abrasi sangat tinggi.
3. Kayu nangka dapat digunakan untuk mengganti kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller dengan waktu pakai 82% waktu pakai kayu pokhout dengan perlakuan impregnasi untuk meningkatkan kandungan minyak.

5.2. SARAN

1. Dalam pengujian impregnasi perlu dianalisis besar kemungkinan bahan impregnasi yang telah masuk ke sel kayu dapat keluar kembali.
2. Untuk lebih mempermudah bahan impregnasi masuk ke sel kayu perlu diteliti kemungkinan penambahan zat pengembang.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Widodo, Akhmad Basuki, Ir. "Alternatif Pengganti Kayu Pokhout Sebagai Pembungkus As Baling-Baling", PT. PAL Indonesia Surabaya, 1996.

Abdurahim Martawijaya, "Kayu Untuk Industri Perkapalan Di Indonesia", Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor, 1978.

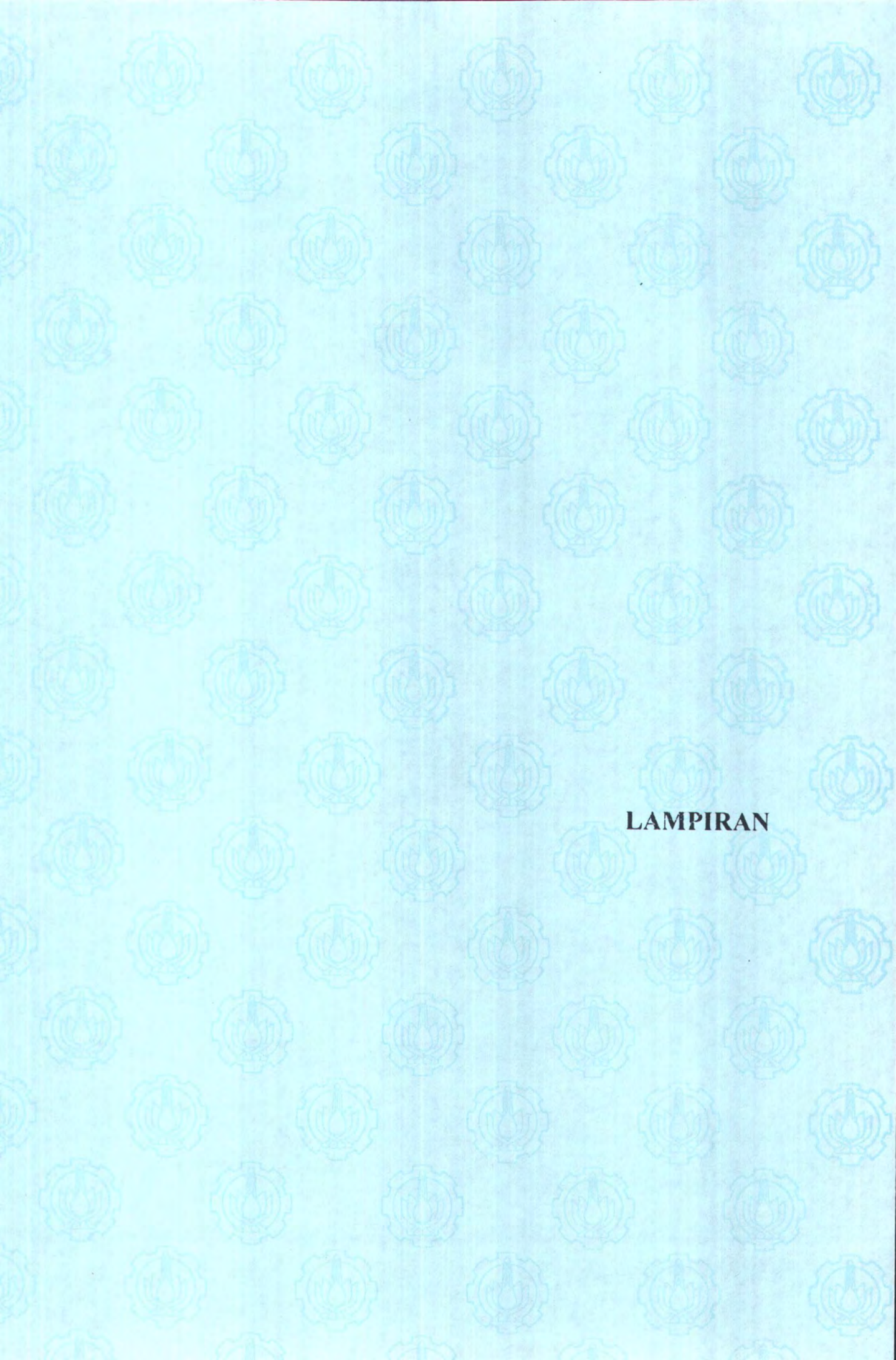
Badan Inventaris dan Tata Guna Hutan (1987), "Potensi Masa Kayu Kurang Dikenal", Makalah Utama Diskusi Pemanfaatan Kayu Kurang Dikenal, 13-14 Januari, Bogor.

Wardi dan Soewarsono, P.H. (1963), "Penyelidikan Pendahuluan Tentang Sifat Sifat Fisik dan Mekanis Kayu-Kayu Indonesia", LPHH, Bogor.

United States Departement of Agricullture Wood Handbook, Wood As An Engineering Matarial", Washington D.C. US. Government Printing Office, 1974.

Haygreen. J.G. and J.L. Bowyer (1963), "Hasil Hutan dan Ilmu Kayu Suatu Pengantar," Terjemahan Gajah Mada University Press Jogjakarta.

Deutch Industri Norm DIN 52184



LAMPIRAN

dibagi ke dalam lima kelas yang ditetapkan menurut berat jenisnya dengan metode klasifikasi seperti tercantum dalam tabel 3, yang menunjukkan hubungan antara berat jenis dengan keteguhan lentur dan keteguhan tekan (DEN BERGER 1923). Dapat dimengerti bahwa klasifikasi kekuatan kayu tersebut bersifat sangat global, karena semata-mata didasarkan kepada berat jenis saja.

Dengan demikian keterangan berat jenis dan kelas kuat kayu jati ditulis selengkapnya menjadi: 0,67 (0,62 - 0,75); II. Apabila kelas kuat suatu jenis kayu cukup bervariasi, maka penulisan dimulai dengan angka kelas kuat yang paling banyak terdapat pada jenis tersebut. Dengan demikian akan terdapat beberapa kemungkinan penulisan, seperti misalnya pada kayu kapur:

- D. aromatica* 0,81 (0,63 - 0,94); II - I
- D. fusca* 0,84 (0,78 - 0,90); II
- D. lanceolata* 0,74 (0,61 - 1,01); II - (I)
- D. beccarii* 0,59 (0,60 - 0,71); III - II

Angka kelas kuat yang terdapat dalam tanda kurung seperti pada *D. lanceolata* menunjukkan bahwa jenis yang bersangkutan kadang-kadang termasuk ke dalam kelas kuat tersebut.

Tabel 3. Kelas kuat kayu

Kelas kuat	Berat jenis	Keteguhan lentur mutlak (kg/cm ²)	Keteguhan tekan mutlak (kg/cm ²)
I	lebih dari 0,90	lebih dari 1100	lebih dari 650
II	0,60 - 0,90	725 - 1100	435 - 650
III	0,40 - 0,60	500 - 725	300 - 425
IV	0,30 - 0,40	360 - 500	215 - 300
V	kurang dari 0,30	kurang dari 360	kurang dari 215

Sumber: DEN BERGER (1923).

3. Penyusutan

Apabila tidak ada keterangan lain, penyusutan dihitung dari keadaan basah sampai kering udara, kering teoritis atau sampai kadar air tertentu. Dalam keadaan khusus kadang-kadang dicantumkan nilai penyusutan yang dihitung dari kadar air tertentu (bukan dari keadaan basah).

Penyusutan dinyatakan dalam persen dan di belakang masing-masing angka dalam tanda kurung dicantumkan apakah penyusutan tersebut terjadi dalam arah radial (R) atau tangensial (T). Misalnya penyusutan kayu jati sampai kering teoritis ditulis sebagai berikut: 2,8% (R) dan 5,2% (T).

Penyusutan dalam arah longitudinal tidak dicantumkan dalam risalah ini, karena umumnya bernilai kecil sehingga dapat diabaikan.

J. Sifat mekanis

Sifat mekanis atau keteguhan kayu merupakan salah satu sifat penting yang dapat dipakai untuk menduga kegunaan suatu jenis kayu. Dalam risalah ini disajikan nilai rata-rata keteguhan kayu dalam keadaan basah dan kering udara. Nilai keteguhan diperoleh dari hasil pengujian dengan menggunakan contoh uji ukuran kecil yang bebas cacat, karena itu dalam penggunaan nilai keteguhan yang disajikan di sini untuk tujuan praktis perlu memperhitungkan berbagai faktor penyesuaian, antara lain cacat, lama pembebanan, kadar air dan dimensi.

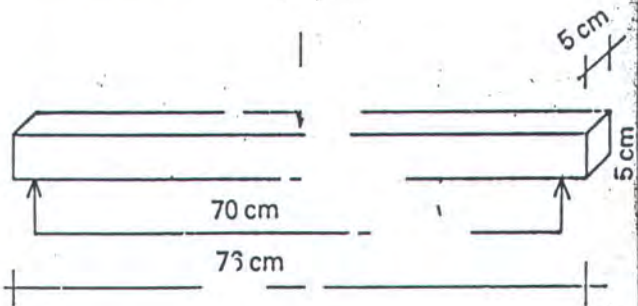
Untuk pengujian keteguhan tarik, geser, lentur dan belah digunakan metode ASTM D 143-52, sedangkan untuk keteguhan pukul dan keteguhan tekan sejajar arah serat dipakai metode Eropah daratan (bagan MONNIN) dan untuk pengujian kekerasan digunakan metode JANKA. Alat pengujian yang digunakan adalah Universal Testing Machine merk AMSLER dengan kapasitas sampai 100 ton dan BALDWIN tipe 60 HVP dengan kapasitas 60.000 lb.

Prosedur pengujian untuk masing-masing sifat keteguhan serta ukuran dan bentuk contoh uji yang digunakan diuraikan secara ringkas dalam literatur di bawah ini.

1. Keteguhan lentur statik

Keteguhan lentur dengan pembebanan di tengah (centre point loading) meliputi tegangan pada batas proporsi (kg/cm²), tegangan pada batas patah (kg/cm²), modulus elastisitas (1.000 kg/cm²), usaha sampai batas proporsi (kgm/dm³) dan usaha sampai batas patah (kgm/dm³).

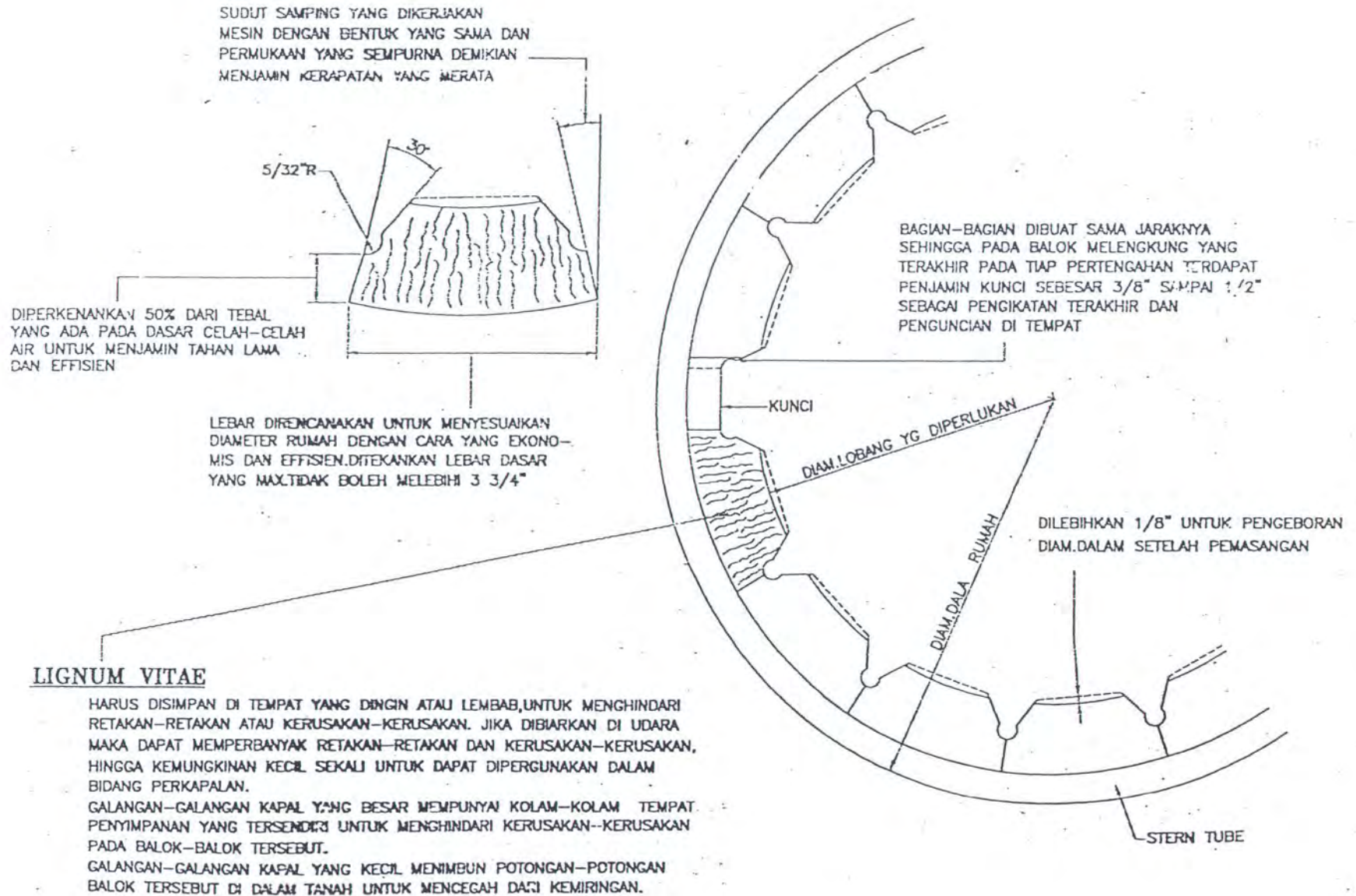
Contoh uji yang digunakan berukuran 5 cm x 5 cm x 76 cm atau 5 cm x 5 cm x 90 cm dengan jarak sangga 70 cm.

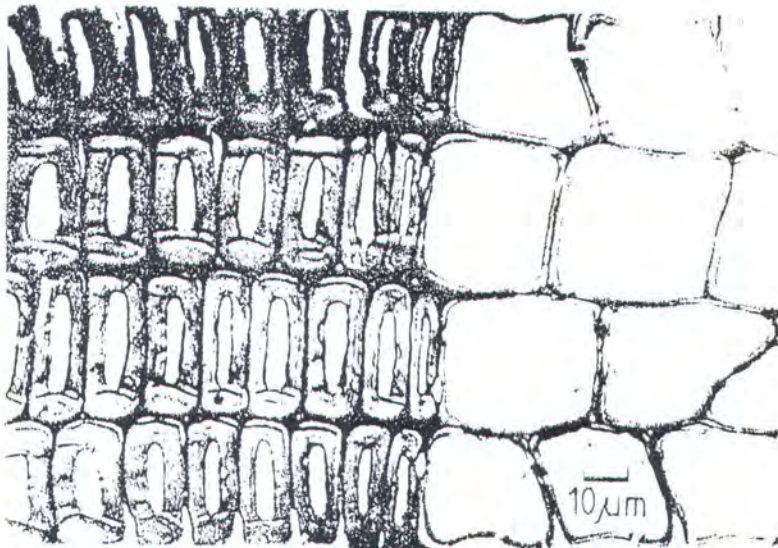
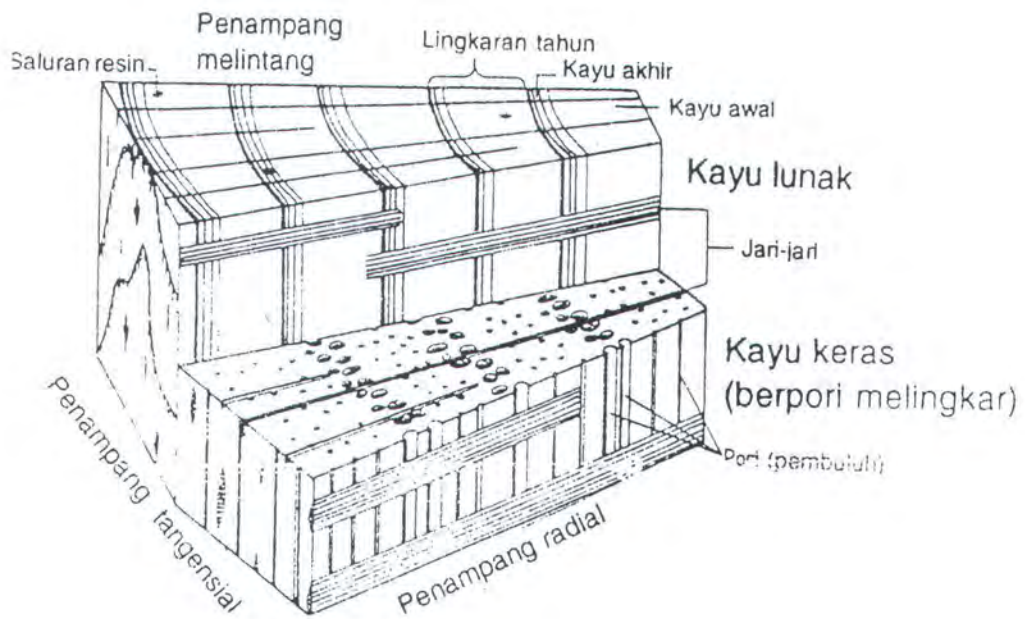


2. Keteguhan pukul

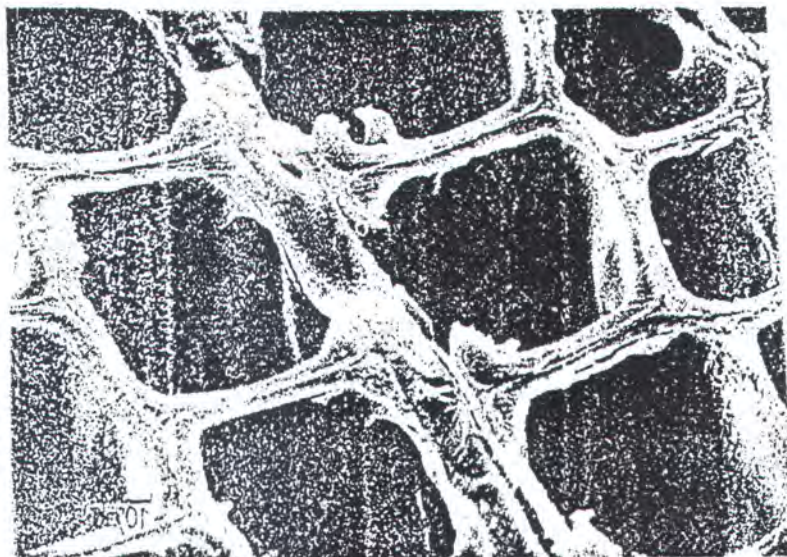
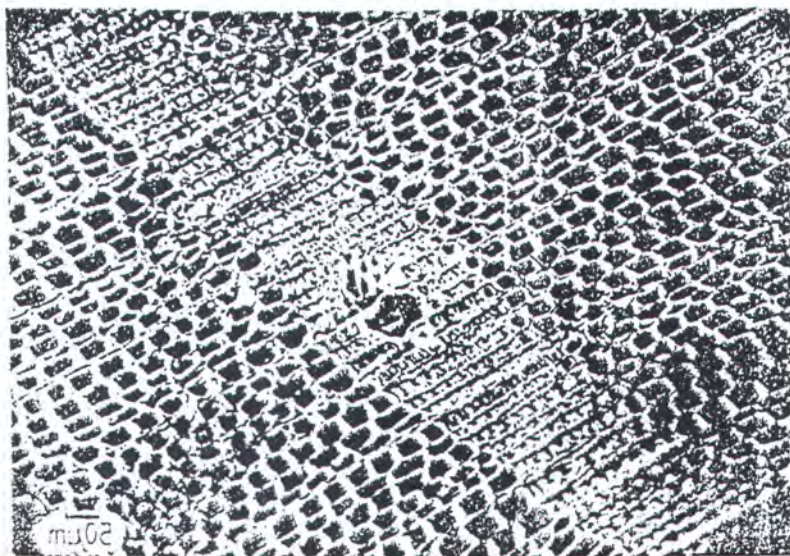
Pengujian keteguhan pukul dilakukan dalam arah radial dan tangensial (kgm/dm³) dengan menggunakan contoh uji yang berukuran 2 cm x 2 cm x 30 cm dengan jarak sangga 24 cm.

Gambar segmen kayu pokhout sebagai bantalan poros propeller.

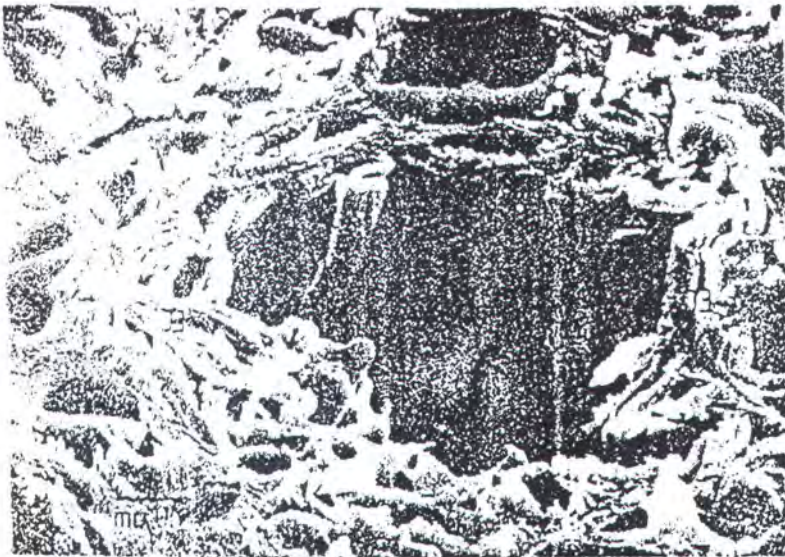




Gambar penampang lintang batas lingkaran tahun dalam kayu. Mikrograf cahaya.



Gambar penampang lintang kayu. Mikrograf cahaya.



Gambar penampang lintang kayu yang sangat diperbesar.
Mikrograf cahaya.