



TUGAS AKHIR - MN141581

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS KAYU ANGSANA
(*PTEROCARPUS INDICUS*) SEBAGAI MATERIAL
PEMBANGUNAN KAPAL IKAN**

**WILDANIS MIFTAHUL ABROR
NRP. 4112100063**

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.
Imam Baihaqi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR - MN141581

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS KAYU ANGSANA
(*PTEROCARPUS INDICUS*) SEBAGAI MATERIAL
PEMBANGUNAN KAPAL IKAN**

**WILDANIS MIFTAHUL ABROR
NRP. 4112100063**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.
Imam Baihaqi, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



FINAL PROJECT - MN141581

**TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF ANGSANA
WOOD (*PTEROCARPUS INDICUS*) AS FISHING VESSEL
SHIPBUILDING MATERIAL**

**WILDANIS MIFTAHUL ABROR
NRP. 4112100063**

Supervisor

**Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.
Imam Baihaqi, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS KAYU ANGSANA (*PTEROCARPUS INDICUS*) SEBAGAI MATERIAL PEMBANGUNAN KAPAL IKAN

TUGAS AKHIR

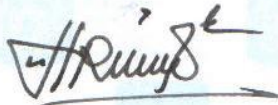
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Industri Perkapalan
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

WILDANIS MIFTAHUL ABROR
NRP. 4112100063

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.
NIP. 19640416 198903 1 003

Dosen Pembimbing II



Imam Bahagi, S.T., M.T.
NIP. 19890128 201504 1 003

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, JULI 2018

LEMBAR REVISI

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS KAYU ANGSANA (*PTEROCARPUS INDICUS*) SEBAGAI MATERIAL PEMBANGUNAN KAPAL IKAN

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 6 Juli 2018

Bidang Keahlian Industri Perkapalan
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

WILDANIS MIFTAHUL ABROR
NRP. 0411124000063

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.



2. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.



3. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.



4. Mohammad Sholikhhan Arif, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.



2. Imam Baihaqi, S.T., M.T.



SURABAYA, JULI 2018

Karya Tulis ini saya persembahkan untuk

Yang terkasih, terindah dan tercinta

Papa saya Drs. Hudyana Utama

Mama saya Dra. Elsy Sandra Wijaya

Adik pertama saya Fitriyana Miftahul Dini

Adik kedua saya Hira Novadza Alqaeda

Adik ketiga saya Dafin Rahmat Caesar

Dan

Kepada pemilik semesta

ALLAH

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas nikmatNya, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Tujuan penulisan tugas akhir ini guna memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS. Selain itu penulisan tugas akhir ini juga sebagai wujud kontribusi serta syukur kepada bangsa dan negara yang kaya ini.

Pada kesempatan ini Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini dan;
2. Bapak Imam Baihaqi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingannya dalam penulisan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc., Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T., Bapak Mohammad Sholikhhan Arif, S.T., M.T., Bapak Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Pardi, Bapak Fairil, Bapak Joko selaku Teknisi Laboratorium Produksi dan Konstruksi Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini;
5. Keluarga besar FORECASTLE P52 yang tiada henti memberikan motivasi dan dukungan baik moral maupun materiil;
6. Keluarga besar Teater Keong dan Kuwalisi Kendho Kenceng yang selalu memberikan kritik terhadap penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari baik sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 25 Juli 2018

Wildanis Miftahul Abror

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS KAYU ANGSANA (*PTEROCARPUS INDICUS*) SEBAGAI MATERIAL PEMBANGUNAN KAPAL IKAN

Nama Mahasiswa : Wildanis Miftahul Abror
NRP : 4112100063
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.
2. Imam Baihaqi, S.T., M.T.

ABSTRAK

Semakin langkanya kayu, yang umum digunakan sebagai material pembangunan kapal ikan. Menyebabkan perlunya penelitian kayu alternatif guna sebagai material pembangunan kapal ikan. Angsana merupakan satu jenis kayu yang layak diteliti, karena pertumbuhannya yang cepat, kayunya tergolong Kelas Awet II dan belum ada penelitian kayu Angsana sebagai material kapal. Pada tugas akhir ini dibahas potensi kayu Angsana untuk konstruksi kapal berdasarkan hasil uji fisik dan mekanik, sesuai dengan ketentuan dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Metode penelitian yang dilakukan pertama, yaitu pengujian tarik, tekan dan lentur serta pengujian fisis. Kedua, nilai hasil pengujian divalidasikan sesuai persyaratan minimum BKI. Ketiga, ditentukan bagian konstruksi apa saja yang memenuhi persyaratan. Keempat, dilakukan perhitungan ekonomisnya. Metode pengujian sifat mekanis kayu mengacu pada standar ASTM D143-14. Dari hasil penelitian diketahui berat jenis kayu Angsana umur 23 tahun sebesar 0,59 g/cm³ dan kayu Angsana umur 8 tahun sebesar 0,51 g/cm³. Sifat mekanis kayu Angsana umur 23 tahun memiliki kuat tarik 104,34 MPa, kuat tekan 12,68 MPa dan kuat lentur 74,92 MPa. Dan kayu Angsana umur 8 tahun memiliki kuat tarik 70,10 MPa, kuat tekan 10,74 MPa dan kuat lentur 52,15 MPa. Maka, kayu Angsana memenuhi kategori Kelas Kuat III berdasarkan standar BKI. Kayu Angsana umur 23 tahun dapat digunakan untuk bagian konstruksi Kulit Sisi, Balok Geladak, Galar, Geladak dan Bangunan Atas. Sedangkan kayu Angsana umur 8 tahun dapat digunakan untuk bagian konstruksi Balok Geladak, Geladak dan Bangunan Atas. Dari penghitungan ekonomisnya besaran biaya pembangunan kapal 30 GT menggunakan kayu Jati sebesar Rp 550.146.172,-. Penggantian konstruksi dengan kayu Angsana umur 23 tahun mengurangi biaya pembangunan 23% menjadi Rp 420.904.694,-. Penggantian dengan kayu Angsana umur 8 tahun mengurangi biaya pembangunan 14% menjadi Rp 474.269.233,-. Dan penggantian dengan kombinasi kayu Angsana umur 23 tahun & 8 tahun mengurangi biaya pembangunan 25% menjadi Rp 413.472.037,-.

Kata kunci: Kayu Angsana, *Pterocarpus Indicus*, sifat fisis kayu, sifat mekanik kayu, kapal ikan.

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF ANGSANA WOOD (PTEROCARPUS INDICUS) AS FISHING VESSEL SHIPBUILDING MATERIAL

Author : Wildanis Miftahul Abror
ID No. : 4112100063
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology
Supervisors : 1. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.
2. Imam Baihaqi, S.T., M.T.

ABSTRACT

The scarcity of wood, which is commonly used as a material for the construction of fishing boats. Causing the need for alternative wood research as a material for the construction of fishing boats. Angsana is a one kind of wood that is worthy of research, because of its rapid growth, categorized Durable Class II and there is no research of Angsana as ship material. In this final project discussed the potential of Angsana for ship construction based on physical and mechanical test results, in accordance with the provisions of the Indonesian Bureau of Classification (BKI). The first research method, is tensile, compress and flexural testing and physical examination. Second, the test result is validated according to the minimum requirements of BKI. Third, determined what parts of the construction meet the requirements. Fourth, the economic calculation. Testing method of the mechanical properties refers to ASTM standard D143-14. From the research result, it is known that specific gravity of 23 years old Angsana is 0,59 g/cm³ and 8 years old Angsana is 0,51 g/cm³. Mechanical properties of 23 years old Angsana has a tensile strength of 104.34 MPa, compressive strength 12.68 MPa and flexure strength of 74.92 MPa. And 8 years old Angsana has a tensile strength of 70.10 MPa, compressive strength of 10.74 MPa and flexural strength of 52.15 MPa. Therefore, Angsana meets the category of Strong Class III based on BKI standard. 23 years old Angsana can be used for construction of Side Shell, Deck Beams, Decks and Superstructures. While 8 years old Angsana can be used for the construction of Deck and Superstructures. From the calculation of the economics, amount of shipbuilding costs of 30 GT using Teak in the amount of Rp. 550,146,172. Construction replacement with 23 year old Angsana reduces build costs 23% to Rp 420,904,694. Replacement with 8 year old Angsana reduces build cost by 14% to Rp 474,269,233, - and replacement with Angsana combination aged 23 years & 8 years reduces build cost 25% to Rp 413,472,037,-.

Keywords: Angsana Wood, Pterocarpus Indicus, mechanical properties of wood, fishing boats.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR REVISI.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Hipotesis	3
BAB 2 DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kapal Kayu	5
2.1.1 Kapal Ikan.....	6
2.1.2 Populasi Kapal Ikan.....	10
2.1.3 Konstruksi Kapal Ikan	10
2.1.4 Material Kayu Sebagai Bahan Pembangunan Kapal Ikan.....	11
2.1.5 Ketersediaan Bahan Kayu	12
2.2 Kayu Angsana.....	13
2.2.1 Penyebaran dan Pertumbuhan Angsana	15
2.2.2 Sifat Fisis dan Sifat Khusus Angsana.....	16
2.2.3 Pemanfaatan Angsana.....	17
2.2.4 Pembudidayaan Angsana.....	18
2.2.5 Harga Kayu Angsana.....	19
2.3 Kayu Jati	20
2.3.1 Penyebaran dan Pertumbuhan Jati.....	21
2.3.2 Sifat Fisis dan Sifat Khusus Jati	22

2.3.3	Pemanfaatan Jati	23
2.3.4	Pembudidayaan Jati.....	23
2.3.5	Harga Jati	25
2.4	Standar Pengujian Sifat Mekanik.....	26
2.4.1	Kuat Tarik	27
2.4.2	Kuat Tekan.....	29
2.4.3	Kuat Lentur	30
2.5	Klasifikasi dan Peraturan Kapal Ikan	31
2.5.1	BKI 2013 Volume VII Peraturan Untuk Kapal Kecil ≤ 24 Meter	33
2.5.2	Penghitungan Bagian Konstruksi.....	37
2.6	Analisis Ekonomis.....	40
2.6.1	Biaya Produksi	40
2.6.2	Biaya Bahan Baku.....	41
2.6.3	Biaya Tenaga Kerja.....	41
2.6.4	Biaya <i>Overhead</i> Pabrik	41
2.6.5	Tahapan Kalkulasi Biaya Produksi Pesanan	42
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	43
3.1	Pendahuluan	43
3.2	Perumusan Masalah dan Tujuan.....	43
3.3	Studi Literatur.....	43
3.4	Metode Pengujian Sifat Mekanik.....	43
3.5	Penghitungan dan Penentuan Sifat Mekanik Sesuai Pengujian	48
3.6	Penghitungan Ukuran Konstruksi Berdasarkan Pengujian	49
3.7	Analisis dan Pembahasan	49
3.8	Kesimpulan.....	49
BAB 4	DATA HASIL PENGUJIAN SIFAT fisik dan MEKANIK.....	51
4.1	Berat Jenis Kayu Angsana.....	51
4.2	Hasil Pengujian Kuat Tarik	52
4.3	Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	55
4.4	Hasil Pengujian Kuat Lentur	59
4.5	Rekapitulasi dan Perbandingan Hasil Uji Terhadap Standard Biro Klasifikasi	61
BAB 5	ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS	63
5.1	Analisis Teknis	63
5.1.1	Data dan Desain Kapal.....	63

5.1.2	Jenis Komponen Konstruksi Kapal Ikan	64
5.1.3	Ukuran Konstruksi Kapal	64
5.1.4	Perbandingan Ukuran Konstruksi Kayu Jati dan Kayu Angsana	65
5.2	Analisis Ekonomis	67
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	73
6.1	Kesimpulan	73
6.2	Saran	73
	DAFTAR PUSTAKA	75
	LAMPIRAN	
	LAMPIRAN A DATA HASIL UJI TARIK	
	LAMPIRAN B DATA HASIL UJI TEKAN	
	LAMPIRAN C DATA HASIL UJI LENTUR	
	LAMPIRAN D GRAFIK <i>STRESS-STRAIN</i> UJI TARIK	
	LAMPIRAN E GRAFIK <i>STRESS-STRAIN</i> UJI TEKAN	
	LAMPIRAN F GRAFIK <i>STRESS-STRAIN</i> UJI TEKUK	
	LAMPIRAN G PENGHITUNGAN UKURAN KONSTRUKSI	
	LAMPIRAN H PENGHITUNGAN EKONOMIS	
	LAMPIRAN J TABEL BKI 2013 VOLUME VII	
	BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perahu <i>dhow</i>	5
Gambar 2.2 Pinisi dari Sulawesi	6
Gambar 2.3 Kapal jenis net hauler dengan drum net	7
Gambar 2.4 Kapal compreg	7
Gambar 2.5 Kapal pukot jenis dogol	8
Gambar 2.6 Kapal pukot tarik secara manual	8
Gambar 2.7 Kapal <i>trawl</i>	9
Gambar 2.8 Kapal <i>pole and line</i>	9
Gambar 2.9 Konstruksi melintang kapal kayu	10
Gambar 2.10 Sifat <i>orthotropic</i> kayu	12
Gambar 2.11 Pohon Angsana	14
Gambar 2.12 Pohon Angsana dengan akar yang menjalar di tanah	14
Gambar 2.13 (1) Pohon angsana, (2) Bunga pohon angsana, (3) Buah pohon angsana	15
Gambar 2.14 Pemanfaatan kayu angsana sebagai produk furnitur	17
Gambar 2.15 Pemanfaatan angsana sebagai pohon peneduh	18
Gambar 2.16 Kayu Jati unggul	21
Gambar 2.17 Penanaman Jati di daerah Pati	22
Gambar 2.18 Buah pohon Jati	24
Gambar 2.19 Pembibitan Jati dengan stek	24
Gambar 2.20 Grafik pengaruh kandungan air terhadap susut kayu	26
Gambar 2.21 Gaya tarik tegak lurus serat pada kayu	27
Gambar 2.22 Gaya tarik sejajar serat pada kayu	28
Gambar 2.23 Gaya tekan sejajar serat pada kayu	29
Gambar 2.24 Gaya tekan tegak lurus serat pada kayu	29
Gambar 2.25 Gaya tarik dan tekan pada kayu	30
Gambar 2.26 Ukuran utama kapal	35
Gambar 2.27 Ukuran-ukuran pada linggi buritan	36
Gambar 2.28 Sambungan lunas kapal	38
Gambar 3.1 Tempat pengumpulan kayu	44
Gambar 3.2 Lingkaran tahun pada potongan melintang kayu	44
Gambar 3.3 Pemotongan kayu gelondong	45
Gambar 3.4 Papan kayu hasil pemotongan gelondong	45

Gambar 3.5 a) dimensi spesimen uji tarik tegak lurus serat, b) dimensi spesimen uji tarik sejajar serat.....	46
Gambar 3.6 a) spesimen uji tarik tegak lurus serat, b) spesimen uji sejajar serat	46
Gambar 3.7 a) dimensi spesimen uji tekan tegak lurus serat, b) dimensi spesimen uji tekan sejajar serat	47
Gambar 3.8 a) spesimen uji tekan tegak lurus serat, b) spesimen uji tekan sejajar serat	47
Gambar 3.9 Dimensi spesimen uji lentur (<i>bending</i>).....	47
Gambar 3.10 spesimen uji lentur (<i>bending</i>)	48
Gambar 3.11 Pengujian spesimen	48
Gambar 3.12 Diagram Alir Penelitian.....	50
Gambar 4.1 Pengukuran berat kayu spesimen.....	51
Gambar 4.2 a) Grafik <i>load</i> b) grafik <i>stress-strain</i> , hasil pengujian tarik sejajar serat spesimen umur 23 tahun.....	52
Gambar 4.3 a) Grafik <i>load</i> b) grafik <i>stress-strain</i> , hasil pengujian tarik sejajar serat spesimen umur 8 tahun.....	53
Gambar 4.4 a) Grafik <i>load</i> b) grafik <i>stress-strain</i> , hasil pengujian tarik tegak lurus serat spesimen umur 23 tahun.....	54
Gambar 4.5 Grafik <i>load</i> b) grafik <i>stress-strain</i> , hasil pengujian tarik tegak lurus serat spesimen umur 8 tahun.....	55
Gambar 4.6 a) Grafik <i>load</i> b) grafik <i>stress-strain</i> , hasil pengujian tekan sejajar serat spesimen umur 23 tahun.....	56
Gambar 4.7 a) Grafik <i>load</i> b) grafik <i>stress-strain</i> , hasil pengujian tekan sejajar serat spesimen umur 8 tahun.....	57
Gambar 4.8 a) Grafik <i>load</i> b) grafik <i>stress-strain</i> , hasil pengujian tekan tegak lurus serat spesimen umur 23 tahun.....	58
Gambar 4.9 a) Grafik <i>load</i> b) grafik <i>stress-strain</i> , hasil pengujian tekan tegak lurus serat spesimen umur 8 tahun.....	59
Gambar 4.10 a) Grafik <i>load</i> b) grafik <i>stress-strain</i> , hasil pengujian lentur spesimen umur 23 tahun	60
Gambar 4.11 a) Grafik <i>load</i> b) grafik <i>stress-strain</i> , hasil pengujian lentur spesimen umur 23 tahun	61
Gambar 5.1 Desain Linesplan yang digunakan	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jumlah kapal/perahu di Jawa Timur	10
Tabel 2.2 Luas tebang jati	13
Tabel 2.3 Luas tebang rimba campuran	13
Tabel 2.4 Harga kayu Angsana	20
Tabel 2.5 Harga kayu jati	25
Tabel 2.6 Hubungan berat jenis dan kuat kayu	27
Tabel 2.7 Singkatan standar klasifikasi kapal	32
Tabel 2.8 Klasifikasi kapal berdasarkan tenaga penggerak dan ukuran	33
Tabel 2.9 Pembagian komponen struktur berdasarkan berat jenis minimal	37
Tabel 2.10 Sambungan lunas berdasarkan panjang kapal.....	38
Tabel 2.11 Kelas kuat kayu berdasarkan berat jenisnya	39
Tabel 4.1 Berat jenis spesimen Kayu Angsana	51
Tabel 4.2 Hasil uji tarik sejajar serat, kayu umur 23 tahun	52
Tabel 4.3 Hasil uji tarik sejajar serat, kayu umur 8 tahun	53
Tabel 4.4 Hasil uji tarik tegak lurus serat, kayu umur 23 tahun	54
Tabel 4.5 Hasil uji tarik tegak lurus serat, kayu umur 8 tahun	55
Tabel 4.6 Hasil uji tekan sejajar serat, kayu umur 23 tahun	56
Tabel 4.7 Hasil uji tekan sejajar serat, kayu umur 8 tahun	57
Tabel 4.8 Hasil uji tekan tegak lurus serat, kayu umur 23 tahun	58
Tabel 4.9 Hasil uji tekan tegak lurus serat, kayu umur 8 tahun	59
Tabel 4.10 Hasil uji lentur, kayu umur 23 tahun	60
Tabel 4.11 Hasil uji lentur, kayu umur 8 tahun	61
Tabel 4.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian	62
Tabel 5.1 Komponen konstruksi berdasarkan hasil pengujian	64
Tabel 5.2 Ukuran konstruksi kapal	65
Tabel 5.3 Perbandingan ukuran komponen Jati dan Angsana umur 23 Tahun.....	66
Tabel 5.4 Perbandingan ukuran komponen Jati dan Angsana umur 8 Tahun.....	66
Tabel 5.5 Harga kayu per kubik.....	67
Tabel 5.6 Biaya Material Jati	67
Tabel 5.7 Biaya Material Jati dan Angsana umur 23 tahun	68
Tabel 5.8 Biaya Material Jati dan Angsana umur 8 tahun	68
Tabel 5.9 Biaya Material Angsana umur 8 tahun dan 23 tahun.....	69

Tabel 5.10 Biaya Sub Material	69
Tabel 5.11 Biaya Upah Tenaga Kerja per Jam Orang	70
Tabel 5.12 Total Biaya Tenaga Kerja.....	70
Tabel 5.13 Biaya <i>Overhead</i>	70
Tabel 5.14 Rekapitulasi biaya total pembangunan kapal	71

DAFTAR SIMBOL

$\sigma_{t\perp}$	= Kuat tarik tegak lurus serat
$\sigma_{t\parallel}$	= Kuat tarik sejajar serat
P	= Beban
A	= Luas bidang yang dikenai beban
$\sigma_{c\perp}$	= Kuat tekan tegak lurus serat
$\sigma_{c\parallel}$	= Kuat tekan sejajar serat
σ_b	= Kuat tekuk
ε	= Regangan
ΔL	= Selisih antara panjang awal dan panjang setelah pengujian
MoE	= Modulus elastisitas
D	= Displasemen
ρ	= Massa jenis air
V	= Volume kapal yang tercelup hingga garis air

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Semakin lama jumlah populasi kayu semakin berkurang, disebabkan oleh berbagai hal seperti semakin bertambahnya pembukaan hutan untuk lahan perkebunan, hunian maupun eksplorasi bahan tambang. Menurunnya jumlah luas lahan hutan tidak dibarengi dengan penanaman kembali. Padahal kebutuhan kayu semakin bertambah seiring dengan meningkatnya industri kayu ataupun industri yang menggunakan kayu sebagai material. Khususnya dalam bidang perkapalan, di Indonesia jumlah kapal kayu masih cukup banyak dan minat pembangunan kapal kayu juga masih tinggi mengingat Indonesia merupakan negara dengan garis pantai yang panjang sehingga banyak penduduk yang berprofesi sebagai nelayan. Selama ini nelayan di Indonesia cenderung masih menyukai kapal berbahan kayu daripada kapal fiberglass atau kapal logam. Karena kayu dapat menambah daya apung kapal, selain itu ketika terjadi kecelakaan (misal: kapal pecah) maka kayu dapat dijadikan alat keselamatan.

Selama ini jenis kayu yang lazim digunakan sebagai material kapal kayu adalah Jati, Meranti Merah, Ulin, Sengon, atau Mahoni. Kayu-kayu tersebut adalah jenis kayu yang kuat namun ketersediaannya sedikit. Dengan terus bertambahnya permintaan terhadap kayu-kayu tersebut, tentu dibutuhkan suatu alternatif jenis kayu lain yang dapat dimanfaatkan untuk material kapal kayu. Oleh sebab itu diperlukan alternatif jenis kayu lain sebagai material pembangunan kapal kayu. Kayu alternatif pengganti sebisa mungkin memiliki kekuatan dan keawetan seperti kayu yang lazim digunakan.

Salah satu jenis kayu yang memiliki kekuatan cukup baik adalah Angsana (*Pterocarpus Indicus*). Angsana termasuk dalam kelas kuat II dan kelas awet II sehingga sangat memungkinkan untuk diteliti penggunaannya sebagai material kapal kayu. Angsana mudah untuk dikembangbiakkan baik dengan cara stek maupun biji (Elevitch, et al., 2006), pertumbuhannya juga tergolong cepat (*fast grow tree*) dibandingkan dengan kayu lain yang lazim digunakan sebagai material kapal kayu. Untuk mengetahui kelayakan kayu Angsana sebagai material kapal tentu harus mengetahui bagaimana karakteristik sifat mekanik kayu Angsana.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana sifat fisik dan mekanik kayu Angsana?
2. Apakah sifat fisik dan mekanik kayu Angsana memenuhi standar Biro Klasifikasi Indonesia?
3. Pada bagian konstruksi apakah kayu Angsana dapat dimanfaatkan pada kapal?
4. Bagaimana nilai ekonomis komponen konstruksi kapal ikan yang menggunakan kayu Angsana dibandingkan dengan kayu Jati?

1.3 Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan penelitian maka, batasan-batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah:

- Material yang digunakan sebagai spesimen uji adalah Angsana (*Pterocarpus indicus*).
- Sifat mekanis kayu yang dimaksud adalah kuat tarik, kuat tekan dan kuat lentur.
- Standard pengujian sifat mekanis kayu berdasarkan ASTM (*American Standard and Testing Method*) D143-14.
- Variasi pengujian dilakukan untuk umur kayu 8 tahun dan 23 tahun.
- Kelas awet kayu ditentukan melalui studi literatur.
- Sifat mekanis kayu Jati ditentukan melalui studi literatur.
- Standar konstruksi untuk kapal ikan berdasarkan BKI tahun 2013 Volume VII tentang peraturan kapal kecil dengan ukuran ≤ 24 meter.
- Ukuran konstruksi kapal yang digunakan sebagai perbandingan, berupa 1 bagian konstruksi.
- Data ukuran kapal untuk penghitungan konstruksi diperoleh dari studi literatur.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui sifat fisik dan mekanik kayu Angsana.

2. Mengetahui pemenuhan sifat fisik dan mekanik kayu Angsana berdasarkan standar Biro Klasifikasi Indonesia.
3. Mengetahui bagian kapal yang dapat memanfaatkan kayu Angsana.
4. Mendapatkan nilai ekonomis komponen konstruksi kapal ikan yang menggunakan kayu Angsana dan kayu Jati.

1.5 Manfaat

Adapaun manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan tugas akhir ini dapat digunakan sebagai sumber pustaka untuk penelitian kapal ikan yang menggunakan material kayu Angsana. Baik aspek teknis maupun ekonomisnya.
- Secara praktis, diharapkan hasil pengerjaan tugas akhir ini dapat menjadi acuan bagi pihak galangan dan industri maritim guna pembuatan kapal ikan menggunakan material alternatif kayu Angsana.

1.6 Hipotesis

Hipotesis awal dari penulisan tugas akhir ini adalah kayu Angsana memiliki sifat fisis dan mekanis yang memenuhi persyaratan Biro Klasifikasi dan dapat menjadi material alternatif pembangunan kapal ikan yang ekonomis.

[Halaman sengaja dikosongkan]

BAB 2

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Kayu

Kapal merupakan salah satu jenis transportasi yang penting dan sudah ada sejak 4000 tahun sebelum masehi. Sejak saat itu hingga 150 tahun yang lalu pada abad ke 18 dimana mesin uap ditemukan, kapal kayu merupakan pilihan utama dalam mengarungi samudera baik untuk tujuan perdagangan, penelitian maupun penjelajahan ke samudera-samudera. Kapal berkembang baik dari segi tenaga penggerak mulai tenaga manusia, angin, mesin uap, mesin berbahan bakar, hingga mesin tenaga listrik. Dari segi bahan pun kapal berkembang dari sekedar ikatan jerami, kayu, baja, alumunium, plastik, karet hingga semen. (2017). Gambar 2.1 adalah salah satu contoh perahu tradisional bertiang satu (*dhow*).



Gambar 2.1 Perahu *dhow*
Sumber: Cummings, 2013

Secara umum kapal kayu dapat didefinisikan sebagai kapal yang berbahan kayu baik dari lambung maupun bangunan atas. Kapal kayu di Indonesia sendiri erat kaitannya dengan tradisi dan sejarah masyarakat Indonesia, pada zaman kerajaan Majapahit dan Singhasari Indonesia saat itu memiliki armada laut dan kemampuan berlaut yang sudah dikenal hingga ke negeri China. Oleh sebab itu Indonesia sudah selayaknya bangga dengan kemampuan dan sejarahnya akan kemampuan membangun kapal dan berlayar. Salah satu contohnya adalah perahu Pinisi seperti pada Gambar 2.2 yang merupakan perahu khas dari daerah Sulawesi. Salah satu perahu legendaris karena kemampuannya dalam mengarungi samudera. Yang kemasyurannya hingga ke mancanegara.



Gambar 2.2 Pinisi dari Sulawesi
Sumber: Dany, 2016

Pada zaman sekarang, di Indonesia kapal kayu erat kaitannya sebagai kapal ikan dengan desain kapal tradisional. Padahal kapal kayu juga dapat dimanfaatkan untuk hal lain seperti, kapal wisata, kapal penyeberangan, kapal penumpang, kapal kargo dan lain-lain. Namun dalam karya tulis ini hanya akan dibahas kapal kayu berupa kapal ikan tradisional Indonesia.

2.1.1 Kapal Ikan

Kapal ikan seperti disebutkan dalam Undang-Undang RI No. 31 tahun 2004, kapal perikanan adalah kapal, perahu atau alat apung lainnya yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian atau eksplorasi perikanan.

Kapal ikan secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu (Nomura, et al., 1977):

- a. Kapal penangkap ikan yang khusus digunakan dalam operasi penangkapan ikan atau mengumpulkan sumberdaya hayati perairan, antara lain kapal pukat udang, perahu pukat cincin, perahu jaring insang, perahu payang, perahu pancing tonda, kapal rawai, kapal huhate, dan sampan yang dipakai dalam mengumpulkan rumput laut, memancing dan lain lain.
- b. Kapal induk adalah kapal yang dipakai sebagai tempat mengumpulkan ikan hasil tangkapan kapal penangkap ikan dan mengolahnya. Kapal induk juga berfungsi sebagai kapal pengangkut ikan. Hal ini berkaitan dengan pertimbangan efisiensi dan permodalan.
- c. Kapal pengangkut ikan adalah kapal yang digunakan untuk mengangkut hasil perikanan dari kapal induk atau kapal penangkap ikan dari daerah penangkapan ke pelabuhan yang dikategorikan kapal pengangkut.

- d. Kapal penelitian, pendidikan dan latihan adalah kapal ikan yang digunakan untuk keperluan penelitian, pendidikan dan latihan penangkapan, pada umumnya adalah kapal-kapal milik instansi atau dinas.

Kapal ikan juga dapat dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan alat tangkap yang digunakan, seperti dijelaskan dibawah ini:

- Kapal jaring insang

Kapal penangkap ikan yang mengoperasikan alat tangkap jaring insang yang kadangkala juga dilengkapi dengan alat bantu penangkapan ikan berupa pangsi penggulung jaring (*drum net* atau *net hauler*). Gambar 2.3 adalah contoh kapal jaring insang dengan penggulung jaring.



Gambar 2.3 Kapal jenis *net hauler* dengan *drum net*
Sumber: Mukhtar, 2013

- Kapal dengan alat perangkap

Kapal penangkap ikan yang mengoperasikan alat tangkap perangkap yang terkadang dilengkapi dengan perlengkapan penangkapan ikan berupa pangsi penarik tali perangkap. Gambar 2.4 ini adalah kapal compreng yang digunakan untuk memasang bubu atau perangkap:



Gambar 2.4 Kapal compreng
Sumber: Ramli, 2018

- Kapal pukat tarik

Kapal jenis ini menggunakan alat tangkap berupa pukat yang ditarik. Jenis pukatnya antara lain: *danish seine* (dogol), pukat berkapal, *pair seine*, *scottish sene*. Penarikan pukat dapat dilakukan secara manual maupun menggunakan mesin. Gambar 2.5 ini adalah kapal dogol dari daerah Jawa Timur.



Gambar 2.5 Kapal pukat jenis dogol
Sumber: Danil, 2016

- Kapal jaring lingkaran

Kapal penangkap ikan yang mengoperasikan pukat cincin (*purse seine*) dilengkapi dengan salah satu atau beberapa perlengkapan penangkapan ikan berupa blok daya, derek tali kerut, sekoci kerja dan tempat peluncur. Ukuran kapal pukat cincin lebih besar daripada kapal pukat tradisional. Gambar 2.6 ini adalah kapal pukat cincin tradisional dengan pengangkatan manual.



Gambar 2.6 Kapal pukat tarik secara manual
Sumber: Media Indonesia Raya, 2018

- Kapal pukat hela

Kapal penangkap ikan yang mengoperasikan pukat hela (pukat harimau) *Trawl* sendiri merupakan jaring yang berbentuk kerucut yang dioperasikan dengan menghela (*towing*) di perairan dengan menggunakan kapal. Gambar 2.7 ini adalah contoh kapal *trawl* yang menggunakan derek.



Gambar 2.7 Kapal *trawl*
Sumber: Marjaya, 2011

- Kapal pancing

Kapal pancing adalah kapal penangkap ikan yang dipergunakan untuk mengoperasikan pancing yang dilengkapi dengan salah satu atau beberapa perlengkapan penangkapan ikan berupa penarik/penggulung tali (*line hauler*), pengatur tali, pelempar tali, bangku umpan, ban berjalan, bak umpan hidup atau mati dan alat penyemprot air. Gambar 2.8 ini adalah kapal pancing dengan jenis *pole and line* yang menggunakan pancing panjang.



Gambar 2.8 Kapal *pole and line*
Sumber: Dewi, 2010

2.1.2 Populasi Kapal Ikan

Populasi kapal ikan dapat dibagi dalam banyak kategori seperti: wilayah penangkapan, alat tangkap, jenis perairan, dan jenis tenaga pendorong (*inboard engine, outboard engine*), namun pada subbab ini kapal akan dikategorikan berdasarkan daerah pelayaran kapal yaitu Jawa Timur dan jenis tenaga pendorongnya. Seperti yang disajikan Tabel 2.1, data ini diperoleh dari Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap melalui Badan Pusat Statistik (2013).

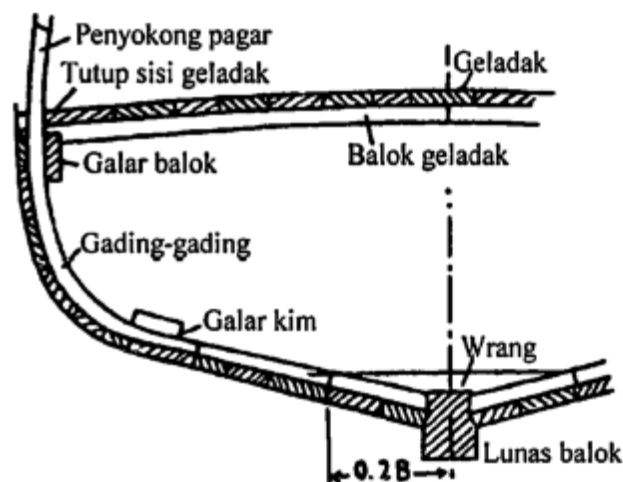
Tabel 2.1 Jumlah kapal/perahu di Jawa Timur

Tahun	Perahu Tanpa Motor	Perahu Motor Tempel	Kapal Motor
2008	6,944	37,961	9,691
2009	6,489	37,884	16,207
2010	6,272	37,553	13,782
2011	7,813	27,195	25,031
2012	308	2,246	4,208
2013	4,280	23,570	27,349

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2013

Dalam karya tulis ini daerah data populasi kapal dibatasi hanya untuk Propinsi Jawa Timur dan dalam penulisan ini besar kapal yang digunakan dibatasi hingga 30 GT, sedangkan data kapal yang digunakan pada Tabel 2.1 adalah kapal ikan dengan ukuran kurang dari 30 GT dengan data statistik terakhir dari tahun 2013.

2.1.3 Konstruksi Kapal Ikan



Gambar 2.9 Konstruksi melintang kapal kayu
Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 1996

Keterangan Gambar:

- Lunas / *keel*
- Wrang / *floors*
- Gading-gading / *frames*
- Kulit / *shell*
- Geladak / *deck*
- Sekat / *bulkheads*
- Galar balok / *beam shelves*
- Balok geladak / *deck beams*
- Galar kim / *bilge planks*

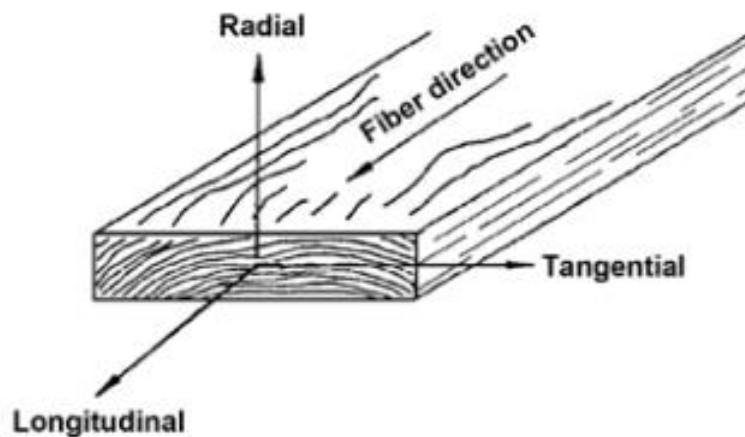
Secara umum konstruksi kapal ikan sama seperti konstruksi kapal kayu lainnya. Namun karakteristik konstruksi kapal kayu tradisional Indonesia berbeda dengan konstruksi kapal kayu luar negeri terutama Eropa. Konstruksi kapal kayu secara melintang terdiri atas bagian-bagian konstruksi utama seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9.

2.1.4 Material Kayu Sebagai Bahan Pembangunan Kapal Ikan

Pemanfaatan kayu sebagai material bahan pembangunan kapal telah dilakukan sejak zaman dahulu khususnya di Indonesia. Dimana pembuatan kapal berbahan kayu memiliki kekhasan dan kemampuan yang khusus baik dari segi pembuat dan pengguna kapal kayu. Berdasarkan sumber dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor (P3HH) diketahui bahwa untuk menjadi kayu yang layak sebagai material pembangunan kapal, maka kayu harus memenuhi faktor-faktor seperti dibawah ini:

- Keawetan : daya tahan kayu terhadap serangan hama dan jamur
- Kekuatan : daya tahan kayu terhadap kekuatan mekanis dari luar
- Kelas Awet : klasifikasi kayu berdasarkan ketahanannya terhadap serangan hama dan jamur, yang dibagi menjadi kelas awet I, II, III, dan IV.
- Kelas Kuat : klasifikasi kayu berdasarkan kekuatannya secara mekanis, yang dibagi menjadi kelas kuat I, II, III, dan IV.

Kayu dapat dideskripsikan sebagai material *orthotropic* yaitu suatu material yang memiliki sifat mekanis tiga arah sumbu yaitu arah memanjang (*longitudinal*), arah jari-jari (*radial*) dan arah bersinggung (*tangential*) seperti terlihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Sifat *orthotropic* kayu
Sumber: Ross, 2010

Besarnya variasi kekuatan dan distribusi gaya pada ketiga arah kayu ini bermacam-macam. Tapi secara umum jika suatu kayu yang memiliki kekuatan *longitudinal*-nya 100, maka kekuatan *radial*-nya berkisar 5 – 10 dan kekuatan *tangential*-nya berkisar 2 – 10. Dimana kekuatan pada arah radial lebih besar dari arah tangensial. Karena besarnya selisih kekuatan ini maka penting untuk memastikan pembagian beban tepat pada arah serat. Yang menjadi sulit adalah ketika suatu pohon tidak dapat tumbuh tegak (Ross, et al., 2010).

2.1.5 Ketersediaan Bahan Kayu

Ketersediaan material kayu sifatnya sangat penting dalam industri pembangunan kapal kayu. Indonesia sendiri merupakan salah satu Negara penghasil kayu di dunia, pulau-pulau yang menghasilkan kayu seperti Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi. Di Jawa Timur sendiri ketersediaan kayu tergolong masih kurang, ini dibuktikan dengan banyaknya perajin kayu ataupun industri pengolahan kayu yang mendapatkan suplai kayu dari luar Jawa Timur. Berdasarkan data dari Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur pada tahun 2010-2014 produksi kayu rakyat Jawa Timur mengalami peningkatan, dari tahun 2010 sebanyak 1.740.120,6750 m³ menjadi 2.924.265,4715 m³ pada tahun 2014. Produksi ini bersifat umum untuk berbagai jenis kayu dan ukuran.

Sedangkan data dari Perhutani Divre Jawa Timur pada tahun 2010-2014 (Dinas Kehutanan Propinsi Jawa Timur, 2014), terjadi penurunan luas tebangan jati seperti pada Tabel 2.2. Karena umur panen Jati yang cukup lama sekitar 50 tahun, maka jati yang saat ini ditebang merupakan hasil tanam pada masa pemerintahan kolonial yaitu sekitar tahun 1940-1950.

Tabel 2.2 Luas tebangan Jati

NO	URAIAN	SATUAN	2010	2011	2012	2013	2014
1	Tebangan A	Ha	902.00	914.00	1071.01	1390.72	1340.15
2	Tebangan B-D	Ha	12107.00	2849.00	6181.85	6181.85	9238.44
3	Tebangan E	Ha	10173.00	36703.00	2619.80	13735.62	9357.92
JUMLAH		Ha	23182.00	40466.00	9872.66	21308.19	19936.51

Sumber: Dinas Kehutanan Propinsi Jawa Timur, 2014

Untuk kayu selain Jati digolongkan ke dalam kayu rimba, biasanya kayu rimba ini adalah hasil sampingan dari kayu tanam utama (seperti Jati). Sifatnya selain untuk pemanfaatan areal hutan juga untuk meningkatkan unsur hara pada tanah. Berdasarkan data dari Perhutani pada tahun 2010-2014 luas tebangan rimba di Jawa Timur mengalami naik turun, seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Luas tebangan rimba campuran

NO	URAIAN	SATUAN	2010	2011	2012	2013	2014
1	Tebangan A	Ha	461.00	458.00	590.28	575.80	601.05
2	Tebangan B-D	Ha	6874.00	5892.00	3899.42	3899.42	4734.45
3	Tebangan E	Ha	4644.00	4406.00	4510.12	5067.68	5282.24
JUMLAH		Ha	11979.00	10756.00	8999.82	9542.90	10617.74

Sumber: Dinas Kehutanan Propinsi Jawa Timur, 2014

Tebangan A yaitu proses pemanenan hasil hutan kayu berdasarkan daur tegakan, luas maupun volume. Tebangan B yaitu proses pemanenan hasil hutan kayu untuk rehabilitasi (tebang tanam). Tebangan C yaitu proses pemanenan hasil hutan kayu untuk mengubah status hutan menjadi kawasan lain. Tebangan D yaitu proses pemanenan tak terduga karena bencana alam. Tebangan E yaitu proses penjarangan untuk tindakan silvikultur.

2.2 Kayu Angsana

Angsana atau sonokembang (*Pterocarpus indicus*) adalah jenis pohon penghasil kayu berkualitas tinggi dari suku *Fabaceae*. Kayunya keras, kemerah-merahan, dan cukup berat. Dalam perdagangan dikelompokkan sebagai *narra* atau *rosewood*, pohonnya seperti pada Gambar 2.11 dan Gambar 2.12. Angsana biasa ditanam orang untuk berbagai keperluan karena dapat dimanfaatkan sebagai tanaman obat atau tanaman penghias. Pohon ini mudah dikembang-biakkan dengan biji maupun dengan stek cabang atau ranting. Pertumbuhan Angsana per tahun berkisar 1,2 m untuk tinggi dan 14cm untuk lebar, ukurannya dapat mencapai 20-30 m tinggi dan 1-1,5 m diameter batang. Karena Angsana mudah dikembang-biakkan dan cepat tumbuh, maka Angsana banyak ditanam oleh masyarakat (Elevitch, et al., 2006).



Gambar 2.11 Pohon Angsana
Sumber: Elevitch, 2006

Kayu Angsana memiliki karakter warna yang cukup beragam mulai dari kuning keemasan hingga coklat kemerahan. Dengan susunan *grain* berupa *interlocked* dan terkadang bergelombang. Teksturnya tidak selalu halus namun kadang kasar dengan kilauan alami apabila terkena cahaya. Kayu ini juga memiliki aroma khas yang keluar dari kayu meski kayu sudah ditebang atau dikerjakan (Elevitch, et al., 2006).

Kayu *narra* (*Pterocarpus spp.*) termasuk kayu keras hingga keras-sedang, berat-sedang, liat dan lenting. Berat jenisnya sekitar 0,55-0,66 pada kadar air 15 %, rata-rata kepadatannya berkisar 720-655 kg/m³. Kayu terasnya tahan lama, termasuk dalam penggunaan yang berhubungan dengan tanah, dan tahan terhadap serangan rayap; namun sukar dimasuki bahan pengawet. Pada umumnya kayu *narra* mudah dikerjakan dan tidak merusak gigi gergaji. Sifat kayu ini sangat baik untuk dibubut dan dipahat; cukup baik untuk diampelas, dipelitur dan direkatkan. Tergolong baik untuk dipaku dan disekrup (Elevitch, et al., 2006)

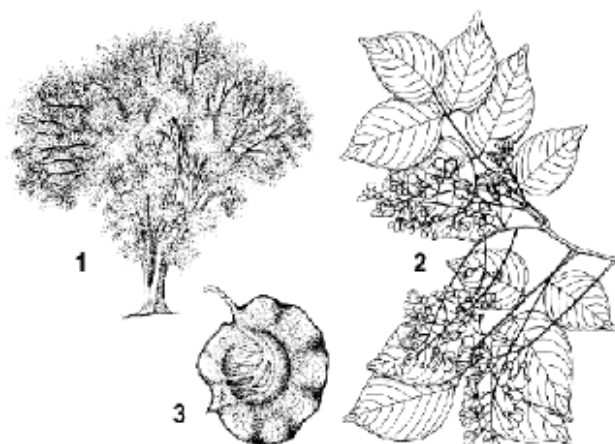


Gambar 2.12 Pohon Angsana dengan akar yang menjalar di tanah
Sumber: C. Elevitch, 2006

2.2.1 Penyebaran dan Pertumbuhan Angsana

Penyebaran alami pohon Angsana berada di Asia Tenggara – Pasifik, mulai Birma Selatan menuju Asia Tenggara sampai Filipina dan kepulauan Pasifik. Angsana dibudidayakan luas di daerah tropis. Sebaran pohonnya ditemukan di hutan primer dan beberapa hutan sekunder dataran rendah, umumnya di sepanjang sungai pasang surut dan pantai berbatu. Angsana merupakan jenis tumbuhan pionir yang tumbuh baik di daerah terbuka. Dapat tumbuh pada berbagai macam tipe tanah, dari yang subur ke tanah berbatu. Biasanya ditemukan pada ketinggian 1 m dari permukaan laut (dpl) sampai ketinggian 600 m dpl, namun masih bertahan hidup hingga 1.300 m dpl. Angsana juga sering digunakan sebagai tanaman hias di taman dan sepanjang jalan. (Joker, 2002).

Bentuk pohon, buah dan bunga Angsana dapat dilihat pada Gambar 2.13. Angsana juga dapat tumbuh pada daerah dengan curah hujan yang sedikit <40 mm per tahun, selama 6 bulan. Contohnya seperti Angsana yang tumbuh di daerah Nusa Tenggara Timur, dimana Angsana tumbuh pada wilayah yang memiliki musim kemarau panjang (6 bulan atau lebih). Suhu pertumbuhan ideal bagi Angsana berkisar 22-32⁰C per tahun dengan ketahanan terhadap suhu minimum 5-8⁰C. Angsana tumbuh dengan baik pada daerah dengan pencahayaan matahari secara langsung ditempat terbuka (*full sun*) juga dapat tumbuh pada daerah dengan toleransi teduhan 25 %. Tanah yang baik untuk pertumbuhan Angsana adalah tanah yang tidak tergenang air, tapi dapat juga tumbuh pada daerah dengan toleransi genangan air untuk beberapa periode (beberapa minggu). Angsana tidak tahan terhadap air yang banyak mengandung garam (air laut) Angsana juga lemah terhadap angin laut yang mengandung garam, oleh sebab itu tidak dianjurkan menanam Angsana diwilayah pesisir (Elevitch, et al., 2006).



Gambar 2.13 (1) Pohon angsana, (2) Bunga pohon angsana, (3) Buah pohon angsana
Sumber: Jøker, 2002

Angsana memiliki variabel pertumbuhan yang beragam tergantung pada daerah tanamnya. Angsana tumbuh searah dengan perpanjangan tunas, khususnya pada daerah yang lebih teduh. Cepatnya pertumbuhan diameter tergantung pada apakah Angsana memiliki ruang dan cahaya yang cukup untuk membesarkan mahkota pohon. Angsana yang ditanam dengan stek cabang besar memiliki pertumbuhan yang paling cepat, diameter terbesarnya dapat tumbuh berkisar 2,5 cm – 4 cm per tahun. Pertumbuhan tinggi pohon Angsana sangat tergantung pada tempat pohon ditanam. Pada daerah yang memiliki sumber air cukup, subur dan pencahayaan yang baik, pertumbuhan tingginya dapat mencapai 2 m per tahun pada 3-4 tahun pertamanya, sebelum melambat sekitar 1 m per tahun. Pada daerah yang terbuka pertumbuhan Angsana cenderung *plagiotropic* atau tumbuh bercabang, sehingga tingkat pertumbuhan tingginya hanya berkisar 0,5-0,75 m per tahun.

2.2.2 Sifat Fisis dan Sifat Khusus Angsana

Sebagaimana diketahui pada umumnya dapat dikatakan bahwa hampir semua sifat mekanis kayu berbanding lurus dengan berat jenisnya, di Indonesia kelas kuat kayu dibagi ke dalam 5 kelas yang ditetapkan menurut berat jenisnya dengan metode klasifikasi. Klasifikasi ini bersifat global karena hanya didasarkan pada berat jenis saja. Angsana tergolong ke dalam Kelas Kuat II dengan variasi Kelas Kuat I-IV. Pengeringan kayu Angsana dapat dilakukan tanpa cacat yang berarti. Penyusutan pada kayu Angsana berkisar 3,0 % untuk arah radial dan 5,9 % untuk arah tangensial, penyusutan dihitung dari keadaan basah sampai kering udara 15 % (Martawijaya, et al., 2005)

Sifat kimia kayu terdiri dari selulosa yang merupakan bahan dasar *pulp*, kertas dan lain lain. *Lignin* berfungsi sebagai bahan perekat serat. *Pentosan* adalah zat yang berfungsi sebagai pengikat antara serat dan pelumas dalam pembuatan kertas. Abu dan Silika mengganggu proses pengolahan kayu secara kimia, karena dapat menimbulkan endapan dan karat. Kadar silika yang tinggi dapat menyebabkan kayu tahan terhadap serangan binatang laut, tapi juga mudah menumpulkan mata gergaji. Kayu Angsana terdiri dari kadar:

- Selulosa 49.1%
- Lignin 23.8%
- Pentosan 11.0%
- Abu 0.9%
- Silika 0.3%

Nilai kalor kayu bervariasi antara 4.000-5.000 Cal per.g. Kayu dengan nilai kalor tinggi merupakan bahan bakar yang baik. Kelas awet kayu Angsana termasuk dalam Kelas Awet II dengan variasi berkisar Kelas Awet I-IV. Daya tahan kayu Angsana terhadap rayap kayu kering *Cryptotermes cynocephalus light* termasuk kelas II yang berarti kayu Angsana tahan terhadap rayap kayu kering. Keterawetan kayu adalah suatu sifat yang menunjukkan mudah tidaknya suatu jenis kayu dimasuki larutan bahan pengawet. Hal ini penting bagi jenis kayu tropis berdaun lebar karena sifatnya lebih sukar diawetkan daripada jenis kayu berdaun jarum. Kayu Angsana tergolong pada klasifikasi keterawetan sukar 10-50 %. (Martawijaya, et al., 2005).

2.2.3 Pemanfaatan Angsana

Angsana dimanfaatkan secara luas di berbagai wilayah di Asia Selatan, Asia Tenggara hingga Kepulauan Pasifik Barat. Secara tradisional Angsana dimanfaatkan sebagai bahan baku *furniture* dan lapisan luar kayu lapis, karena Angsana memiliki kayu yang berwarna eksotis mulai dari kemerah-merahan hingga coklat emas. Serat pada batang Angsana yang tidak rata memberikan kesan keindahan yang menarik. Sebagian kecil Angsana juga dimanfaatkan sebagai konstruksi ringan bahan bangunan.



Gambar 2.14 Pemanfaatan kayu angsana sebagai produk furnitur
Sumber: Elevitch, 2006

Selain sebagai *furniture* dan kerajinan seperti pada Gambar 2.14 karena pertumbuhannya yang cepat dan bercabang banyak, maka Angsana banyak digunakan sebagai pohon dekorasi taman atau pohon peneduh. Di berbagai daerah di Indonesia Angsana dijadikan pohon jalan sebagai peneduh dan penghias jalan-jalan. Seperti pada Gambar 2.15 kayu angsana digunakan sebagai penghias taman dan peneduh, karena kemampuannya yang mudah tumbuh dan dapat ditanam pada hampir segala jenis tanah.



Gambar 2.15 Pemanfaatan angšana sebagai pohon peneduh
Sumber: Elevitch, 2006

Angšana juga dimanfaatkan dalam dunia medis sebagai obat untuk sakit ringan terkait pencernaan dan kulit. Hampir seluruh bagian dari Angšana dapat dimanfaatkan sebagai obat-obatan. Bahkan getah merah dari Angšana digunakan sebagai pengobatan tumor dan kanker khususnya kanker mulut pada pengobatan tradisional (Orwa, et al., 2009).

2.2.4 Pembudidayaan Angšana

Angšana dapat dibudidayaan dengan cara vegetatif dan generatif. Karena kemudahannya dalam perkembangbiakan maka Angšana banyak dimanfaatkan sebagai pohon reboisasi, *agroforestry* dan pohon peneduh.

- Secara Generatif

Angšana dikembangbiakan dengan cara persemaian bijinya, Angšana bermusim buah umumnya pada bulan Maret-April. Buah ini dikumpulkan dengan cara diunduh pohon, karena tidak dianjurkan untuk memungut buah yang telah jatuh karena seringkali telah terserang ulat. Ciri buah yang masak yaitu berwarna coklat atau sayap buahnya telah berwarna coklat, memiliki ukuran 4-6 cm, dalam satu buah terdapat 1-3 biji yang berbentuk pipih ukuran 0,5 – 1 cm. Kemudian buah hasil pengunduhan diekstraksi dengan cara memotong buah dan mengeluarkan biji/benihnya. Benih yang baik ditandai dengan warnanya yang coklat kemerah-merahan. Benih lalu dikeringkan pada suhu kamar atau tempat teduh kemudian disimpan ke dalam kantong plastik atau kaleng kedap udara dan diletakkan dalam refrigerator suhu 4⁰ C. Perkecambahan benih ditempatkan di atas media tabur lalu ditutup dengan lapisan tipis pasir, media pasir yang digunakan adalah campuran tanah dan pasir (1:1). Kecambah yang siap saphi ditempatkan ke dalam *polybag* setelah berumur 1 bulan. Setelah berumur 4-6 bulan atau

mencapai tinggi 20-25 cm siap ditanam di lapangan. Sebaiknya Angsana ditanam pada daerah terbuka dengan pencahayaan penuh (Rohadi, et al., 2005).

- Secara Vegetatif

Karena perkecambahan Angsana yang lambat, maka Angsana sering dikembangbiakan secara vegetatif dengan cara stek, *stump*, atau kultur jaringan. Dapat juga menggunakan teknik cangkok namun sedikit digunakan karena sulit berhasil.

Stek batang dapat dilakukan pada pohon Angsana dengan usia dan ukuran berapapun, namun untuk hasil yang baik diperlukan potongan dengan diameter minimum 6 cm atau lebih besar. Karena stek dari batang yang lebih besar akan menghasilkan akar yang lebih baik daripada stek dari batang yang kecil. Stek batang memiliki keunikan dimana kemampuan berakar stek batang tidak menurun karena pertambahan umur. Ukuran stek paling tidak dengan panjang 15-20 cm. Setelah batang dipotong dapat langsung ditanam di lapangan. (Martawijaya, et al., 2005).

Stump diperoleh dari persemaian alam, ukuran yang dianjurkan adalah panjang bagian batang 10-20 cm dengan bagian akar 20-40 cm, diameter 1 – 1,5 cm. sebaiknya penanaman *stump* dilakukan pagi-pagi setelah hujan cukup lebat dan jarak tanam 3 m x 3 m. Angsana juga dapat tumbuh dari tunas bekas potongan/gergajian batang, oleh sebab itu hutan Angsana yang telah mengalami penebangan dapat langsung menghasilkan tumbuhan baru.

Teknik kultur jaringan menggunakan tunas dengan usia berkisar 0,5 – 3 tahun. Tunas kemudian disimpan dalam media pertumbuhan, setelah berumur 7 – 12 hari akan menghasilkan kalus, setelah 21 – 48 hari akar akan mulai terlihat. Persemaian dilakukan setelah sebulan dimana kalus akan berkecambah dan bibit dapat dipindahkan ke dalam *polybag* yang telah berisi media sapih (Tanah : kompos : pasir halus dengan perbandingan 1 : 2 : 1) bibit siap ditanam setelah berumur 4 – 6 bulan dengan tinggi 20 – 25 cm. Kemudian pemupukan dengan pupuk N dilakukan pada umur 2,5 bulan. (Suwandi, et al., 2014).

2.2.5 Harga Kayu Angsana

Angsana dalam perdagangan kayu termasuk kedalam kelas kayu Indah II. Harga bibit Angsana sesuai dengan sumber situs jual beli daring seharga Rp 55.000 untuk bibit dengan ukuran tinggi 12 – 14 cm. Sedangkan harga kayu Angsana gelondong/*log* sesuai dengan sumber dari CV Duta Rimba (Perhutani, 2017) yang diperoleh dari Harga Jual Dasar (HJD) Perhutani seperti pada Tabel 2.4:

Tabel 2.4 Harga kayu Angsana

Panjang (m)	Harga Per m ³ (Dalam Ribuan Rupiah)					
	Diameter (cm)					
	1 s/d 19	20-29	30-39	40-49	50-59	>60
MUTU PERTAMA (P)						
0.5-0.9	243	405	674	877	1080	1316
1.0-1.9	405	675	1125	1462	1801	2194
2.0-2.9	540	900	1500	1950	2400	2925
3.0-3.9	594	990	1649	2144	2639	3218
>4.0	626	1043	1739	2262	2784	3398
MUTU KEDUA (D)						
0.5-0.9	223	372	620	806	992	1208
1.0-1.9	372	620	1033	1342	1653	2013
2.0-2.9	496	826	1377	1791	2203	2686
3.0-3.9	545	909	1515	1968	2424	2953
>4.0	575	959	1598	2076	2556	3115
MUTU KETIGA (T)						
0.5-0.9	193	322	537	698	859	1046
1.0-1.9	322	537	895	1163	1432	1744
2.0-2.9	429	716	1193	1550	1909	2326
3.0-3.9	472	787	1312	1706	2100	2558
>4.0	498	930	1384	1799	2214	2698
MUTU KEEMPAT (M)						
0.5-0.9	149	248	414	538	661	806
1.0-1.9	248	414	689	895	1103	1344
2.0-2.9	331	551	919	1194	1470	1791
3.0-3.9	364	606	1010	1314	1616	1970
>4.0	383	639	1065	1385	1704	2078

Sumber: Perhutani, 2017

2.3 Kayu Jati

Kayu Jati atau dalam bahasa latin disebut *Tectona grandis* L.F., Jati termasuk kedalam famili *Verbenaceae*. Di Negara lain Jati memiliki berbagai macam nama seperti *Giati* (Vietnam), *Teak* (Burma, India, Thailand, Inggris, Amerika) *Teck* (Prancis), *Teca* (Brazil). Di Indonesia sendiri Jati memiliki berbagai macam nama daerah diantaranya *Deleg*, *Dodolan*, *Jate*, *Jatih*, *Jatos*, *Kiati*, *Kulidawa*. Jati memiliki ciri umum kayu terasnya berwarna coklat muda, coklat kelabu sampai coklat merah tua atau merah coklat. Sedangkan kayu gubalnya berwarna putih atau kelabu kekuning-kuningan. Jati memiliki tekstur kayu agak kasar dan tidak merata. Arah serat Jati lurus atau kadang-kadang agak terpadu. Kesan raba Jati permukaan kayunya licin dan kadang-kadang seperti berminyak dan berbau bahan penyamak namun mudah hilang.



Gambar 2.16 Kayu Jati unggul
Sumber: Pudjiono, 2014

Contoh kayu Jati seperti pada Gambar 2.16. Jati mampu menghasilkan kayu dengan mutu tinggi. Selain itu Jati tumbuh sebagai pohon besar dengan batang lurus dan dapat tumbuh hingga 30 – 40 m. Daunnya besar dan akan luruh pada saat musim kemarau sebagai bentuk perlindungan terhadap panas dan minimnya air hujan. Jati sudah cukup dikenal luas sebagai kayu yang kuat, awet dan indah. Kayu Jati tergolong kedalam kayu kelas satu. Meskipun kayunya keras dan kuat namun Jati mudah untuk dipotong dan dikerjakan sehingga disukai untuk membuat *furniture* maupun ukiran selain warnanya yang indah (Martawijaya, et al., 2005).

2.3.1 Penyebaran dan Pertumbuhan Jati

Sebaran alami Jati berada di India, Myanmar dan Thailand. Penyebaran Jati di Indonesia tersebar hampir di seluruh Jawa, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara Barat sebagian Maluku dan Lampung. Penyebaran Jati terbatas dikarenakan kebutuhan hidup tanaman Jati yang tidak tahan terhadap tanah asam. Jati tumbuh di daerah dengan ketinggian 0 – 900 m dari permukaan laut. Dengan curah hujan 1500-3000 mm per tahun. Jati dapat tumbuh pada tanah berlapis dalam subur dan berdrainase baik (Rohadi, et al., 2005).

Jati dapat tumbuh hingga 45 m dengan panjang batang bebas tanpa cabang 15 – 20 m, diameter batang dapat mencapai 220 cm, batangnya tidak teratur dan beralur. Ciri umum daripada jati adalah kayu terasnya berwarna coklat muda, coklat-kelabu sampai coklat-merah. Sedangkan kayu gubalnya berwarna putih atau kelabu kekuning-kuningan. Tekstur kayu jati agak kasar dan tidak merata dengan arah serat lurus atau terkadang agak berpadu. Kesan raba

yang dimiliki kayu jati permukaannya licin dan kadang seperti berminyak (Martawijaya, et al., 2005).



Gambar 2.17 Penanaman Jati di daerah Pati
Sumber: Pramono, 2010

Gambar 2.17 adalah salah satu contoh pertumbuhan jati yang dikelola oleh PT Perhutani. Dengan menggunakan sistem silvikultur atau pengelolaan lahan hutan jati secara berkesinambungan. Umumnya jati ditanam dalam jumlah yang banyak karena masa panennya yang cukup lama >20 tahun.

2.3.2 Sifat Fisis dan Sifat Khusus Jati

Kayu Jati memiliki berat jenis 0,67 dengan variasi 0,62 – 0,75 sehingga tergolong ke dalam Kelas Kuat II. Dengan penyusutan sampai kering tanur 2,8 % arah radial dan 5,2 % arah tangensial. Nilai kalor dari kayu Jati sebesar 5.081 cal/g. Selain itu kayu Jati juga memiliki sifat kimia yang terdiri atas susunan zat-zat kayu (Martawijaya, et al., 2005). Kayu Jati terdiri dari:

- Selulosa 47,5 %
- Lignin 29,9 %
- Pentosan 14,4 %
- Abu 1,4 %
- Silika 0,4 %

Kayu jati termasuk dalam Kelas Awet II, berdasarkan hasil percobaan laboratoris terhadap *Cryptotermes cynocephalus Light* dan percobaan kuburan terhadap jamur dan rayap tanah. Menurut beberapa penelitian kayu Jati juga tahan terhadap serangan jamur seperti *Schizophyllum commune*. Semakin tua umur kayu Jati maka kayunya akan memiliki keawetan yang semakin bertambah. Pengawetan kayu Jati juga mudah, berdasarkan percobaan pengawetan secara pelebutan dengan *Carbolineum* dan NaF, kayu Jati memberikan hasil

penetrasi obat yang dalam. Kelemahan kayu Jati adalah secara *transversal* rapuh, sehingga pengerjaan Jati bidang melintang harus dikerjakan dengan hati-hati.

2.3.3 Pemanfaatan Jati

Karena karakteristik kayu Jati yang kuat, awet dan memiliki tampilan indah. Maka Jati banyak dimanfaatkan orang sebagai *furniture meubel*, ukiran kayu, patung kayu hingga *ornament* ruangan. Kemampuan Jati yang tahan terhadap aktifitas pembebanan yang berubah-ubah juga banyak dimanfaatkan dalam bidang konstruksi seperti konstruksi jembatan, konstruksi bantalan rel kereta api, Jati juga dimanfaatkan pada konstruksi yang berhubungan dengan air seperti konstruksi dok, *piers*, dan konstruksi kapal kayu.

2.3.4 Pembudidayaan Jati

Jati dapat dibudidayakan dengan beberapa cara yang secara garis besar dibagi menjadi cara vegetatif dan generatif. Jati sebenarnya memiliki kemampuan untuk berkembang-biak secara alami, tegakannya dapat membentuk tegakan murni setelah mengalami kebakaran, selain itu pohon juga mudah tumbuh tunas tunggak. Tetapi permudaan semacam ini jarang dilakukan karena akan menghasilkan kayu yang berkualitas rendah, oleh karena itu untuk Jati umumnya berlaku sistem tebang habis dengan permudaan buatan (Martawijaya, et al., 2005). Berikut ini akan dijelaskan sedikit mengenai pembudidayaan Jati baik secara vegetatif maupun generatif:

- Secara Generatif

Pembudidayaan Jati secara generatif dengan cara persemaian biji Jati. Musim berbuah Jati ada pada bulan juli – agustus, saat itulah buah Jati masak. Pengumpulan buah dilakukan dengan memungut buah yang jatuh di bawah tegakan pohon. Ciri-ciri benih yang masak adalah kulitnya berwarna coklat seperti pada Gambar 2.18, dengan kadar air benih sekitar 10-13 %, dengan berat per satuan benih 0,55-0,92 gram dan diameter benihnya 1,38-1,56 cm. Pohon jati diperkirakan mulai berbuah pada umur 7 tahun dengan potensi produksi buah per pohon antara 0,5-3 kg dengan jumlah benih per kg 1500 butir. Kemudian benih dijemur selama 2 hari hingga sungkup buah terlihat kering kemudian sungkupnya dikelupas dari buah. Benih disimpan pada ruangan dengan suhu dibawah 20⁰C dan kelembapan dibawah 60 %. Perkecambahan benih jati hanya berkisar 30-70 % sebelum benih ditabur, benih direndam di air selama 3 hari. Media perkecambahan yang digunakan berupa pasir halus yang kering. Setelah itu disemai pada *polybag* berisi media campuran pasir + tanah + kompos daun (perbandingan 7:2:1) bibit siap tanam pada umur 3 bulan setelah persemaian (Rohadi, et al., 2005).



Gambar 2.18 Buah pohon Jati
Sumber: Starr 2001

- Secara Vegetatif

Perbanyakan tanaman jati secara vegetatif dilakukan tanpa benih/biji, dengan cara mengambil bagian tanaman seperti daun, batang, tunas dan bagian lainnya. Pembiakan secara vegetatif untuk jati dapat dilakukan dengan cara *stump*, puteran hingga *grafting* dan kultur jaringan. Perbanyakan vegetatif metode stek seperti pada Gambar 2.19 dengan cara memilih pohon jati yang memiliki kemampuan tumbuh paling baik, kemudian dipilih cabang yang bermata tunas, dan tunas siap disemai lalu ditanam.

Jati juga dapat diperbanyak dengan cara okulasi, okulasi dilakukan dengan cara menempelkan mata tunas dari *scion* pada tanaman yang akan diokulasi. Setelah itu diletakkan pada *polybag* dan persemaian yang teduh. Pada umur 2 minggu okulasi jati siap untuk ditanam. Untuk jati indukan maka perkembang biakannya dilakukan secara generatif agar gen DNA jati indukan unggul tetap terjaga. Namun ketika dibutuhkan kuantitas maka jati dapat dikembangbiakan dengan cara vegetatif.



Gambar 2.19 Pembibitan Jati dengan stek
Sumber: Pramono, 2010

2.3.5 Harga Jati

Kayu Jati merupakan salah satu kayu yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, sehingga banyak di jual ke luar negeri. Namun dalam karya tulis ini hanya akan diberikan salah satu data HJD kayu Jati yang berasal dari KPH Pati dan Balapulang diterbitkan pada tahun 2016. Data pada Tabel 2.5 dibatasi hanya untuk kayu bulat Jati sortimen AI (kayu bulat kecil diameter 4-19 cm), AII (kayu bulat sedang diameter 20-29 cm), dan AIII (kayu bulat besar diameter >30 cm), dengan pembagian 4 jenis mutu, menyesuaikan dengan daftar HJD kayu angkana pada subbab sebelumnya Tabel 2.4.

Tabel 2.5 Harga kayu jati

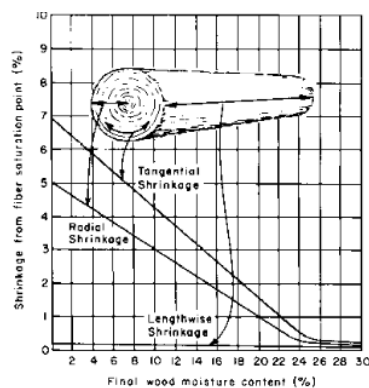
Panjang (m)	Harga Per m ³ (Dalam Ribuan Rupiah)					
	Diameter (cm)					
	s/d 19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-up
MUTU PERTAMA (P)						
0.5-0.9	1063	3689	7716	9645	11574	13793
1.0-1.9	1205	4408	8533	10667	12800	15253
2.0-2.9	1418	4791	9078	11347	13617	16227
3.0-3.9	1631	5510	10984	13730	16476	19634
4.0 ke atas	2836	7205	13481	16476	19472	23367
MUTU KEDUA (D)						
0.5-0.9	975	3332	6826	8532	10239	12201
1.0-1.9	1105	3981	7549	9436	11323	13493
2.0-2.9	1300	4327	8030	10038	12046	14354
3.0-3.9	1495	4976	9717	12146	14575	17369
4.0 ke atas	2600	6508	11925	14575	17225	20670
MUTU KETIGA (T)						
0.5-0.9	886	2975	5936	7419	8903	10610
1.0-1.9	1004	3555	6564	8205	9846	11733
2.0-2.9	1182	3864	6983	8729	10475	12482
3.0-3.9	1359	4443	8449	10562	12674	15103
4.0 ke atas	2363	5811	10370	12674	14979	17974
MUTU KEEMPAT (M)						
0.5-0.9	815	2550	5164	6455	7746	9231
1.0-1.9	924	3046	5711	7138	8566	10208
2.0-2.9	1087	3311	6075	7594	913	10859
3.0-3.9	1250	3808	7351	9189	11027	13140
4.0 ke atas	2174	5230	9022	11027	13031	15638

Sumber: Perhutani, 2017

2.4 Standar Pengujian Sifat Mekanik

Dalam karya tulis ini standar pengujian mekanik yang digunakan adalah ASTM D143-14 yang dikeluarkan oleh *American Society for Testing and Materials International*. Secara umum ketetapan pengujian ini digunakan untuk pengujian sifat fisis dan mekanis spesimen kayu. Metode pengujian utama yang digunakan pada standar ini dengan ukuran penampang melintang 2-2 inch (50-50 mm). Ukuran ini sesuai dengan percobaan yang umum digunakan pada berbagai spesies kayu. Keunggulan dari spesimen dengan penampang ukuran utama 50-50 mm adalah mampu menampakkan lingkaran pertumbuhan kayu dan tidak seberapa terpengaruh oleh umur kayu dibandingkan dengan spesimen yang lebih kecil. Sangat dianjurkan untuk menggunakan spesimen dengan ukuran utama ketika dapat diterapkan. Namun ketika material yang akan dievaluasi tidak dapat menyediakan penampang dengan ukuran utama 50-50 mm, maka terdapat spesimen penampang melintang ukuran kedua 1-1 inch (25-25 mm). Ukuran utama diwajibkan untuk spesimen pengujian tekan searah serat dan pengujian *bending* statis (ASTM D143-14, 2014).

Spesimen yang digunakan harus bebas cacat dan diatur besaran kandungan air kurang dari 12 % kering pada suhu udara ruangan. Ketika dilakukan pengujian maka temperatur spesimen harus berkisar 20-30⁰ C. Karena kandungan air pada kayu sangat mempengaruhi kekuatan kayu itu sendiri, semakin banyak kandungan air maka semakin rendah kekuatan kayunya. Seperti ditunjukkan Gambar 2.20 kandungan air dalam kayu juga mempengaruhi dimensi penyusutan kayu, apabila kandungan air diatas titik jenuh serat maka kayu dimensi kayu akan stabil namun kekuatannya rendah, apabila kandungan air dibawah titik jenuh serat maka dimensi kayu akan berkurang namun kekuatannya bertambah seperti. Proporsi dari kayu gubal dan kayu teras sebisa mungkin dicatat dan dilakukan dokumentasi pada potongan melintang kayu yang diuji (Ritter, et al., 1992).



Gambar 2.20 Grafik pengaruh kandungan air terhadap susut kayu
Sumber: Ritter, 1992

Berdasarkan penelitian Haygreen dan Bowyer tahun 1993. Kekuatan kayu memiliki hubungan erat dengan berat jenis kayu itu sendiri. Semakin kuat kayu maka berat jenisnya semakin besar (Hadikusumo, 1993). Hubungan antara sifat-sifat mekanik dan berat jenis seperti pada Tabel 2.6. Tabel tersebut menunjukkan sejumlah kekuatan dan berat jenis yang diperoleh dari hasil percobaan oleh laboratorium hasil hutan amerika serikat dengan menguji 160 spesies. Dapat dilihat bahwa sifat kekuatan kayu naik secara *linear* dengan berat jenis kayu itu sendiri.

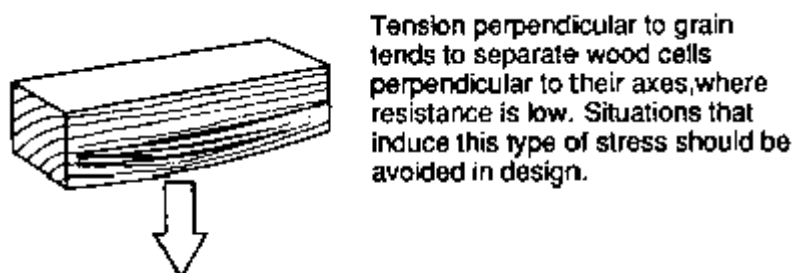
Tabel 2.6 Hubungan berat jenis dan kuat kayu

Sifat	Perkiraan Kekuatan dari Berat Jenis	Kekuatan yang diperkirakan pada berat jenis terpilih			
		0.3	0.4	0.5	0.6
Lengkungan MOR (psi) MOE (106 psi)	25700 x BJ 1.25 2.80 x BJ	5706 0.84	8175 1.12	10806 1.4	13571 1.68
Tekanan sejajar serat Keteguhan tekan Maksimum (psi) MOE (106 psi)	12200 x BJ 3.38 x BJ	3660 1.01	4880 1.35	6100 1.69	7320 2.03
Tegangan sejajar serat Tegangan pada batas proporsi (psi) Kekerasan sisi	4630 x BJ 2.25 3770 x BJ 2.25	308 251	589 480	973 973	1467 1194

Sumber: Hadikusumo, 1993

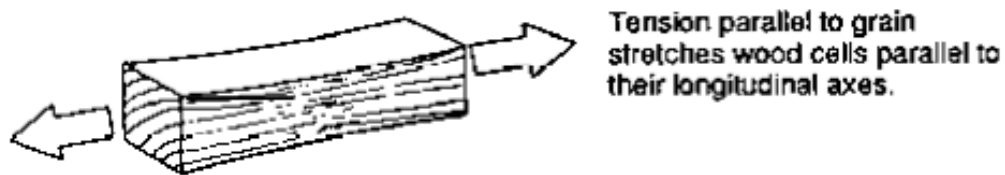
2.4.1 Kuat Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu spesimen kayu untuk menahan beban yang dikenakan pada spesimen tersebut, dengan tujuan memisahkan ikatan antar seratnya. Dari pengujian pemisahan serat ini akan diketahui besaran daripada nilai kuat tarik kayu tersebut. Nilai ini nantinya dapat digunakan sebagai acuan untuk merancang konstruksi yang sekiranya dikenai beban tarik. Pengujian tarik dibagi berdasarkan arah seratnya menjadi pengujian tarik searah serat (*tensile strength parallel to grain*) dan pengujian tarik tegak lurus serat (*tensile strength perpendicular to grain*) (Ritter, et al., 1992).



Gambar 2.21 Gaya tarik tegak lurus serat pada kayu
Sumber: Ritter, 1992

Pemberian gaya tarik tegak lurus serat menghasilkan nilai besaran kuat tarik kayu arah *radial* dan *tangential* diilustrasikan seperti pada Gambar 2.21. Nilai kuat tariknya digunakan sebagai dasar perancangan konstruksi yang mengalami beban tarik tegak lurus serat. Umumnya kayu memiliki nilai kuat tarik tegak lurus serat yang lebih kecil daripada nilai kuat tarik searah serat, karena susunan serat kayu berarah *longitudinal* (Ritter, et al., 1992).



Gambar 2.22 Gaya tarik sejajar serat pada kayu
Sumber: Ritter, 1992

Pemberian gaya tarik searah serat menghasilkan nilai maksimal kemampuan kayu menahan beban tarik. Nilai kuat tarik searah serat biasa disebut sebagai *maximum load* atau beban maksimum suatu spesimen digambarkan seperti pada Gambar 2.22. Nilai kuat tarik searah serat ini dapat digunakan sebagai dasar perancangan suatu konstruksi yang dikenai beban searah serat. Pada konstruksi kapal kayu, beban yang banyak terjadi adalah beban tarik searah serat. Karena sangat jarang ditemui konstruksi kapal kayu yang menggunakan pembebanan tegak lurus serat (Ritter, et al., 1992).

Penghitungan besar kuat tarik berdasarkan hasil pengujian dihitung dengan Rumus 2.1 dan Rumus 2.2, dengan satuan kuat tarik *Mega Pascal* (MPa). Baik kuat tarik sejajar serat maupun tegak lurus serat menggunakan fungsi penghitungan yang sama yaitu:

$$\sigma_t \parallel = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

$$\sigma_t \perp = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\sigma_t \perp$ = kuat tarik tegak lurus serat [MPa]

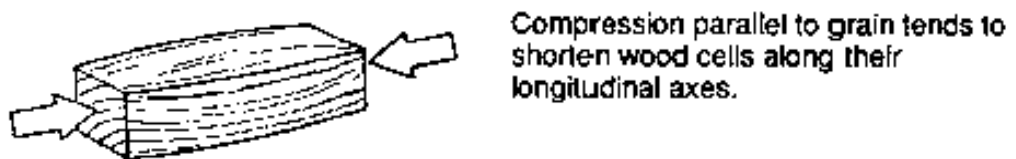
$\sigma_t \parallel$ = kuat tarik sejajar serat [MPa]

P = beban maksimum [N]

A = luas bidang yang dikenai beban [mm²]

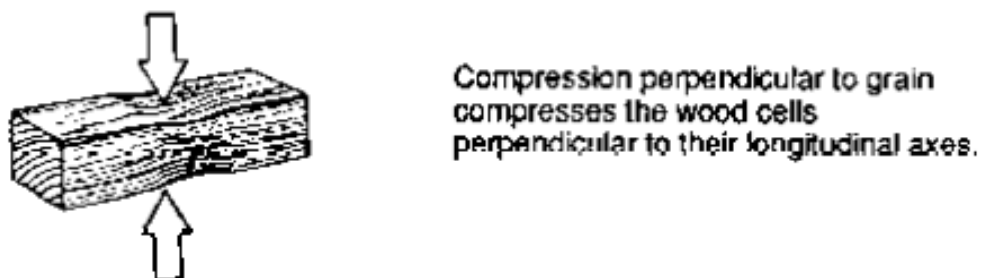
2.4.2 Kuat Tekan

Pengujian tekan bertujuan untuk mengetahui kemampuan spesimen kayu menahan beban tekan yang diberikan. Tekanan yang diberikan pada spesimen kayu menyebabkan sel kayu menjadi lebih kecil. Ketahanan sel inilah yang nantinya menjadi nilai kuat tekan kayu. Karena arah serat dan sel kayu searah memanjang/*longitudinal*, maka pengujiannya dilakukan dengan memberikan tekanan searah serat (*compression parallel to grain*) dan tekanan tegak lurus serat (*compression perpendicular to grain*) (Ritter, et al., 1992).



Gambar 2.23 Gaya tekan sejajar serat pada kayu
Sumber: Ritter, 1992

Pemberian gaya tekan searah serat akan menghasilkan tegangan yang menyebabkan deformasi (penyusutan) sel kayu sepanjang arah memanjangnya/*longitudinal* seperti diilustrasikan pada Gambar 2.23. Kemampuan sel kayu untuk menahan gaya tekan baik dari luar maupun dari struktur sel itu sendiri, yang disebut sebagai nilai kuat tekan searah serat. Karena serat kayu memiliki sel dengan bentuk pipa *hollow* berarah memanjang, menyebabkan kuat tekan searah seratnya lebih besar daripada kuat tekan tegak lurus serat (Ritter, et al., 1992).



Gambar 2.24 Gaya tekan tegak lurus serat pada kayu
Sumber: Ritter, 1992

Ketika gaya tekan diberikan arah tegak lurus serat, akan menghasilkan tegangan yang menyebabkan deformasi sel kayu tegak lurus panjangnya diilustrasikan seperti pada Gambar 2.24. Berdasarkan bentuk sel kayu yang dianalogikan seperti sedotan (pipa *hollow*) menyebabkan sel kayu mudah hancur ketika diberikan tegangan/beban yang kecil. Ketika diberikan beban tegak lurus serat maka kayu akan mengalami pengurangan tebal hingga setengah tebal awal (Ritter, et al., 1992).

Penghitungan besar kuat tekan berdasarkan hasil pengujian dihitung dengan Rumus 2.3 dan Rumus 2.4, dengan satuan kuat tekan *Mega Pascal* (MPa). Baik untuk penghitungan kuat tekan sejajar serat maupun tegak lurus serat menggunakan fungsi yang sama.

$$\sigma_c \parallel = \frac{P}{A} \quad (2.3)$$

$$\sigma_c \perp = \frac{P}{A} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$\sigma_c \perp$ = kuat tekan tegak lurus serat [MPa]

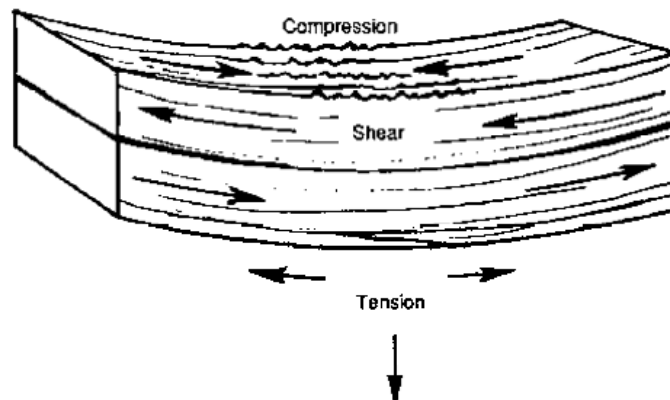
$\sigma_c \parallel$ = kuat tekan sejajar serat [MPa]

P = beban maksimum [N]

A = luas bidang yang dikenai beban [mm²]

2.4.3 Kuat Lentur

Ketika suatu spesimen kayu diberikan beban *bending* atau lentur maka kayu akan mengalami beberapa gaya tegangan pada arah netralnya (*radial dan tangensial*). Satu sisi kayu mengalami tegangan tarik searah serat, sedangkan sisi lainnya mengalami tegangan tekan searah serat seperti ditunjukkan Gambar 2.25. *Bending* juga menghasilkan gaya *shear* searah serat dan gaya tekan tegak lurus serat pada penahan spesimen. Urutan kegagalan material yang terjadi pada proses *bending* adalah kegagalan tekan yang diikuti dengan perkembangan sel *macroscopic* yang mengerut. Hal ini menyebabkan peningkatan zona tekan dan pengurangan ukuran pada zona tarik, yang diikuti dengan kegagalan tarik. Nilai inilah yang kemudian disebut sebagai nilai kuat lentur (Ritter, et al., 1992).



Gambar 2.25 Gaya tarik dan tekan pada kayu
Sumber: Ritter, 1992

Untuk penghitungan besar kuat lentur atau disebut juga *Modulus of Rupture* (MOR). Jarak tumpuan spesimen dimasukkan dalam fungsi penghitungan, maka digunakan rumus seperti pada Rumus 2.5.

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2A^2} \quad (2.5)$$

Keterangan:

σ_b = kuat lentur [**MPa**]

P = beban uji maksimum [**N**]

L = jarak tumpuan [**mm**]

A = luas bidang yang dikenai beban [**mm²**]

Modulus of Elasticity (MOE) dihitung berdasarkan fungsi dari selisih panjang spesimen awal dan panjang spesimen setelah pengujian, dengan satuan *Giga Pascal* (GPa). Modulus elastisitas tarik menunjukkan tingkat kemampuan kayu untuk berubah bentuk dalam menahan beban, lalu kembali ke bentuk awalnya. Modulus elastisitas dihitung dengan Rumus 2.6:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{A} \quad (2.6)$$

Keterangan:

ε = regangan

ΔL = selisih antara panjang awal dan panjang setelah pengujian [**mm**]

A = panjang awal spesimen [**mm**]

$$MoE = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.7)$$

Keterangan:

MoE = Modulus elastisitas [**GPa**]

σ = besar nilai kuat [**MPa**]

ε = regangan

2.5 Klasifikasi dan Peraturan Kapal Ikan

Klasifikasi kapal ikan dapat dikategorikan dari berbagai jenis seperti alat tangkap, ukuran kapal, wilayah perairan atau tenaga penggerak kapal. Namun sesuai dengan Standar

Internasional Klasifikasi Statistik Kapal Perikanan (ISSCFV-FAO, 1985) kapal perikanan terbagi atas 2 (dua) jenis, yakni:

- Jenis kapal penangkap ikan, dan
- Jenis kapal bukan penangkap ikan (kapal perikanan lainnya)

Jenis kapal penangkap ikan terbagi atas 11 tipe kapal dan kapal perikanan lainnya terbagi atas 7 tipe kapal. Klasifikasi kapal dengan menggunakan “singkatan standar” sesuai dengan standar internasional klasifikasi statistik kapal perikanan dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Sedangkan berdasarkan statistik perikanan tangkap Indonesia kategori dan ukuran perahu/kapal perikanan untuk setiap jenis alat tangkap dibedakan berdasarkan tenaga penggerak menjadi 2 kategori (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2015), yaitu:

- Perahu tanpa motor (*non-powered boat*)
- Perahu/ kapal (*powered boat*)

Tabel 2.7 Singkatan standar klasifikasi kapal

Klasifikasi Kapal Perikanan	Singkatan Standar
1. Kapal penangkap ikan	
a. Kapal pukat tarik	TO
b. Kapal pukat	SO
c. Kapal penggaruk	DO
d. Kapal jaring angkat	NO
e. Kapal jaring insang	GO
f. Kapal pemasang perangkap	WO
g. Kapal tali pancing	LO
h. Kapal menggunakan pompa untuk penangkapan	PO
i. Kapal serba guna/aneka guna	MO
j. Kapal penangkapan untuk rekreasi	RO
k. Kapal penangkapan tidak ditetapkan	FX
2 Kapal perikanan lainnya	
a. Kapal induk	HO
b. Kapal pengangkut	FO
c. Kapal rumah sakit	KO
d. Kapal survei dan perbandingan	BO
e. Kapal riset perikanan	ZO
f. Kapal latihan perikanan	CO
g. Kapal perikanan lainnya	VO

Sumber: ISSCFV-FAO, 1985

Kapal ikan kemudian dikelompokkan lagi berdasarkan ukuran *Gross Tonnage*-nya (**GT**), **GT** adalah satuan yang menunjukkan volume ruang muat dalam kapal. Pembagian ini ditunjukkan seperti pada Tabel 2.8 Klasifikasi kapal berdasarkan tenaga penggerak dan ukuran.

Di Indonesia klasifikasi dan peraturan konstruksi kapal hanya dapat dikeluarkan oleh suatu badan klas yang bernama Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). BKI memiliki wewenang dan tanggung jawab untuk mengawasi, memeriksa dan menetapkan suatu kapal layak untuk berlayar dan memenuhi ketentuan konstruksi yang ditetapkan. Kapal-kapal yang wajib untuk melaksanakan peraturan BKI adalah kapal-kapal yang berbendera Indonesia, termasuk didalamnya kapal kayu dan kapal ikan. Karena kapal ikan yang dibahas pada karya tulis ini menggunakan material kayu sebagai bahan utama lambung kapal, maka ketentuan konstruksi kapal wajib menggunakan peraturan BKI. Untuk kapal berukuran kecil yang berbahan kayu, ditentukan oleh BKI volume VII tahun 2013 peraturan untuk kapal kecil ≤ 24 Meter.

Tabel 2.8 Klasifikasi kapal berdasarkan tenaga penggerak dan ukuran

No	Jenis penggerak	Jenis kapal	Ukuran
1	Kapal tanpa motor	Jukung	
		Perahu papan	Kecil, sedang, besar
2	Kapal	Motor tempel	
		Kapal motor	< 5GT, 5-10 GT,
			10-20 G, 20-30 GT,
			30-50 GT, 50-100 GT,
			100-200 GT, 200-300 GT,
			300-500 GT, 500-1000 GT
≥ 1000 GT			

Sumber: Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2015

2.5.1 BKI 2013 Volume VII Peraturan Untuk Kapal Kecil ≤ 24 Meter

Dalam karya tulis ini pembahasan konstruksi hanya akan dibatasi perihal konstruksi lambung saja. Secara umum peraturan BKI mengatur aspek beban, ukuran, dan material yang digunakan dalam pembangunan kapal kayu dengan panjang 6 hingga 24 meter (Biro Klasifikasi Indonesia, 2013). BKI mekategorikan kapal berdasarkan wilayah operasional pelayaran menjadi 5 yaitu:

- a) **I** – Adalah kategori untuk kapal yang berlayar jauh dari garis pantai, dimana selama pelayaran tersebut kapal memiliki kemampuan dan peralatan untuk berlayar sendiri dan menghadapi situasi darurat secara mandiri dalam kurun waktu tertentu, tanpa bergantung bantuan dari luar.
- b) **II** – Adalah kategori untuk kapal yang berlayar sepanjang garis pantai, tetapi tidak melebihi 200 nm dihitung dari daratan atau pulau terdekat, yang jaraknya tidak melebihi 400 nm dari daratan.

- c) **III** – Adalah kategori untuk kapal yang berlayar di laut pada area 20 nm dan tidak melebihi 40 nm dihitung dari daratan atau pulau terdekat.
- d) **IV** – Adalah kategori untuk kapal yang berlayar dengan rute harian antar pelabuhan sepanjang garis pantai yang terlindungi. Pelayaran kapal dibatasi pada area laut tidak melebihi 3 nm dihitung dari tepi pantai atau daratan yang terletak tidak lebih dari 6 nm dari daratan atau pulau terdekat.
- e) **V** – Adalah kategori untuk kapal yang berlayar pada perairan darat seperti danau dan sungai. Juga dapat dikategorikan untuk kapal yang berlayar pada garis pantai namun pada perairan dangkal dan tidak melebihi 0,75 nm dihitung dari bibir pantai dan daratan.

Selain untuk kategori I kapal-kapal yang tergolong dalam kategori II, III, IV dan V terdapat pengurangan ukuran konstruksi utama lambung, untuk kategori II sebesar 5 %, kategori III 10 % dan kategori IV V sebesar 15 %. Pengurangan ini berlaku untuk faktor pada penghitungan beban. Dan yang tidak termasuk dalam pengurangan ini adalah penghitungan *rudder, propeller, bulkhead, tank*, dan baut *keel*.

Ukuran utama kapal kayu sesuai yang disyaratkan oleh BKI memiliki beberapa ukuran sesuai dengan definisinya masing-masing. Satuan ukuran yang digunakan adalah meter, kecuali ada keterangan khusus dengan satuan lainnya.

- Panjang lambung **L_H**

Panjang lambung **L_H** dihitung dalam [m] adalah panjang kapal dari bagian paling depan hingga bagian paling belakang, atau jarak antara sisi belakang linggi buritan/sisi belakang buritan datar dan sisi depan linggi haluan pada geladak. Termasuk didalamnya bagian konstruksi tambahan di kapal. Dapat dilihat seperti Gambar 2.26.

- Panjang garis air **L_{WL}**

Panjang garis air dihitung dalam [m] adalah panjang kapal dari *After Perpendicular (AP)* hingga *Fore Perpendicular (FP)* kapal atau jarak antara sisi belakang linggi buritan dan sisi depan linggi haluan. Jarak dari perpotongan antara garis air haluan dengan lambung kapal (*AP*) hingga linggi buritan poros kemudi. Dapat dilihat seperti Gambar 2.26.

- Panjang **L**

Panjang **L** untuk penghitungan konstruksi ditentukan dari hasil penjumlahan panjang garis air **L_{WL}** dengan panjang lambung **L_H** dibagi dua.

$$L = \frac{LH+LWL}{2} [m] \quad (8)$$

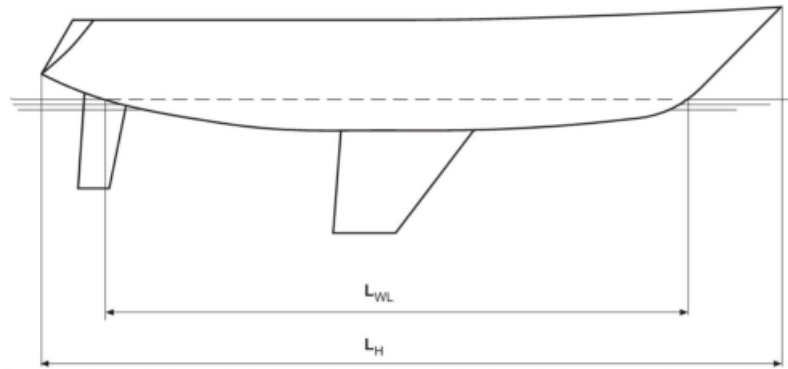
- Lebar **B**

Lebar kapal **B** dihitung dalam [m] adalah jarak terjauh antara sisi kapal pada bagian kapal yang paling lebar, dihitung dari sisi kulit terluar kapal *portside* ke *starboard* atau sebaliknya.

- Tinggi **H**

Tinggi **H** dalam [m] adalah jarak vertikal antara bagian sisi dasar lunas kapal dan sisi atas papan geladak kapal, dihitung pada bagian tengah panjang kapal **L_{WL}** atau *midship*.

- Tinggi **H₁**



Gambar 2.26 Ukuran utama kapal
Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Tinggi **H₁** dalam [m] adalah tinggi **H** ditambah dengan $\frac{1}{6}$ tinggi **H_k** pada lunas (*keel*), dihitung pada *midship* kapal atau setengah panjang **L_{WL}**, seperti ditunjukkan Gambar 2.27.

- Tinggi **H_k** pada lunas

Tinggi **H_k** pada lunas, satuan [m] adalah jarak yang dihitung pada *midship* dari bagian tepi lunas kapal ke bagian paling bawah dari lambung kapal, seperti ditunjukkan Gambar 2.27.

- Sarat **T**

Sarat **T** dalam [m] adalah jarak vertikal diukur pada setengah panjang **L_{WL}** antara garis apung kapal pada kondisi sarat penuh dan bagian terluar dasar lunas.

- Jarak gading **a**

Jarak gading **a** dalam [m] baik gading memanjang (*longitudinal*) maupun gading melintang (*transverse*) diukur dari sisi terluar gading ke gading lainnya.

- Kecepatan v

Kecepatan v adalah kecepatan maksimum kapal yang direncanakan dalam satuan *knots* [kn] saat kapal dalam kondisi beroperasi dip perairan tenang.

- Displasmen D

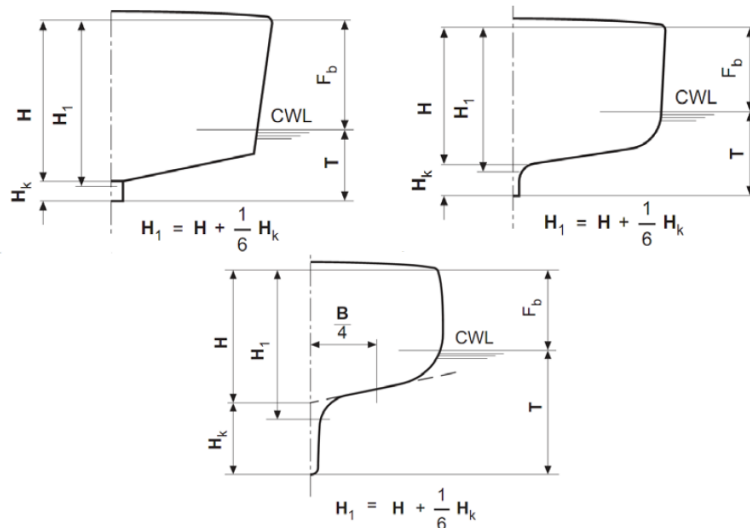
Displasmen D dalam [ton] adalah berat kapal pada kondisi siap beroperasi, merupakan hasil penjumlahan antara berat kosong kapal (*lightweight tonnage/LWT*) dan berat mati kapal (*deadweight tonnage/DWT*) kapal, atau volume kapal tercelup dikalikan massa jenis air.

$$D = V \cdot \rho \tag{9}$$

Dimana:

$$\rho = \text{massa jenis air} \left[\frac{\text{t}}{\text{m}^3} \right]$$

V = volume kapal yang tercelup hingga garis air [m³]



Gambar 2.27 Ukuran-ukuran pada linggi buritan
 Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Ketentuan utama yang disyaratkan oleh BKI untuk material kayu harus memenuhi beberapa persyaratan. Material kayu yang digunakan termasuk dalam Kelas Awet 1, 2 dan 3 sesuai dengan tabel J (tabel pada lampiran) digunakan sebagai struktur utama kapal dan komponen lambung. Untuk material kayu yang tidak terdaftar pada tabel J, tetapi memiliki keawetan yang sama, maka dapat digunakan kayu dengan Kelas Awet I, II, III berdasarkan tabel J. Kayu yang digunakan sebaiknya memiliki serat yang panjang dan kualitasnya baik (bebas getah, tahan getaran, *knot* yang berbahaya dan cacat lainnya). Komponen konstruksi yang tidak tercelup air atau terkena cuaca maka tidak disyaratkan kuat kayunya, dapat digunakan kelas

kuat kayu yang paling rendah. Berat jenis kayu dikategorikan dalam tiga kategori untuk masing-masing komponen konstruksi, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.9.

Berat jenis kayu diatas berlaku untuk kayu dengan kelembapan sebesar 12%. Karena berat jenis kayu berhubungan erat dengan kekuatan kayu, maka pemilihan kayu dapat juga didasarkan pada kuat tarik kayu tersebut. Bila kayu yang digunakan lebih ringan dari Tabel 2.9 maka ukuran konstruksi masing-masing harus diperbesar (untuk papan tebalnya, untuk gading-gading balok geladak dan penegar sekat modulus penampangnya, untuk lunas luas penampangnya) sesuai dengan perbandingan berat jenis minimum kayu menurut peraturan, terhadap berat jenis kayu sebenarnya.

Tabel 2.9 Pembagian komponen struktur berdasarkan berat jenis minimal

Komponen struktur	Berat jenis [g/cm^3]
Lunas <i>Stem</i> Wrang Gading-gading Linggi buritan	0,70
Kulit sisi Papan <i>Sheer</i> Penguat balok geladak Galar <i>Carlines</i> Dudukan mesin <i>Deadwood</i>	0,56
Geladak Balok geladak Papan	0,45

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

2.5.2 Penghitungan Bagian Konstruksi

Dalam subbab ini tidak semua penghitungan bagian konstruksi dijabarkan, secara garis besar bagian konstruksi dibagi menjadi dua yaitu diatas garis air seperti: geladak dan bangunan atas; dibawah garis air seperti: lunas, kulit sisi dan gading-gading. Kemudian dibagi lagi menjadi tiga kelompok berdasarkan berat jenis kayu yang digunakan. Masing-masing kelompok berat jenis kayu mempunyai contoh penghitungan bagian konstruksi.

- Lunas

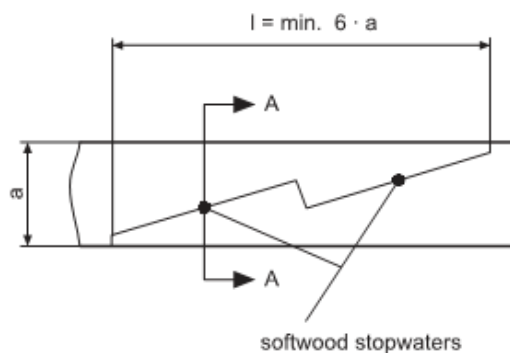
Lunas atau disebut *keel* dihitung berdasarkan fungsi $L(\mathbf{B}/3+\mathbf{H}_1)$ hasil dari fungsi tersebut disesuaikan dengan tabel J lunas BKI. Panjang lunas sebisa mungkin menggunakan satu buah kayu, namun jika tidak memungkinkan maka dapat dilakukan penyambungan lunas dengan

jumlah maksimal sambungan seperti pada Tabel 2.10. Dimana **n** adalah jumlah potongan kayu balok yang diijinkan untuk lunas.

Tabel 2.10 Sambungan lunas berdasarkan panjang kapal

L (m)	n
$L \leq 14$	1
$14 < L \leq 25$	2
$25 < L \leq 35$	3
$L > 35$	4

Sambungan bentuk kait harus memiliki ukuran panjang enam kali dari tinggi lunas. Lalu pada sambungan antar lunas dipasang penahan air (*stopwater*) yang dibuat dari kayu lunak di titik-titik pertemuan antara sponeng dengan sambungan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.28.



Gambar 2.28 Sambungan lunas kapal
Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

- Gading-gading

Gading atau *frame* dapat dibuat dari kayu, baja, laminasi, ataupun kombinasinya. Jarak gading disesuaikan dengan tabel J (terlampir) jarak gading bertambah apabila tebal kulit juga bertambah. Ukuran penampang gading ditentukan dari tabel J (terlampir) berdasarkan fungsi $\mathbf{B/3+H_1}$. Pada bagian depan dan belakang dari L_{WL} , modulus penampang dari gading kayu bengkokan (*bent*) dikurangi 15 % sedangkan untuk gading dari kayu sambungan (*grown frames*) dikurangi 20 %. Gading yang terbuat dari kayu harus memiliki penampang melintang yang sama dari lunas hingga geladak. Sedangkan gading yang terbuat dari sambungan kayu harus memiliki lebar yang sama dari lunas ke geladak, dan tingginya dapat dikurangi secara berangsur-angsur dari tepi atas wrang hingga ke geladak.

- Kulit

Papan kulit luar atau *shell* sebisa mungkin dibuat dari potongan kayu radial atau *quartersawn*. Tebal dan lebar papan diberikan pada Tabel J BKI $\mathbf{L(B/3+H_1)}$. Papan kayu disekitar bilga harus dibuat lebih sempit daripada daerah lainnya. Apabila jarak gading

ditambah maka tebal papan juga harus ditambah secara proporsional, begitu juga sebaliknya. Jarak antara sambungan papan yang bersisian sekurang-kurangnya 3 kali jarak gading; dan bila ada satu lajur diantaranya harus sekurang-kurangnya 2 jarak gading; dan bila ada dua lajur diantaranya sekurang-kurangnya 1 jarak gading. Sambungan papan tidak boleh terletak dalam satu bidang dengan sambungan galar balok (*beam shelf*) dan tutup sisi geladak. Sambungan papan juga tidak boleh terletak dalam satu bidang dengan sambungan lunas.

- Geladak

Papan geladak ditentukan berdasarkan fungsi $L(B/3+H_1)$. Papan geladak sebisa mungkin dipotong radial dan dipasang sepanjang mungkin. Sambungan papan harus dibagi merata digeladak seperti papan kulit. Sambungan papan tutup sisi geladak sampai sambungan papan lajur sisi atas sekurang-kurangnya 1,5 m dan sampai sambungan galar balok sekurang-kurangnya 1,2 m. Papan geladak harus memiliki *hardwood* atau galih kayu, papan *sheer/gunwale* sekurang-kurangnya memiliki tebal sama dengan tebal papan kulit. Ukuran tebal geladak ditentukan berdasarkan Tabel J (terlampir).

- Balok Geladak

Balok geladak ditentukan berdasarkan panjang geladaknya sesuai dengan rancangan kapal kemudian disesuaikan dengan Tabel J (terlampir) untuk menentukan besaran penampang melintang balok geladak. Untuk balok geladak yang tidak menerus dari sisi ke sisi (misal: balok geladak palka) maka diberikan pengurangan ukuran balok geladak.

Tabel 2.11 Kelas kuat kayu berdasarkan berat jenisnya

Kelas Kuat	Berat Jenis	Kokoh lentur mutlak MPa	Kokoh tekan mutlak MPa
I	$\geq 0,90$	≥ 107.91	≥ 63.77
II	0,90 - 0,60	107.91 - 71.12	63.77 - 41.69
III	0,60 - 0,40	71.12 - 49.05	41.69 - 29.45
IV	0,40 - 0,30	49.05 - 35.32	29.43 - 21.09
V	$\leq 0,30$	≤ 35.32	≤ 21.09

BKI membagi kelas kuat kayu kedalam 5 kelas yaitu I, II, III, IV dan V. Penentuan ini didasarkan pada berat jenis, kuat lentur serta kuat tekan kayu tersebut. Seperti ditunjukkan pada Tabel 2.11. Disyaratkan bahwa untuk konstruksi utama kapal dan berada dibawah garis air menggunakan minimal kayu kelas kuat III sesuai tabel kayu BKI atau kayu di luar tabel acuan yang mampu menunjukkan kuat yang sama. Untuk bagian yang tidak tercelup air maka dapat digunakan kayu kelas kuat berapapun.

2.6 Analisis Ekonomis

Analisis ekonomis yang dilakukan pada karya tulis ini adalah menghitung biaya produksi dalam pembangunan kapal, umumnya pembangunan kapal menggunakan sistem pesanan sehingga metode pengumpulan biaya produksi yang digunakan berdasarkan pesanan atau (*job order costing*) dimana biaya produksi tersebut mengalami suatu proses yang akan dijelaskan sebagai berikut.

2.6.1 Biaya Produksi

Biaya produksi digolongkan menjadi dua kelompok yaitu Biaya Langsung (*Direct Cost*) dan Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*) (Darminto, 2017) sebagai berikut:

- Biaya Langsung adalah biaya produksi yang terdiri dari biaya bahan langsung (*direct materials*) dan Biaya Tenaga Kerja Langsung (*direct labor*). Biaya Langsung dibebankan kepada produk berdasarkan biaya yang sesungguhnya.
- Biaya Tidak Langsung adalah biaya selain bahan langsung dan biaya tenaga kerja langsung; yang dikenal dengan nama Biaya Pabrik Tidak Langsung (BPTL) atau Biaya *Overhead* Pabrik (*Factory Overhead Cost*) yang terdiri antara lain :
 - a) Bahan tidak langsung (*indirect materials*) atau perlengkapan pabrik (*factory supplies*)
 - b) Biaya tenaga kerja tidak langsung (*indirect labor*)
 - c) Biaya penyusutan aktiva tetap pabrik
 - d) Biaya asuransi pabrik
 - e) Pajak bumi dan bangunan pabrik
 - f) Biaya *overhead* lainnya

Biaya Tidak Langsung dibebankan pada produk berdasarkan tarif ditentukan di muka (*predetermined*); yang diperhitungkan atas dasar yang telah ditetapkan pada saat menentukan tarif.

Harga Pokok Produksi Persatuan dihitung pada saat proses produksi telah selesai dengan membagi total biaya produksi suatu pesanan dengan produk yang dihasilkan dari proses produksi pesanan yang bersangkutan. Semua jenis biaya akan dicatat dalam sebuah kartu yang dinamakan "*job order cost sheet*" atau "*cost sheet*" (kartu biaya untuk setiap pemesan) (Darminto, 2017).

2.6.2 Biaya Bahan Baku

Dalam perusahaan manufaktur, bahan (material) dibedakan menjadi bahan baku dan bahan penolong. Bahan baku (*direct material*) merupakan bahan yang membentuk bagian menyeluruh dari produk jadi. Bahan baku ini dapat diidentifikasi dengan produk atau pesanan tertentu dengan nilainya yang relatif besar. Misalnya dalam perusahaan mebel, bahan baku adalah kayu atau rotan. Biaya yang timbul akibat pemakaian bahan baku disebut biaya bahan baku. Bahan penolong (*indirect material*) merupakan bahan yang dipakai dalam proses produksi yang tidak dapat diidentifikasi dengan produk jadi dan nilainya relatif kecil.

Misalnya dalam perusahaan mebel, bahan penolong adalah minyak pelitur. Biaya yang ditimbulkan karena pemakaian bahan penolong disebut biaya bahan penolong. Biaya bahan penolong merupakan bagian dari unsur biaya *overhead* pabrik (biaya produksi tidak langsung) (Dewi, et al., 2015).

2.6.3 Biaya Tenaga Kerja

Penghitungan biaya tenaga kerja dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu (Darminto, 2017):

- Penghitungan upah dan gaji, serta pembayarannya. Pada tahap ini diperhitungkan total upah dan gaji serta pajak penghasilan yang dipotong
- Distribusi upah dan gaji, yaitu pembebanan biaya upah dan gaji pada bagian-bagian yang menikmatinya. Bagian tersebut antara lain :
 - a) Bagian produksi, yang terdiri dari Upah Langsung dan Upah Tidak Langsung. Upah Langsung dicatat pada akun barang dalam proses, sedangkan Upah Tidak Langsung dicatat dalam akun “Biaya *Overhead* Pabrik Sesungguhnya”.
 - b) Bagian penjualan, yang berupa gaji bagian penjualan dan dicatat dalam akun “Beban Penjualan”.
 - c) Bagian Administrasi dan Umum, yang berupa gaji bagian administrasi dan umum dan dicatat dalam akun “Beban Adminidtrasi Umum”.

2.6.4 Biaya *Overhead* Pabrik

Biaya *overhead* pabrik pada umumnya didefinisikan sebagai biaya bahan tidak langsung (penolong), tenaga kerja tidak langsung dan semua biaya pabrik lainnya yang tidak dapat secara nyata didefinisikan dengan atau dibebankan langsung ke pesanan, produk atau objek biaya lainnya yang spesifik. Istilah lain yang digunakan untuk biaya *overhead* pabrik adalah beban produksi, *overhead* produksi, beban pabrik dan biaya produksi tidak langsung.

Menurut jenisnya, biaya overhead pabrik dalam perusahaan manufaktur yang mengolah produknya berdasarkan pesanan dapat digolongkan menjadi enam (Dewi, et al., 2015):

- a) Biaya bahan penolong.
- b) Biaya tenaga kerja tidak langsung.
- c) Biaya reparasi dan pemeliharaan.
- d) Biaya penyusutan aktiva.
- e) Biaya asuransi.
- f) Biaya listrik dan lain-lain.

2.6.5 Tahapan Kalkulasi Biaya Produksi Pesanan

Ada tujuh tahap dalam melakukan kalkulasi biaya berdasarkan pesanan (*job costing*), yaitu (Darminto, 2017):

- 1) Tahap I : mengidentifikasi objek-objek biaya (*cost objects*)
- 2) Tahap II : mengidentifikasi biaya langsung dari pesanan
- 3) Tahap III : memilih dasar alokasi biaya tidak langsung (*indirect cost*)
- 4) Tahap IV : mengidentifikasi biaya-biaya tidak langsung yang dihubungkan dengan setiap dasar pembebanan biaya
- 5) Tahap V : menghitung tarif biaya overhead pabrik dengan dasar pembebanan yang telah ditetapkan pada tahap IV
- 6) Tahap VI : menghitung biaya tidak langsung yang dibebankan ke suatu pesanan
- 7) Tahap VII : menghitung biaya yang dibebankan kepada produk termasuk biaya langsung

Namun pada karya tulis ini penghitungan yang dilakukan sebatas pada perhitungan bahan baku kayu untuk produksi bagian konstruksi kapal ikan. Lebih khusus lagi bagian konstruksi yang dihitung biayanya disesuaikan dengan hasil pengujian kayu.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana tahapan secara umum dalam pengerjaan tugas akhir yang dilakukan. Alur penelitian digambarkan melalui diagram alir pengerjaan, detail pengerjaan tugas akhir akan dijelaskan pada setiap poin dalam diagram alir tersebut.

3.2 Perumusan Masalah dan Tujuan

Identifikasi masalah didasarkan pada kondisi saat ini. Dimana terjadi kelangkaan kayu untuk pembangunan kapal, akibat berkurangnya hutan penghasil kayu karena penebangan liar atau alih fungsi hutan untuk perkebunan. Sehingga diperlukan kayu alternatif lain yang memiliki kekuatan dan keawetan yang memenuhi standar pembangunan kapal. Kayu angkana sendiri memiliki potensi yang dapat dikembangkan, karena kemampuan tumbuhnya yang cepat dan dapat ditanam hampir pada semua kondisi dan ketinggian tanah.

Dari identifikasi masalah tersebut kemudian ditentukan alternatif solusi yang dapat dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah meneliti kekuatan kayu angkana dan bagaimana analisis teknisnya untuk pembangunan kapal. Diharapkan dari penelitian ini diperoleh gambaran kelayakan kayu angkana sebagai kayu alternatif untuk pembangunan kapal baik dari segi teknis maupun ekonomis.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan mencakup karakteristik fisik kayu Angkana dan Jati, baik dari sifat fisis dan mekanis. Kemudian dilakukan studi terkait teknik pengujian kayu untuk menentukan sifat mekaniknya. Studi yang dilakukan juga mencakup pengetahuan tentang konstruksi kapal dan peraturan terkait konstruksi kapal. Dalam karya tulis ini standar peraturan yang digunakan adalah BKI Volume VII tentang Kapal Kecil tahun 2013.

3.4 Metode Pengujian Sifat Mekanik

Metode pengujian sifat mekanik dilakukan sesuai standard ASTM D143-14. Standar tersebut mencakup pengujian tarik, tekan dan lentur. Sebelum melaksanakan pengujian sifat mekanik kayu Angkana. Maka tahap awal adalah membuat spesimen uji kayu yang diperlukan.

Spesimen yang digunakan adalah kayu Angsana (*pterocarpus indicus*) dengan dua variasi umur <10 tahun dan >10 tahun (kayu yang diteliti berumur 8 tahun dan 23 tahun), dan variasi searah serat dan tegak lurus serat. Tahap awal adalah memilih kayu yang diperlukan sesuai dengan kriteria yang ditentukan. Gambar 3.1 adalah tempat pemilihan kayu yang diperlukan untuk pengujian.



Gambar 3.1 Tempat pengumpulan kayu

Setelah proses pemilihan kayu maka untuk memastikan umur kayu dengan cara menghitung lingkaran tahun pada kayu tersebut. Setiap garis melingkar mewakili satu tahun umur kayu. Lingkaran kayu ditunjukkan seperti pada Gambar 3.2. Diperoleh bahwa kayu yang digunakan berumur 23 tahun dan 8 tahun.



Gambar 3.2 Lingkaran tahun pada potongan melintang kayu

Setelah umur kayu sudah ditentukan maka langkah selanjutnya adalah memotong kayu yang berbentuk gelondongan (*log*) menjadi potongan papan kayu. Teknik pemotongan yang digunakan adalah potongan searah (*plainsawn*). Gambar 3.3 adalah proses pemotongan kayu pada tempat pemotongan kayu gelondong (*grajen-an*).



Gambar 3.3 Pemotongan kayu gelondong

Papan kayu tersebut kemudian dikeringkan dengan cara dijemur dan disimpan dalam ruangan yang kering, seperti pada Gambar 3.4. Diharapkan dari proses ini akan dihasilkan kayu dengan kandungan air yang kurang dari 12 % (sesuai dengan peraturan pengujian).

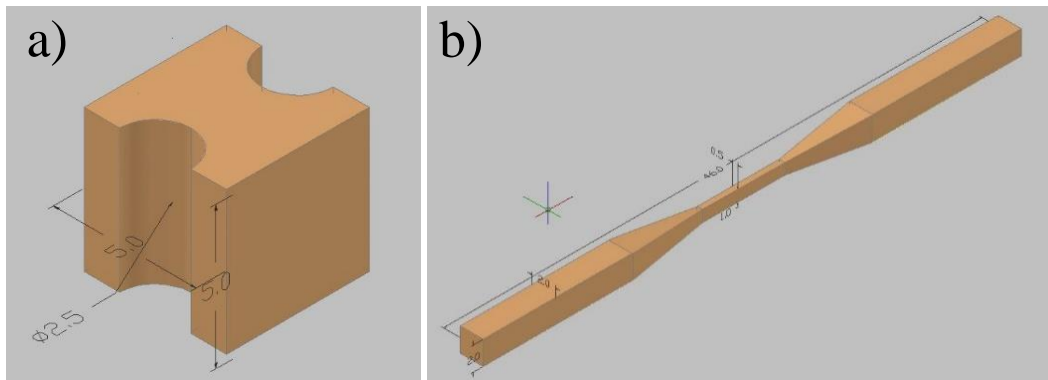


Gambar 3.4 Papan kayu hasil pemotongan gelondong

Dari papan kayu yang sudah kering lalu dibuat spesimen uji kayu. Berupa tiga jenis spesimen berdasarkan pengujiannya, dengan variasi arah serat dan umur kayu. Gambar 3.5 adalah spesimen uji tarik searah serat dan tegak lurus serat dengan umur kayu 8 tahun dan 23 tahun.

Sesuai dengan peraturan ASTM D143 spesimen uji tarik tegak lurus serat harus memenuhi ukuran seperti Gambar 3.5 (a) dengan panjang 50 mm dan penampang melintang lebar 25 mm dan tebal 50 mm. Sedangkan spesimen uji tarik sejajar serat harus memenuhi

ukuran seperti Gambar 3.5 (b) dengan panjang 460 mm dan penampang melintang lebar 4,8 mm dan tebal 9,8 mm.



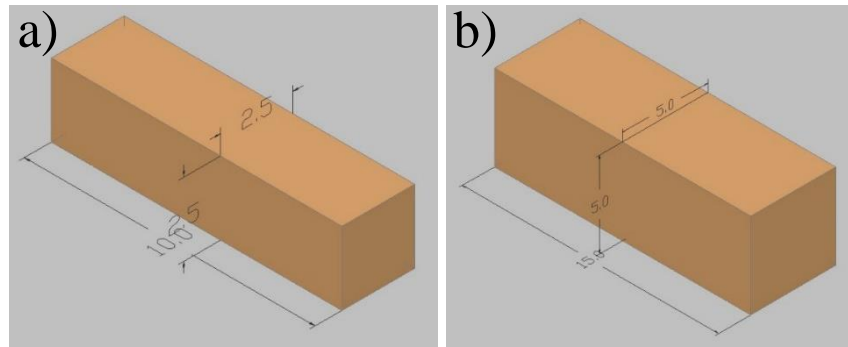
Gambar 3.5 a) dimensi spesimen uji tarik tegak lurus serat, b) dimensi spesimen uji tarik sejajar serat

Hasil dari pembuatan spesimen uji tarik baik sejajar serat maupun tegak lurus serat dapat dilihat pada Gambar 3.6 (a) dan Gambar 3.6 (b). Spesimen ini lah yang akan diuji pada mesin uji mekanis.



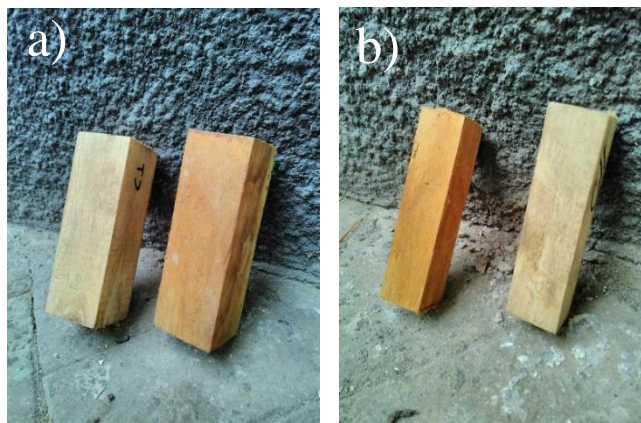
Gambar 3.6 a) spesimen uji tarik tegak lurus serat, b) spesimen uji sejajar serat

Sesuai dengan peraturan ASTM D143 spesimen uji tekan sejajar serat harus memenuhi ukuran seperti Gambar 3.7 (a) dengan panjang 100 mm dan penampang melintang lebar 25 mm dan tebal 25 mm. Sedangkan spesimen uji tekan tegak lurus serat harus memenuhi ukuran seperti Gambar 3.7 (b) dengan panjang 150 mm dan penampang melintang lebar 50 mm dan tebal 50 mm. Spesimen tekan searah serat menggunakan ukuran spesimen kedua. Pemilihan tersebut didasarkan pada ketersediaan ukuran potongan melintang diameter kayu, untuk umur 8 tahun yang terbatas.



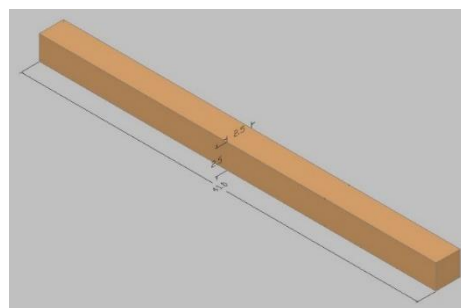
Gambar 3.7 a) dimensi spesimen uji tekan tegak lurus serat, b) dimensi spesimen uji tekan sejajar serat

Hasil dari pembuatan spesimen uji tekan baik sejajar serat maupun tegak lurus serat dapat dilihat pada Gambar 3.8 (a) dan Gambar 3.8 (b). Spesimen ini lah yang akan diuji pada mesin uji mekanis.



Gambar 3.8 a) spesimen uji tekan tegak lurus serat, b) spesimen uji tekan sejajar serat

Sesuai dengan peraturan ASTM D143 spesimen uji lentur harus memenuhi ukuran seperti Gambar 3.9 dengan panjang 410 mm dan penampang melintang lebar 25 mm dan tebal 25 mm.



Gambar 3.9 Dimensi spesimen uji lentur (*bending*)

Untuk hasil dari pembuatan spesimen uji lentur ditunjukkan pada Gambar 3.10. Spesimen ini lah yang akan diuji pada mesin uji mekanis.



Gambar 3.10 spesimen uji lentur (*bending*)

Kemudian semua spesimen diuji dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Untuk pengujian tarik dan tekan spesimen diuji hingga titik pecahnya, patah menjadi 2 bagian seperti Gambar 3.11. Sedangkan untuk uji lentur spesimen diuji tingkat kelenturannya, sehingga spesimen tidak patah menjadi 2 bagian.



Gambar 3.11 Pengujian spesimen

3.5 Penghitungan dan Penentuan Sifat Mekanik Sesuai Pengujian

Setelah pengujian dilakukan hasilnya dicatat dan didokumentasikan, kemudian dilakukan penghitungan hasil pengujian. Besarnya kekuatan kayu terbagi menjadi kuat tarik, kuat tekan dan kuat lentur. Satuan yang digunakan diantaranya adalah Newton untuk gaya ekuivalen dengan 0,1 kgf ditulis dengan notasi **N**. Mega Pascal adalah 10^6 pascal ekuivalen dengan 10 kgf/cm^2 dan ditulis dengan notasi **MPa**.

Material kayu yang dianggap lolos uji validasi dilihat berdasarkan tegangan yang diperoleh dari perhitungan hasil uji, dimana batas minimal kayu dapat digunakan sebagai material pembangunan kapal adalah Kelas Kuat III dengan keteguhan lengkung mutlak minimal

500 - < 725 kg/cm² dan keteguhan tekan mutlak 300 - < 425 kg/cm² atau dengan berat jenis minimal 0,40 g/cm³. Penentuan kayu sebagai komponen konstruksi ditentukan seperti pada Tabel 2.9. Juga ditentukan pula apakah ada pengaruh umur kayu pada kekuatan kayu, kemudian ditentukan salah satu variasi umur kayu sebagai contoh penghitungan ukuran konstruksi kapal.

3.6 Penghitungan Ukuran Konstruksi Berdasarkan Pengujian

Setelah ditentukan penggunaan kayu untuk komponen konstruksi kapal, maka tahap selanjutnya adalah menghitung ukuran konstruksinya. Penghitungan ukuran konstruksi dilakukan menggunakan dua jenis kayu yaitu Jati dan Angsana. Penghitungan ukuran ini disesuaikan dengan ketentuan yang sudah diberikan oleh klas BKI pada *rules* Volume A tahun 2013 tentang kapal kayu. Pada tugas akhir ini hanya akan dihitung satu komponen konstruksi yang sama sebagai contoh perbandingan ukuran konstruksi yang menggunakan kayu angšana dan kayu jati. Kapal yang digunakan sebagai contoh penghitungan berukuran < 24 meter dengan GT 30, desain kapal diperoleh dari studi literatur.

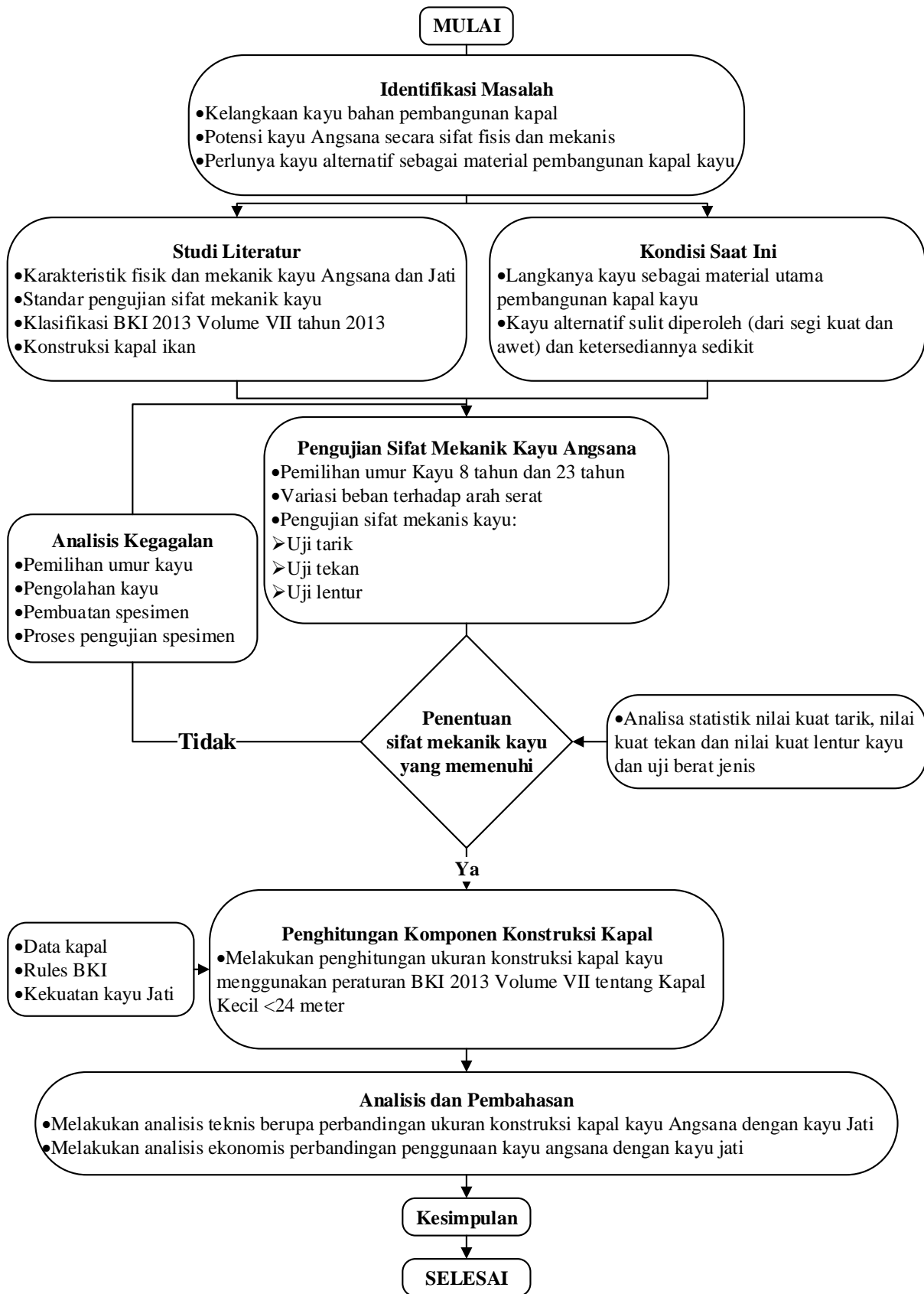
3.7 Analisis dan Pembahasan

Analisis yang dilakukan adalah analisis teknis dan analisis ekonomis. Analisis teknis akan membahas bagaimana perbandingan antara kayu Jati dan kayu Angsana dari segi teknis. Analisis teknis juga membahas mengenai perbedaan ukuran konstruksi yang dihasilkan antara kayu Jati dan kayu Angsana. Sedangkan analisis ekonomis akan membahas bagaimana perbandingan biaya pembuatan komponen konstruksi antara yang menggunakan material kayu jati dengan kayu angšana.

Pembahasan yang dilakukan mengenai hasil analisis teknis dan hasil ekonomis. Pembahasan mencakup keunggulan dan kelemahan masing-masing jenis kayu Jati dan kayu Angsana sebagai material kapal kayu. Sehingga menghasilkan suatu gambaran tentang bagaimana kelayakan atau kemampuan kayu angšana sebagai kayu alternatif untuk pembangunan kapal ikan.

3.8 Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh dari rangkuman analisis teknis ekonomis dan pembahasan yang sudah dilakukan. Diharapkan pada tugas akhir ini diperoleh kesimpulan yang menjawab tujuan awal. Termasuk didalam bab kesimpulan akan diberikan saran terkait perlunya pengembangan penelitian tugas akhir ini, agar diperoleh hasil yang lebih baik dan manfaat yang lebih banyak bagi ilmu pengetahuan dan masyarakat secara luas.



Gambar 3.12 Diagram Alir Penelitian

BAB 4

DATA HASIL PENGUJIAN SIFAT FISIK DAN MEKANIK

4.1 Berat Jenis Kayu Angsana

Pada bab ini akan diberikan penjabaran terkait data hasil pengujian baik itu sifat fisik maupun sifat mekanik yang sudah dilakukan di laboratorium, pengujian yang dilakukan menggunakan variasi usia kayu 23 tahun dan 8 tahun. Pengujian sifat fisik berupa pengujian berat jenis material yang diuji. Sedangkan untuk pengujian kuat tarik dan kuat tekan menggunakan variasi arah serat yaitu sejajar serat (*longitudinal*) dan tegak lurus serat (*tangential*) serta untuk pengujian lentur tidak menggunakan variasi serat. Penghitungan berat jenis kayu dilakukan dengan cara membagi berat kayu dengan volume kayu tersebut, proses pengukuran berat kayu ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengukuran berat kayu spesimen

Volume benda yang diuji memiliki dimensi panjang 15 cm, lebar 5 cm dan tinggi 5 cm sehingga memiliki volume 375 cm^3 . Dari pengujian sifat fisis diperoleh berat jenis rata-rata kedua umur kayu sebesar $0,55 \text{ g/cm}^3$. Rangkuman berat jenis untuk kayu Angsana umur 8 tahun dan 23 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.1. Berat jenis ini digunakan untuk acuan pemilihan konstruksi kapal berdasarkan Tabel 2.9.

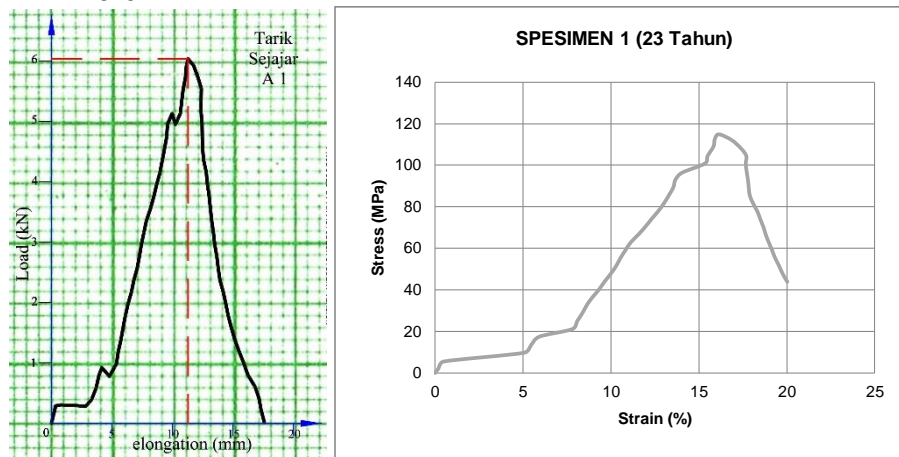
Tabel 4.1 Berat jenis spesimen Kayu Angsana

Umur tahun	Berat gr	Volume cm^3	Berat Jenis g/cm^3
23	221	375	0.59
8	191	375	0.51

4.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik

Hasil pengujian tarik dicatat beban maksimumnya pada lembar pencatatan. Kemudian dihitung nilai beban maksimum rata-ratanya, nilai maksimum dan nilai minimumnya. Penghitungan juga dilakukan untuk besar kuat tarik spesimen yang diuji. Hasil pengujian dan grafik hasil pengujian dijelaskan pada subbab berikut ini.

4.2.1.1 Kuat Tarik Sejajar Serat



Gambar 4.2 a) Grafik load b) grafik stress-strain, hasil pengujian tarik sejajar serat spesimen umur 23 tahun

Dari pengujian kuat tarik sejajar serat diperoleh data hasil pengujian, seperti yang tertera pada Tabel 4.2, yaitu hasil pengujian tarik sejajar serat kayu umur 23 tahun:

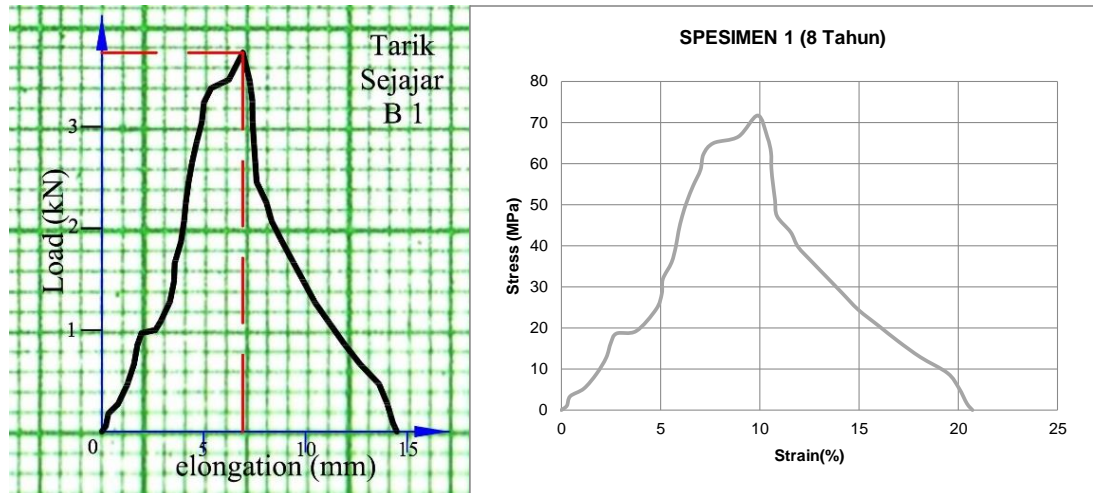
Tabel 4.2 Hasil uji tarik sejajar serat, kayu umur 23 tahun

Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
23	A1	6.03	52.52	16.14	114.87	7.12
	A2	4.77	47.53	11.66	100.37	8.61
	A3	5.08	50	9.42	101.59	10.78
	A4	4.68	46.56	8.97	100.55	11.21
rata-rata				11.55	104.34	9.43

Hasil pengujian kuat tarik sejajar serat didapatkan urutan kekuatan tarik kayu untuk usia 23 tahun yaitu:

- Urutan pertama adalah spesimen 1 dengan nilai kuat tarik sebesar 114,87 MPa
- Urutan kedua adalah spesimen 3 dengan nilai kuat tarik sebesar 101,59 MPa
- Urutan ketiga adalah spesimen 4 dengan nilai kuat tarik sebesar 100,55 MPa
- Urutan keempat adalah spesimen 2 dengan nilai kuat tarik sebesar 100,37 MPa

Sehingga diperoleh rata-rata nilai kuat tarik sejajar serat dengan kayu umur 23 tahun sebesar 104,34 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 9,43 MPa.



Gambar 4.3 a) Grafik *load* b) grafik *stress-strain*, hasil pengujian tarik sejajar serat spesimen umur 8 tahun

Diperoleh data hasil pengujian dari uji tarik sejajar serat, seperti yang tertera pada Tabel 4.3, yaitu hasil pengujian tarik sejajar serat kayu umur 8 tahun:

Tabel 4.3 Hasil uji tarik sejajar serat, kayu umur 8 tahun

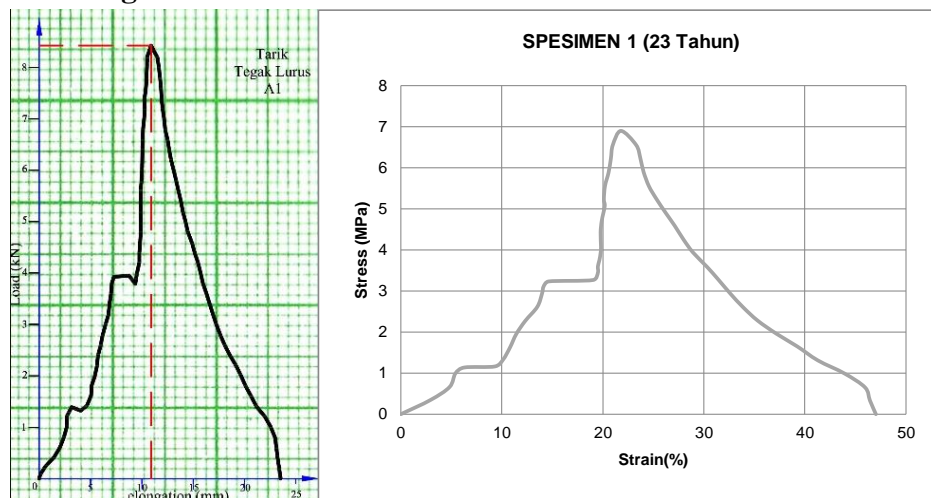
Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
8	B1	3.73	52.02	9.89	71.68	7.24
	B2	3.51	49	13.47	71.63	5.32
	B3	2.62	45.6	7.62	57.44	7.54
	B4	4.18	52.52	10.98	79.62	7.25
rata-rata				10.49	70.10	6.84

Dari tabel pengujian kuat tarik sejajar serat diperoleh urutan kekuatan tarik kayu untuk usia 8 tahun yaitu:

- Urutan pertama adalah spesimen 4 dengan nilai kuat tarik sebesar 79,62 MPa
- Urutan kedua adalah spesimen 1 dengan nilai kuat tarik sebesar 71,68 MPa
- Urutan ketiga adalah spesimen 2 dengan nilai kuat tarik sebesar 71,63 MPa
- Urutan keempat adalah spesimen 3 dengan nilai kuat tarik sebesar 57,44 MPa

Sehingga diperoleh rata-rata nilai kuat tarik sejajar serat dengan kayu umur 8 tahun sebesar 70,10 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 6,84 MPa.

4.2.1.2 Kuat Tarik Tegak Lurus Serat



Gambar 4.4 a) Grafik load b) grafik *stress-strain*, hasil pengujian tarik tegak lurus serat spesimen umur 23 tahun

Dari uji tarik tegak lurus serat diperoleh data hasil pengujian, seperti yang tertera pada Tabel 4.4, yaitu hasil pengujian tarik tegak lurus serat kayu umur 23 tahun:

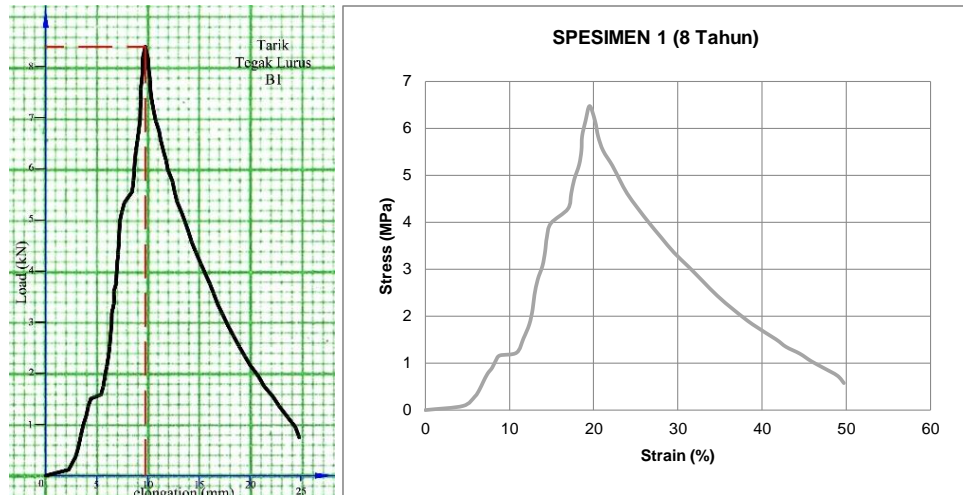
Tabel 4.4 Hasil uji tarik tegak lurus serat, kayu umur 23 tahun

Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
23	A1	8.43	1222	21.79	6.89	0.32
	A2	5.12	1044	31.52	4.90	0.16
	A3	7.47	1270	23.03	5.88	0.26
	A4	7.23	1265	15.86	5.71	0.36
rata-rata				23.05	5.85	0.27

Dari tabel pengujian kuat tarik tegak lurus serat diperoleh urutan kekuatan tarik kayu untuk usia 23 tahun yaitu:

- Urutan pertama adalah spesimen 1 dengan nilai kuat tarik sebesar 6,89 MPa
- Urutan kedua adalah spesimen 3 dengan nilai kuat tarik sebesar 5,88 MPa
- Urutan ketiga adalah spesimen 4 dengan nilai kuat tarik sebesar 5,71 MPa
- Urutan keempat adalah spesimen 2 dengan nilai kuat tarik sebesar 4,9 MPa

Sehingga diperoleh rata-rata nilai kuat tarik tegak lurus serat dengan kayu umur 23 tahun sebesar 5,85 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 0.27 MPa.



Gambar 4.5 Grafik load b) grafik stress-strain, hasil pengujian tarik tegak lurus serat spesimen umur 8 tahun

Pengujian tarik tegak lurus serat menghasilkan data pengujian. Seperti yang tertera pada Tabel 4.5, yaitu hasil pengujian tarik tegak lurus serat kayu umur 8 tahun:

Tabel 4.5 Hasil uji tarik tegak lurus serat, kayu umur 8 tahun

Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
8	B1	8.39	1295	19.52	6.47	0.33
	B2	7.56	1293	14.46	5.85	0.40
	B3	5.43	1272	8.21	4.27	0.52
	B4	7.26	1288	13.38	5.64	0.42
rata-rata				13.89	5.56	0.42

Dari tabel pengujian kuat tarik tegak lurus serat diperoleh urutan kekuatan tarik kayu untuk usia 8 tahun yaitu:

- Urutan pertama adalah spesimen 1 dengan nilai kuat tarik sebesar 6,47 MPa
- Urutan kedua adalah spesimen 2 dengan nilai kuat tarik sebesar 5,85 MPa
- Urutan ketiga adalah spesimen 4 dengan nilai kuat tarik sebesar 5,64 MPa
- Urutan keempat adalah spesimen 3 dengan nilai kuat tarik sebesar 4,27 MPa

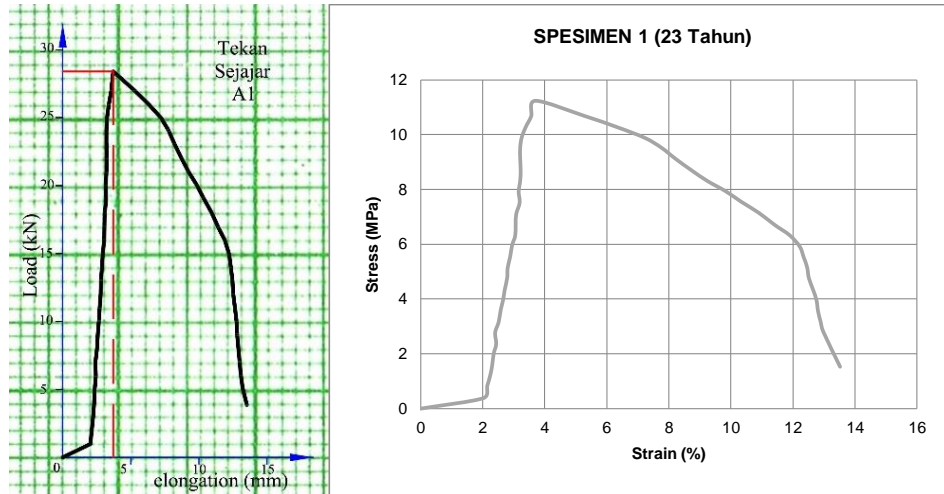
Sehingga diperoleh rata-rata nilai kuat tarik tegak lurus serat dengan kayu umur 8 tahun sebesar 5,56 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 0,42 MPa.

4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian tekan dicatat beban maksimumnya pada lembar pencatatan. Kemudian dihitung nilai beban maksimum rata-ratanya, nilai maksimum dan nilai minimumnya. Dan

dihitung besarnya kuat tekan spesimen yang diuji. Hasil Penghitungan dan pengujian dijelaskan sebagai berikut.

4.3.1.1 Kuat Tekan Sejajar Serat



Gambar 4.6 a) Grafik load b) grafik stress-strain, hasil pengujian tekan sejajar serat spesimen umur 23 tahun

Dari uji tekan sejajar serat diperoleh data hasil pengujian, seperti yang tertera pada Tabel 4.6, yaitu hasil pengujian tekan sejajar serat kayu umur 23 tahun:

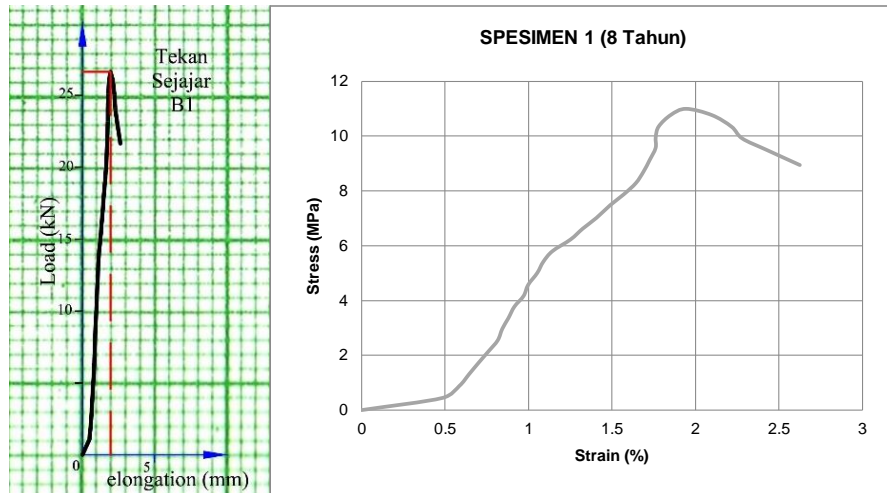
Tabel 4.6 Hasil uji tekan sejajar serat, kayu umur 23 tahun

Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
23	A1	28.40	2527.57	3.71	11.24	3.03
	A2	33.12	2510	3.43	13.20	3.85
	A3	33.31	2547.71	2.67	13.07	4.89
	A4	33.60	2540.16	1.89	13.23	7.00
rata-rata				2.92	12.68	4.69

Dari tabel pengujian kuat tekan sejajar serat diperoleh urutan kekuatan tekan kayu untuk usia 23 tahun yaitu:

- Urutan pertama adalah spesimen 4 dengan nilai kuat tekan sebesar 13,23 MPa
- Urutan kedua adalah spesimen 2 dengan nilai kuat tekan sebesar 13,20 MPa
- Urutan ketiga adalah spesimen 3 dengan nilai kuat tekan sebesar 13,07 MPa
- Urutan keempat adalah spesimen 1 dengan nilai kuat tekan sebesar 11,24 MPa

Sehingga diperoleh rata-rata nilai kuat tekan sejajar serat dengan kayu umur 23 tahun sebesar 12,68 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 4,69 MPa.



Gambar 4.7 a) Grafik *load* b) grafik *stress-strain*, hasil pengujian tekan sejajar serat spesimen umur 8 tahun

Dari uji tekan sejajar serat diperoleh data hasil pengujian, seperti yang tertera pada Tabel 4.7, yaitu hasil pengujian tekan sejajar serat kayu umur 8 tahun:

Tabel 4.7 Hasil uji tekan sejajar serat, kayu umur 8 tahun

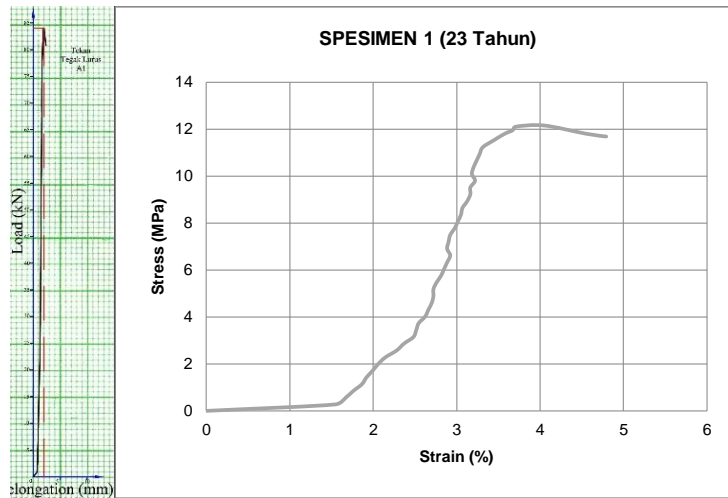
Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
8	B1	26.63	2422.05	1.94	11.00	5.66
	B2	24.76	2535.12	2.02	9.77	4.83
	B3	28.88	2458.2	2.14	11.75	5.50
	B4	25.96	2484.6	2.08	10.45	5.02
rata-rata				2.05	10.74	5.25

Dari tabel pengujian kuat tekan sejajar serat diperoleh urutan kekuatan tekan kayu untuk usia 8 tahun yaitu:

- Urutan pertama adalah spesimen 3 dengan nilai kuat tekan sebesar 11,75 MPa
- Urutan kedua adalah spesimen 1 dengan nilai kuat tekan sebesar 11 MPa
- Urutan ketiga adalah spesimen 4 dengan nilai kuat tekan sebesar 10,45 MPa
- Urutan keempat adalah spesimen 2 dengan nilai kuat tekan sebesar 9,77 MPa

Sehingga diperoleh rata-rata nilai kuat tekan sejajar serat dengan kayu umur 8 tahun sebesar 10,74 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 5,25 MPa.

4.3.1.2 Kuat Tekan Tegak Lurus Serat



Gambar 4.8 a) Grafik *load* b) grafik *stress-strain*, hasil pengujian tekan tegak lurus serat spesimen umur 23 tahun

Dari uji tekan tegak lurus serat diperoleh data hasil pengujian, seperti yang tertera pada Tabel 4.8, yaitu hasil pengujian tekan tegak lurus serat kayu umur 23 tahun:

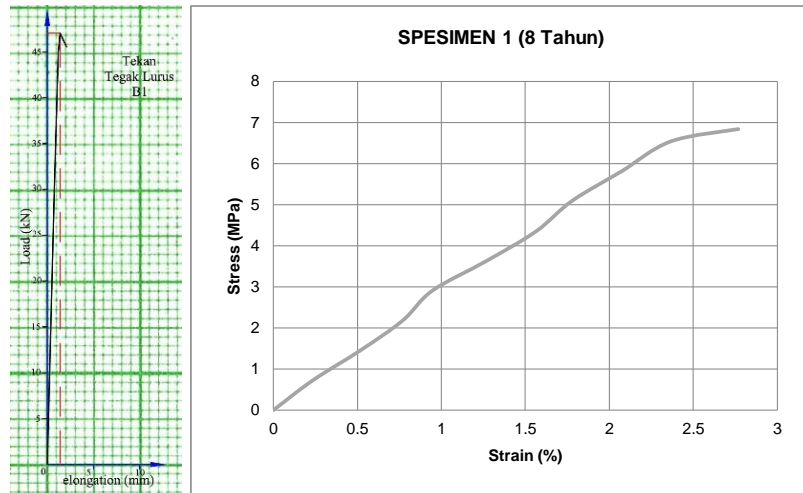
Tabel 4.8 Hasil uji tekan tegak lurus serat, kayu umur 23 tahun

Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
23	A1	84.05	6916	4.04	12.15	3.01
	A2	87.85	7056	4.84	12.45	2.57
	A3	104.25	7154	3.52	14.57	4.14
	A4	91.00	7126	4.75	12.77	2.69
rata-rata				4.29	12.99	3.10

Dari tabel pengujian kuat tekan tegak lurus serat diperoleh urutan kekuatan tekan kayu untuk usia 23 tahun yaitu:

- Urutan pertama adalah spesimen 3 dengan nilai kuat tekan sebesar 14,57 MPa
- Urutan kedua adalah spesimen 2 dengan nilai kuat tekan sebesar 12,45 MPa
- Urutan ketiga adalah spesimen 4 dengan nilai kuat tekan sebesar 12,77MPa
- Urutan keempat adalah spesimen 1 dengan nilai kuat tekan sebesar 12,15 MPa

Sehingga diperoleh rata-rata nilai kuat tekan sejajar serat dengan kayu umur 23 tahun sebesar 12,99 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 3,1 MPa.



Gambar 4.9 a) Grafik *load* b) grafik *stress-strain*, hasil pengujian tekan tegak lurus serat spesimen umur 8 tahun

Dari uji tekan tegak lurus diperoleh data hasil pengujian. Seperti yang tertera pada Tabel 4.9, yaitu hasil pengujian tekan tegak lurus serat kayu umur 8 tahun:

Tabel 4.9 Hasil uji tekan tegak lurus serat, kayu umur 8 tahun

Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
8	B1	47.09	6888	2.77	6.84	2.47
	B2	50.45	7084	3.72	7.12	1.92
	B3	50.69	7126	3.89	7.11	1.83
	B4	50.91	7070	4.11	7.20	1.75
rata-rata				3.62	7.07	1.99

Dari tabel pengujian kuat tekan tegak lurus serat diperoleh urutan kekuatan tekan kayu untuk usia 8 tahun yaitu:

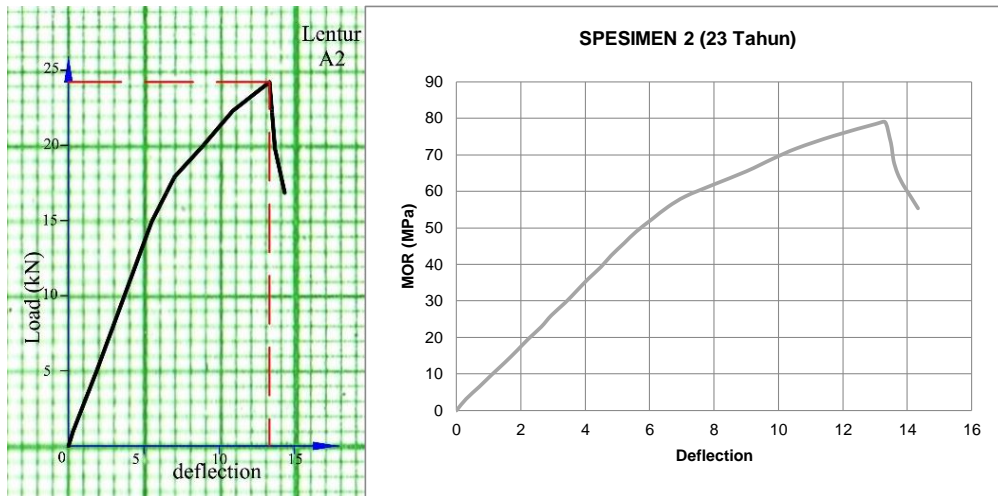
- a) Urutan pertama adalah spesimen 1 dengan nilai kuat tekan sebesar 7,2 MPa
- b) Urutan kedua adalah spesimen 2 dengan nilai kuat tekan sebesar 7,12 MPa
- c) Urutan ketiga adalah spesimen 4 dengan nilai kuat tekan sebesar 7,11 MPa
- d) Urutan keempat adalah spesimen 3 dengan nilai kuat tekan sebesar 6,84 MPa

Sehingga diperoleh rata-rata nilai kuat tekan tegak lurus serat dengan kayu umur 8 tahun sebesar 7,07 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 1,99 MPa.

4.4 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Hasil pengujian lentur dicatat beban maksimumnya pada lembar pencatatan. Kemudian dihitung nilai beban maksimum rata-ratanya, nilai maksimum dan nilai minimumnya. Dicatat

pula besarnya defleksi yang terjadi kemudian dihitung besar kuat lenturnya. Hasil Penghitungan dan pengujian dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 4.10 a) Grafik load b) grafik stress-strain, hasil pengujian lentur spesimen umur 23 tahun

Dari uji lentur diperoleh data hasil pengujian, seperti yang tertera pada Tabel 4.10, yaitu hasil pengujian lentur kayu umur 23 tahun:

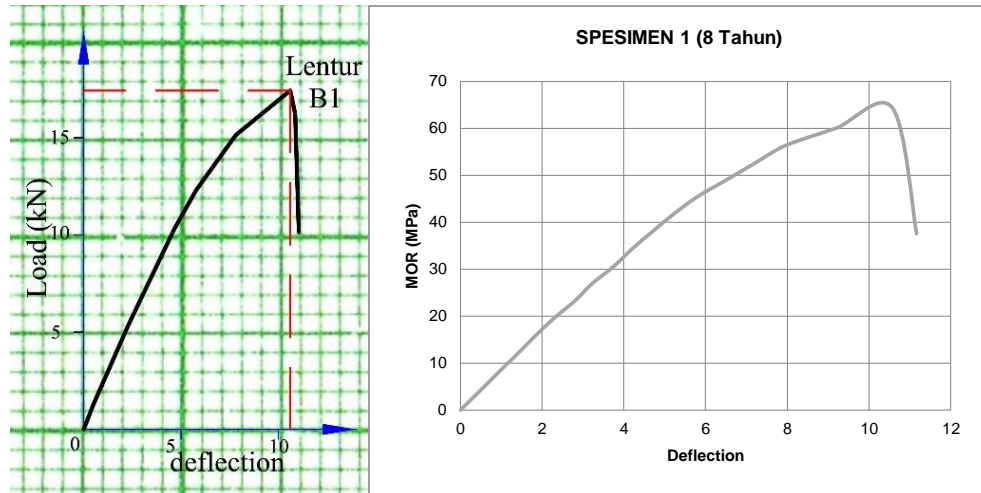
Tabel 4.10 Hasil uji lentur, kayu umur 23 tahun

Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Defelction mm	MOR MPa	MOE MPa
23	A1	19.54	632.5	14.97	66.73	4.46
	A2	24.06	650.21	13.31	78.97	5.93
	A3	22.28	647.7	10.29	72.84	7.08
	A4	27.23	665.64	17.85	85.61	4.80
rata-rata				13.00	74.92	5.77

Dari tabel pengujian kuat lentur diperoleh urutan kekuatan lentur kayu untuk usia 23 tahun yaitu:

- Urutan pertama adalah spesimen 4 dengan nilai kuat lentur sebesar 85,61 MPa
- Urutan kedua adalah spesimen 2 dengan nilai kuat lentur sebesar 78,97 MPa
- Urutan ketiga adalah spesimen 3 dengan nilai kuat lentur sebesar 72,84 MPa
- Urutan keempat adalah spesimen 1 dengan nilai kuat lentur sebesar 66,73 MPa

Sehingga diperoleh rata-rata nilai kuat lentur kayu umur 23 tahun sebesar 74,92 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 5,77 MPa.



Gambar 4.11 a) Grafik *load* b) grafik *stress-strain*, hasil pengujian lentur spesimen umur 23 tahun

Diperoleh data hasil pengujian, seperti yang tertera pada Tabel 4.11, yaitu hasil pengujian lentur kayu umur 8 tahun:

Tabel 4.11 Hasil uji lentur, kayu umur 8 tahun

Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Deflection mm	MOR MPa	MOE MPa
8	B1	17.37	620.4	10.57	64.34	6.09
	B2	19.78	652.5	11.53	65.48	5.68
	B3	7.18	622.5	8.71	25.01	2.87
	B4	19.40	624.75	11.31	68.45	6.05
rata-rata				10.33	52.15	4.89

Dari tabel pengujian kuat lentur diperoleh urutan kekuatan lentur kayu untuk usia 8 tahun yaitu:

- e) Urutan pertama adalah spesimen 4 dengan nilai kuat lentur sebesar 68,45 MPa
- f) Urutan kedua adalah spesimen 1 dengan nilai kuat lentur sebesar 65,48 MPa
- g) Urutan ketiga adalah spesimen 2 dengan nilai kuat lentur sebesar 64,34 MPa
- h) Urutan keempat adalah spesimen 3 dengan nilai kuat lentur sebesar 25,01 MPa

Sehingga diperoleh rata-rata nilai kuat tarik sejajar serat dengan kayu umur 8 tahun sebesar 52,15 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 4,89 MPa.

4.5 Rekapitulasi dan Perbandingan Hasil Uji Terhadap Standar Biro Klasifikasi

Dari penghitungan yang telah dilakukan berdasarkan data hasil uji sifat fisis dan sifat mekanis kayu Angsana, maka didapatkan data rekapitulasi sebagaimana pada Tabel 4.12:

Tabel 4.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Umur Kayu (Tahun)	Berat Jenis	Kuat Tarik (MPa)		Kuat Tekan (MPa)		Kuat Lentur (MPa)
		Sejajar	Tegak Lurus	Sejajar	Tegak Lurus	
23	0.59	104.34	5.85	12.68	12.99	74.92
8	0.51	70.10	5.56	10.74	7.07	52.15

Sesuai tabel pembagian kelas kuat BKI yaitu Tabel 2.11. Maka kelas kayu Angsana yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada berat jenis, kuat tekan dan kuat lenturnya maka termasuk pada kategori **Kelas Kuat III**.

BAB 5

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS

5.1 Analisis Teknis

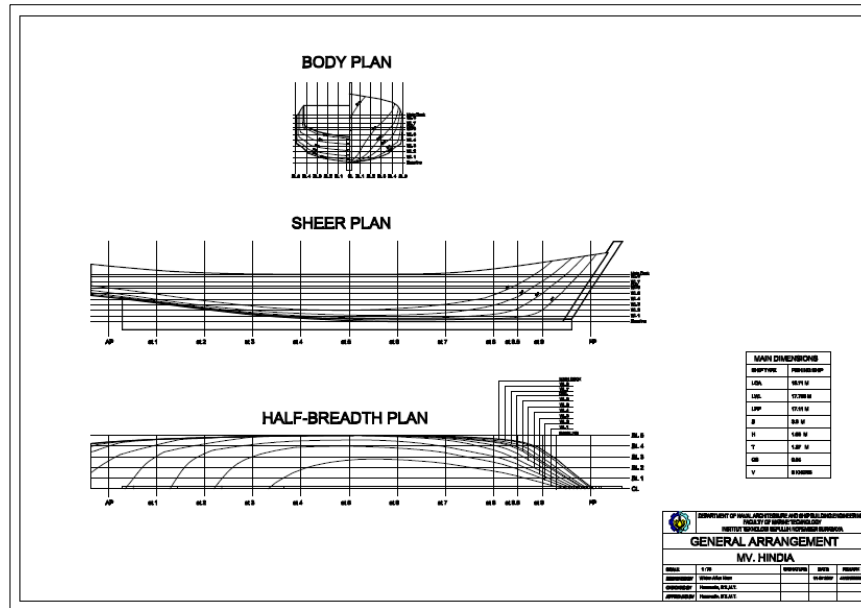
Analisis teknis yang dilakukan berupa penghitungan nilai beban (*load*) dari hasil pengujian pada Bab 4 menjadi nilai tegangan (*stress*). Kemudian ditentukan nilai rata-rata tegangan tiap spesimen pengujiannya, nilai ini yang akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan perbandingan ukuran komponen konstruksi antara kayu Angsana dan kayu Jati. Analisis teknis juga mencakup penghitungan berat jenis kayu Angsana yang digunakan sebagai spesimen.

5.1.1 Data dan Desain Kapal

Data dan desain kapal yang digunakan merupakan desain kapal ikan di perairan laut selatan Malang sesuai dengan desain kapal ikan 30 GT oleh Wildan (Niam, et al., 2017). Pemilihan ini didasarkan pada asal kayu yang digunakan sebagai spesimen dari daerah Malang. Sehingga diharapkan dengan kesamaan daerah ini mempermudah proses pembangunan dan kesinambungan proses suplai material kayu. Adapun kapal utama yang digunakan memiliki ukuran-ukuran utama sebagai berikut:

- Panjang tegak (**L_{pp}**) = 17,11 meter
- Panjang kapal (**L**) = 17,49 meter
- Lebar kapal (**B**) = 3,8 meter
- Tinggi kapal (**H**) = 1,65 meter
- Sarat kapal (**T**) = 1,27 meter
- Panjang garisair (**L_{wl}**) = 0,35 meter
- Koefisien blok (**C_b**) = 0,54 meter
- *Gross Tonnage* (**GT**) = 30 GT

Desain rencana garis kapal (*linesplan*) digunakan untuk menggambarkan bagaimana karakteristik bentuk kapal tampak dari depan dan belakang (*body plan*) tampak samping (*sheer plan*) dan tampak atas (*half-breadth plan*). Gambar rencana garis kapal ditunjukkan pada Gambar 5.1:



Gambar 5.1 Desain *Linesplan* yang digunakan

5.1.2 Jenis Komponen Konstruksi Kapal Ikan

Berdasarkan pada Tabel 2.9 tentang ketentuan pembagian komponen konstruksi kapal kayu berdasarkan berat jenis materialnya sesuai BKI. Maka kayu Angsana yang diuji dalam penelitian ini dapat digunakan pada komponen konstruksi utama sesuai pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Komponen konstruksi berdasarkan hasil pengujian

Umur tahun	Berat Jenis g/cm ³	Komponen Konstruksi
23	0.59	Kulit Sisi
		Galar
8	0.51	Balok Geladak
		Geladak

Maka penghitungan ukuran konstruksi dan analisis ekonomis pada karya tulis ini akan menganalisa penggantian material kayu Jati dengan kayu Angsana. Untuk komponen konstruksi **Kulit Sisi** dan **Galar** digunakan kayu Angsana berumur **23 Tahun**. Sedangkan untuk komponen konstruksi **Balok Geladak** dan **Papan Geladak** menggunakan kayu Angsana berumur **8 tahun**. Untuk komponen konstruksi lainnya menggunakan kayu Jati sebagai acuan.

5.1.3 Ukuran Konstruksi Kapal

Penghitungan ukuran konstruksi kapal diperlukan sebagai acuan perbandingan ukuran konstruksi yang digunakan. Perhitungan ini mengacu sesuai dengan BKI. Penghitungan konstruksinya disesuaikan dengan angka petunjuk, kemudian disesuaikan dengan angka penunjuk pada tabel BKI. Hasil perhitungan konstruksinya seperti pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Ukuran konstruksi kapal

Bagian Konstruksi	face (mm)	web (mm)
Lunas	210	375
Linggi Haluan	180	310
Linggi Buritan	180	330
Gading	0	0
Balok Geladak	0	0
Galar Balok	0	0
Bagian Konstruksi	tebal (mm)	tinggi (mm)
Kulit	0	-
Geladak	0	-
Wrang	72	0

5.1.4 Perbandingan Ukuran Konstruksi Kayu Jati dan Kayu Angsana

Perhitungan ukuran konstruksi jati dilakukan dengan cara menghitung modulus dan kuat lentur kayu. Kemudian dilakukan perbandingan ukuran konstruksi yang menggunakan kayu Jati dengan kayu Angsana. Perbandingan ini didasarkan pada perbandingan momen *bending*, dimana momen *bending* ini adalah hasil kali modulus dengan tegangan suatu bahan. Ditunjukkan pada Rumus 5.1.

$$\sigma_1 W_1 = \sigma_2 W_2 \quad (5.1)$$

σ_1 = Kuat tarik Jati [MPa]

W_1 = Modulus Jati [cm³]

σ_2 = Kuat tarik Angsana [MPa]

W_2 = Modulus Angsana [cm³]

Untuk bagian konstruksi yang tidak memiliki modulus penampang seperti tebal kulit, maka perbandingannya dilakukan antara momen *bending*-nya yaitu hasil kali kuat tarik dengan tebal kulit tersebut. Seperti ditunjukkan pada Rumus 5.2.

$$t_1^2 \cdot \sigma_{Rm1} = t_2^2 \cdot \sigma_{Rm2} \quad (5.2)$$

σ_{Rm1} = Kuat lentur Jati [MPa]

σ_{Rm2} = Kuat lentur Angsana [MPa]

t_1 = tebal kulit Jati [mm]

t_2 = tebal kulit Angsana [mm]

Dari hasil penghitungan yang sudah dilakukan maka diperoleh perbandingan ukuran komponen konstruksi kapal ikan antara kayu Jati dengan kayu Angsana umur 23 tahun dan 8 tahun, dimana Kayu Angsana umur 23 tahun dimanfaatkan untuk konstruksi Balok Geladak, Galar Balok, Kulit dan Geladak seperti ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Perbandingan ukuran komponen Jati dan Angsana umur 23 Tahun

JATI			ANGSANA, UMUR 23 TAHUN		
Bagian Konstruksi	face (mm)	web (mm)	face (mm)	web (mm)	Bagian Konstruksi
Lunas	210	375	n/a	n/a	n/a
Linggi Haluan	180	310	n/a	n/a	n/a
Linggi Buritan	180	330	n/a	n/a	n/a
Gading	76	117	n/a	n/a	n/a
Balok Geladak	20	40	25	45	Balok Geladak
Galar Balok	58	280	65	300	Galar Balok
Bagian Konstruksi	tebal (mm)	tinggi (mm)	tebal (mm)	tinggi (mm)	Bagian Konstruksi
Kulit	47	-	55	-	Kulit
Geladak	46	-	54	-	Geladak
Wrang	72	180	n/a	n/a	n/a

Penghitungan perbandingan komponen konstruksi untuk kayu Jati dan kayu Angsana umur 8 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.4. Dimana kayu Angsana umur 8 tahun digunakan untuk konstruksi Balok Geladak dan Geladak saja.

Tabel 5.4 Perbandingan ukuran komponen Jati dan Angsana umur 8 Tahun

JATI			ANGSANA, UMUR 8 TAHUN		
Bagian Konstruksi	face (mm)	web (mm)	face (mm)	web (mm)	Bagian Konstruksi
Lunas	210	375	n/a	n/a	n/a
Linggi Haluan	180	310	n/a	n/a	n/a
Linggi Buritan	180	330	n/a	n/a	n/a
Gading	76	117	n/a	n/a	n/a
Balok Geladak	20	40	25	50	Balok Geladak
Galar Balok	58	280	n/a	n/a	n/a
Bagian Konstruksi	tebal (mm)	tinggi (mm)	tebal (mm)	tinggi (mm)	Bagian Konstruksi
Kulit	47	-	n/a	n/a	n/a
Geladak	46	-	65	-	Geladak
Wrang	72	180	n/a	n/a	n/a

Penghitungan komponen konstruksi yang lebih rinci terdapat pada lampiran karya tulis ini. Selanjutnya dari hasil ukuran konstruksi ini maka dilakukan penghitungan volume kebutuhan kayu untuk mendapatkan analisis ekonomisnya.

5.2 Analisis Ekonomis

Berdasarkan perhitungan ekonomis yang telah dilakukan, diperoleh data biaya total pembangunan kapal yang dikeluarkan untuk memproduksi kapal. Perbandingan ekonomis dilakukan antara kayu Angsana dengan kayu Jati, pemilihan kayu Jati sebagai acuan perhitungan ekonomis karena kayu Jati merupakan bahan kayu yang lazim digunakan sebagai material konstruksi kapal ikan. Oleh sebab itu diharapkan melalui analisis perbandingan Angsana dan Jati, dapat diketahui selisih biaya pembangunan kapal antara penggunaan kayu Angsana dengan kayu Jati.

Penentuan harga kayu per kubik disesuaikan pada Tabel 2.4 Harga kayu Angsana dan Tabel 2.5 Harga kayu jati. Kemudian dipilih harga kayu mutu pertama, dipilih kayu Jati dengan diameter berukuran 50 cm – 59 cm dan panjang lebih dari 4 m. Untuk kayu Angsana umur 23 tahun dipilih kayu dengan diameter 50 cm – 59 cm dan panjang lebih dari 4 m. Untuk kayu Angsana umur 8 tahun dipilih kayu dengan diameter 20 cm – 29 cm dan panjang 3,0 m – 3,9 m pemilihan ini disesuaikan dengan ukuran diameter dan panjang kayu Angsana ketika berumur 8 tahun. Harga perkubik kayu ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.5 Harga kayu per kubik

Material		Harga per m ³ (Rupiah)
Jati		19,472,000
Angsana	23 Tahun	2,784,000
	8 Tahun	990,000

Sumber: CV Duta Rimba, 2017

Setelah mengetahui besar harga kayu per kubiknya. Kemudian dilakukan perhitungan biaya material untuk tiap kayu baik Jati, Angsana umur 23 tahun serta Angsana umur 8 tahun. Untuk perhitungan biaya material Jati dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Biaya Material Jati

Bagian Konstruksi	Material	Volume (m ³)	Harga/m ³ (Rupiah)	Total Biaya (Rupiah)
Lunas	Jati	1.26	19,482,167	24,484,628
Linggi	Jati	0.48	19,482,167	9,288,891
Gading	Jati	4.77	19,482,167	92,976,695
Galar Balok	Jati	0.28	19,482,167	5,532,719
Kulit	Jati	3.47	19,482,167	67,547,460
Geladak	Jati	2.89	19,482,167	56,290,839
Dinding Bangunan Atas	Jati	0.46	19,482,167	8,961,797
Geladak Bangunan Atas	Jati	0.81	19,482,167	15,683,145
Total		14.41		280,766,172

Dari Tabel 5.6 diketahui besaran biaya material yang menggunakan kayu jati sebesar Rp280.766.172,-. Sedangkan pada Tabel 5.7 adalah biaya material untuk penggunaan kayu Jati dan Angsana berumur 23 tahun.

Tabel 5.7 Biaya Material Jati dan Angsana umur 23 tahun

Bagian Konstruksi	Volume (m ³)	Harga/m ³ (Rupiah)		Total Biaya (Rupiah)
		Jati	Angsana 23 tahun	
Lunas	1.26	19,472,000	-	24,471,850
Linggi	0.48	19,472,000	-	9,284,043
Gading	4.77	19,472,000	-	92,928,173
Galar Balok	0.34	-	2,784,000	949,334
Kulit	4.06	-	2,784,000	11,295,509
Geladak	3.39	-	2,784,000	9,442,905
Dinding Bangunan Atas	0.38	-	2,784,000	1,057,920
Geladak Bangunan Atas	0.75	-	2,784,000	2,094,960
Total	15.43			151,524,694

Dari Tabel 5.7 diperoleh biaya material yang menggunakan Angsana umur 23 tahun sebesar Rp 151.524.694,- beberapa konstruksi yang menggunakan Angsana umur 23 tahun adalah Galar Balok, Kulit, Geladak dan Bangunan Atas. Sedangkan konstruksi Lunas, linggi serta Gadingnya tetap menggunakan material Jati. Diperoleh selisih biaya sebesar Rp129.241.478,- atau pengurangan sebesar 46%, dibandingkan dengan biaya material yang seluruhnya menggunakan kayu Jati. Selanjutnya pada Tabel 5.8 ditunjukkan biaya material untuk penggunaan kayu Jati dan Angsana umur 8 tahun.

Tabel 5.8 Biaya Material Jati dan Angsana umur 8 tahun

Bagian Konstruksi	Volume (m ³)	Harga/m ³ (Rupiah)		Total Biaya (Rupiah)
		Jati	Angsana 8 tahun	
Lunas	1.26	19,472,000	-	24,471,850
Linggi	0.48	19,472,000	-	9,284,043
Gading	4.77	19,472,000	-	92,928,173
Galar Balok	0.28	19,472,000	-	5,529,831
Kulit	3.47	19,472,000	-	67,512,208
Geladak	4.08	-	2,784,000	11,366,460
Dinding Bangunan Atas	0.38	-	2,784,000	1,057,920
Geladak Bangunan Atas	0.75	-	2,784,000	2,094,960
Total	15.47			214,245,445

Dari Tabel 5.8 diperoleh biaya material yang menggunakan kayu Angsana umur 8 tahun sebesar Rp 214.245.445,- beberapa konstruksi yang menggunakan kayu Angsana umur 8 tahun adalah Geladak dan Bangunan Atas. Sedangkan konstruksi Lunas, Linggi, Gading, Galar serta

kulitnya tetap menggunakan material Jati. Diperoleh selisih biaya sebesar Rp 75.876.939,- atau pengurangan sebesar 27% dibandingkan dengan material yang seluruhnya menggunakan kayu Jati.

Selanjutnya pada Tabel 5.9 ditunjukkan biaya material untuk penggunaan kayu Jati, kayu Angsana umur 8 tahun dan kayu Angsana umur 23 tahun. Perbandingan ini dilakukan guna mengetahui kemungkinan kombinasi penggunaan kayu yang ekonomis. Sehingga diperoleh nilai yang paling ekonomis dari penggunaan kayu Angsana umur 23 tahun dan Angsana umur 8 tahun.

Tabel 5.9 Biaya Material Angsana umur 8 tahun dan 23 tahun

Bagian Konstruksi	Volume (m ³)	Harga/m ³ (Rupiah)			Total Biaya (Rupiah)
		Jati	Angsana 23 tahun	Angsana 8 tahun	
Lunas	1.26	19,472,000	-	-	24,471,850
Linggi	0.48	19,472,000	-	-	9,284,043
Gading	4.77	19,472,000	-	-	92,928,173
Galar Balok	0.34	-	2,784,000	-	949,334
Kulit	4.06	-	2,784,000	-	11,295,509
Geladak	4.08	-	-	990,000	4,041,952
Dinding Bangunan Atas	0.38	-	-	990,000	376,200
Geladak Bangunan Atas	0.75	-	-	990,000	744,975
Total	16.12				144,092,037

Dari Tabel 5.9 diperoleh biaya material yang menggunakan kayu Angsana umur 8 tahun dan 23 tahun sebesar Rp 144.092.037,- beberapa konstruksi yang menggunakan kayu Angsana umur 8 tahun adalah Geladak dan Bangunan Atas. Sedangkan Angsana umur 23 tahun digunakan untuk konstruksi Galar Balok dan Kulit. Untuk konstruksi Lunas, Linggi dan Gading tetap menggunakan kayu Jati. Diperoleh selisih biaya antara kayu Angsana umur 8 tahun dan 23 tahun dengan kayu Jati sebesar Rp 136.674.136,- atau sebesar 49%. Biaya sub material pada Tabel 5.10 adalah biaya material yang digunakan sebagai pendukung material utama.

Tabel 5.10 Biaya Sub Material

Jenis Biaya	Item	Jumlah	Harga per		Total (Rp)
Biaya Sub Material	Besi Cor	1	-	Ls	5,000,000
	Pasak Kayu	10	120000	Karung	1,200,000
	Paku Topong	400	40000	Biji	16,000,000
	Paku Besi	100	40000	Batang	4,000,000
	Lem Epoxy	10	90000	kg	900,000
	Serat Kayu/gelam	200	15000	kg	3,000,000
Total biaya sub material					30,100,000

Selanjutnya dilakukan perhitungan biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk pembangunan kapal ini. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.11 yaitu upah pekerja dan jumlah pekerja yang dibutuhkan. Dimana secara garis besar dibagi menjadi 3 kategori pekerja berdasarkan fungsi pekerjaannya yaitu: pekerja lambung, pekerja bangunan atas dan serabutan (atau *helper*).

Tabel 5.11 Biaya Upah Tenaga Kerja per Jam Orang

Pekerja	Jumlah Pekerja	Upah/hari (Rp)
Tukang Lambung	6	180,000.00
Tukang Bangunan Atas	5	140,000.00
Serabutan	2	100,000.00

Kemudian dihitung biaya tenaga kerja yang diperlukan dengan cara menentukan lama waktu pengerjaan kapal (6 bulan) dikalikan harga upah pekerja tiap harinya. Diperoleh biaya total tenaga kerja sebesar Rp 194.400.000,-. Seperti ditunjukkan pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Total Biaya Tenaga Kerja

Pekerjaan	Waktu Pengerjaan (Hari)	Jumlah Pekerja	Total Biaya (Rp)
Lambung	130	6	140,400,000.00
Bangunan Atas	40	5	28,000,000.00
Finishing	130	2	26,000,000.00
Total			194,400,000.00

Kemudian dihitung total biaya *overhead* berupa biaya tidak langsung dalam perhitungan biaya pembangunan kapal ini Rekapitulasi biaya total *overhead* pembangunan kapal ini ditunjukkan seperti pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Biaya *Overhead*

Jenis Biaya	Item	Jumlah	Harga per	Total (Rp)	
Biaya Tidak Langsung	Sewa Galangan	1	-	Ls	5,000,000
	Bahan Bakar Diesel	6	200000	Bulan	1,200,000
	Perawatan alat	1	-	Ls	1,000,000
	Jasa Gergaji	16	200000	m ³	3,200,000
	Listrik	6	700000	Bulan	4,200,000
	Konsumsi	6	3400000	Bulan	20,400,000
Total biaya tidak Langsung				35,000,000	

Dari Tabel 5.13 diperoleh total biaya *overhead* sebesar Rp 35.000.000,- biaya ini disesuaikan untuk seluruh jenis material pembangunan kapal, baik Jati, Angsana umur 23 tahun maupun Angsana umur 8 tahun. Karena selisih volumetrik kayu yang tidak begitu besar, maka dianggap semua biaya *overhead* dan biaya tenaga kerja pembangunan kapal baik material Jati maupun Angsana sama besar. Pada tulisan tugas akhir ini tidak diperhitungkan terkait

kekerasan kayu. Karena berdasarkan data literatur bahwa kayu Jati maupun kayu Angsana dikenal mudah dalam hal pengolahan kayunya, untuk dijadikan bahan setengah jadi maupun barang jadi.

Tabel 5.14 Rekapitulasi biaya total pembangunan kapal

Material	Biaya Material (Rupiah)	Biaya Tenaga Kerja (Rupiah)	Biaya Overhead (Rupiah)	Total (Rupiah)
Jati	280,766,172	194,400,000	74,980,000	550,146,172
Jati dan Angsana 23 Tahun	151,524,694	194,400,000	74,980,000	420,904,694
Jati dan Angsana 8 Tahun	204,889,233	194,400,000	74,980,000	474,269,233
Jati, Angsana 23 tahun dan 8 tahun	144,092,037	194,400,000	74,980,000	413,472,037

Pada Tabel 5.14 ditunjukkan biaya total pembangunan kapal, dimana merupakan keseluruhan biaya total baik biaya material, biaya tenaga kerja dan biaya *overhead*. Dengan biaya sub material termasuk pada perhitungan biaya *overhead*. Diperoleh urutan biaya total pembangunan kapal, mulai dari yang tertinggi sebagai berikut:

- Pertama, penggunaan kayu Jati sebesar Rp 550.146.172,-
- Kedua, penggunaan kayu Jati dan Angsana umur 8 tahun sebesar Rp 474.269.233,-
- Ketiga, penggunaan kayu Jati dan Angsana umur 23 tahun sebesar Rp 420.904.694,-
- Keempat, penggunaan kayu Jati, Angsana umur 23 tahun dan Angsana umur 8 tahun sebesar Rp 413.472.037,-

Dapat dilihat pada Tabel 5.14 bahwa kombinasi konstruksi yang menggunakan kayu Jati, Angsana umur 23 tahun dan 8 tahun memiliki nilai ekonomis yang lebih baik. Karena mampu menggantikan beberapa komponen konstruksi kapal yang menggunakan kayu Jati. Hal ini dapat terjadi karena kayu Angsana umur 23 tahun memiliki kekuatan kayu yang lebih baik, sehingga volumetrik konstruksi kayu pun juga berkurang. Disebabkan juga harga kayu Angsana umur 8 tahun yang jauh lebih ekonomis dibandingkan Angsana umur 23 tahun dan Jati. Secara garis besar kombinasi penggunaan kayu Angsana umur 23 tahun dengan kayu Jati dapat menghemat biaya sebesar 23 % dan kombinasi penggunaan kayu Angsana umur 8 tahun dengan kayu Jati dapat menghemat biaya sebesar 14 %. Sedangkan kombinasi penggunaan kayu Angsana umur 8 tahun dan kayu Angsana umur 23 tahun dengan kayu Jati dapat menghemat biaya pembangunan kapal sebesar 25 %.

Biaya yang diperoleh dalam penulisan ini hanyalah biaya untuk pembuatan kapal kosong saja (konstruksi kapal). Tanpa perhitungan biaya untuk pengadaan permesinan kapal maupun sistem kemudi, maupun peralatan lainnya yang diperlukan guna operasional kapal, seperti: sistem penarik jaring, peralatan navigasi dan komunikasi, perlengkapan keselamatan, pengecatan kapal, alat tangkap kapal dan lain lain.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dan penelitian, maka didapatkan beberapa kesimpulan dari Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Dari pengujian yang telah dilakukan maka diketahui berat jenis kayu yang diteliti, untuk kayu Angsana umur 23 tahun sebesar **0,59 g/cm³** dan kayu Angsana umur 8 tahun sebesar **0,51 g/cm³**. Kayu Angsana umur 23 tahun memiliki kuat tekan sejajar serat sebesar **12,68 MPa** dan kuat lentur **74,92 MPa**. Dan kayu Angsana umur 8 tahun memiliki kuat tekan sejajar serat sebesar **10,74 MPa** dan kuat lentur **52,15 MPa**.
2. Berdasarkan berat jenis, kuat tekan dan kuat lentur kayu Angsana yang diteliti baik umur 23 tahun maupun 8 tahun. Diketahui bahwa kayu Angsana yang diteliti memenuhi kategori **Kelas Kuat III** berdasarkan standar Biro Klasifikasi Indonesia.
3. Mengacu pada berat jenis kayu dan sesuai dengan BKI tahun 2013 Volume VII tentang peraturan kapal kecil dengan ukuran ≤ 24 meter maka, kayu Angsana umur 23 tahun dapat digunakan untuk bagian konstruksi kapal ikan yaitu **Kulit Sisi, Balok Geladak, Galar, Geladak dan Bangunan Atas**. Sedangkan kayu Angsana umur 8 tahun dapat digunakan untuk bagian konstruksi **Balok Geladak, Geladak dan Bangunan Atas**.
4. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh besaran biaya pembangunan kapal ukuran 30 GT dengan kayu Jati sebesar **Rp 550.146.172,-**. Penggantian konstruksi dengan kayu Angsana umur 23 tahun mengurangi biaya pembangunan **23%** menjadi **Rp 420.904.694,-**. Sedangkan penggantian dengan kayu Angsana umur 8 tahun mengurangi biaya pembangunan **14%** menjadi **Rp 474.269.233,-**. Untuk penggantian dengan kombinasi kayu Angsana umur 23 tahun & 8 tahun mengurangi biaya pembangunan **25%** menjadi **Rp 413.472.037,-**.

6.2 Saran

Bagi para akademisi untuk penelitian selanjutnya, dapat memperhatikan beberapa poin penting saran dan masukan atas karya tulis ini. Pada penelitian ini, umur kayu yang digunakan sebagai penelitian hanya berumur 23 tahun dan 8 tahun. Penelitian kedepan dapat dilakukan

untuk menguji kemungkinan penggunaan kayu Angsana dengan umur 9 tahun hingga 22 tahun sebagai material alternatif pembangunan kapal ikan. Atau bahkan kayu Angsana dengan umur 1-7 tahun dan diatas 24 tahun.

Penelitian ini dilakukan untuk menguji kuat tarik, kuat tekan dan kuat lentur. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian kuat pukul dan kuat belah kayu. Atau sifat mekanis lainnya yang belum tercakup pada penelitian ini.

Kayu yang digunakan pada penelitian ini adalah kayu Angsana. Untuk selanjutnya dapat dilakukan penelitian untuk menguji jenis kayu alternatif lain, yang sekiranya dapat dijadikan bahan material pembangunan kapal kayu ataupun kapal ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D143-14** [Engineering Standard] // Standard Methods for Testing Small Clear Specimens of Timber. - West Conshohocken : American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014.
- Badan Pusat Statistik [Online] // Badan Pusat Statistik. - 2013. - www.bps.go.id.
- Biro Klasifikasi Indonesia** // Volume VII Rules for Small Ship \leq 24 Meter. - Jakarta : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013.
- Biro Klasifikasi Indonesia** // Peraturan Kapal Kayu. - Jakarta : Biro Klasifikasi Indonesia, 1996.
- Britannica [Online] // Britannica. - 7 September 2017. - www.britannica.com.
- Bureau of Ships, Department of Navy Wood: A Manual for its Use as a Shipbuilding Material** [Buku]. - New York : Bureau of Ships, Department of Navy, 1962.
- Cumming Greg** History of Dhow [Online] // Pirate Yarns. - 02 April 2013. - 25 07 2018. - <http://pirateyarns.blogspot.com/2013/04/history-of-dhow.html>.
- Damanik Revandy Iskandar M.** Kekuatan Kayu. - Medan : Universitas Sumatera Utara, 2005.
- Danil** Inilah Jenis Jenis Kapal Tradisional Penangkap Ikan [Online] // initu.id. - 6 Oktober 2016. - 25 Juli 2018. - <http://initu.id/inilah-jenis-jenis-kapal-tradisional-penangkap-ikan/>.
- Dany** [Online] // Fakta Pinisi, Kapal Buatan Suku Bugis. - 20 Juli 2016. - 25 Juli 2018. - <https://www.boombastis.com/kapal-buatan-suku-bugis/71159>.
- Darminto** [Online] // Akuntansi Biaya Produksi Pesanan. - 11 September 2017. - www.mas-dhar.yolasite.com.
- Dewi Ayu** Pencanangan Bitung Sebagai Kota Minapolitan [Online] // Swara Manado. - 16 Juli 2010. - 25 Juli 2018. - http://swaramanadonews.blogspot.com/2010_07_16_archive.html.
- Dewi Sofia Prima, Kristanto Septian Bayu dan Dermawan Elizabeth Sugiarto** Akuntansi Biaya [Buku]. - Bogor : IN MEDIA, 2015. - Vol. II.
- Dinas Kehutanan Propinsi Jawa Timur** Statistik Kehutanan Propinsi Jawa Timur [Laporan]. - Surabaya : Dinas Kehutanan Propinsi Jawa Timur, 2014.
- Dwisetiono** Neptunus Vol 14 No 1 [Jurnal] // Analisis Kelayakan Investasi kapal ikan Tradisional 30 GT di Daerah Banyuwangi pada Tingkat Suku Bunga Pinjaman Bank 12% per Tahun (Studi Kasus pada KM Rama Jaya). - 2007.
- Elevitch C. and Thomson Lex A. J.** Pterocarpus Indicus (narra) [Journal] // Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. - 2006.
- Fyson J.** Design of Small Fishing Vessels [Buku]. - England : Fishing News Books, 1985.
- Hadikusumo Sutjipto A.** Hasil Hutan dan Ilmu Kayu (terjemahan) [Buku]. - Yogyakarta : Gadjah Mada University Press, 1993.
- Hai, Lok Eng** M.Sc. Thesis // The Branching Behaviour and Silvicultural Potential of Pterocarpus Indicus Using Small Cuttings. - Selangor : Universitas Putra Malaysia, 1996.
- Hunggurami Elia, Utomo Sudiyo dan Messakh Beddy Y.** Jurnal Teknik Sipil, Volume V, No 2 [Jurnal] // Identifikasi Kuat Acuan Terhadap Jenis Kayu Yang Diperdagangkan Di Kota Kupang Berdasarkan SNI 7973:2013. - 2016.
- ISSCFV-FAO** // International Standar Stastical Classification of Fishing Vessels. - Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985.
- Joker Dorth** Pterocarpus Indicus Willd [Bagian Buku] // Informasi Singkat Benih / pengar. buku Dorth Jøker. - Bandung : Indonesia Forest Seed Projecy, 2002.

Kementerian Kelautan dan Perikanan Statistik Perikanan Tangkap [Laporan]. - Jakarta : Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2015.

Kristiani Frida // Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Kayu Berdasarkan PKKI 1961, SNI M.27 - 1991 - 03 Dan SNI M. 25 - 1991 - 03. - Semarang : Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro, 2006.

M. Imam Pujo, Jatmiko Sukanto dan Susilo Fajar KAPAL-Vol. 9 No 2 [Jurnal] // Analisa Investasi Kapal Ikan Tradisional Purseiner 30 GT. - Semarang : [s.n.], 2012.

Marjaya Deddy Perkara 3 Kapal Trawl Dilimpahkan ke Ditpolair [Online] // BangkaPos.com. - 08 Agustus 2011. - 25 Juli 2018. - <http://bangka.tribunnews.com/2011/08/08/perkara-3-kapal-trawl-dilimpahkan-ke-ditpolair>.

Martawijaya Abdurahim [et al.] ATLAS KAYU INDONESIA Jilid I [Buku]. - Bogor : Departemen Kehutanan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 2005.

Matatula Jeriels dan Kleruk Flora Evalina Ina Pengaruh Perlakuan Media Tumbuh terhadap Perkecambahan Benih Kayu Merah (*Pterocarpus Indicus* Willd) [Jurnal] // Partner. - 2000. - hal. 180-187.

Media Indonesia Raya HNSI : Pukat “Gerandong” Masih Beroperasi di Belawan [Online] // SUMUTRAYA.com. - 24 April 2018. - 25 Juli 2018. - <http://sumut.indonesiaraya.co.id/2018/04/24/hnsi-pukat-gerandong-masih-beroperasi-di-belawan/>.

Metro Siantar MetroSiantar.com [Online]. - 25 Mei 2017. - 1 Agustus 2018. - <https://www.metrosiantar.com/news/sumut/2017/05/25/257372/pasokan-kayu-kurang-industri-pembuatan-kapal-bangkrut-ratusan-warga-menganggur/>.

Mukhtar [Online] // Dimensi Kapal Perikanan. - 26 Juni 2013. - 25 Juli 2018. - <http://mukhtar-api.blogspot.com/2013/06/kapal-perikanan.html>.

Narayasa Dewa Putu Wiweka Analisis Teknis Kekuatan Bambu Laminasi Pada Tumpahan Bahan Bakar Dan Minyak Pelumas Kapal Ikan Dengan Variasi Suhu Dan Waktu [Buku]. - Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.

Niam Wildan Alfun dan Hasanudin // Desain Kapal Ikan Di Perairan Laut Selatan Malang. - Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2017.

Nomura and Yamazaki Fishing Techniques [Book]. - Tokyo : Japan International Cooperation Agency, 1977.

Orwa C [et al.] Agroforestry Database 4.0 [Buku]. - Nairobi : World Agroforestry Centre, 2009.

Patria Aditya Amor dan Triwilaswandio W. P. Analisa Teknis dan Ekonomis Pembangunan Kapal Ikan Tradisional Ukuran <10 GT Berbahan Kayu Utuh Dengan Teknologi Laminasi Kayu Mahoni. - Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2017.

Perhutani CV Duta Rimba [Online] // CV Duta Rimba. - 6 September 2017. - www.dutarimba.com.

Permana Rizqi Dian dan Supomo Heri // Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangunan Kapal Ikan Menggunakan Laminasi HYBRID Antara Bambu Ori Dengan Kayu Sonokembang Dengan Variasi Arah Serat. - Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.

Pramono A.A. [et al.] Pengelolaan Hutan Jati Rakyat: Panduan Lapangan Untuk Petani [Buku]. - Bogor : CIFOR, 2010.

Prayitno T. A. Pengujian Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Menurut ISO [Buku]. - Yogyakarta : Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada, 1995.

Priangoro Ridho dan Supomo Heri // Pemodelan Struktur Konstruksi Kapal Ikan Bambu Laminasi Kapasitas 20 GT. - Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.

Pudjiono Sugeng Produksi Bibit Jati Unggul (*Tectona grandis* L.F.) Dari Klon dan Budidayanya [Buku]. - Bogor : IPB Press Printing, 2014.

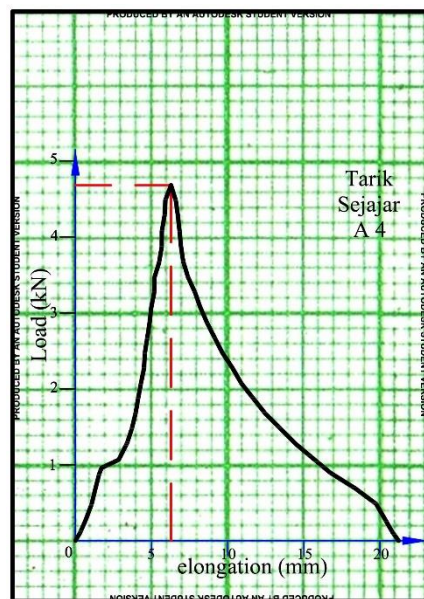
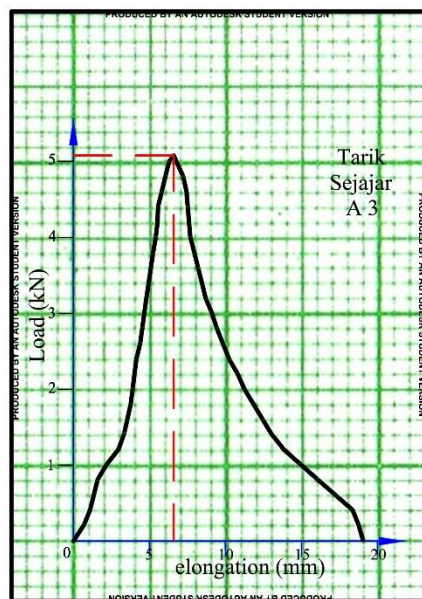
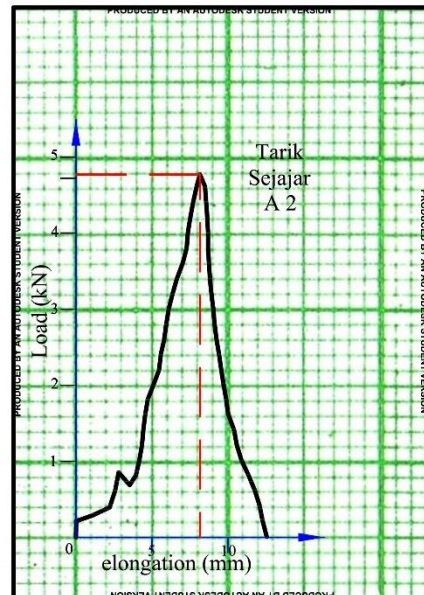
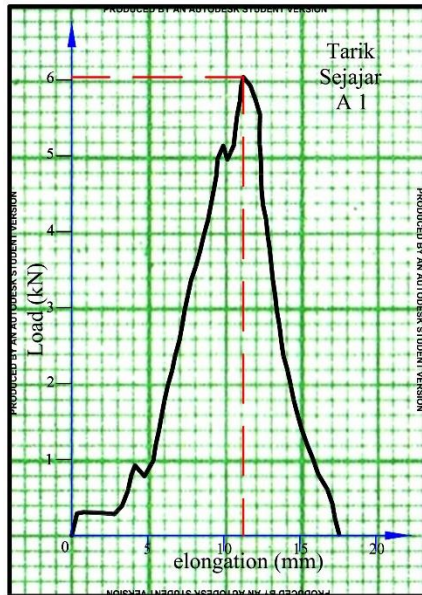
- Ramli Anthoni** Nelayan Resah, Kapal Comprong Kembali Beroperasi di Perairan Bangsel [Online] // BangkaPos.com. - 05 Juni 2018. - 25 Juli 2018. - <http://bangka.tribunnews.com/2018/06/05/nelayan-resah-kapal-comprong-kembali-beroperasi-di-perairan-basel>.
- Ritter Michael dan US Forest** Chapter 3 Properties of Wood and Structural Wood Products [Bagian Buku] // Timber Bridge Manual. - Minnesota : USDA FOREST SERVICE, 1992.
- Rohadi Dede [et al.]** ATLAS BENIH TANAMAN HUTAN INDONESIA Jilid V [Buku]. - Bogor : Badan Penelitian dan Pengembangan Hutan, 2005.
- Ross dan USDA FOREST SERVICE** Wood handbook-Wood as an engineering material [Buku]. - WI : U.S. Department of Agriculture, 2010.
- Starr Kim dan Starr Forest** Starr Environmental [Online] // Plants of Hawaii. - 4 Maret 2001. - 25 Juli 2018. - <http://www.hear.org/starr/plants/images/image/?q=010304-0485>.
- Supomo Heri** Studi Penggunaan Bambu Sebagai Material Alternatif Untuk Bahan Pembuatan Kapal Ikan Dengan Metode Cold Press Planking System. - Surabaya : ITS Program Pasca Sarjana Fakultas Teknologi Kelautan, 2016.
- Supomo Heri, Manfaat D. dan Zubaydi A.** Flexural Strength Analysis of Laminated Bamboo Slats (Bambusa Arundinacea) for Constructing a Small Fishing Boat Shells [Jurnal] // IJSCT. - 2015. - RINA.
- Suwandi dan Maryanti Alin** Teknik Pembibitan Kayu Merah (Pterocarpus Indicus Wiild) [Laporan]. - Sleman : Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, 2014.
- World Conservation Monitoring Centre** [Jurnal] // Pterocarpus Indicus. The IUCN Red List of Threatened Species 1998. - 1998.

LAMPIRAN

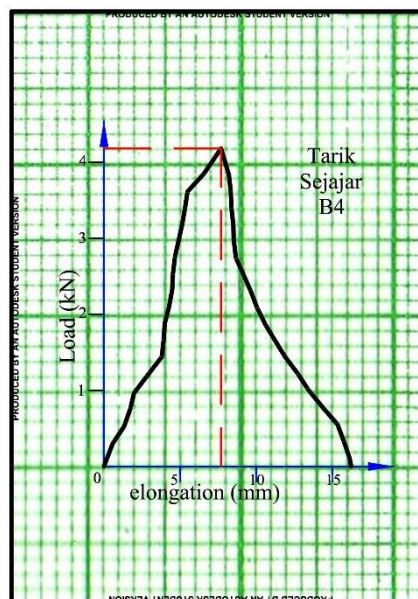
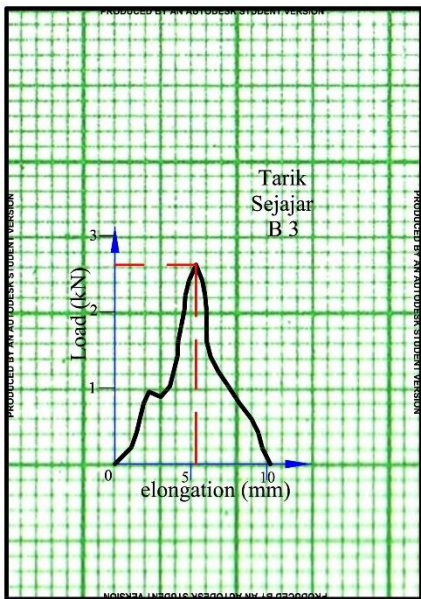
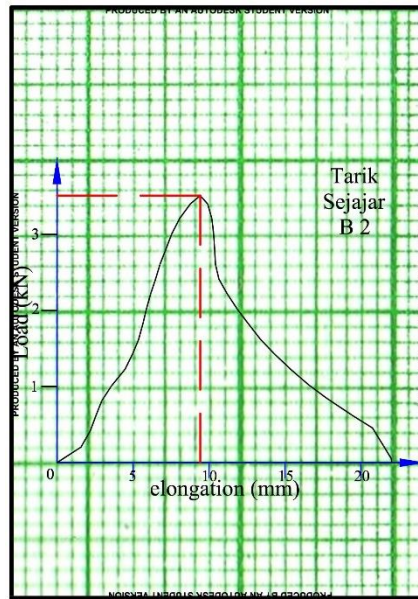
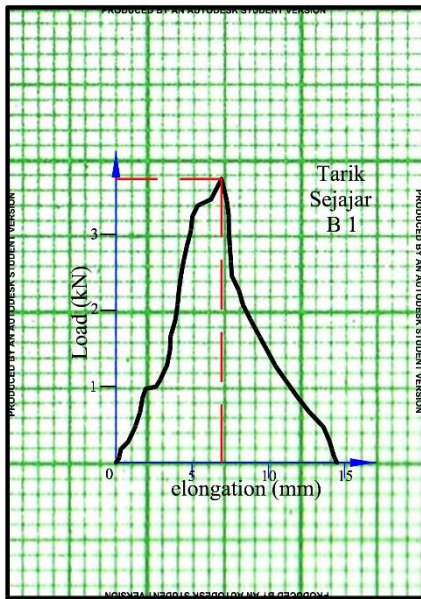
Lampiran A Data Hasil Uji Tarik
Lampiran B Data Hasil Uji Tekan
Lampiran C Data Hasil Uji Lentur
Lampiran D Grafik Uji Tarik
Lampiran E Grafik Uji Tekan
Lampiran F Grafik Uji Lentur
Lampiran G Penghitungan Berat Jenis
Lampiran H Penghitungan Ukuran Konstruksi
Lampiran I Penghitungan Ekonomis
Lampiran J Tabel-Tabel BKI 2013 Volume VII

LAMPIRAN A DATA HASIL UJI TARIK

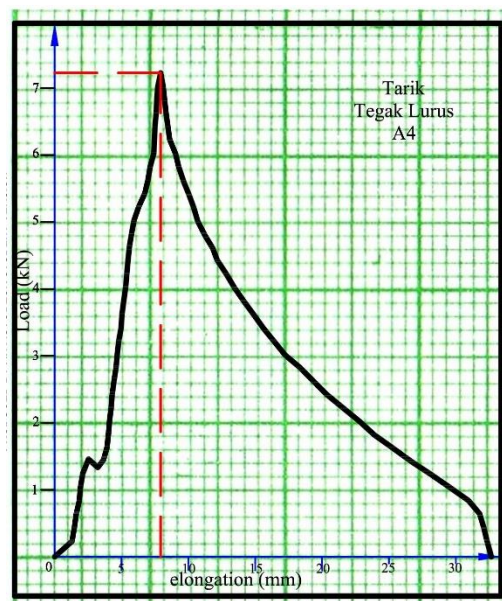
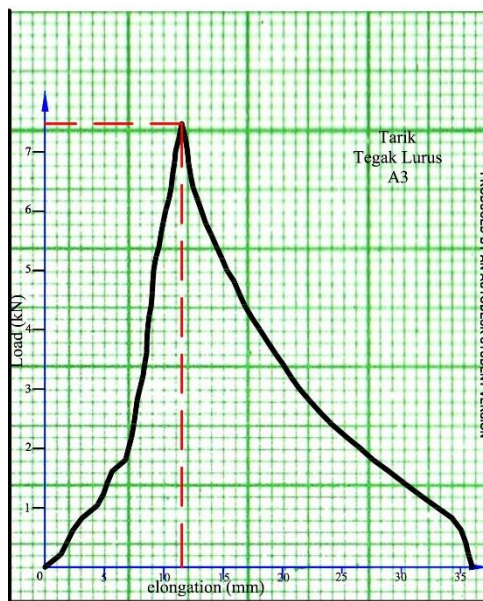
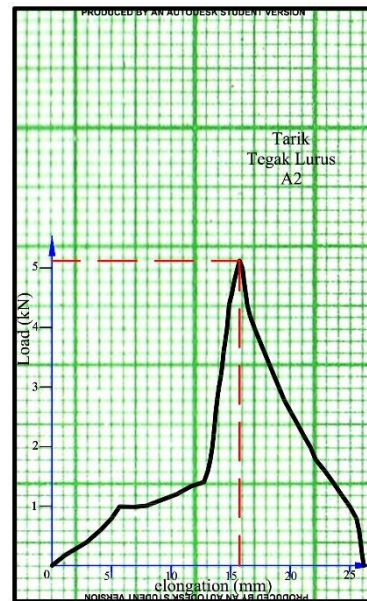
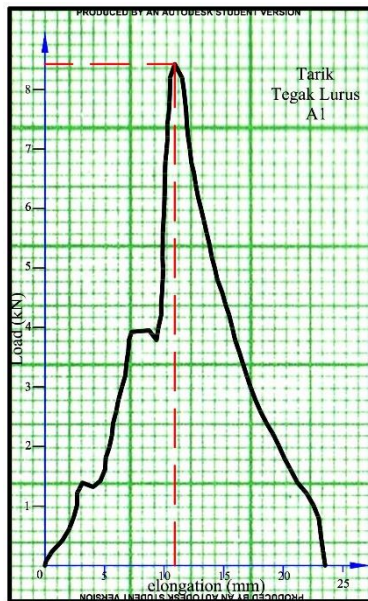
Uji Tarik Sejajar Serat, Kayu Umur 23 Tahun



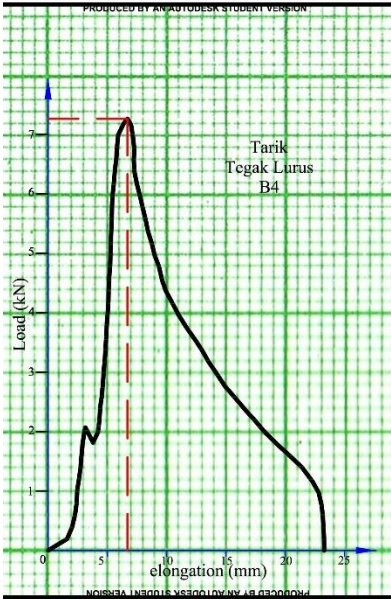
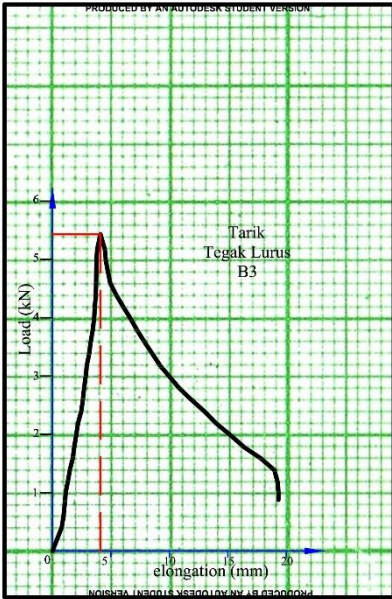
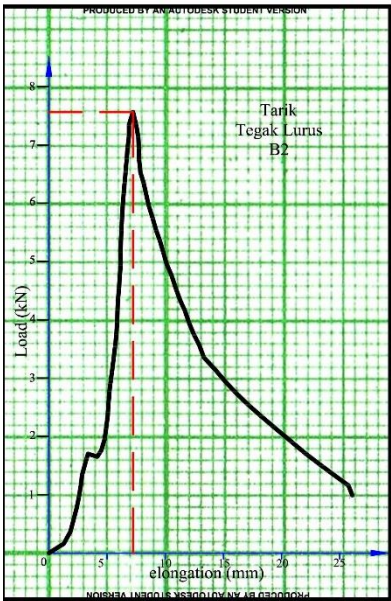
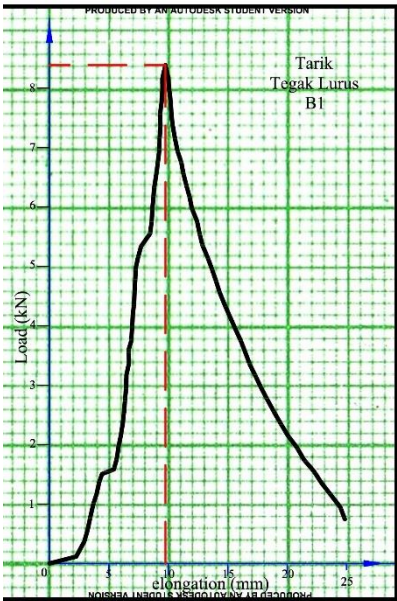
Uji Tarik Sejajar Serat, Kayu Umur 8 Tahun



Uji Tarik Tegak Lurus Serat, Kayu Umur 23 Tahun

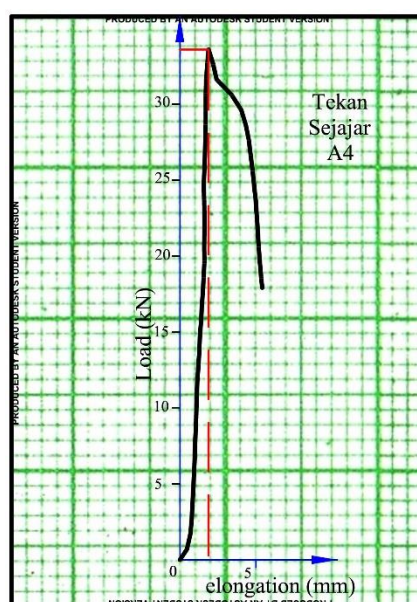
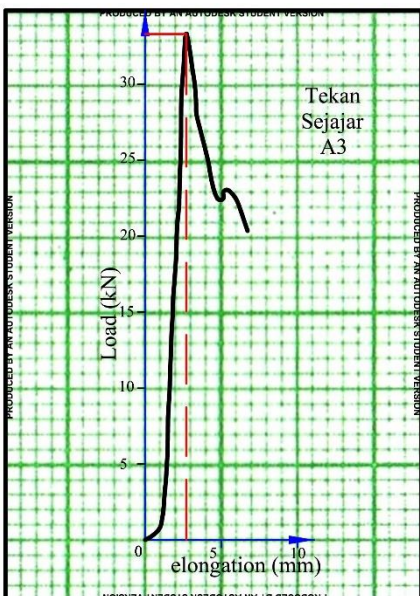
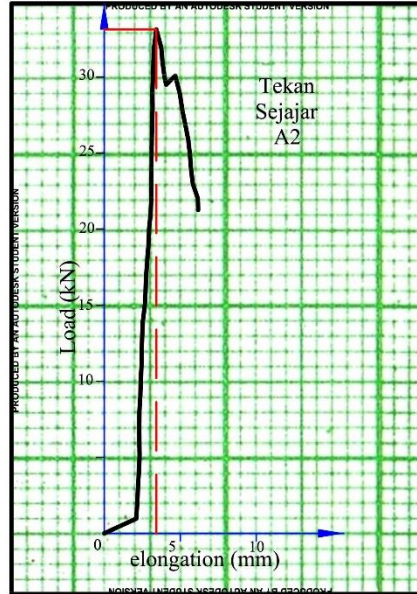
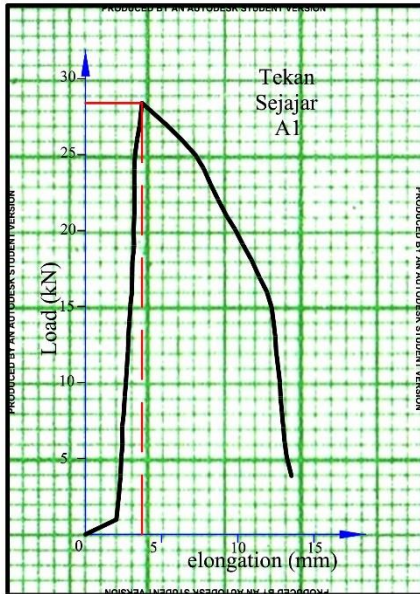


Uji Tarik Tegak Lurus Serat, Kayu Umur 8 Tahun

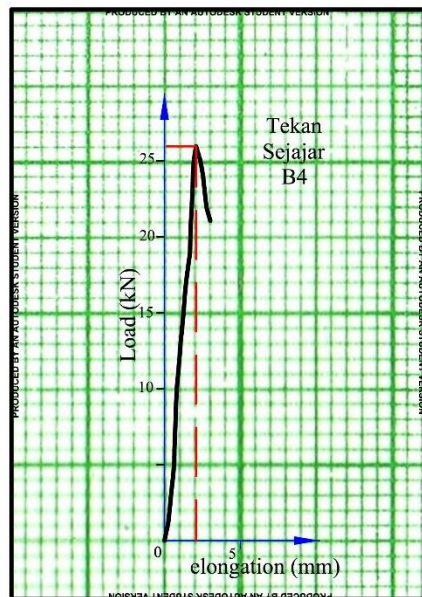
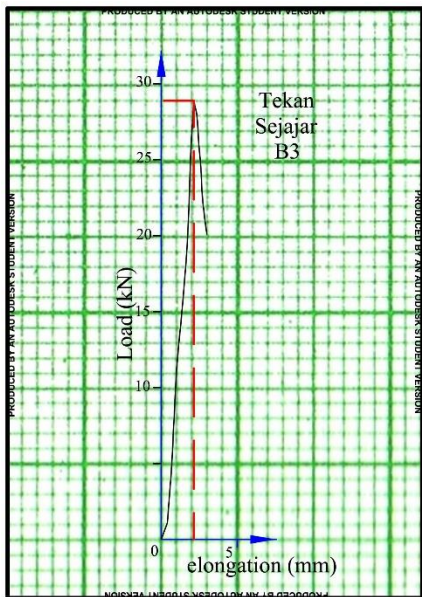
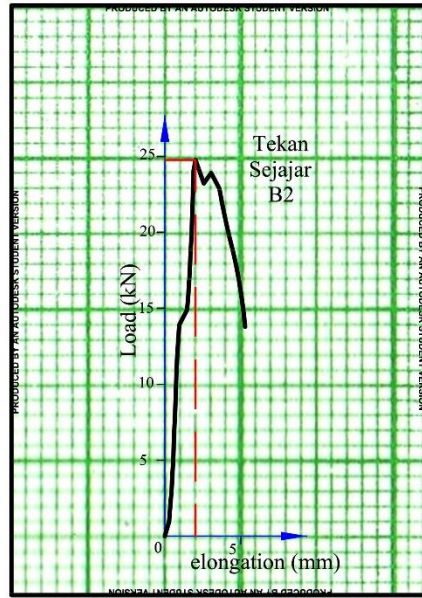
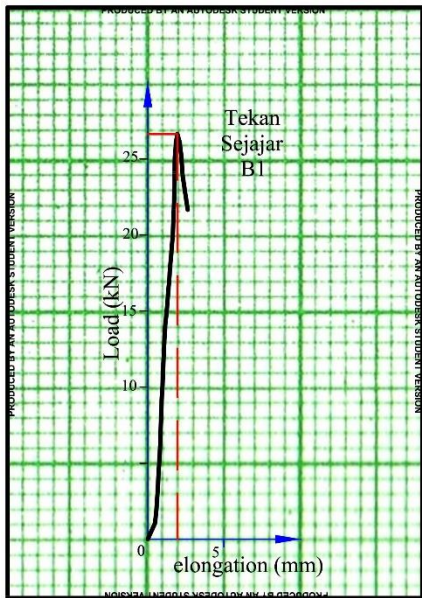


LAMPIRAN B DATA HASIL UJI TEKAN

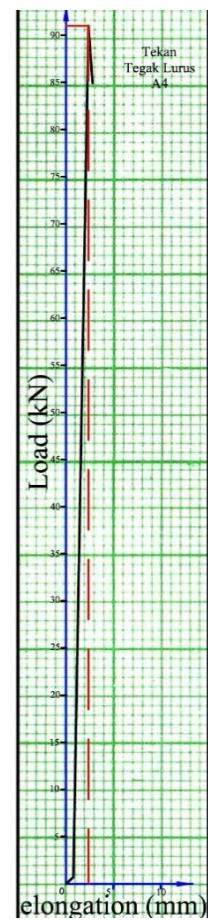
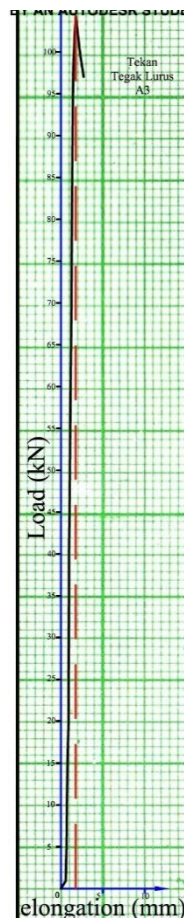
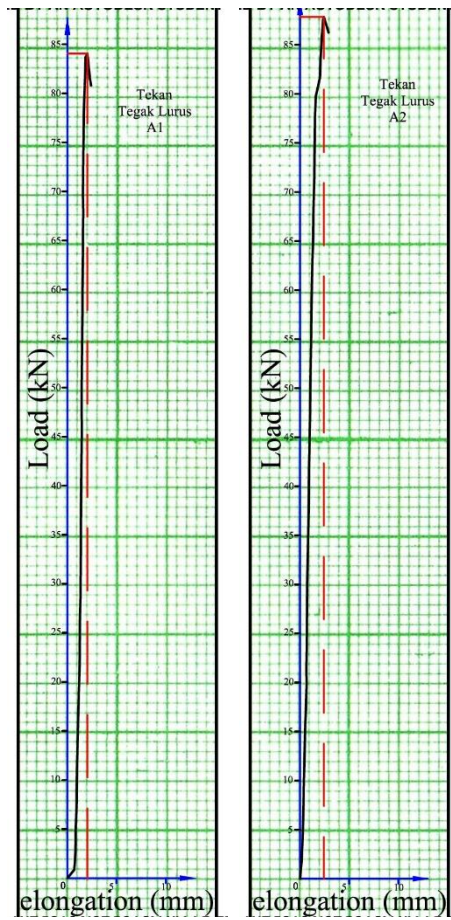
Uji Tekan Sejajar Serat, Kayu Umur 23 Tahun



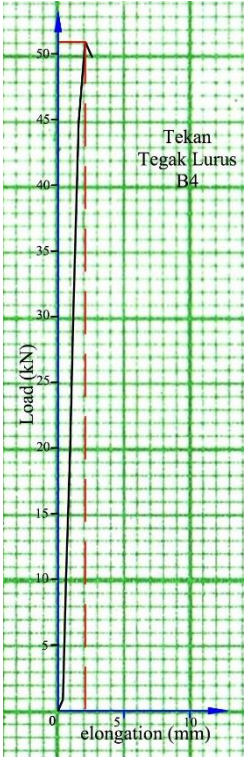
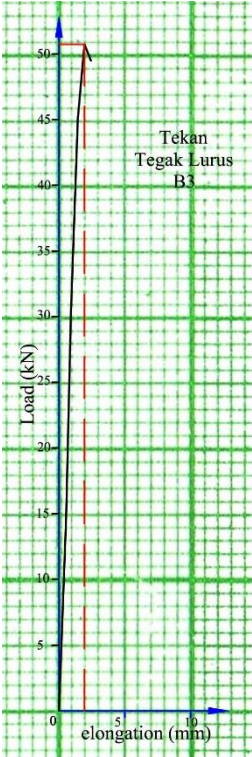
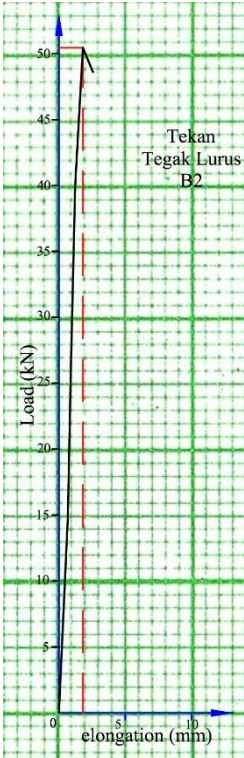
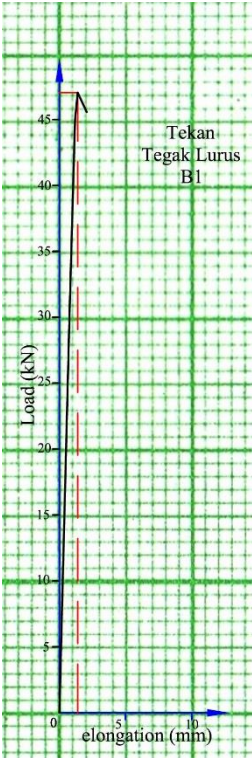
Uji Tekan Sejajar Serat, Kayu Umur 8 Tahun



Uji Tekan Tegak Lurus Serat, Kayu Umur 23 Tahun

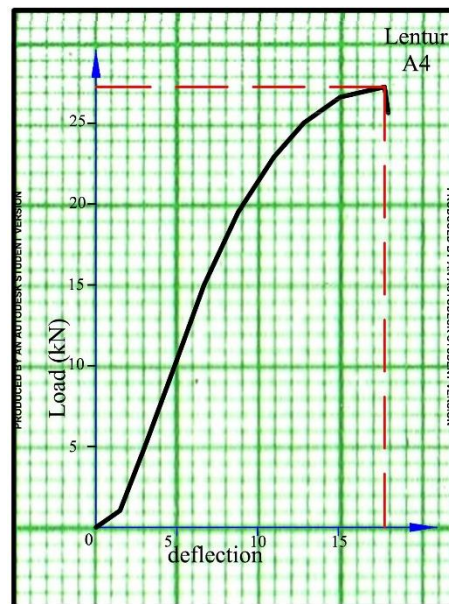
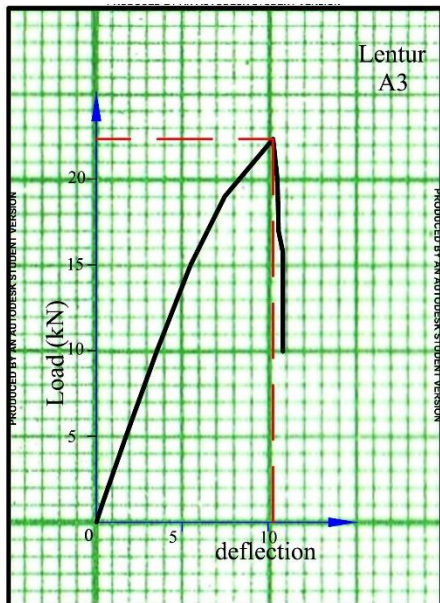
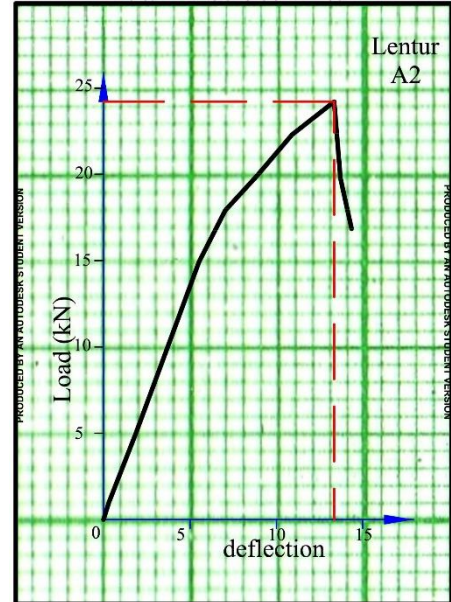
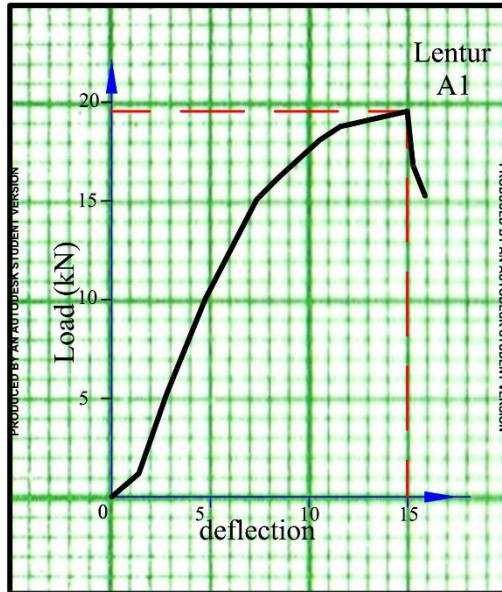


Uji Tekan Tegak Lurus Serat, Kayu Umur 8 Tahun

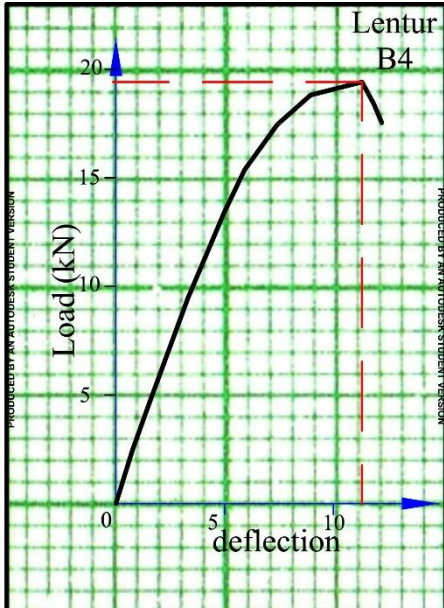
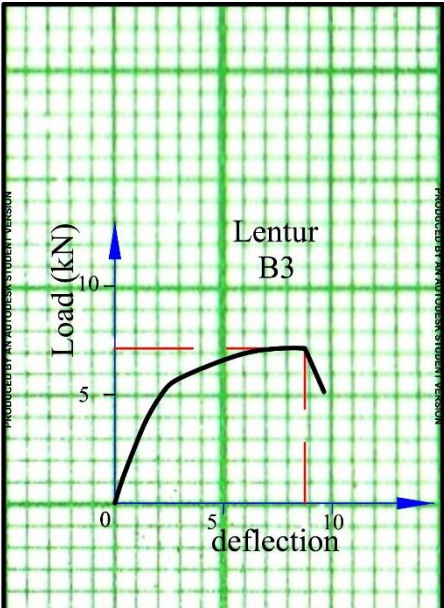
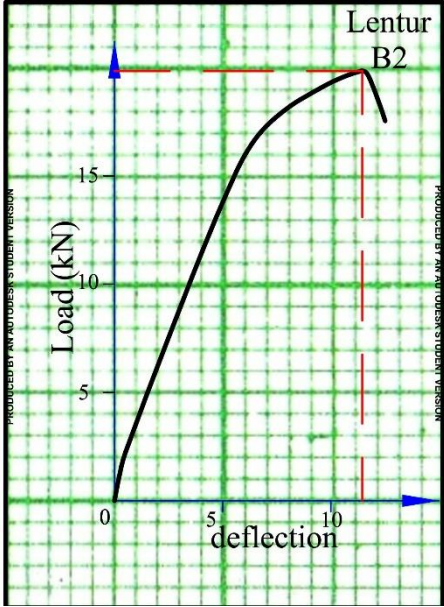
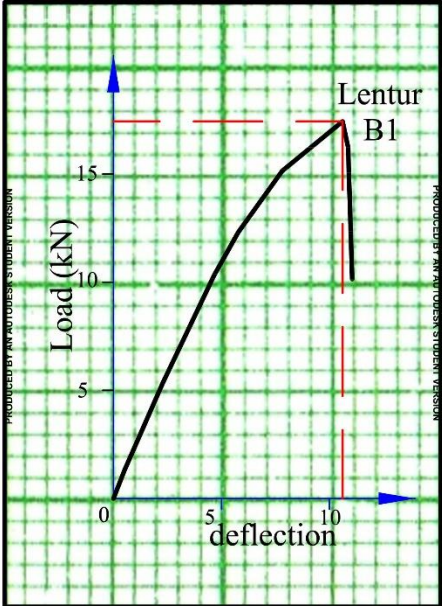


LAMPIRAN C DATA HASIL UJI LENTUR

Uji Lentur, Kayu Umur 23 Tahun

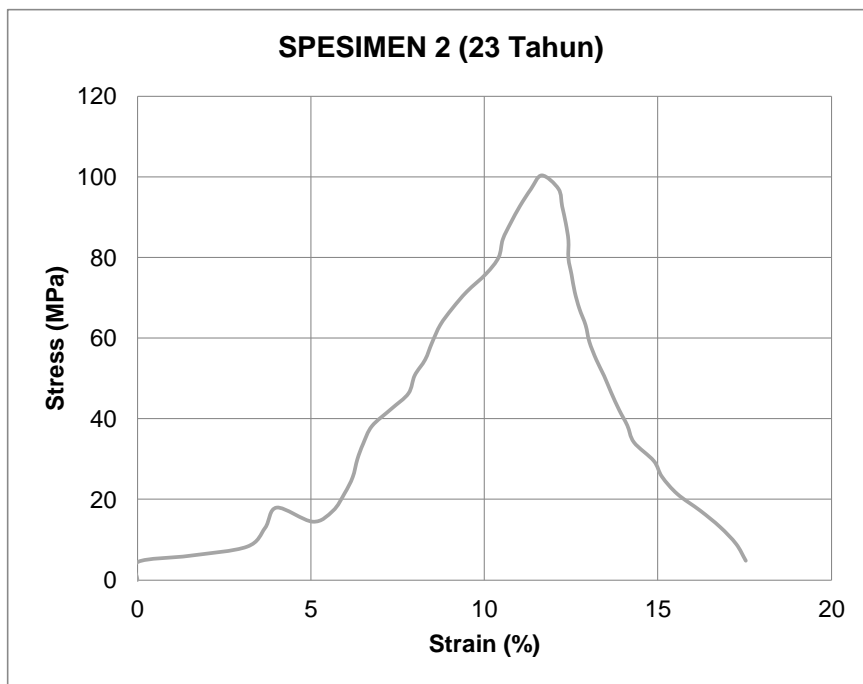
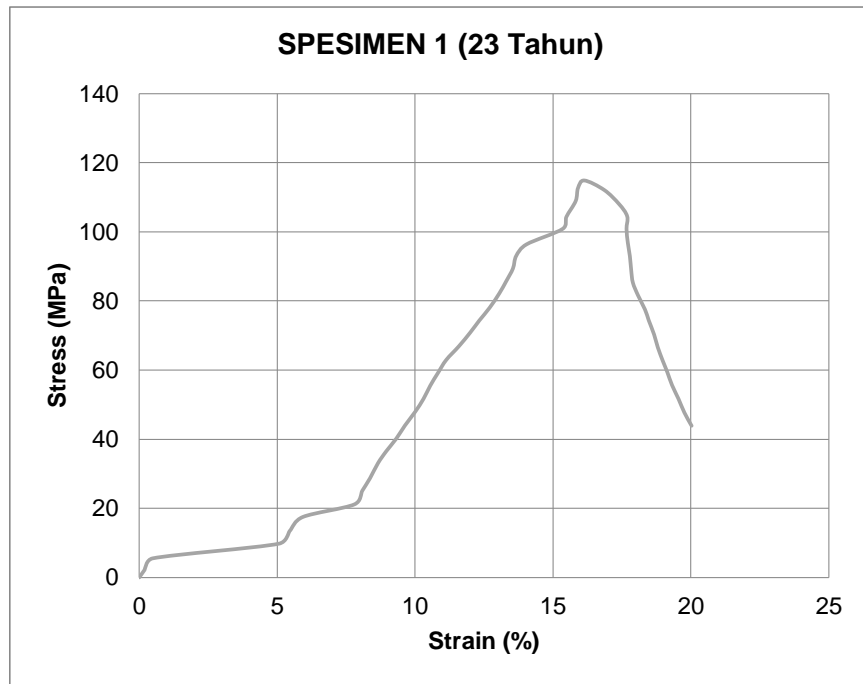


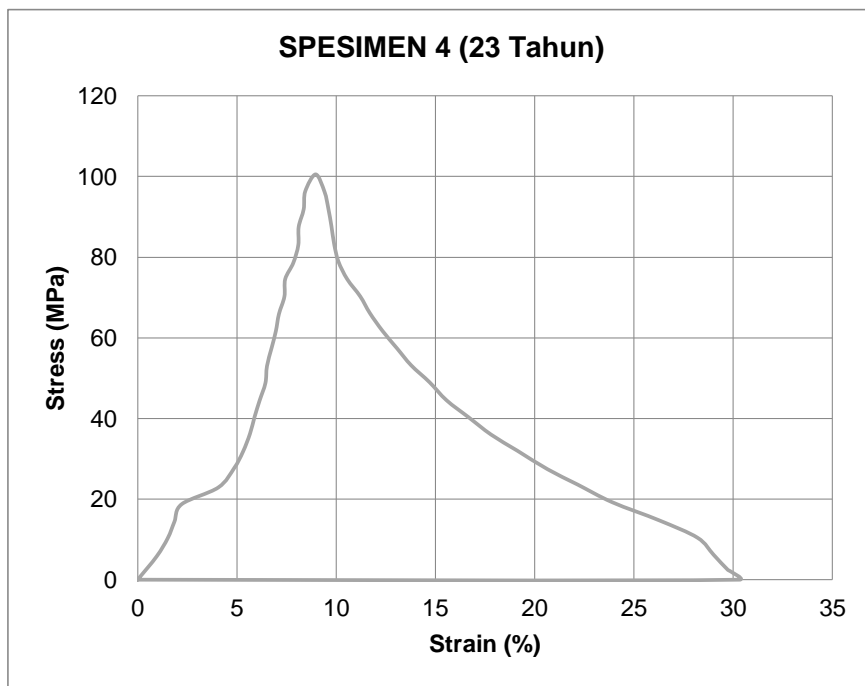
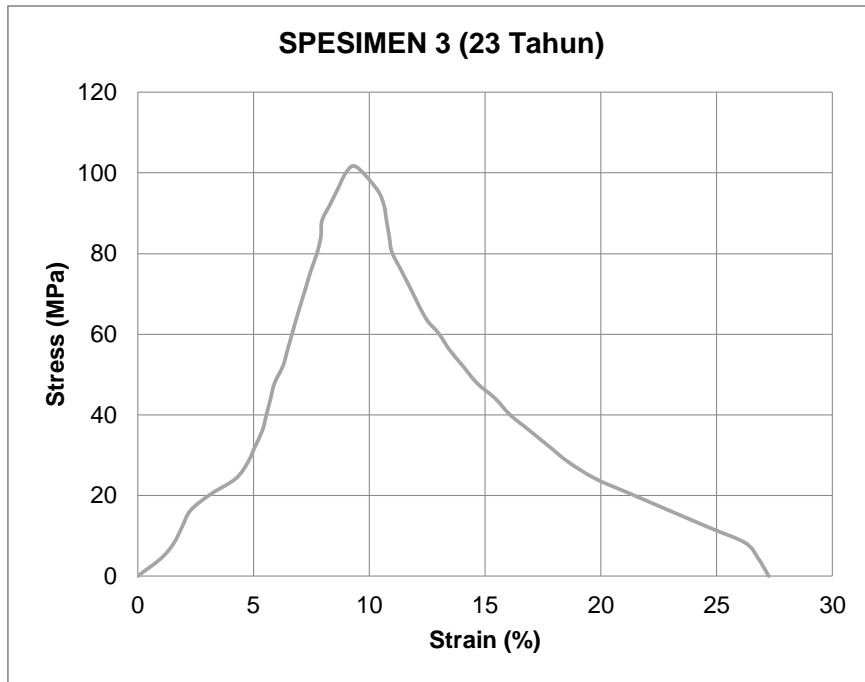
Uji Lentur, Kayu Umur 8 Tahun



LAMPIRAN D GRAFIK UJI TARIK

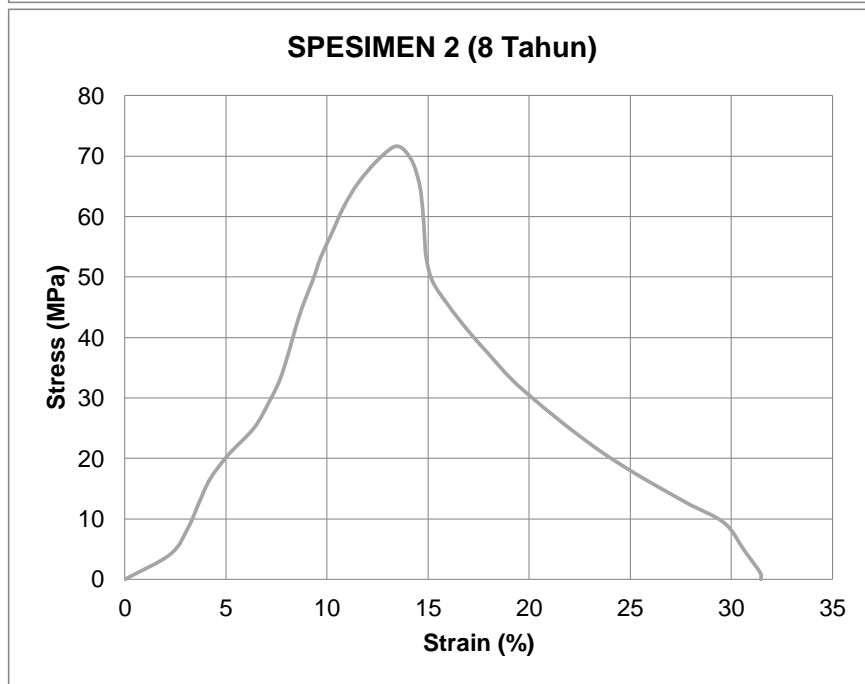
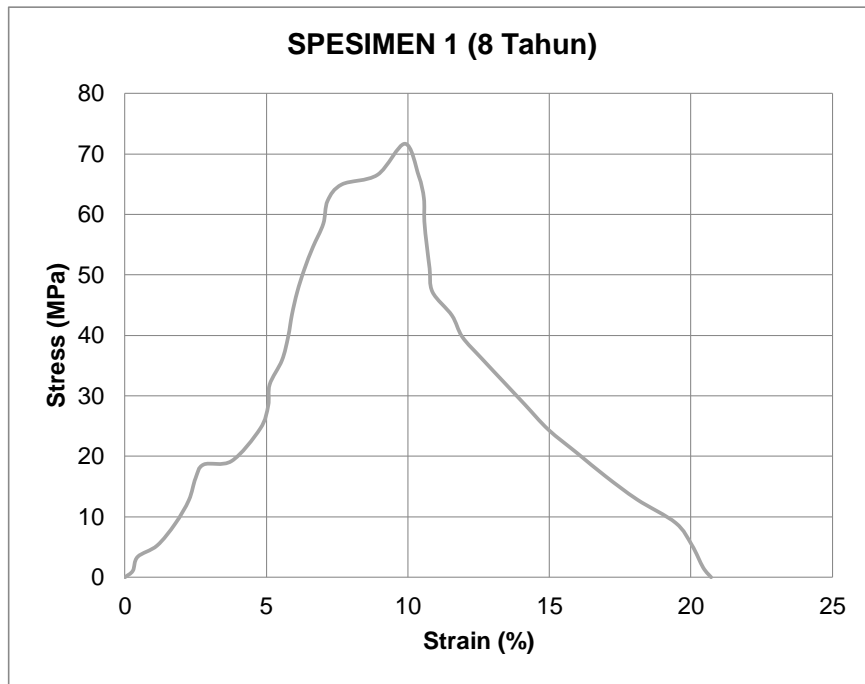
Grafik *Stress-Strain* Uji Tarik Sejajar Serat, Kayu Umur 23 Tahun

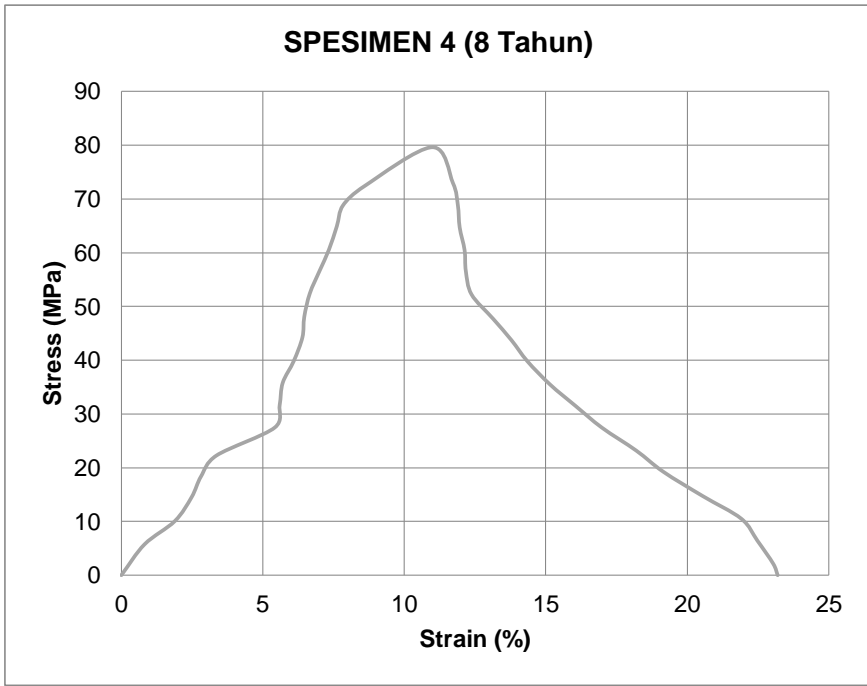
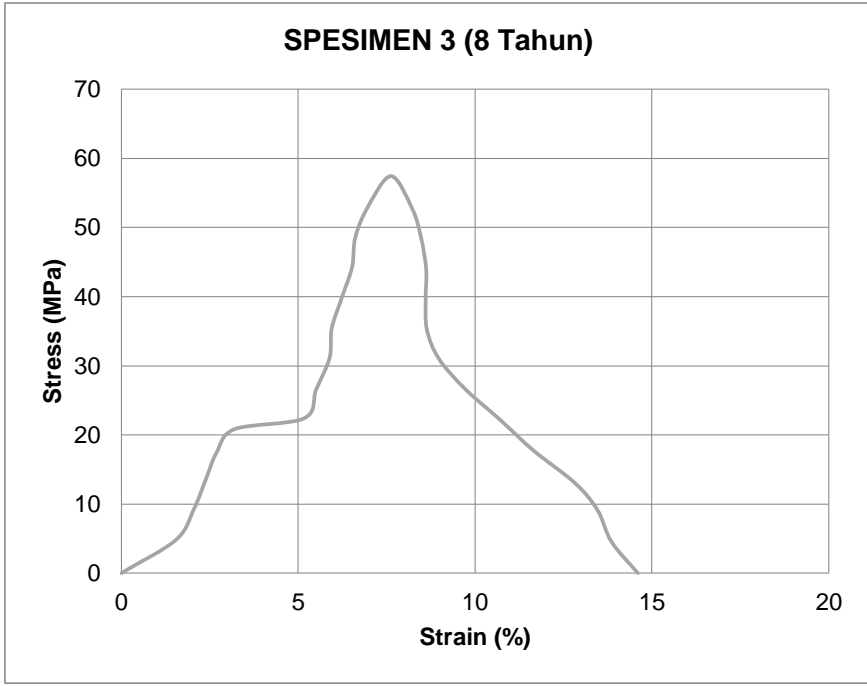




Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
23	A1	6.03	52.52	16.14	114.87	7.12
	A2	4.77	47.53	11.66	100.37	8.61
	A3	5.08	50	9.42	101.59	10.78
	A4	4.68	46.56	8.97	100.55	11.21
rata-rata				11.55	104.34	9.43

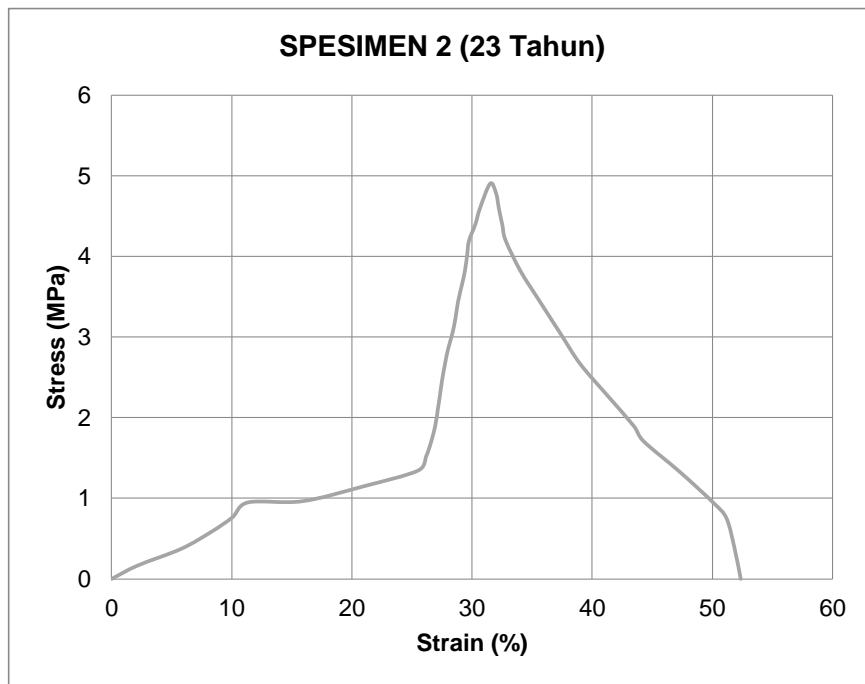
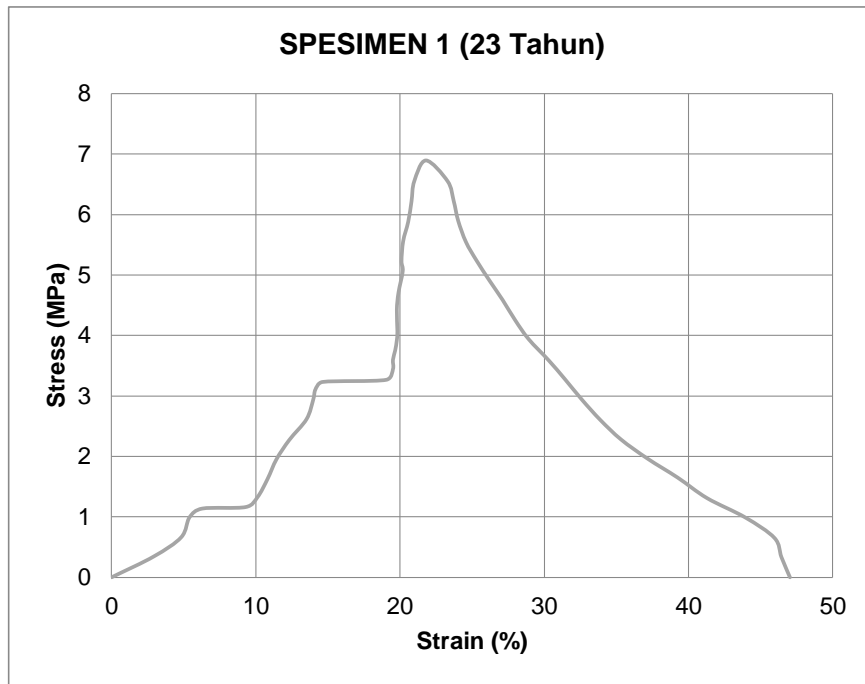
Grafik *Stress-Strain* Uji Tarik Sejajar Serat, Kayu Umur 8 Tahun

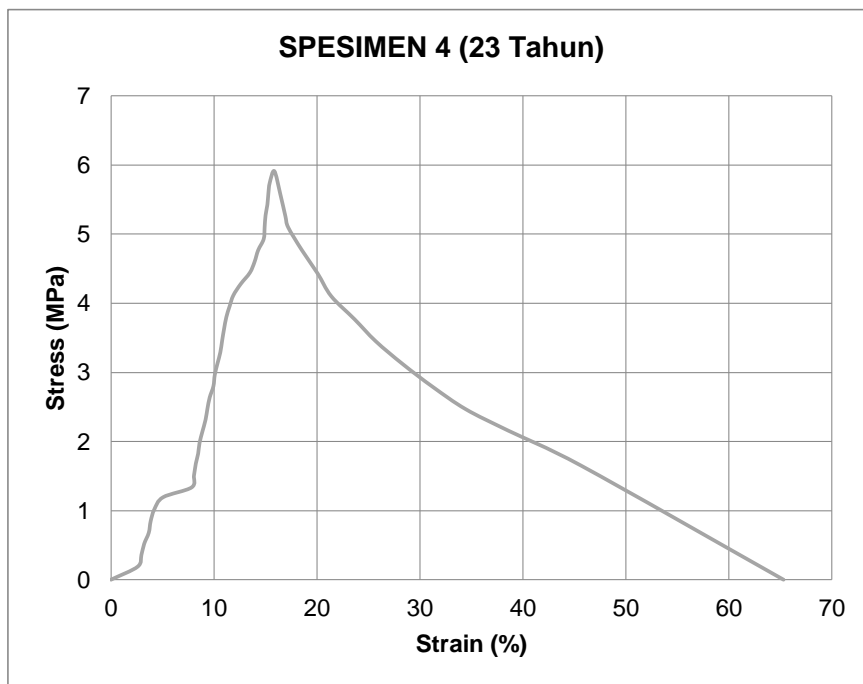
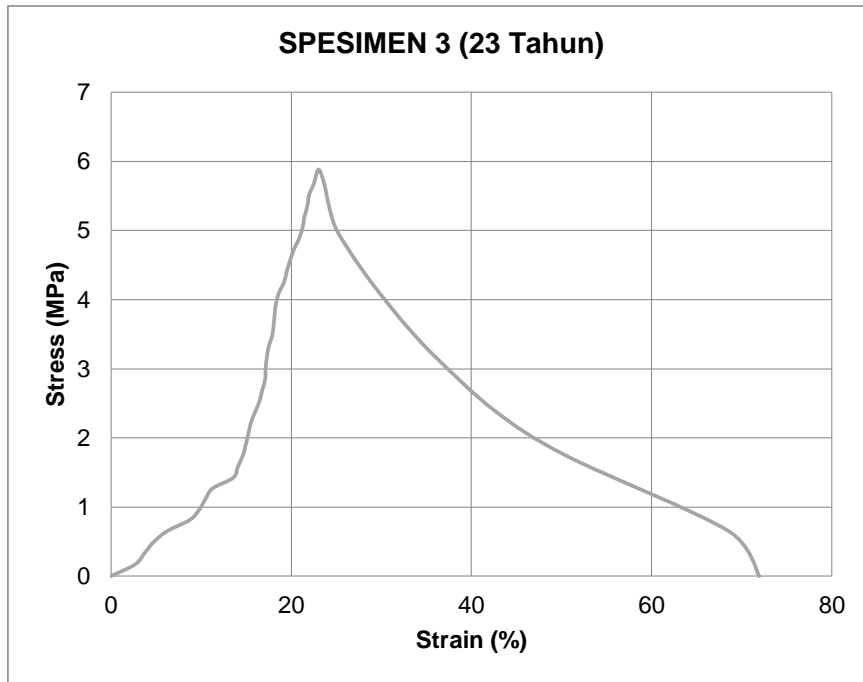




Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
8	B1	3.73	52.02	9.89	71.68	7.24
	B2	3.51	49	13.47	71.63	5.32
	B3	2.62	45.6	7.62	57.44	7.54
	B4	4.18	52.52	10.98	79.62	7.25
rata-rata				10.49	70.10	6.84

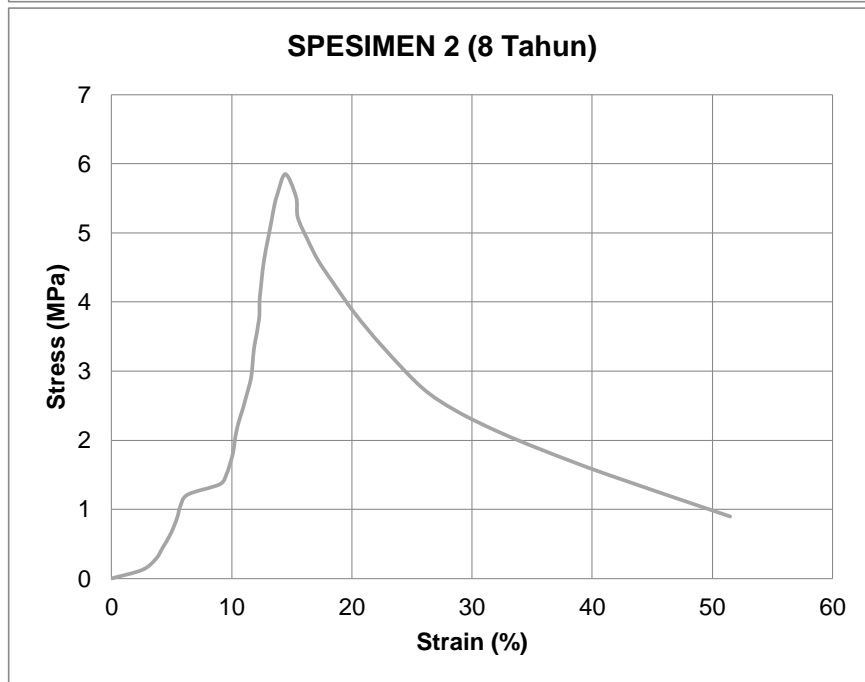
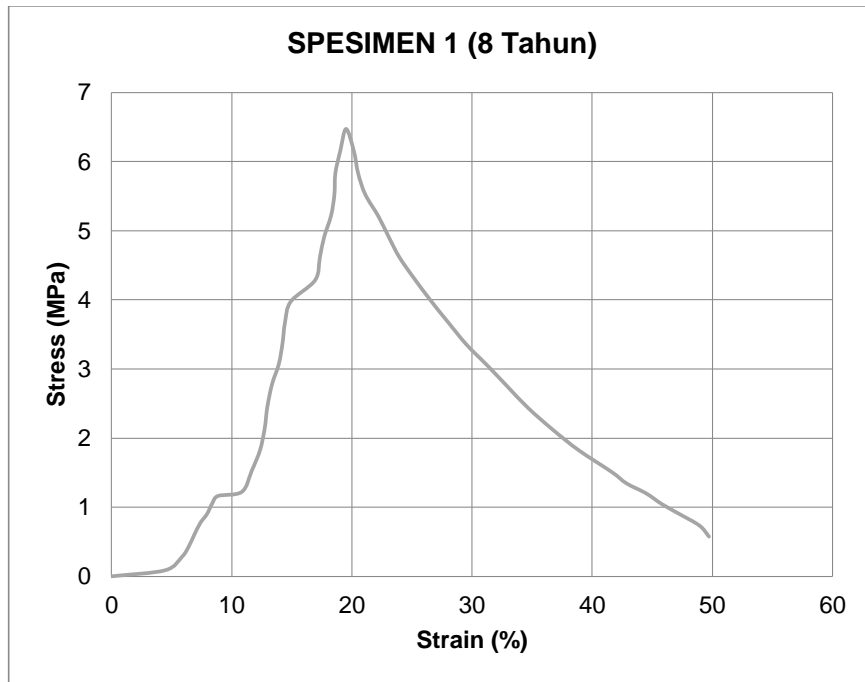
Grafik *Stress-Strain* Uji Tarik Tegak Lurus Serat, Kayu Umur 23 Tahun

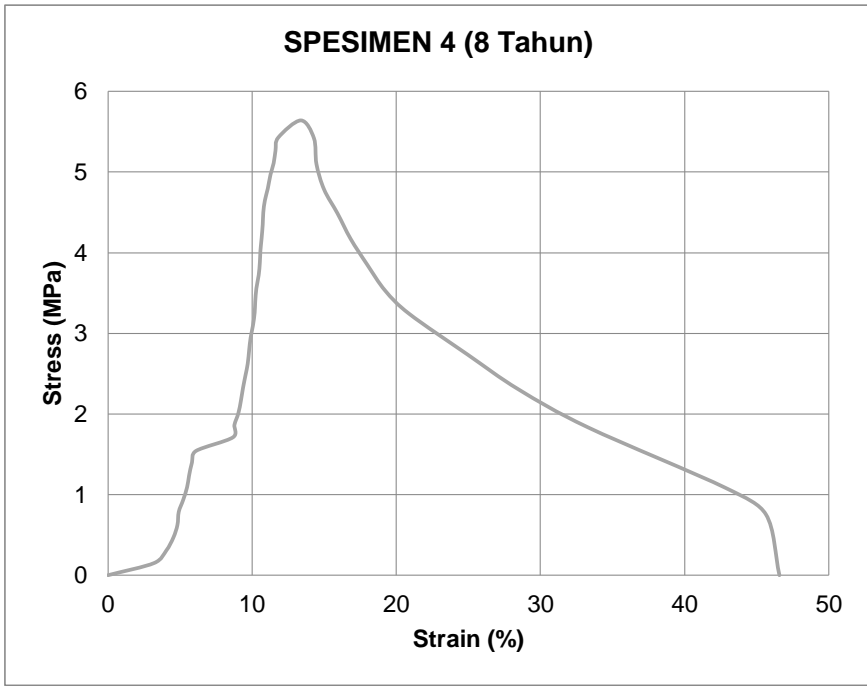
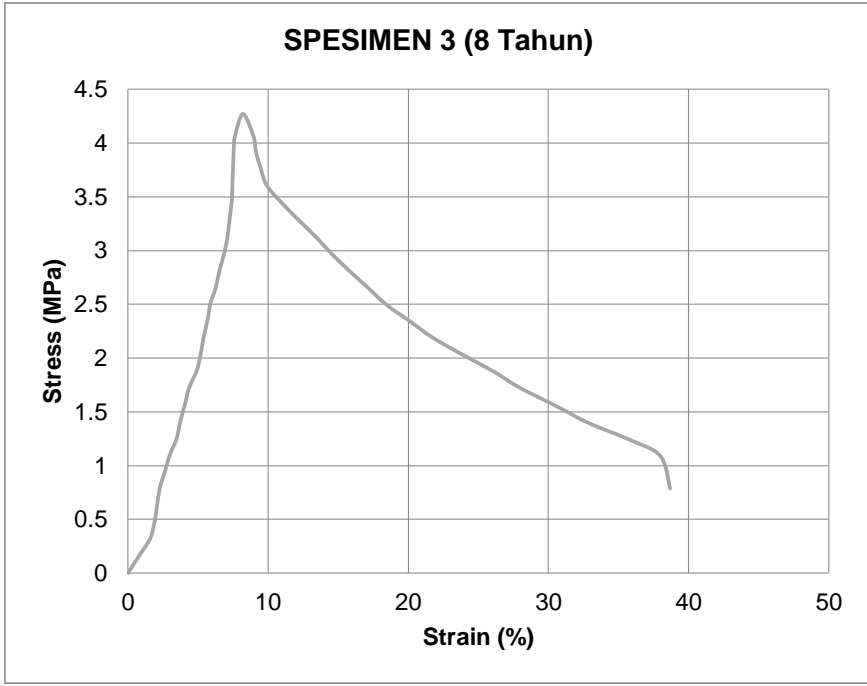




Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
23	A1	8.43	1222	21.79	6.89	0.32
	A2	5.12	1044	31.52	4.90	0.16
	A3	7.47	1270	23.03	5.88	0.26
	A4	7.23	1265	15.86	5.71	0.36
rata-rata				23.05	5.85	0.27

Grafik *Stress-Strain* Uji Tarik Tegak Lurus Serat, Kayu Umur 8 Tahun

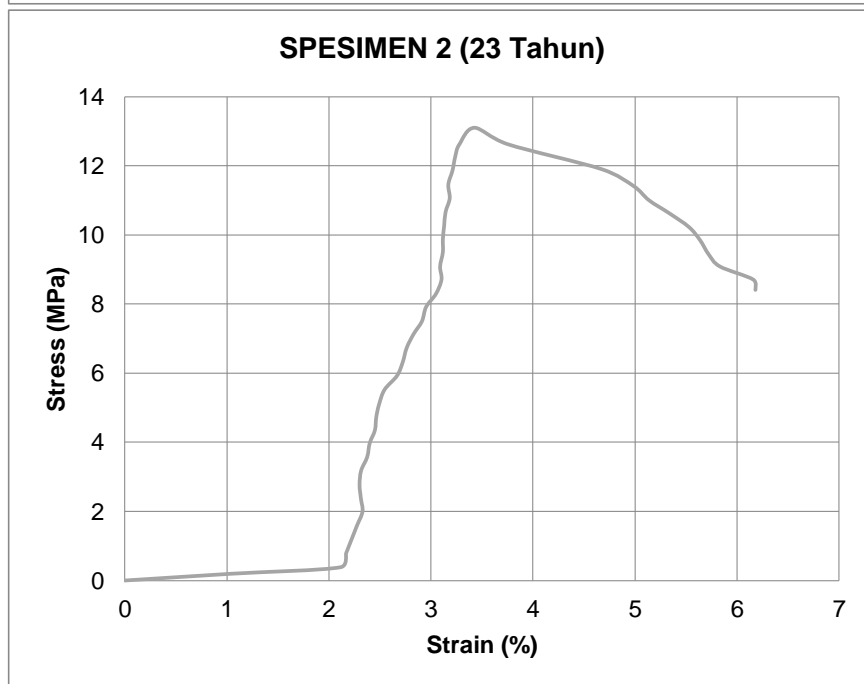
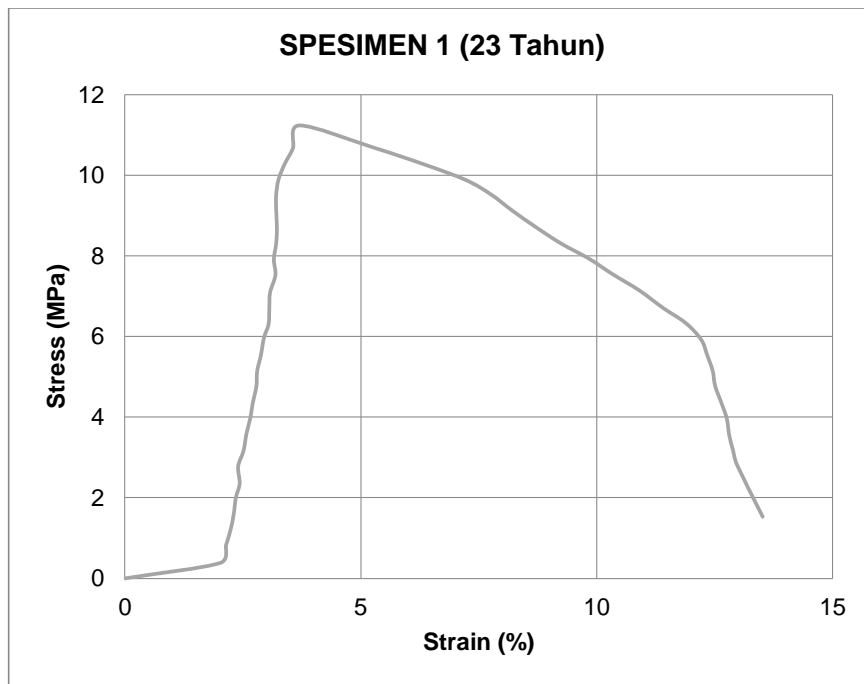


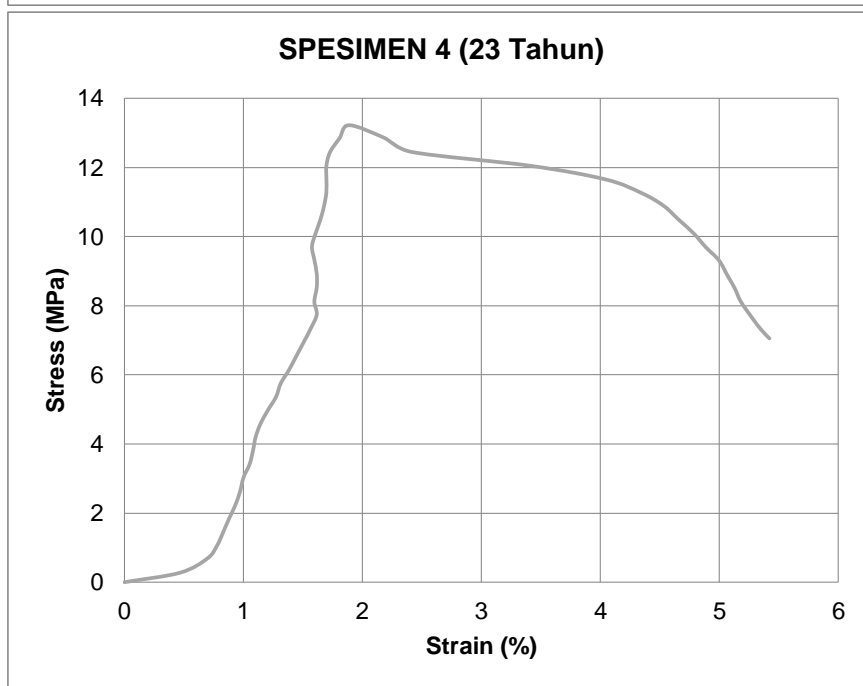
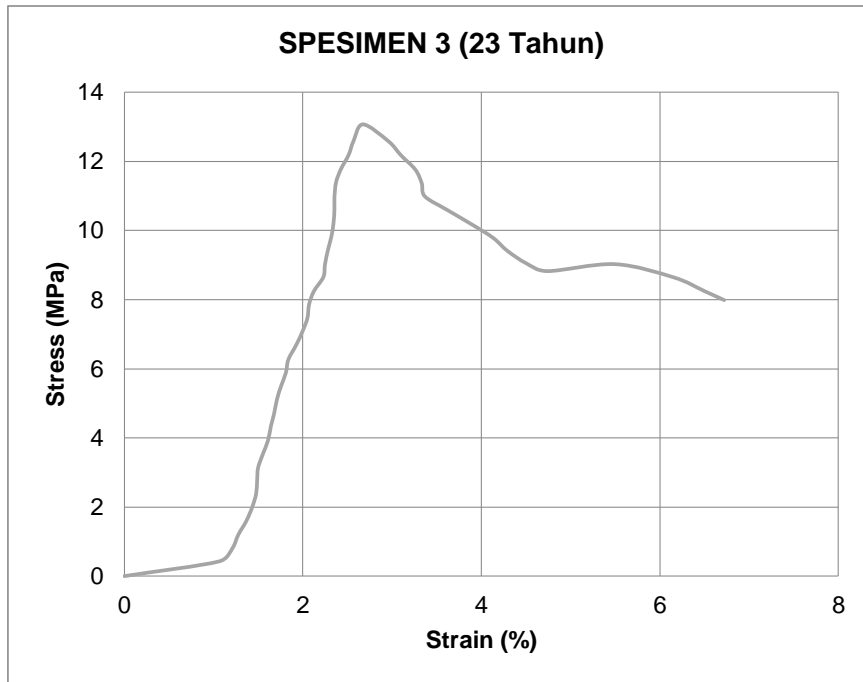


Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
8	B1	8.39	1295	19.52	6.47	0.33
	B2	7.56	1293	14.46	5.85	0.40
	B3	5.43	1272	8.21	4.27	0.52
	B4	7.26	1288	13.38	5.64	0.42
rata-rata				13.89	5.56	0.42

LAMPIRAN E GRAFIK UJI TEKAN

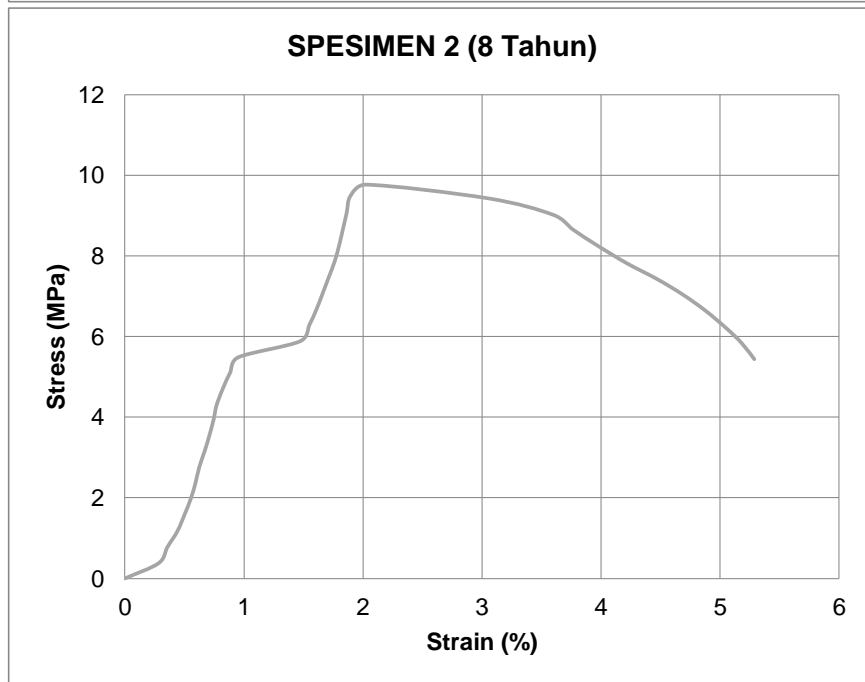
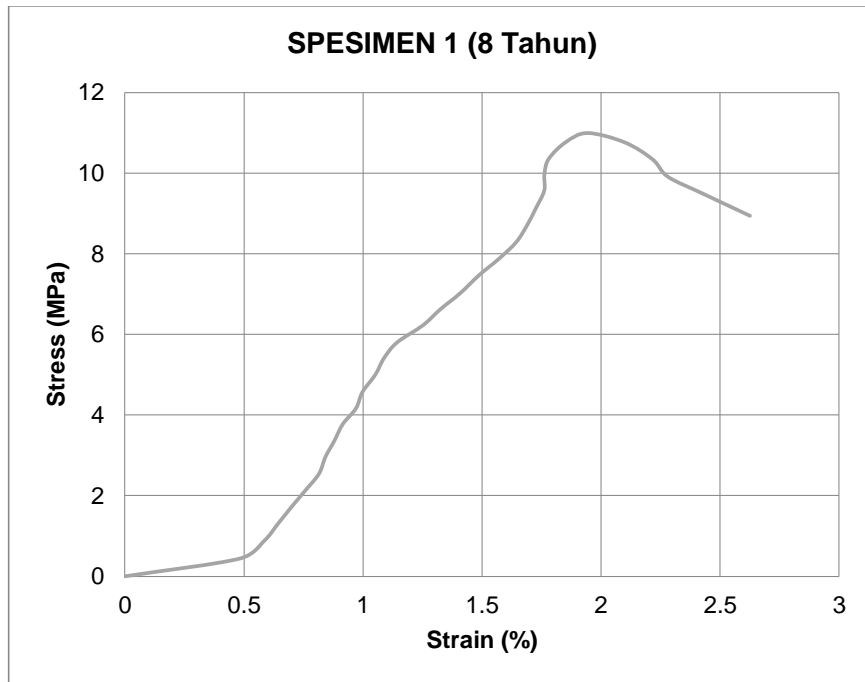
Grafik *Stress-Strain* Uji Tekan Sejajar Serat, Kayu Umur 23 Tahun

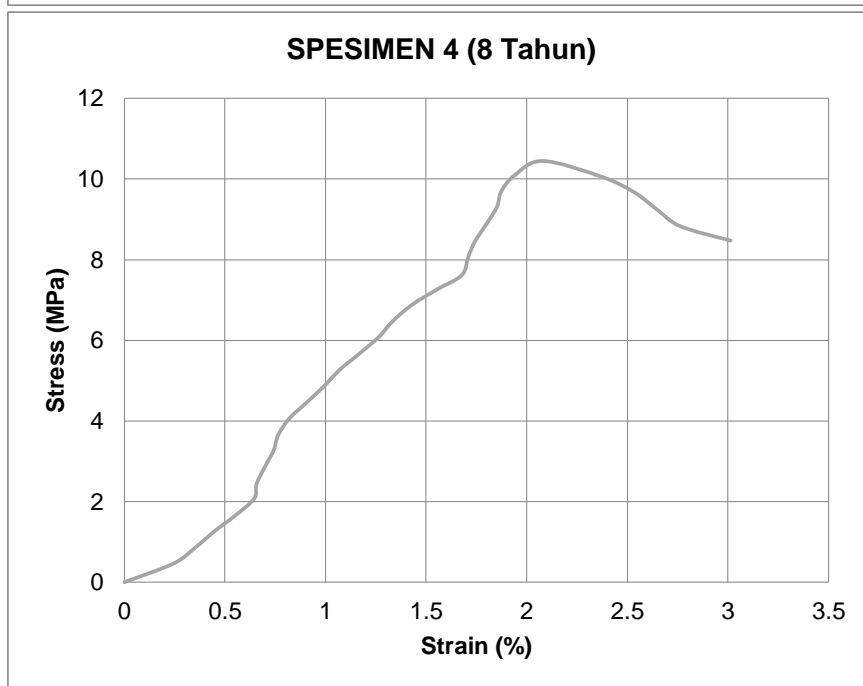
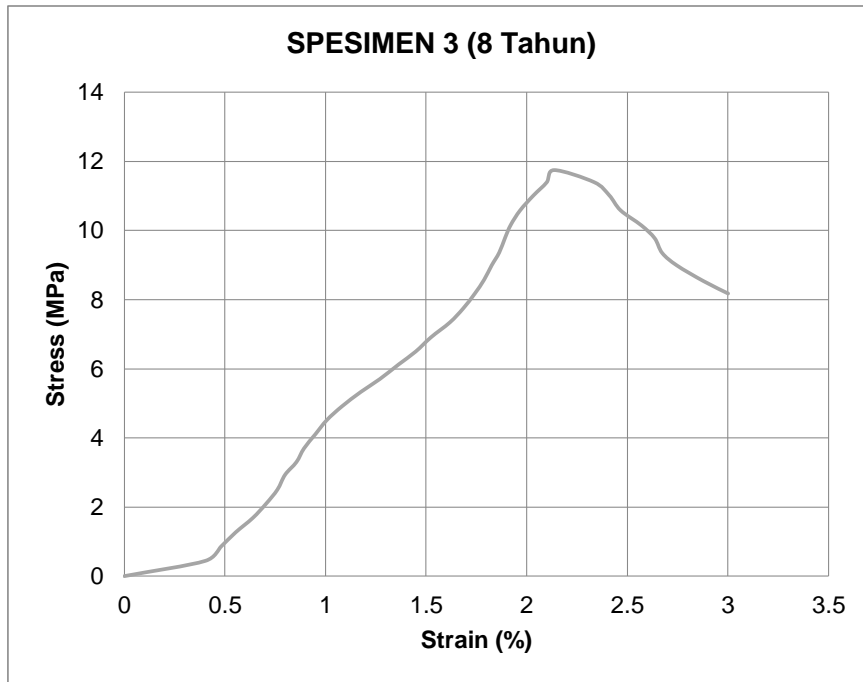




Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
23	A1	28.40	2527.57	3.71	11.24	3.03
	A2	33.12	2510	3.43	13.20	3.85
	A3	33.31	2547.71	2.67	13.07	4.89
	A4	33.60	2540.16	1.89	13.23	7.00
rata-rata				2.92	12.68	4.69

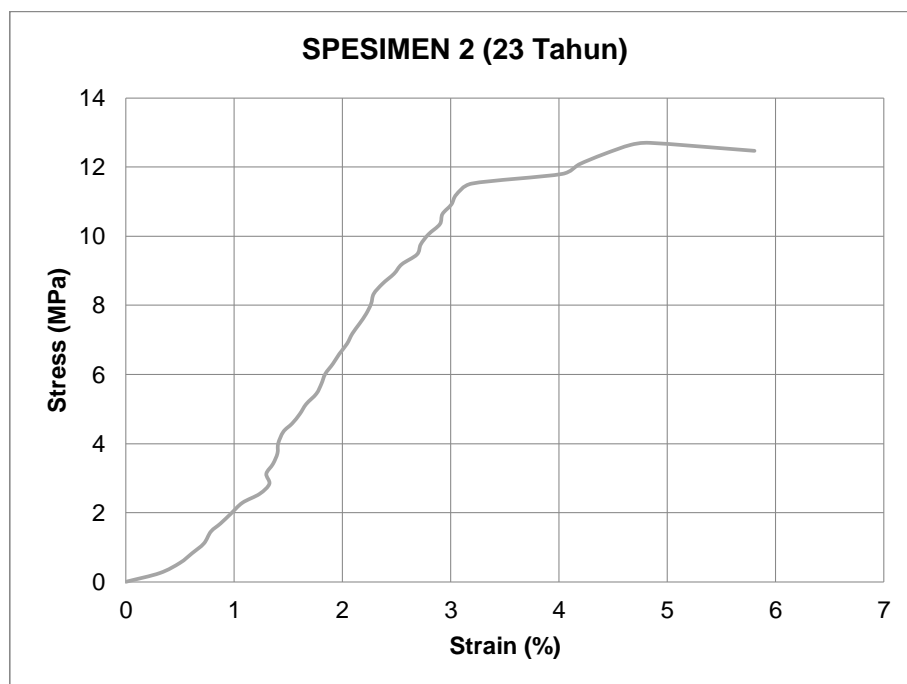
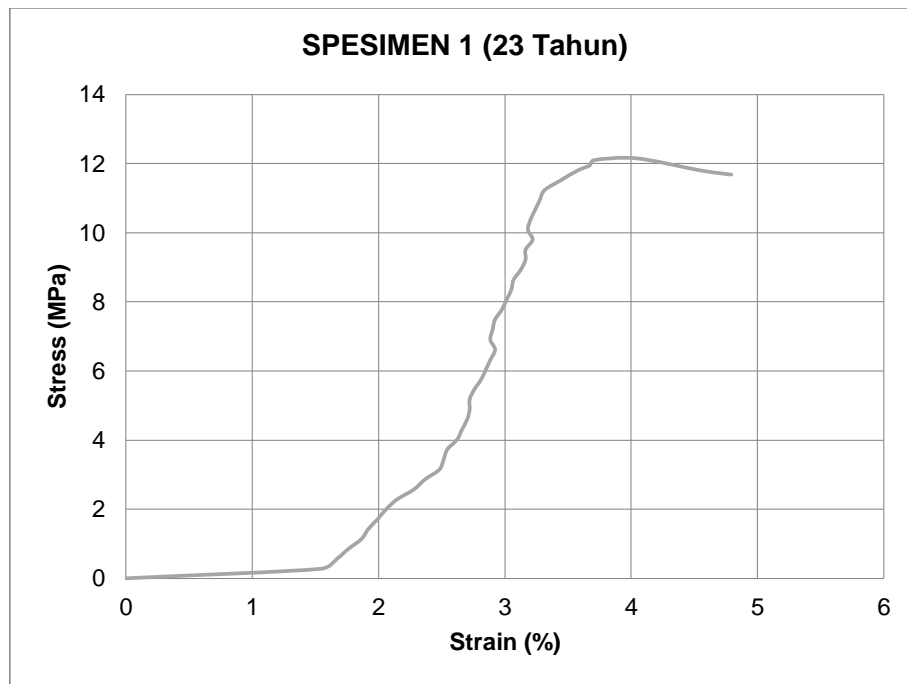
Grafik *Stress-Strain* Uji Tekan Sejajar Serat, Kayu Umur 8 Tahun

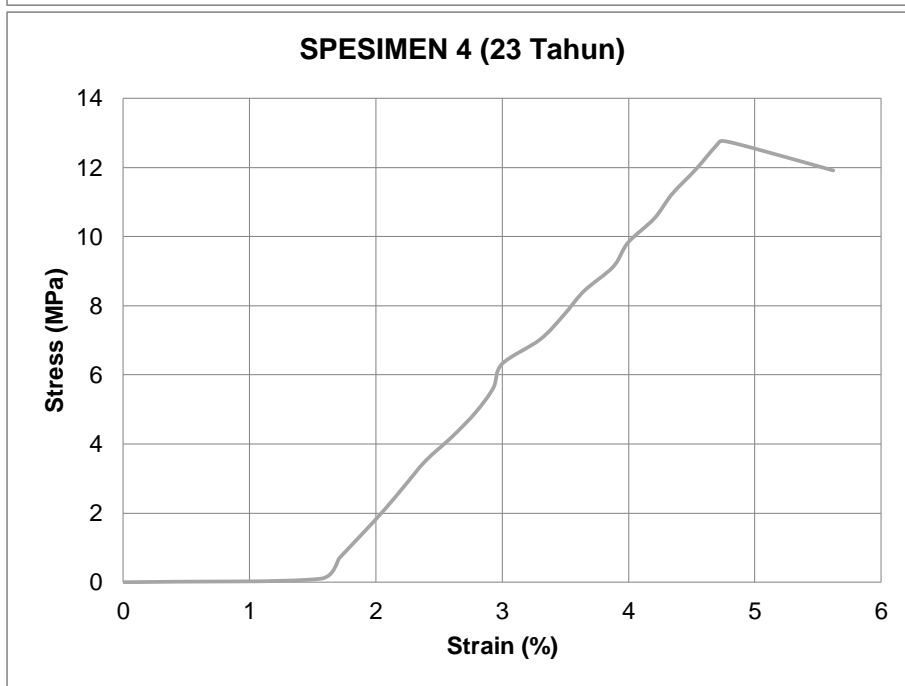
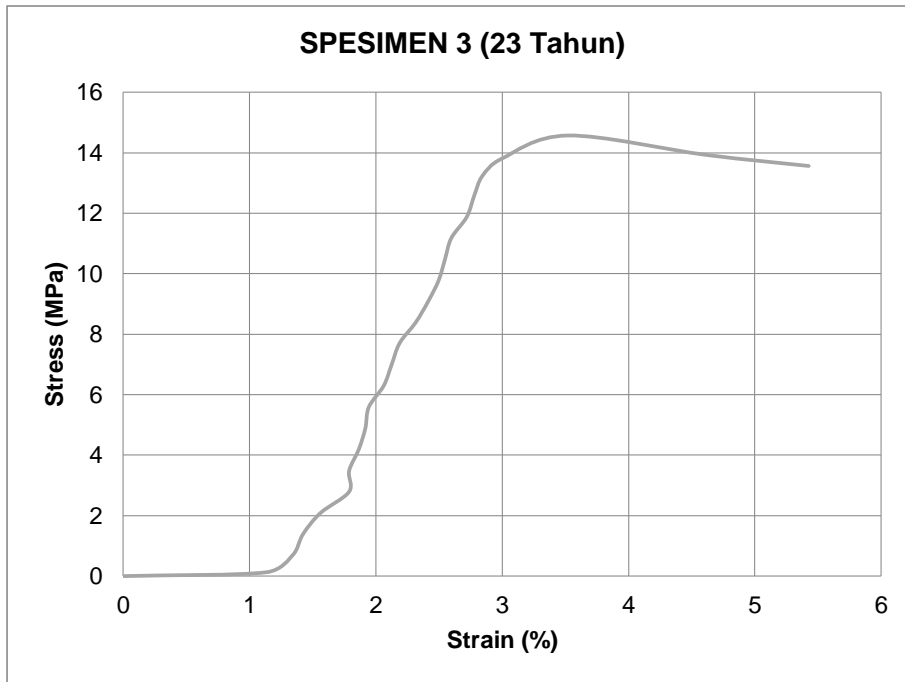




Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
8	B1	26.63	2422.05	1.94	11.00	5.66
	B2	24.76	2535.12	2.02	9.77	4.83
	B3	28.88	2458.2	2.14	11.75	5.50
	B4	25.96	2484.6	2.08	10.45	5.02
rata-rata				2.05	10.74	5.25

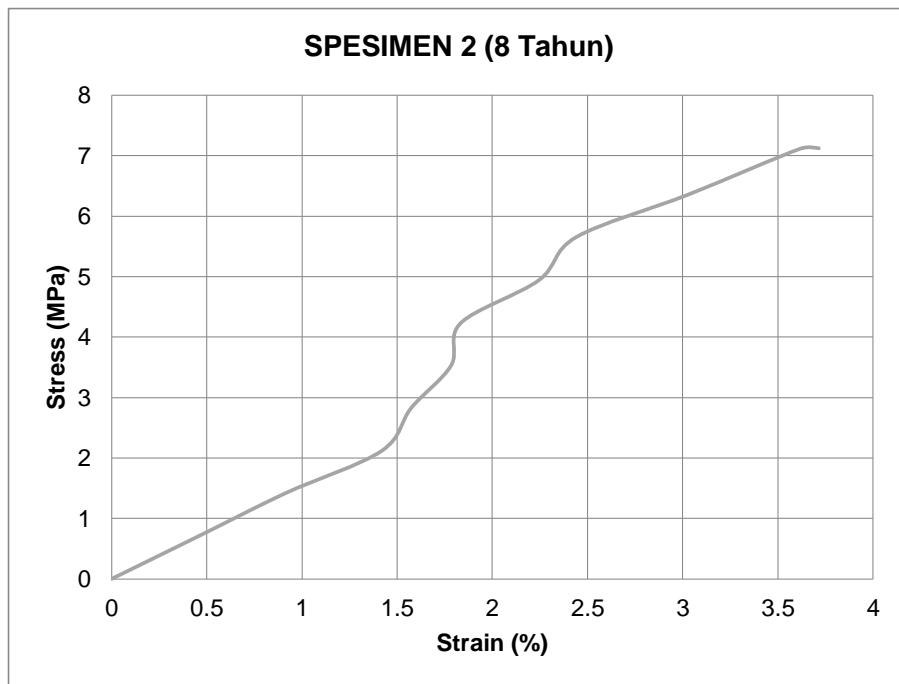
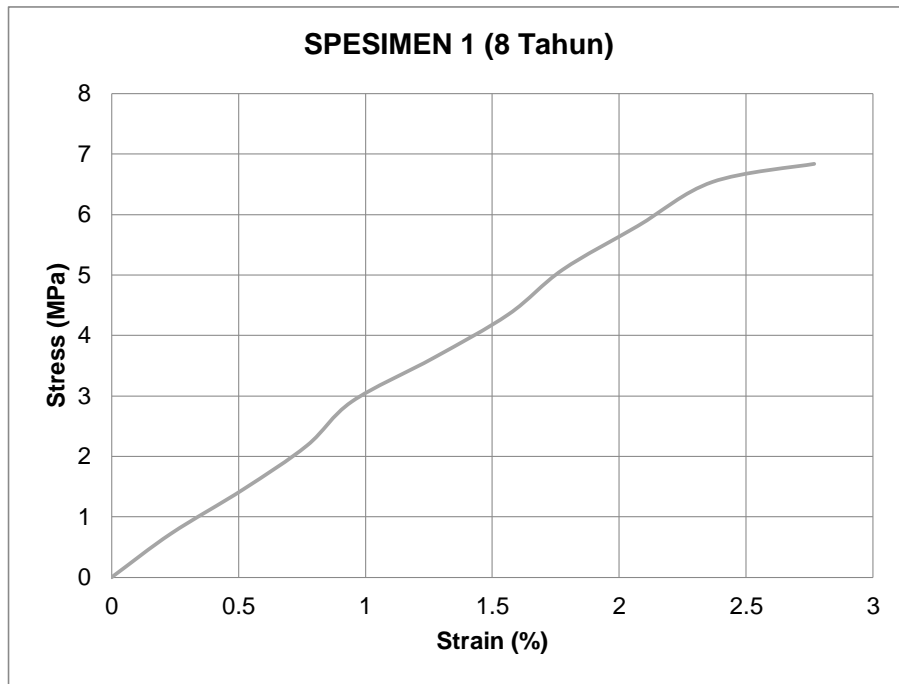
Grafik *Stress-Strain* Uji Tekan Tegak Lurus Serat, Kayu Umur 23 Tahun

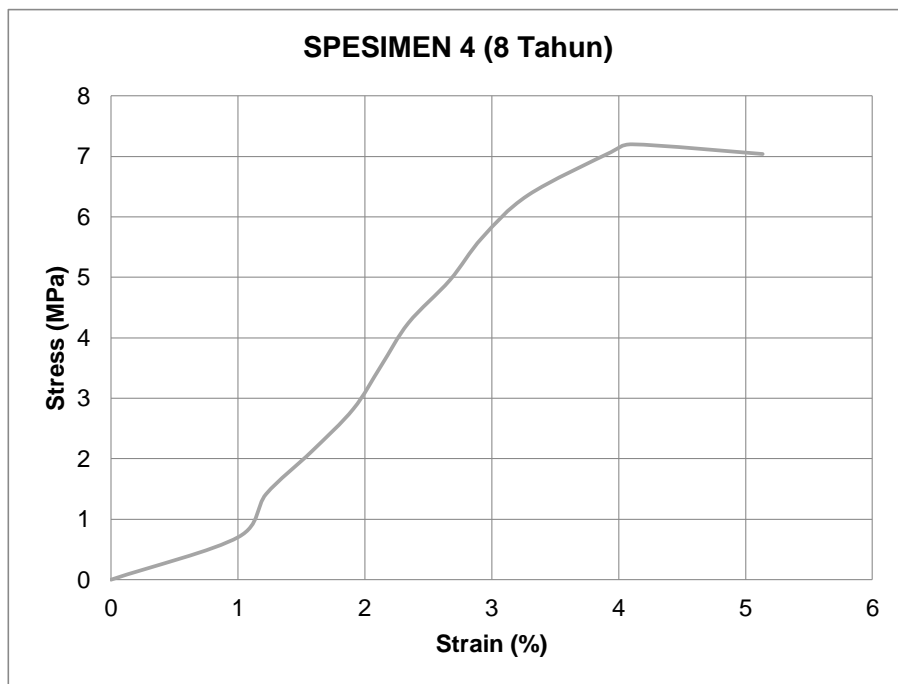
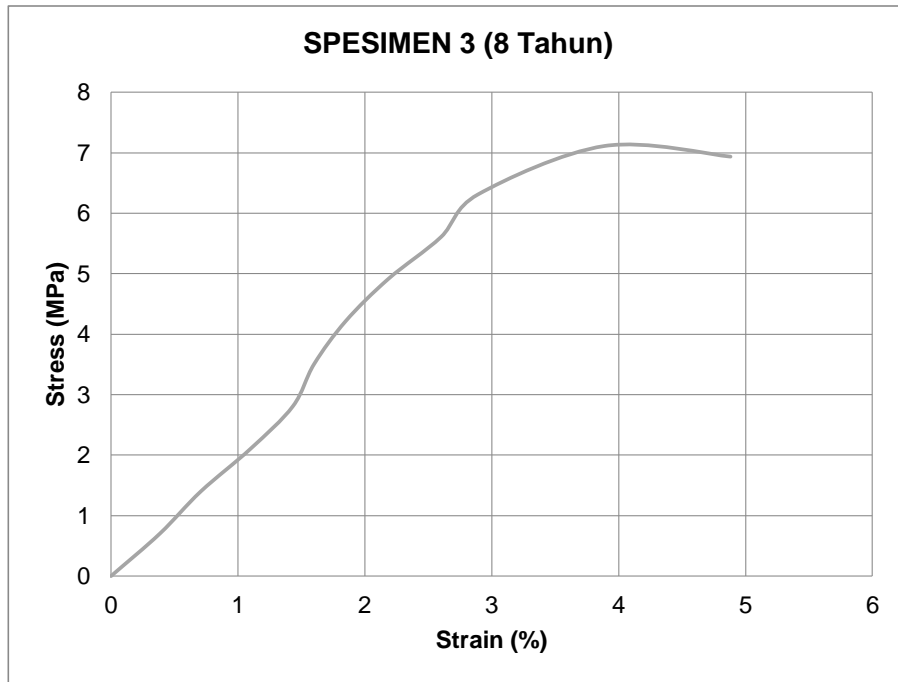




Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
23	A1	84.05	6916	4.04	12.15	3.01
	A2	87.85	7056	4.84	12.45	2.57
	A3	104.25	7154	3.52	14.57	4.14
	A4	91.00	7126	4.75	12.77	2.69
rata-rata				4.29	12.99	3.10

Grafik *Stress-Strain* Uji Tekan Tegak Lurus Serat, Kayu Umur 8 Tahun

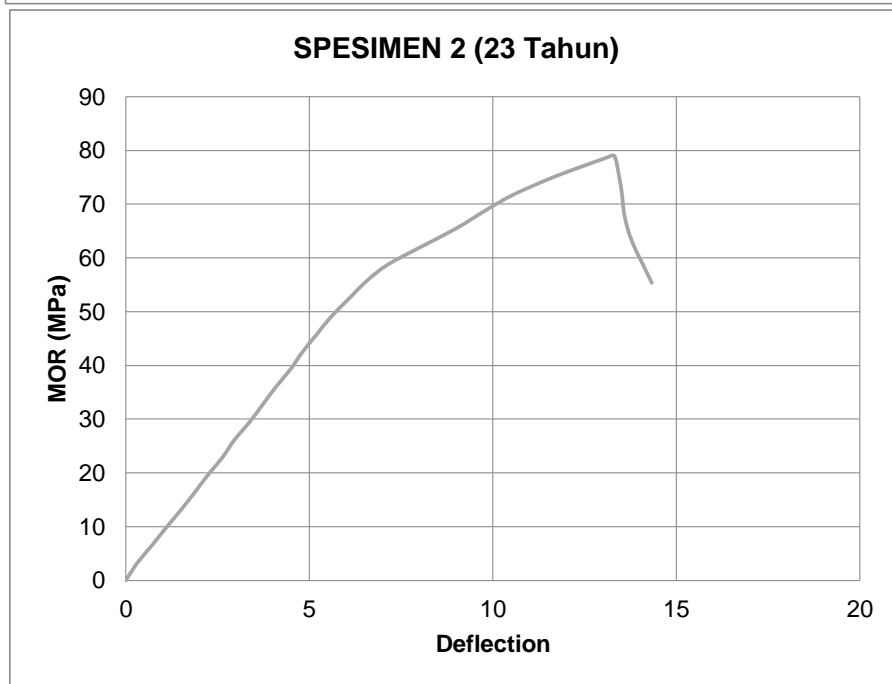
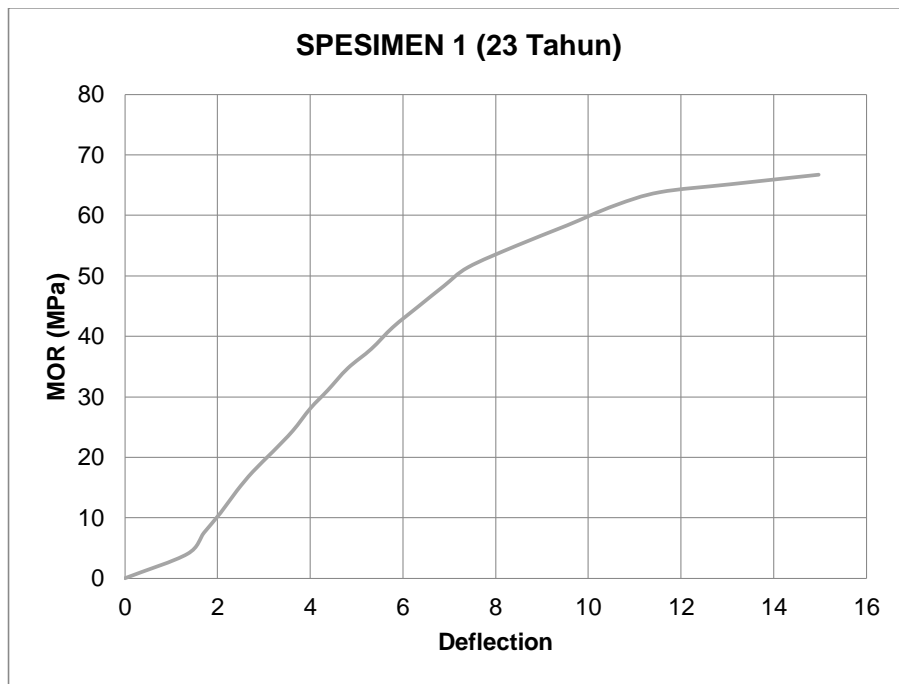


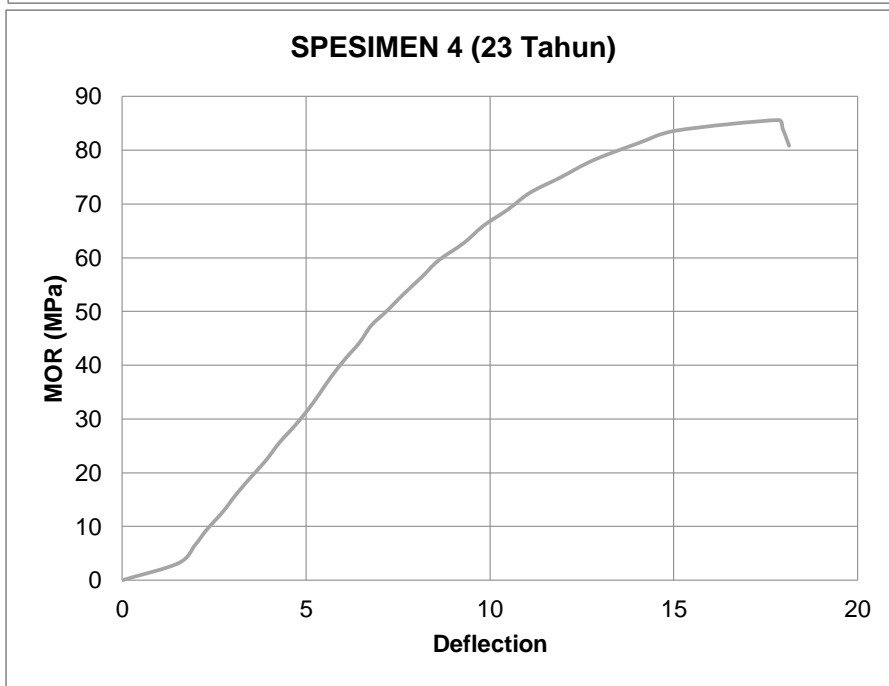
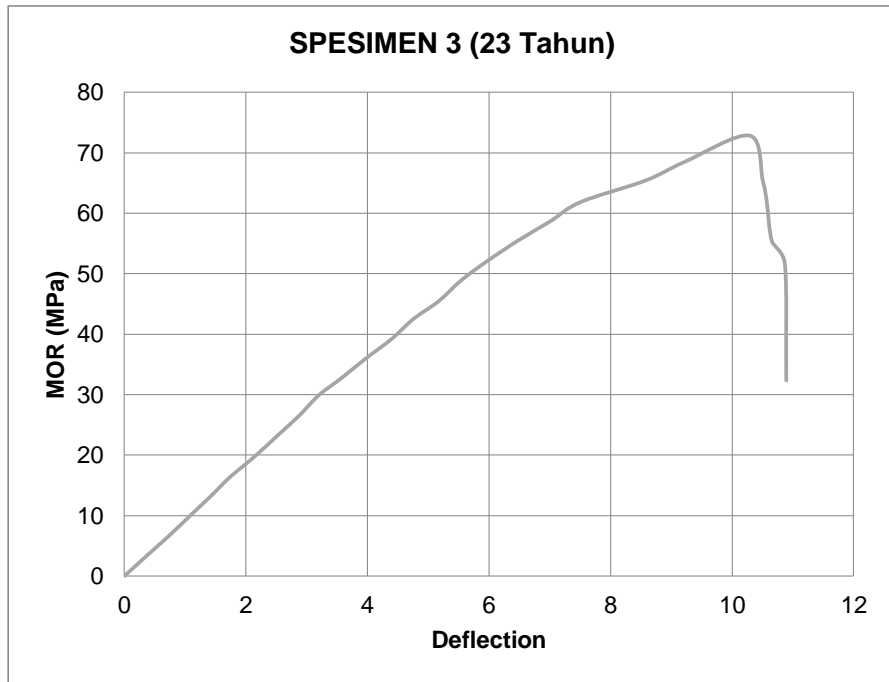


Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Strain %	Stress MPa	MOE MPa
8	B1	47.09	6888	2.77	6.84	2.47
	B2	50.45	7084	3.72	7.12	1.92
	B3	50.69	7126	3.89	7.11	1.83
	B4	50.91	7070	4.11	7.20	1.75
rata-rata				3.62	7.07	1.99

LAMPIRAN F GRAFIK UJI LENTUR

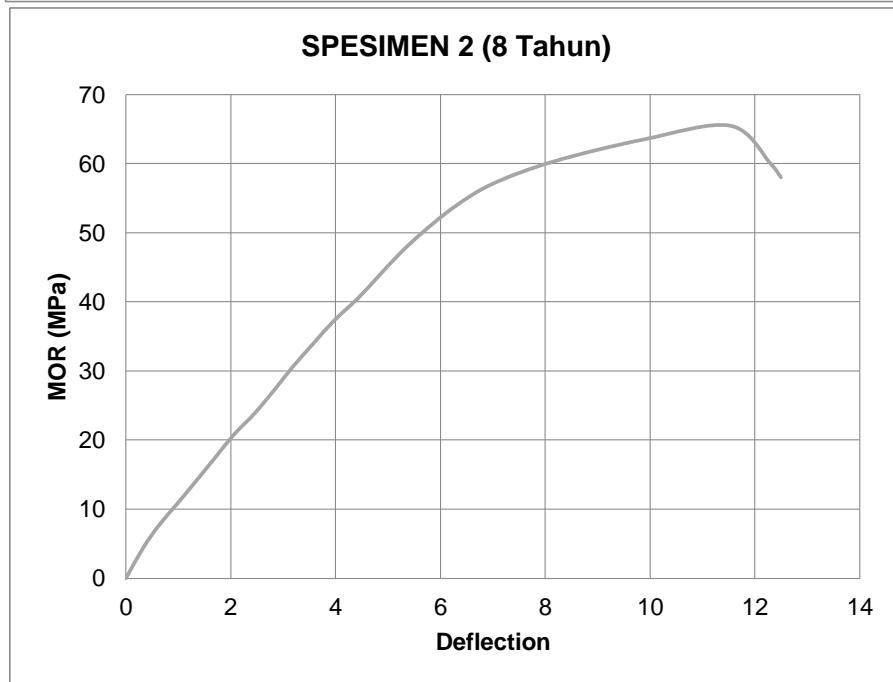
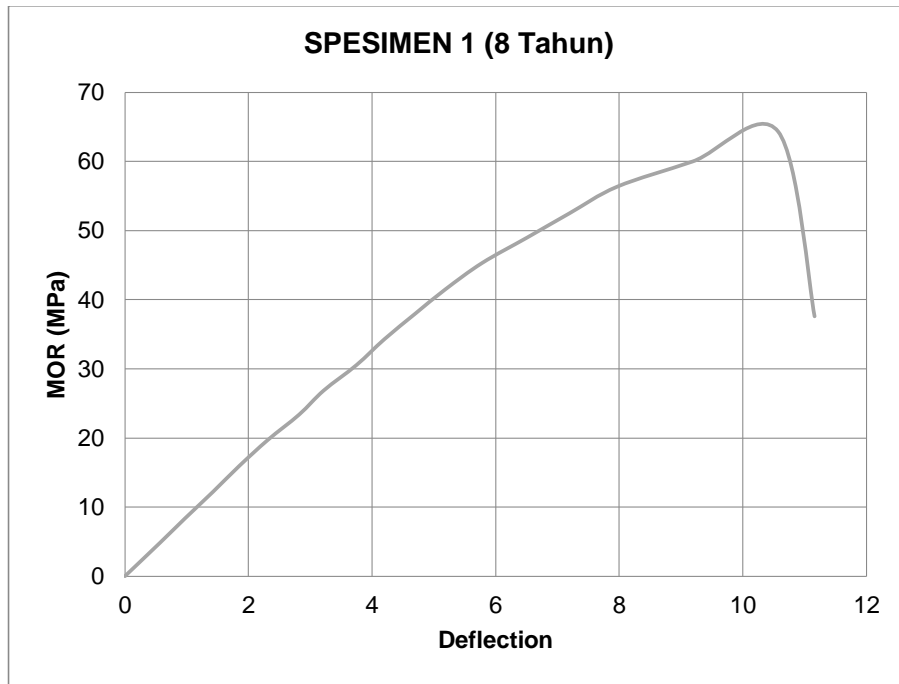
Grafik *Stress-Deflection* Uji Lentur, Kayu Umur 23 Tahun

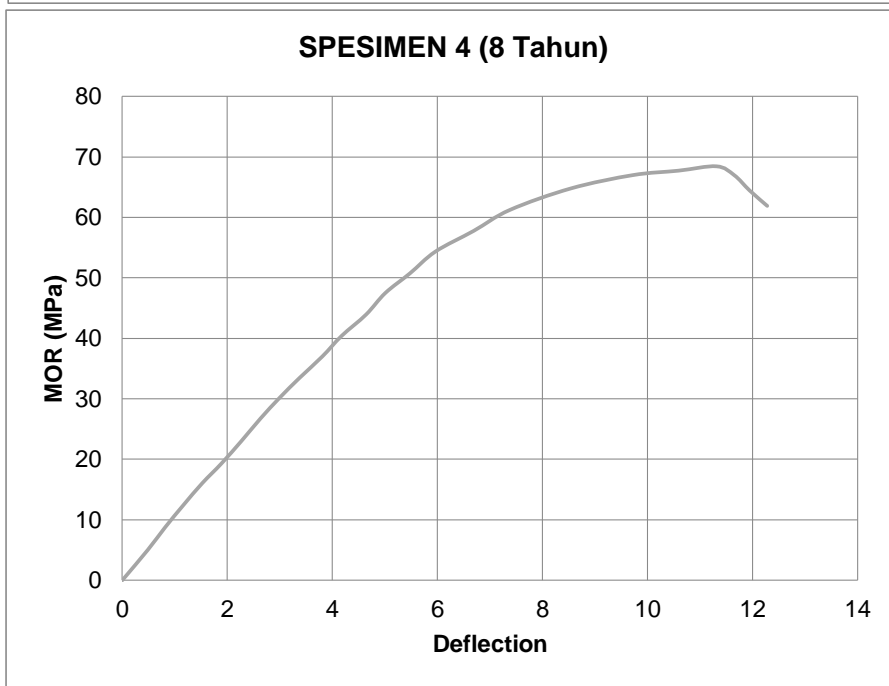
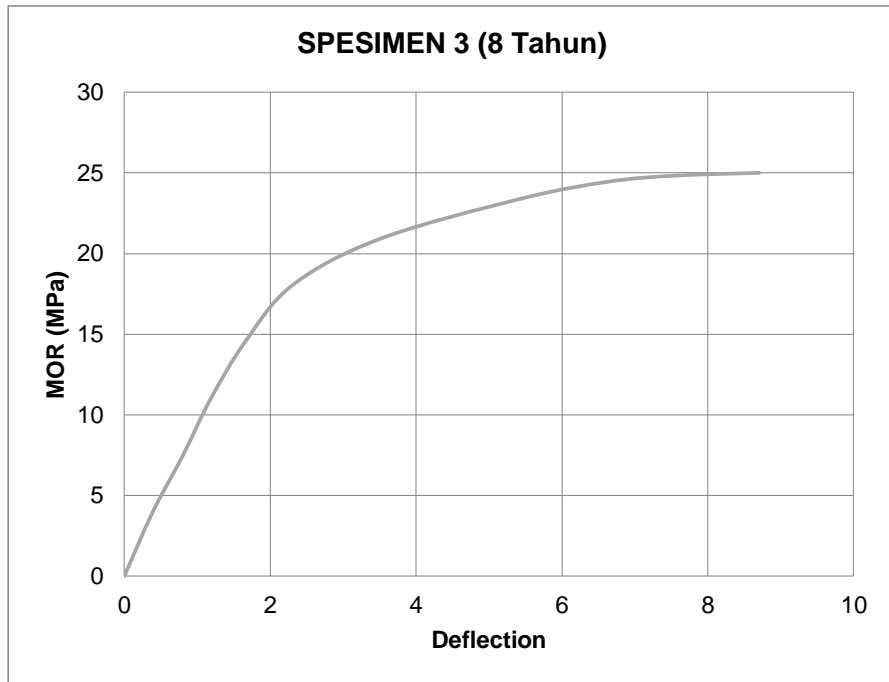




Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Defelction mm	MOR MPa	MOE MPa
23	A1	19.54	632.5	14.97	66.73	4.46
	A2	24.06	650.21	13.31	78.97	5.93
	A3	22.28	647.7	10.29	72.84	7.08
	A4	27.23	665.64	17.85	85.61	4.80
rata-rata				13.00	74.92	5.77

Grafik *Stress-Deflection* Uji Lentur, Kayu Umur 8 Tahun





Umur tahun	Spesimen	Hasil pengujian				
		F ultimate kN	A mm ²	Deflection mm	MOR MPa	MOE MPa
8	B1	17.37	620.4	10.57	64.34	6.09
	B2	19.78	652.5	11.53	65.48	5.68
	B3	7.18	622.5	8.71	25.01	2.87
	B4	19.40	624.75	11.31	68.45	6.05
rata-rata				10.33	52.15	4.89

LAMPIRAN G PENGHITUNGAN UKURAN KONSTRUKSI

LAMPIRAN I PENGHITUNGAN EKONOMIS

1. Biaya Material

Bagian Konstruksi	Material	Volume (m ³)	Harga/m ³ (Rupiah)	Total Biaya (Rp)
Lunas	Jati	1.26	19,482,167	24,484,628
Linggi	Jati	0.48	19,482,167	9,288,891
Gading	Jati	4.77	19,482,167	92,976,695
Galar Balok	Jati	0.28	19,482,167	5,532,719
Kulit	Jati	3.47	19,482,167	67,547,460
Geladak	Jati	2.89	19,482,167	56,290,839
Dinding Bangunan Atas	Jati	0.46	19,482,167	8,961,797
Geladak Bangunan Atas	Jati	0.81	19,482,167	15,683,145
Total		14.41		280,766,172

Biaya Material Angsana 23 Tahun				
Bagian Konstruksi	Volume (m ³)	Harga/m ³ (Rupiah)		Total Biaya (Rupiah)
		Jati	Angsana 23 tahun	
Lunas	1.26	19,472,000	-	24,471,850
Linggi	0.48	19,472,000	-	9,284,043
Gading	4.77	19,472,000	-	92,928,173
Galar Balok	0.34	-	2,784,000	949,334
Kulit	4.06	-	2,784,000	11,295,509
Geladak	3.39	-	2,784,000	9,442,905
Dinding Bangunan Atas	0.38	-	2,784,000	1,057,920
Geladak Bangunan Atas	0.75	-	2,784,000	2,094,960
Total	15.43			151,524,694

Biaya Material Angsana 23 Tahun				
Bagian Konstruksi	Volume (m ³)	Harga/m ³ (Rupiah)		Total Biaya (Rupiah)
		Jati	Angsana 23 tahun	
Lunas	1.26	19,472,000	-	24,471,850
Linggi	0.48	19,472,000	-	9,284,043
Gading	4.77	19,472,000	-	92,928,173
Galar Balok	0.34	-	2,784,000	949,334
Kulit	4.06	-	2,784,000	11,295,509
Geladak	3.39	-	2,784,000	9,442,905
Dinding Bangunan Atas	0.38	-	2,784,000	1,057,920
Geladak Bangunan Atas	0.75	-	2,784,000	2,094,960
Total	15.43			151,524,694

Biaya Material Angsana 23 Tahun dan 8 Tahun

Bagian Konstruksi	Volume (m ³)	Harga/m ³ (Rupiah)			Total Biaya (Rupiah)
		Jati	Angsana 23 tahun	Angsana 8 tahun	
Lunas	1.26	19,472,000	-	-	24,471,850
Linggi	0.48	19,472,000	-	-	9,284,043
Gading	4.77	19,472,000	-	-	92,928,173
Galar Balok	0.34	-	2,784,000	-	949,334
Kulit	4.06	-	2,784,000	-	11,295,509
Geladak	4.08	-	-	990,000	4,041,952
Dinding Bangunan Atas	0.38	-	-	990,000	376,200
Geladak Bangunan Atas	0.75	-	-	990,000	744,975
Total	16.12				144,092,037

Jenis Biaya	Item	Jumlah	Harga per		Total
Biaya Sub Material	Besi Cor	1	-	Ls	5,000,000
	Pasak Kayu	10	120000	Karung	1,200,000
	Paku Topong	400	40000	Biji	16,000,000
	Paku Besi	100	40000	Batang	4,000,000
	Lem Epoxy	10	90000	kg	900,000
	Serat Kayu/gelam	200	15000	kg	3,000,000
Total biaya sub material					30,100,000

2. Biaya Tenaga Kerja

Pekerja	Jumlah Pekerja	Upah Pekerja/hari	Jam Kerja/hari	Upah/JO (Rp)
Tukang Lambung	6	180,000.00	6	30,000.00
Tukang Bangunan Atas	5	140,000.00	6	23,333.33
Serabutan	2	100,000.00	6	16,666.67
Rata-rata upah/JO				23,333.33

Pekerjaan	Waktu Pengerjaan (Hari)	Jumlah	Total Biaya
		Pekerja	
Lambung	130	6	140,400,000.00
Bangunan Atas	40	5	28,000,000.00
Finishing	130	2	26,000,000.00
Total			194,400,000.00

3. Biaya Overhead

Jenis Biaya	Item	Jumlah	Harga per		Total
Biaya Tidak Langsung	Sewa Galangan	1	-	Ls	5,000,000
	Bahan Bakar Diesel	6	200000	Bulan	1,200,000
	Perawatan alat	1	-	Ls	1,000,000
	Jasa Gergaji	16	200000	m ³	3,200,000
	Listrik	6	700000	Bulan	4,200,000
	Konsumsi	6	3400000	Bulan	20,400,000
Total biaya tidak Langsung					35,000,000

4. Biaya Total Pembangunan

Material	Biaya Material (Rupiah)	Biaya Tenaga Kerja (Rupiah)	Biaya Overhead (Rupiah)	Total (Rupiah)
Jati	280,766,172	194,400,000	74,980,000	550,146,172
Jati dan Angsana 23 Tahun	151,524,694	194,400,000	74,980,000	420,904,694
Jati dan Angsana 8 Tahun	204,889,233	194,400,000	74,980,000	474,269,233
Jati, Angsana 23 tahun dan 8 tahun	144,092,037	194,400,000	74,980,000	413,472,037

LAMPIRAN H PENGHITUNGAN UKURAN KONSTRUKSI

JATI					ANGSANA					
Bagian Konstruksi	face (mm)	web (mm)	Modulus	Stress	Stress	Modulus	Koreksi Modulus	face (mm)	web (mm)	Bagian Konstruksi
Lunas	210	375								
Linggi Haluan	180	310								
Linggi Buritan	180	330								
Gading	76	117								
Balok Geladak	20	40	5.33	125.00	104.34		6	8.44	25	45
Galar Balok	58	280	757.87	125.00	104.34		908	975.00	65	300
Bagian Konstruksi	tebal (mm)	tinggi (mm)	t ² x Bending			t ² x Bending	Hasil	tebal (mm)	tinggi (mm)	Bagian Konstruksi
Kulit	47	-	223344.5	101.11	74.92	226638	54.60	55	-	Kulit
Geladak	46	-	213941.6	101.11	74.92	218472	53.44	54	-	Geladak
Wrang	72	180								
Bagian Konstruksi	tebal (mm)	lebar (mm)						tebal (mm)	lebar (mm)	Bagian Konstruksi
Papan Lajur Atas dan Papan Lunas	55	570	305847.5	101.11	74.92	316544	63.89	65	600	Papan Lajur Atas dan Papan Lunas
Dinding Bangunan Atas	46	260	213941.6	101.11	74.92	226638	53.44	55	300	Dinding Bangunan Atas

JATI					ANGSANA					
Bagian Konstruksi	face (mm)	web (mm)	Modulus	Stress	Stress	Modulus	Koreksi Modulus	face (mm)	web (mm)	Bagian Konstruksi
Lunas	210	375								
Linggi Haluan	180	310								
Linggi Buritan	180	330								
Gading	76	117								
Balok Geladak	20	40	5.33	125.00	70.10	9.51	10.42	25	50	Balok Geladak
Galar Balok	58	280								
Bagian Konstruksi	tebal (mm)	tinggi (mm)	t ² x Bending			t ² x Bending	Hasil	tebal (mm)	tinggi (mm)	Bagian Konstruksi
Kulit	47	-								
Geladak	46	-	213941.6	101.11	52.15	220326.685	64.05	65	-	Geladak
Wrang	72	180								
Bagian Konstruksi	tebal (mm)	lebar (mm)						tebal (mm)	lebar (mm)	Bagian Konstruksi
Papan Lajur Atas dan Papan Lunas	55	570	2978.25	101.11	52.15	5774.31	6000.00	100	600	Papan Lajur Atas dan Papan Lunas
Dinding Bangunan Atas	46	260	518.2667	101.11	52.15	1004.83	1333.33	50	400	Dinding Bangunan Atas

Bagian Konstruksi	JATI	Angsana 23 Tahun	Angsana 8 Tahun
	Volume m ³	Volume m ³	Volume m ³
Lunas	1.257	1.257	1.257
Linggi Haluan	0.170	0.170	0.170
Linggi Buritan	0.307	0.307	0.307
Gading	4.772	4.772	4.772
Galar Balok	0.284	0.341	0.284
Kulit	3.467	4.057	3.467
Geladak	2.889	3.392	4.083
Geladak Bangunan atas	0.805	0.753	0.753
Bangunan Atas	0.460	0.380	0.380
Total	14.411	15.429	15.472

LAMPIRAN J TABEL BKI 2013 VOLUME VII

Tabel 1 Kuat Kayu berdasarkan DIN 68364

Wood type	Durability Group ¹⁾	Bulk density ²⁾ [g/cm ³]	Mean breaking strengths ³⁾			Young's modulus		Shear modulus G _{L,r} ³ [N/mm ²]	Transverse contraction μTL
			Tension [N/mm ²]	Compression [N/mm ²]	Bending [N/mm ²]	E _L long. [N/mm ²]	E _r rad. [N/mm ²]		
Coniferous									
European Spruce	4	0,47	80	40	68	10000	800	600	0,33
Fir	4	0,47	80	40	68	10000			
pine	3 - 4	0,52	100	45	80	11000	1000	0,30	
Oregon pine	3	0,54	100	50	80	12000	900	800	0,46
larch	3	0,59	105	48	93	12000			
spruce	4	0,47	85	35	65	9500	870	680	0,34
Deciduous									
Khaya- Mahogany	3	0,50	75	43	75	9500	1040	830	0,59
True- Mahogany	2	0,54	100	45	80	9500	990	770	0,44
True- Mahogany	2	0,54	100	45	80	9500	990	770	0,44
Sapele- Mahogany	3	0,64	85	57	69	9800			
Sipo- Mahogany (Utile)	2	0,59	100	58	100	11000	1300	1140	0,53
Meranti, red	3	0,59	129	53	105	13000	1250		
Iroko	1 - 2	0,63	79	55	95	13000	1450	1080	0,59
Makore	1 - 2	0,66	85	53	103	11000	1390	1160	0,42
Oak	2	0,67	110	52	95	13000	1580	1150	
Beech	5	0,69	135	60	120	14000	2280	1640	0,52
Birch	5	0,65	137	60	120	14000	1130	1200	0,36
Ash	5	0,69	130	50	105	13000	1500	880	0,55
Teak	1	0,69	115	58	100	13000	1490	1040	0,55
Yang	3	0,76	140	70	125	16000	1850		

¹⁾ Criterion for the durability group is the service life and the resistance of the wood against fungi and animal pests (but not the marine borer, *teredo nautilus*) in contact with soil under central European conditions; the meanings are:
1 = high resistance
2 = resistance
3 = moderate resistance
4 = little resistance
5 = no resistance
²⁾ Bulk density in reference atmosphere standardised condition with 12 % moisture content in accordance with DIN 52183.
³⁾ In the radial place.

Tabel 2 material kayu berdasarkan BKI

No.	Local name (Capital letter)	Wood species (Family name in bracket)	Class		Specific density (U = 15 ± 3%)			Usage	Place of origin
	Other name (normal letter)		Durability	Strength	Min	Max	Average		
1	2	3	4		5			6	7
1	AMPUPU	Eucalyptus Alba Reinw (Myrtaceae)	II-III	I-II	0,68	1,02	0,89	Frames, Longitudinals, plank, Deck Plank	Maluku, Nusa Tenggara
2	BALAM Nyatoh, Suntai, Maneo, Somaran, Sambun, Arupa, Gofiri, Headf	Palaquin ridloyi K. Ot G, (Sapotaceae)	II	I	0,90	1,12	1,04	Plank, Framer, Longitudinals, Deck Beam, Deck Plank	Seluruh Indonesia
3	BALAU Damar Laut, Balau, Sinantok, Pooti, Benuas, Kelepek, Bangkirai, Resak, Minyak, Damadere	Shorea Spp., Hopea Celebica Burek (Dipterocarpaceae)	I	I-II	0,65	1,22	0,98	Plank, Frames, Longitudinals, Deck Beam, Deck Plank	Sumatera, Sulawesi, Kalimantan
4	BANGKIRAI Benuas, Selangan batu, Tokam, Bengkirai, Anggelam	Shore laevifolia Endert (Dipterocarpaceae)	I(I-III)	I-II	0,60	1,16	0,91	All Structural Members	Kalimantan
5	BEDARU Daru-daru, Garu Buaya, Tusan	Cantleya cormiculata Howard (Icainaeae)	I	I	0,84	1,36	1,04	Keel, Stem /Stem Post, Frame, Engine Girder, Plank, Strength Member	Sumatera, Sulawesi, Nusa Tenggara Barat
6	BELANGERAN Kawi, Kohooi	Shorea balangeran Burck (Dipterocarpaceae)	II(I-III)	(I)-II	0,73	0,98	0,86	Plank, Frames, Longitudinals, Deck Beam, Deck Plank	Sumatera, Kalimantan
7	BERUMBUNG	Adina Minuriflora Val. (Rubiaceae)	II	I-II	0,74	0,94	0,85		Sumatera, kalimantan
8	BITANGUR Nyamplung, Punaga, Kapuraya, Betawa, Bentango, Balitoko	Callopyllum Spp. (Guttiferac)	III	II-III	0,37	1,07	0,78	Inner Construction, Mast Head	Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku

1	2	3	4		5			6	7
9	BUGIS, K Kelembiring, Siuri	Koordersiodendron pinnatum Merr. (Anacardiaceae)	III-IV	II-III	0,41	1,02	0,8	Frames	Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Irian Jaya
10	BUNGUR Wungu ketangi, Oindolo, Langoti	Lagerstroemia speciosa Pers. (Lythraceae)	II-III	I-II	0,62	1,01	0,8	Plank, Frames, Longitudin als, Deck Beam, Deck Plank	Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara
11	CEMARA Angin, Embun, Ruwow	Casuarina Spp. (Casuarinaceae)	II-III	I-II	1,04	1,18	-	All Structural Members	Sumatera, Jawa, Kalimantan Barat, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara, Irian Jaya
12	CEMPAGA Pondongio motaha, Kayuroda	Dysoxylum densiflorum Miq. (Meliaceae)	II-III	II	0,57	0,90	0,71	Keel, Stem /Stern Post, Frame, Engine Girder, Plank, Strength Member	Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara
13	CENGAL Awangukung, Tekann, Cangar, Mata kucing, Gagil	Hopea Sangal Korth (Santalaceae)	II-III	II-III	0,51	0,89	0,7	Plank, Frames, Longitudin als, Deck Beam, Deck Plank	Sumatera, Jawa
14	DUNGUN Dungun- dungun, Dasi kambing, palapi	Herifera Letteralis Orxand (Sterculiaceae)	I	I	0,88	1,23	0,98		Seluruh Indonesia
15	GADOK Gerunjing, bintangun, Palentuna, Polo	Bischoffia Javanica Bi (Euphorbiaceae)	II-III	II-(III-I)	0,55	1,00	0,75	Plank, Frames, Longitudin als, Deck Beam, Deck Plank	Sumatera, Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara, Irian Jaya

1	2	3	4		5			6	7
16	GELAM	MeJajeuca leucadendron L. (Myrtaceae)	III	II	0,73	0,85	-	Plank, Frames, Longitudinals , Deck Beam, Deck Plank	Seluruh Indonesia
17	GIA Hiya, Aliwawas, Samal, Samarbatu	Homallwn foetidwn, Beoth (Flacourtiaceae)	I-(II)	I-(II)	0,77	1,06	0,91	Keel, Stern Stem Post, frames , Stringer, Plank	Sulawesi, Maluku, Kalimantan, Irian Jaya
18	GLAM Resak tembaga, Resak dam lebar	Cotylelobiwn Sperdiv (Dipterocarpaceae)	I	I	0,83	1,15	0,99	Keel, Frames, Stern Stem Post, Plank, Longitudinals , Plank, Deck Plank	Sumatera, Kep. Riau, Kalimantan
19	GISOK, Gisok gunung	Shorea Ouiso BI (Dipterocarpaceae)	II-III	I-II	0,73	0,97	0,83	Keel, Frames, Stern Stem Post, Plank, Longitudinals , Plank, Deck Plank	Sumatera, Kalimantan
20	GOFASA Gofasa Batu,Biti,Tempi ra, Walata, Kalban	Vitex cofassus Reinw.(Verbenacea e)	II-III	II-III	0,57	0,93	0,74	Frames, Plank, Deck Plank	Sulawesi, Maluku, Irian Jaya
21	JATI Teak, Taok,Jatos, Deleg, Dodolan, Jate, Kiati	Tectona grandis L.(Verbenaceae)	I-(II)	II	0,59	0,82	0,70	All Structural Members	Jawa, Sulawesi,N usa Tenggara
22	JOHAR	Cuia siamea Lamie.(CaesaJpinia ceae)	I-II	II-I	0,68	0,96	0,84	Deck Planking, Deckhouse Wall	Jawa, Sumatera
23	KAPUR Kamper, Sintok, Petanang, Kuras, Burnes, Champer wood	Dryobalanops lanceolata Burck (Dipterocarpaceae)	II-III	I-II	0,63	0,94	0,81	Plank, Deck Plank, Frames, Deck Beam, Deck House, Longitudinals , Stringer	Sumatera, Kalimantan
24	KEMPAS Mangerls, Hamras, Tualang, Bengaris	Koompassia maJaccensis Maing (Caesalpiniaaceae)	III-IV	I-II	0,68	1,29	0,95	Keel, Stem /Stern Post, Frame, Engine Girder, Plank, Strength Member	Sumatera, Kalimantan

1	2	3	4		5			6	7
25	KERUING Palahlar, Keladan, Logam Ariung, Kayu Kawan, Tempulan, Dermala, Andhiri, Kakap	Dipterocarpus Specdiv (Dipterocarpaceae)	III	(I) -II	0,51	1,01	0,79	Plank, deck plank, Frames	Sumatera, Jawa, Kalimantan
26	KETAPANG Sirise	Terminalla balerica Roxb, Terminalia edulis blanco, Terminalia gigantea V.SI (Combretaceae)	III-V	II-III	0,41	0,85	-	Frames, Deck Plank, Longitudinals, Deck Beam	Seluruh Indonesia
27	KOLAKA Bunga	Parinari Corymbosa Miq.(Rosaceae)	III	I	0,73	1,09	0,96	Frames, longitudinals, Deck Beam, Deck Plank, Plank	Seluruh Indonesia
28	KOSAMBI Kesambi	Schleichera oleosa Merr.(Sapindaceae)	III	I	0,94	1,10	1,01	Keel, Stern Stem Post, frames, Stringer, Deck Plank	Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara
29	KRANJI Kerangi	Dialium platysepalum Baber(Caesalpinia)	I	I-II	0,84	1,04	0,98	Frames, Longitudinals, Keel, Stern Stem Post	Sumatera, Jawa, Kalimantan
30	KUKU	Pericopsismooniana Thw.(Papilionaceae)	II	I	-	-	0,87	Frames, Plank, Longitudinals, Stringer, deck Plank, Deck Beam, Deck house	Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Irian Jaya
31	KULIM Kayu hawang, Kandar	Scorodocarpus borneensis Becc.(Olacaceae)	I-(II)	I	0,73	1,08	0,94	Keel, Stern /Stern Post, Frame, Engine Girder, Plank, Strength Member	Sumatera Kalimantan
32	KUPANG	Ormosia Sumatrana Prain (Papilionaceae)	II-IV	II-III	0,54	0,78	-	Structural members, above Water Line	Sumatera, Jawa, Kalimantan, Maluku, Sulawesi

1	2	3	4		5			6	7
33.	LABAN Leban, Kibeyas, Pampa halban	<i>Vilox pubescens</i> Vahl. (Verbenaceae)	I	I-II	0,74	1,02	0,88	Shell, deck planks, frame, keel, longitudinals, post, etc.	Sumatera, Kep. Riau, Kalimantan
34.	LARA Mangi, Momosi, Motulu, Nani, Masili	<i>Metrosiderus</i> <i>petiolata</i> Kds. (Myrtaceae)	I	I	0,98	1,23	1,15	Keel, frame, post, engine foundation, longitudinals and primary members	Sulawesi, Maluku
35.	LEDA	<i>Eucalyptus de-</i> <i>Glupta</i> Bl. (Myrtaceae)	IV (V-II)	III (I-IV)	0,39	0,81	0,57	Construction member above waterline	Sulawesi, Maluku
36.	MAHANG Kapur	<i>Macaranga by-</i> <i>poleuca</i> Meuli Arg. (Euphorb ia- ceae)	IV-V	II-IV	0,30	0,55	-	Deck house plank, deck plank and Construction member above waterline	Sumatera, Jawa, Kalimantan
37.	MAHONI	<i>Swietenia</i> <i>mahagoni</i> Jacq. <i>Swie-tenia</i> <i>Machro-</i> <i>pylla</i> King (Meliaceae)	III	II-III	0,56	0,76	0,64	Sheel, deck plank, frame, longitudinals, beam	Jawa
38.	MALAS, k Gelam tenbago, Ampalang	<i>Parastemoll Uro-</i> <i>pbyllum</i> A.DC (Rosaceae)	II-III	I	0,95	1,15	1,04	All member construction	Sumatera, Kalimantan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
39.	MATOA Kasai, Galung- Gung, Kase, Jagir, Hatobu motoa, Iseh	Pometia Spp (Sapindaceae)	III-IV	II(I-III)	0,50	0,99	0,77		Sumatera, Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara, Papua
40.	MEDANG Kisereh, Kayu lada, Selasih, Marawali, Palio	Litsea fima Ho- ok, f Debaasia caesia BI (Lauraceae)	III-V	II-V	0,36	0,85	-	Deck plank, Construction member above waterline	Seluruh Indonesia
41.	MERANTI BATU	Shorea platyca- rpa (Dipterocarpaceae)	II-IV	II-IV	0,29	1,01	0,55	Keel, post, shell, deck plank, frame	Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku
42.	MERANTI MERAH Banio, Damar, Lampung, Seraya Ianan, Uban salak	Shorea acumi- nata Dyer. (Dipterocarpaceae)	III-IV	II-IV	0,29	1,01	0,55	Deck plank, Construction member above waterline	Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku
43.	MERANTI PUTIH Kayu takan, Honi, Damar cermin, Mesegar, Meranti bodat	Shorea lamellata (Dipterocarpaceae)	III-IV	II-IV	0,29	0,96	0,54	Deck plank, Construction member above waterline	Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku
44.	MERAWAN Nyerekat, Damar lilin, Dasal, Ma- nirawan, gagil, andorie, boamo, sam, wapei	Hopea daasyrrachis VSI, Hopea dryobalanoides Mig, Hopea fer- maginea Parijs, Hopea Mengarawan Mig, Hopea Sericea- BI (Dipterocarpaceae)	II-III	II-III	0,42	1,03	0,70	Deck plank, Construction member above waterline	Sumatera, Kalimantan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
45.	MERBAU Ipil, Merboo, Bayam, Kayu besi	Intsia bijuga O, Ktze, Intsia pa- lembanica Mig. (Caesalpiniaceae)	I-II	I-(II)	0,52	1,04	0,80	Member above waterline	Seluruh Indonesia
46.	NYIRIH	Xylocarpus gra- natum Koen (Meliaceae)	II-III	II	0,70	0,74	-	Construction member above waterline	Seluruh Indonesia
47.	PASANG Hampening, paning-paning, begung, hoting,karamajo, bataruwa, wrakas, palele	Quercus lineata Bl, Lithocarpus sundaicus (Fagaceae)	II-IV II-IV	I III	0,94 0,50	1,10 0,69	1,00 0,58	Frame, lonitudinals, beam, members above waterline	Seluruh Indonesia Sumatera, Jawa, Kalimantan
48.	PATIN, k Selumar	Mussaendopsis - beccariana Baili (Rubiaceae)	I	I-II	0,82	1,02	0,92	Frame, longitudinals, shell, deck beam, deck plank	Sumatera, Kep. Riau, Kalimantan
49.	PELAWAN	Tristania Maingayi Duthie (Myrtaceae)	I-II	I	1,00	1,19	--	Keel, post, frame, shell, and primary member	Sumatera, Kalimantan
50.	PBREPAT DARAT	Combretocarpus rotundatus Dans (Bhizophoraceae)	III	II	0,67	0,85	0,76	Construction member above waterline	Sumatera, Kalimantan
51.	PBREPAT LAUT Rambai papan, perepak, beropa	Sonneratia alba Smith (Sonneratiaceae)	III -II	II-I	0,62	1,00	0,78	Frame, shell, deck plank, deck beam	Seluruh Indonesia
52.	PETALING Petatar, Ampilung	Ochanostachys amentacea Mast. (Olacaceae)	I -II	I-II	0,72	1,09	0,91	Keel, post, frame, longitudinals., shell	Sumatera, Kalimantan
53.	PETANANG	Dryobalanops Oblongifolia Dyer (Dipterocarpaceae)	III	II	0,62	0,91	0,75		Sumatera
54.	PIMPING	Sterculia foetida L. (Sterculiaceae)	III-V	I-IV	0,35	0,64	--		Seluruh Indonesia

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
55.	PINANG, k	Pentace Triptera (Tiliaceae)	III-IV	II-III	0,47	0,87	0,66	Beam above waterline	Sumatera, Kalimantan
56.	POLAPI Papan Polapipoote, piratu kalapi	Kallapia celebica Kastern (Capsalponiaceae)	I-III	II	0,59	0,71	0,61	Plank	Kalimantan, Sulawesi
57.	PUNAK Papan Penagit	Tetramerista glabra Miq. (Theaceae)	III-IV	II	0,55	0,90	0,76	Deck plank, side wall, deck house frame	Sumatera, Kalimantan
58.	PUSPA, Madang keladi	Schbna wallichii Korth (Theaceae)	III	II	0,62	0,71	--	Frame, shell, longitudinals, deck plank	Sumatera, Jawa, Kalimantan
59.	PUTAT Telisai, Wiwa	Planchonia Valida BI (Lecythidaceae)	II-III	I-II	0,80	0,89	--	Deck plank, shell, frame	Seluruh Indonesia
60.	RASAMALA Mandung	Altingia excelsa Noronha (Hamamelidaceae)	II-(III)	II	0,61	0,90	0,81		Sumatera, Jawa,
61.	RENGAS Bara-bara, Gengas, Rengeh. Ingas, Bembalut, Jongas, Keramu	Gluta Benghas L. (Anacardiaceae)	II	II	0,59	0,84	0,69	Frame, longitudinals, shell, deck plank. Deck beam	Sumatera, Jawa, Kalimantan
62.	RESAK Rasak, Resak, Sigam, Aboh, Cengal, Arsad, Hiru, Arowe	Vatica Spp. (Dipterocarpaceae)	III	II	0,49	0,99	0,70	Keel, frame, post, shell, deck beam	Sumatera, Kalimantan, Maluku, Papua
63.	SAWO KECIK	Manilkara Kauki Dub. (Sapotaceae)	I	I	0,97	1,06	1,03	Tail shaft bearing	Sumatera, Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara
64.	SIMPUR Simpur jangkang	Dillenia eximia Miq. (Dilleniaceae)	III-V	I-III	0,60	0,89	--	Construction above waterline	Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi

1	2	3	4		5			6	7
65.	SINDUR Anggi, Samparentu, Petir	Sindora Spp. (Caesalpiniaceae)	II-V	II-III	0,59	0,85	--		Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku
66.	SOLEWE Polapi, Lato	Madhuca philippinosis Merr.	I-II	I-II	0,84	0,93	--	Keel, post, longitudinals, shell, frame	Jawa, Nusa Tenggara
67.	SURIAN Suren	Toona sureni Merr. (Meliaceae)	III-V	III-V	0,38	0,50	--	Deck plank, and particularly construction above waterline	Seluruh Indonesia
68.	SURIAN BAWANG	Melia excelsa Jack (Meliaceae)	III-IV	II-III	0,49	0,70	0,60	Planks and particularly construction above waterline	Sumatera, Kalimantan, Papua, Maluku
69.	TANJUNG Nane	Mimusops elengi L. (Sapotaceae)	I/II	I	0,92	1,12	1,00	Frame, longitudinals, post, keel, shell	Sumatera, Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara

1	2	3	4		5			6	7
70.	TEMBESU Tembusu, Tembusan talang, T. tanduk, T. rawang ketam, Randa tiying	<i>Fagraea fragrans</i> . Roxb., <i>Fagraea</i> . <i>sororia</i> JJS. (Loganiaceae)	I	II	0,72	0,93	0,81	Keel, frame, post, shell	Sumatera, Jawa, Kalimantan
71.	TEMPINIS	<i>Sloetia elongata</i> Kds. (Moraceae)	I	I	0,92	1,20	1,01	Keel, post, shell and primary members	Sumatera. Sulawesi
72.	TERALING dangun, Mengku lang	<i>Terrietia</i> <i>symplicifolia</i> Mast. (Sterculiaceae)	II-IV	II	0,52	0,99	0,75	Planks, frame	Sumatera, Jawa, Sulawesi
73.	TERAP	<i>Artocarpus elasticus</i> Reinw (Moraceae)	III-V	III-V	0,21	0,64	0,44		Seluruh Indonesia
74.	TUALANG Bengaris, Kempas	<i>Koompassia</i> <i>excelsa</i> Taub (Caesalpiniaceae)	III-IV	II (I-II)	0,57	1,12	0,83	Keel, post, engine foundation, shell, frame, longitudinals	Sumatera, Kalimantan, Sulawesi
75.	ULIN Bulian	<i>Eusideroxylon</i> , <i>Zwageri</i> T.et.B. (Lauraceae)	I	I	0,88	1,19	1,04	All member constructions, particularly primary member	Sumatera, Kalimantan
76.	WAUKUKUN	<i>Schoutenia ovata</i> Korth (Tiliaceae)	II	I	0,90	1,08	0,98	All member constructions, particularly primary member	Jawa, Nusa Tenggara

Tabel 3 lunas kapal kayu

L (B/3 + H _i)	Sailing yachts	Wooden keel amidships	Motor yachts
	width	height ¹	width
m ²	mm	mm	mm
7	123	57	123
8	131	59	131
9	139	61	139
10	145	64	145
11	152	66	152
12	159	68	159
13	165	70	165
14,5	175	74	172
16	185	77	178
17,5	195	81	182
19	205	84	185
20,5	214	87	187
22	223	90	189
23,5	232	93	191
25	241	96	193
26,5	248	99	195
28	255	102	196
29,5	262	105	197
31	269	108	198
32,5	275	111	199
34	282	114	200
35,5	288	117	201
37	294	119	202
39	301	122	203
41	309	125	204
43	315	128	205
45	323	131	206
47	330	134	207
49	337	137	208
51	342	140	209
54	350	144	210
57	358	147	212
60	366	151	213
63	374	155	214
66	381	158	215
69	387	161	216

L (B/3 + H _i)	Sailing yachts	Wooden keel amidships	Motor yachts
	width	height ¹	width
m ²	mm	mm	mm
72	394	164	217
76	401	168	218
80	409	171	219
84	416	175	220
88	424	179	222
92	431	182	224
96	439	185	226
100	446	188	228
105	454	192	230
110	461	195	233
115	469	198	236
120	476	201	239
125	483	204	242
130	490	207	245
135	497	210	248
140	505	213	251

Towards the ends, the width of the wooden keel may be tapered off to that of the stem/sternpost.
The height of laminated wooden keels may be reduced by 5%

¹ Applies to sailing and motor yachts.

Tabel 4 Jarak gading, papan bilga, balok, tebal kulit dan geladak

L (B/3 + H ₁)	Frame spacing	Beam shelves	Bilge planks	Shell	Deck
m ²	mm	cm ²	cm ²	mm	mm
7	120	17	—	11	18
8,5	130	19	—	12	18
10	140	21	—	13	18
11,5	150	24	—	14	18
13	160	28	—	15	18
14,5	170	31	—	16	18
16	180	34	—	17	18
17,5	190	37	—	18	18
19	200	40	—	19	18
20,5	210	43	—	20	19
22	220	46	—	21	20
23,5	230	49	—	22	21
25	240	52	—	23	22
27	250	56	—	24	23
29	260	60	—	25	24
31	270	64	—	26	25
33	280	69	—	27	26
35	285	73	—	28	27
37	295	77	59	29	28
39	305	80	62	30	29
41	310	84	64	31	30
43	320	88	67	32	30
46	330	94	70	33	31
49	340	100	73	34	32
52	345	106	76	35	33
55	355	112	80	36	34
58	360	117	84	37	35
61	370	123	87	38	36
64	380	129	90	39	37
67	385	135	93	40	38
75	405	149	102	42	40
85	420	167	112	44	42
96	440	185	123	46	44
108	455	204	134	48	46
122	475	225	147	50	48
140	495	250	162	52	50

If the frame spacing is increased, the thickness of the shell planking and the deck is to be increased in the same ratio. A reduction of plank thickness and the deck are permissible if the frame spacing is reduced. The spacing given is for carvel built yachts.

The frame spacing of clinker built yachts may be increased by 65 % whilst keeping the shell plank thickness at the value given in column 5.

Tabel 5 penampang gading tanpa lebar efektif papan

B/3 + H ₁	Section moduli referred to a basic frame spacing of 100 mm			
	Curved	Laminated	Naturallygrown	Steel profiles
	W ₁₀₀	W ₁₀₀	W ₁₀₀	W ₁₀₀
m	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³
1.4	0,70	0,68	2,0	0,105
1.5	0,85	0,83	2,5	0,127
1.6	1,02	0,99	3,1	0,150
1.7	1,20	1,17	3,7	0,177
1.8	1,39	1,36	4,3	0,206
1.9	1,59	1,55	4,9	0,236
2.0	1,81	1,75	5,6	0,266
2.1	2,04	1,97	6,2	0,300
2.2	2,29	2,19	7,0	0,334
2.3	2,56	2,42	7,8	0,370
2.4	2,85	2,66	8,6	0,409
2.5	3,17	2,94	9,5	0,453
2.6	3,51	3,25	10,4	0,502
2.7	3,88	3,58	11,4	0,555
2.8	4,27	3,94	12,5	0,606
2.9	4,70	4,32	13,7	0,671
3.0	5,16	4,74	14,9	0,739
3.1	5,65	5,17	16,2	0,807
3.2	6,18	5,65	17,6	0,884
3.3	6,75	6,15	19,2	0,965
3.4	7,37	6,71	20,8	1,055
3.6	8,75	7,93	24,5	1,25
3.8	10,32	9,30	28,8	1,48
4.0	12,09	10,82	33,6	1,73
4.2	14,06	12,57	39,0	2,01
4.4	16,32	14,43	45,0	2,32
4.6	18,60	16,49	51,6	2,66
4.8	21,17	18,61	58,8	3,02
5.0	23,95	21,00	66,8	3,43
5.2	26,97	23,55	75,5	3,84
5.4	30,23	26,30	84,9	4,32
5.6	33,71	28,20	94,9	4,82
5.8	37,43	32,30	105,5	5,35

The frame section moduli are given for a basic spacing of 100 mm. If the spacing selected differs from that, the section moduli are to be increased in the same ratio.

Tabel 6 penampang *grown frame*

W	Breadth × Height
cm²	mm
3,00	23 - 28 / 23
3,60	24 - 30 / 24
4,44	26 - 32 / 26
5,23	27 - 34 / 27
6,05	28 - 36 / 28
7,21	30 - 38 / 30
8,54	32 - 40 / 32
9,97	33 - 42 / 33
11,20	35 - 44 / 35
12,86	36 - 46 / 36
14,60	38 - 48 / 38
16,69	40 - 50 / 40
18,50	41 - 52 / 41
20,9	43 - 54 / 43
23,0	44 - 56 / 44
25,2	45 - 58 / 45
28,2	47 - 60 / 47
32,4	49 - 63 / 49
37,0	51 - 66 / 51
42,9	54 - 69 / 54
48,5	56 - 72 / 56
54,3	58 - 75 / 58
61,0	60 - 78 / 60
68,0	62 - 81 / 62
75,4	64 - 84 / 64
84,5	67 - 87 / 67
93,0	69 - 90 / 69
106	72 - 94 / 72
120	75 - 98 / 75
135	78 - 102 / 78
149	80 - 106 / 80
167	83 - 110 / 83
186	86 - 114 / 86
209	90 - 118 / 90
232	93 - 122 / 93
254	95 - 126 / 95
276	98 - 130 / 98
303	101 - 134 / 101
328	103 - 138 / 103
358	106 - 142 / 106

The first height given for naturally grown frames is that in way of the floors, which may be gradually reduced to the second height towards the deck

Tabel 7 lebar papan kulit dan geladak

Plank thickness	Max. Widths of planks	
	Shell	Deck
mm	mm	Mm
12	75 to 85	40
16	85 to 100	42
20	100 to 110	46
25	110 to 120	50
30	120 to 135	54
36	130 to 150	57
41	140 to 160	60
46	150 to 170	62
52	160 to 180	64

Tabel 8 penampang melintang balok geladak.

Beam length	Section moduli referred to a basic beam spacing of 100 mm			
	Wooden beams	Laminated beams	Steel sections	Deck load
	W_{100} cm ³	W_{100} cm ³	W_{100} cm ³	W_{100} kN/m ²
m				
0,8	0,52	0,47	0,081	1,84
1,0	0,86	0,78	0,132	1,93
1,2	1,28	1,15	0,18	2,02
1,4	1,84	1,66	0,248	2,11
1,6	2,84	2,23	0,335	2,20
1,8	3,30	2,97	0,446	2,29
2,0	4,20	3,78	0,568	2,38
2,2	5,27	4,75	0,712	2,48
2,4	6,52	5,87	0,882	2,57
2,6	7,90	7,10	1,068	2,67
2,8	9,51	8,56	1,29	2,75
3,0	11,25	10,25	1,52	2,84
3,2	13,25	11,92	1,79	2,94
3,4	15,44	13,90	2,09	3,04
3,6	17,80	16,00	2,41	3,12
3,8	20,40	18,35	2,76	3,22
4,0	23,30	20,95	3,15	3,30
4,2	26,40	23,75	3,57	3,40
4,4	29,75	26,80	4,02	3,49
4,6	33,30	30,00	4,50	3,59
4,8	37,20	33,50	5,03	3,67
5,0	41,40	37,30	5,60	3,76
5,2	45,70	41,10	6,18	3,85
5,4	50,50	45,40	6,82	3,95
5,6	55,60	50,00	7,51	4,05
5,8	61,20	55,00	8,27	4,13
6,0	67,30	60,50	9,10	4,23
6,2	73,50	66,00	9,94	4,33
6,4	79,70	71,60	10,79	4,42
6,6	86,50	77,80	11,63	4,52

For each beam the section moduli may be determined on the basis of its specific length, but lengths less than half the breadth of the craft should not be inserted.

The section moduli are given for a basic beam spacing of 100 mm; they shall be increased in the ratio of the selected spacing to the basic spacing. Additionally, for beams shorter than the craft breadth B the section moduli shall be multiplied by the deck loading p_1 corresponding to the breadth B and be divided by the deck load p_2 corresponding to the beam length in question.

Example: Beam length = 2,40 m
 Breadth B = 4,00 m
 Beam spacing = 370 mm
 W_{100} = 6,52 cm³
 p_1 = 3,30 kN/m²
 p_2 = 2,57 kN/m²
 W = $6,52 \cdot 3,7 \cdot \frac{3,30}{2,57} = 31 \text{ cm}^3$

BIODATA PENULIS



Dilahirkan di Malang pada 4 Agustus 1993, Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar hingga tingkat atas di kota yang sama yaitu Kota Malang, penulis memperoleh pendidikan tingkat kanak-kanak di TK Dharma Wanita Tunggal Wulung, kemudian menempuh jenjang sekolah dasar di SDN Tunjung Sekar 1 Malang, lalu menempuh jenjang sekolah menengah pertama di SMPN 3 Malang, dan dilanjutkan jenjang sekolah menengah atas di SMAN 7 Malang. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2012 melalui jalur ujian tertulis SBMPTN.

Di Jurusan Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Industri dan Manajemen Perkapalan. Selama masa studi di ITS, Penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Perkapalan (HIMATEKPAL) baik sebagai mahasiswa baru, OC (*Organizing Committee*), SC (*Steering Committee*) Kaderisasi, juga sebagai tim penyelenggara SFSC (*Surabaya Fisherman Sailing Competition*). Penulis juga mempunyai banyak kegiatan di luar kampus yang berhubungan dengan drama seperti di Teater Keong SMAN 7 Malang, ludruk di Kuwalisi Kendo Kenceng Kota Malang, musik bersama kelompok *One Struggle*. Penulis juga sedikit berkecimpung didunia sosial kemasyarakatan seperti Karang Taruna Tunggalwulung.

Penulis tercatat pernah terlibat dalam proses karya beberapa naskah drama, baik yang dipentaskan secara regional kota maupun regional propinsi. Diantaranya seperti: Baju Baru Raja (2012), De Dongeng (2015), Kampanye (2016), Pernikahan Jahanam (2016), Rabi Gantung (2016), Lemah Sangar (2017). Pada tahun 2012 melalui *One Struggle* juga berhasil menelurkan 3 *single* lagu berjudul: *Kanvas Hitam*, *Plastic Heart* dan *Hello Rude*.

Email: danisabrор@gmail.com