



TUGAS AKHIR - MN 141581

**ANALISIS PEMODELAN STRUKTUR KONSTRUKSI KAPAL
IKAN BAMBU LAMINASI KAPASITAS 20 GT**

**Ridho Prianggoro
NRP 4112100008**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - MN 141581

**ANALISIS PEMODELAN STRUKTUR KONSTRUKSI KAPAL
IKAN BAMBU LAMINASI KAPASITAS 20 GT**

**Ridho Prianggoro
NRP 4112100008**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - MN 141581

**STRUCTURE MODELING ANALYSIS OF
CONSTRUCTION BAMBOO LAMINATED FISHING
VESSELS CAPACITY 20 GT**

**Ridho Prianggoro
NRP 4112100008**

**Supervisor
Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PEMODELAN STRUKTUR KONSTRUKSI KAPAL IKAN BAMBUN LAMINASI KAPASITAS 20 GT

TUGAS AKHIR

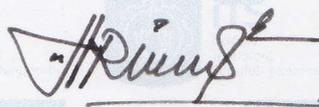
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Industri Perkapalan
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RIDHO PRIANGGORO
NRP 4112100008

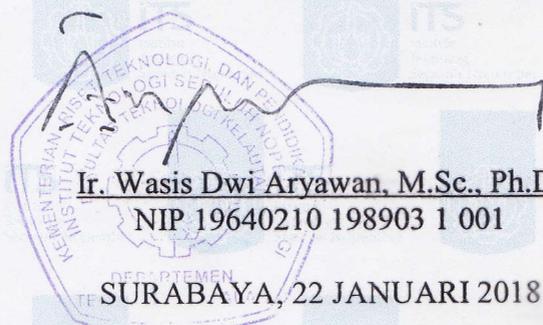
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



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

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



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

SURABAYA, 22 JANUARI 2018

LEMBAR REVISI

ANALISIS PEMODELAN STRUKTUR KONSTRUKSI KAPAL IKAN BAMBU LAMINASI 20GT

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 08 Januari 2018

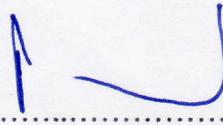
Bidang Industri Perkapalan
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RIDHO PRIANGGORO
NRP 411200008

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

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



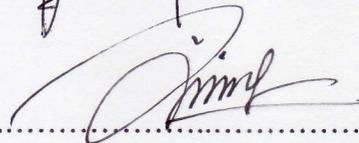
.....

2. Sri Rejeki Wahyu P., S.T., M.T.



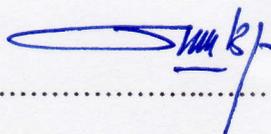
.....

3. M. Sholikhan Arif, S.T., M.T.



.....

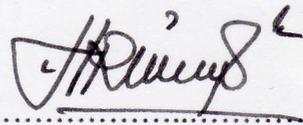
4. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.



.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



.....

SURABAYA, 22 JANUARI 2018

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

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

1. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku Kepala Laboratorium Manajemen dan Produksi Perkapalan Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
3. Imam Baihaqi, S.T., M.T. selaku dosen yang telah bersedia memberikan bimbingannya untuk penulisan laporan Tugas Akhir ini;
4. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS;
5. Kedua orang tua yang tiada henti-hentinya mendoakan Penulis dan memberikan dukungan baik moril maupun materil;
6. Bapak Supardi, Bapak Deni dan Mas Joko Iswanto yang telah membantu Penulis dalam persiapan spesimen uji di Laboratorium Teknologi Produksi dan Manajemen Perkapalan;
7. Bapak Fairil, Mas Agil, dan Bapak Didik yang telah membantu Penulis dalam pelaksanaan pengujian di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan;
8. Rizqi sono, Yayang yeye, Wisnu mbah, Aryo yoyok serta teman-teman seperjuangan yang senantiasa menemani dan saling memberikan dukungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Rizky Raisha Yasmine, terima kasih atas waktu, perhatian, dan dukungan yang tiada henti-hentinya diberikan kepada Penulis hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini;
10. Teman-teman se-angkatan 2012 (FORECASTLE-P52) yang telah menemani dan memberikan dukungan sejak menjadi mahasiswa baru sampai Penulis lulus.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 22 Januari 2018

Ridho Prianggoro

ANALISIS PEMODELAN STRUKTUR KONSTRUKSI KAPAL IKAN BAMBU LAMINASI KAPASITAS 20 GT

Nama Mahasiswa : Ridho Prianggoro
NRP : 4112100008
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.

ABSTRAK

Penelitian kelayakan laminasi Bambu Betung sebagai material utama membangun kapal ikan terus-menerus dikembangkan di Indonesia. Bambu sebagai material orthotropik mempunyai tiga sumbu arah serat, hal ini dapat mempengaruhi distribusi beban yang diterima oleh konstruksi kapal. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengetahui kekuatan mekanis bambu laminasi, namun hanya arah serat *longitudinal*. Sehingga penelitian arah serat *radial* dan *tangential* perlu dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis laminasi Bambu Betung secara keseluruhan dalam segi kekuatan konstruksi kapal ikan. Sifat mekanis laminasi bambu Betung didapatkan dengan melakukan pengujian uji tarik dan tekuk berdasarkan standar ASTM D3500 untuk uji tarik dan ASTM D3043 sebagai standar uji tekuk. Setelah didapatkan nilai kuat tarik dan tekuk maka dilakukan perhitungan ukuran konstruksi berdasarkan *rule* Biro Klasifikasi Indonesia untuk mendapatkan ukuran konstruksi kapal ikan dengan kapasitas 20 GT. Pengujian aspek kekuatan konstruksi kapal dilakukan dengan pemodelan struktur menggunakan pendekatan *Finite Element Method (FEM)*. Hasil dari pemodelan struktur menunjukkan distribusi tegangan yang diterima oleh seluruh bagian konstruksi yang terdapat pada kapal. Hasil pengujian menunjukkan nilai kuat tarik variasi arah *radial* sebesar 51,15 MPa, nilai kuat tarik arah *tangential* sebesar 65,60 MPa, dan nilai kuat tekuk variasi arah *tangential* sebesar 124,95 MPa., Hasil *running* pemodelan struktur menunjukkan beban terbesar yang diterima oleh kapal yaitu sebesar 27,60 Mpa. Setelah melakukan analisis *hot spot* bagian gading kapal yang mendapat *stress* terbesar yaitu pada bagian *bottom* buritan kapal.

Kata kunci: kapal ikan 20 GT, bambu betung, sifat mekanik lateral, model struktur konstruksi

STRUCTURE MODELING ANALYSIS OF CONSTRUCTION BAMBOO LAMINATED FISHING VESSELS CAPACITY 20 GT

Author : Ridho Prianggoro
Student Number : 4112100008
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.

ABSTRACT

The feasibility research of *Betung* bamboo lamination as the main material to build fishing vessels is continuously developed in Indonesia. Bamboo as an orthotropic material has three fiber axes, these can affect the load distribution received by the vessel construction. Some previous research has been conducted to investigate the mechanical properties of bamboo lamination, but only on the longitudinal strength. Therefore research on radial and tangential fiber direction should be done to know the mechanical properties of *Betung* bamboo lamination as a whole in terms of vessel construction strength. The mechanical properties of *Betung* bamboo are obtained by conducting tensile and flexure testing based on ASTM D3500 standard for tensile test and ASTM D3043 for flexure test standard. After obtaining the value of tensile and flexure strength, then the construction size is calculated based on the rule of Biro Klasifikasi Indonesia to get the size of the fishing vessel construction with a capacity of 20 GT. The testing of strength aspects of a vessel construction is conducted using structural modeling, with a Finite Element Method (FEM) approach. The result of structural modeling shows a stress distribution received by all parts of the construction contained in the vessel. The test results show the value of tensile strength of radial direction variation equal to 51,15 MPa, tensile strength of tangential direction equal to 65,60 MPa and flexure strength of tangential direction variation equal to 124.95 MPa. The running test result of structure modeling shows the biggest load received by the vessel that is equal to 27,60 MPa. After a hotspot analysis, the frame of the vessel that gets the greatest stress is on the bottom of after-peak section.

Keywords: 20 GT fishing vessel, *betung* bamboo, lateral mechanical character, model of construction structures

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Hipotesis.....	3
BAB 2 STUDI LITERATUR	5
2.1. Kapal Ikan	5
2.2. Bambu Secara Umum.....	7
2.2.1. Bagian-Bagian Bambu.....	8
2.2.2. Sifat Fisik Bambu	9
2.2.3. Sifat Mekanik Bambu	10
2.2.4. Potensi Bambu Sebagai Konstruksi.....	12
2.2.5. Bambu Sebagai Material <i>Orthotropic</i>	15
2.2.6. Bambu Betung (<i>Dendrocalamus Asper</i> (Schult). <i>Backer ex Hyne</i>)	16
2.3. Teknologi Bambu Laminasi	17
2.4. Sifat-Sifat Bambu Laminasi	18
2.5. Standar Uji Tarik dan Tekuk Bambu Laminasi	19
2.6. Beban.....	22
2.7. Pendekatan Menggunakan Analisis Elemen Hingga	22
2.7.1. Pemodelan Struktur Dibantu Komputer	23
2.7.2. Teori Nastran	25
2.7.3. Penggunaan Nastran	26
2.7.4. Kemampuan Nastran	27
2.8. Peraturan Konstruksi Kapal Kayu.....	28
2.8.1. Variabel Perhitungan Konstruksi Kapal Ikan.....	29
2.8.2. Biro Klasifikasi Indonesia 2013	30
BAB 3 METODOLOGI	41
3.1. Metode.....	41
3.2. Pengumpulan Data	41
3.2.1. Menentukan Ukuran Utama Kapal	42

3.3.	Proses Pembuatan Spesimen Uji	43
3.3.1.	Bahan dan Peralatan	43
3.3.2.	Pemilihan Bambu	43
3.3.1.	Pembuatan Bilah.....	44
3.3.2.	Pembuatan Spesimen Uji.....	46
3.4.	Pengujian Spesimen	48
3.4.1.	Tahapan Pengujian Tarik.....	49
3.4.2.	Tahapan Pengujian Tekuk	50
3.5.	Pengolahan Data dan Analisis Hasil Pengujian	51
3.6.	Perhitungan Ukuran Konstruksi	51
3.7.	Langkah Pemodelan Struktur	52
3.8.	Lokasi Pengerjaan	65
3.9.	Bagan Alir	65
BAB 4	HASIL DATA DAN PENGUJIAN	69
4.1.	Pendahuluan	69
4.2.	Prosedur Pengujian.....	69
4.3.	Data Hasil Pengujian Tarik	71
4.4.	Data Hasil Pengujian Tekuk.....	74
4.5.	Data Hasil Survey Kapal Ikan 20 GT.....	76
BAB 5	ANALISIS DATA DAN HASIL UJI	79
5.1.	Pendahuluan	79
5.2.	Pengujian Tarik	79
5.3.	Pengujian Tekuk.....	81
5.4.	Analisis Hasil Uji	84
5.5.	Desain Kapal Ikan 20 GT.....	84
5.6.	Ukuran Konstruksi Kapal Perikanan.....	86
BAB 6	Analisis Pemodelan Struktur	89
6.1.	Pendahuluan	89
6.2.	Pemodelan Kapal Ikan 20 GT	89
6.3.	Analisa Material Kapal Ikan 20 GT	91
6.4.	Analisa Pembebanan Kapal Ikan 20 GT	92
6.5.	Kekuatan Kapal Perikanan	95
6.6.	Analisa Hasil Pemodelan Struktur Kapal Ikan 20 GT	96
6.6.1.	Nilai Tegangan pada Gading Kapal	97
6.6.2.	Nilai Tegangan pada Gading Kapal dengan Kulit.....	98
6.6.3.	Distribusi Tegangan Keseluruhan pada Kapal	99
BAB 7	KESIMPULAN DAN SARAN	101
7.1.	Kesimpulan.....	101
7.2.	Saran.....	101
	DAFTAR PUSTAKA.....	103
	LAMPIRAN	
	LAMPIRAN A DATA HASIL UJI TARIK <i>RADIAL</i>	
	LAMPIRAN B DATA HASIL UJI TARIK <i>TANGENTIAL</i>	
	LAMPIRAN C DATA HASIL UJI TEKUK <i>TANGENTIAL</i>	
	LAMPIRAN D GRAFIK UJI TARIK	
	LAMPIRAN E GRAFIK UJI TEKUK	
	LAMPIRAN F HASIL PERHITUNGAN UJI TARIK <i>Radial</i>	
	LAMPIRAN G HASIL PERHITUNGAN UJI TARIK VARIASI <i>TANGENTIAL</i>	
	LAMPIRAN H STANDAR PENGUJIAN TARIK DAN TEKUK	

LAMPIRAN I PERHITUNGAN UKURAN KONSTRUKSI KAPAL IKAN BAMBU
LAMINASI KAPASITAS 20 GT

LAMPIRAN J HASIL PEMODELAN STRUKTUR KAPAL IKAN BAMBU LAMINASI
KAPASITAS 20 GT

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Potongan Bambu.....	9
Gambar 2.2 Diagram perbandingan tegangan regangan bambu dan baja	14
Gambar 2.3 Arah sumbu material <i>orthotropic</i> , axial (1), <i>tangential</i> (2), dan <i>radial</i> (3).....	16
Gambar 2.4 Bambu Betung (<i>Dendrocalamus Asper</i> (Schult). <i>Backer ex Hyne</i>)	17
Gambar 2.5 Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM D3500 (satuan dalam milimeter)	20
Gambar 2.6 Dimensi Spesimen Uji Tekuk ASTM D3043 (satuan dalam milimeter).....	21
Gambar 2.7 3D model Finite Element Analysis pada kapal tanker	25
Gambar 2.8 <i>Workflow</i> MSC Nastran.....	26
Gambar 2.9 Tampilan kotak kerja Patran 2010	27
Gambar 3.1 Kapal ikan kayu kapasitas 20 GT	42
Gambar 3.2 Bambu Betung di daerah Pacet, Mojokerto.....	44
Gambar 3.3 Batang bambu yang dipecah menjadi bilah sepanjang 2 meter.....	44
Gambar 3.4 Menghilangkan kulit bambu menggunakan mesin <i>planar</i>	45
Gambar 3.5 Potongan bilah sepanjang 50 cm dan 70 cm.....	45
Gambar 3.6 (a) pemerataan sisi bilah menggunakan <i>handplanar</i> ; (b) hasil akhir bilah yang seragam	46
Gambar 3.7 Penyusunan bilah bambu	46
Gambar 3.8 Susunan bilah bambu menjadi bentuk papan	47
Gambar 3.9 Pencampuran dan pengadukan perekat.....	47
Gambar 3.10 Proses perekatan bilah bambu	47
Gambar 3.11 Proses pengepresan papan spesimen	48
Gambar 3.12 Papan spesimen uji tarik <i>tangential</i>	48
Gambar 3.13 Pengujian tarik	49
Gambar 3.14 Spesimen uji tekuk.....	50
Gambar 3.15 Pengujian tekuk	51
Gambar 3.16 Membuat model pada patran	53
Gambar 3.17 Perintah <i>mesh</i> pada model <i>curve</i>	53
Gambar 3.18 Perintah <i>mesh</i> pada model <i>surface</i>	53
Gambar 3.19 Hasil proses <i>meshing</i>	54
Gambar 3.20 Perintah <i>equivalence</i>	54
Gambar 3.21 Hasil proses ekuivalen	55
Gambar 3.22 Pemberian tumpuan	55
Gambar 3.23 Input jenis tumpuan	56
Gambar 3.24 Input bagian pemasangan tumpuan	56
Gambar 3.25 Hasil model yang telah diberi tumpuan	57
Gambar 3.26 Perintah pemberian beban tekan.....	57
Gambar 3.27 Pemberian nilai beban tekan.....	57
Gambar 3.28 Pemilihan bagian yang diberi beban.....	58
Gambar 3.29 Hasil model yang telah diberi tumpuan dan pembebanan	58
Gambar 3.30 Perintah input spesifikasai material	59
Gambar 3.31 Input nilai modulus elastisitas, <i>sheer modulus</i> dan <i>ratio possion</i>	59
Gambar 3.32 Perintah membuat properti 1D.....	60
Gambar 3.33 Perintah input properti 1D	60

Gambar 3.34 Perintah pembuatan section 1D	61
Gambar 3.35 Select Application region properti 1D	61
Gambar 3.36 Perintah membuat properti 2D.....	62
Gambar 3.37 Input properti 2D	62
Gambar 3.38 Select application region 2D.....	63
Gambar 3.39 Perintah analisa model pada Patran	63
Gambar 3.40 Proses <i>running</i>	63
Gambar 3.41 Perintah <i>access results</i> hasil <i>running</i>	64
Gambar 3.42 Perintah pembacaan hasil analisis	64
Gambar 3.43 Hasil analisis ditinjau dari nilai tegangan <i>stress</i> terbesar	65
Gambar 3.44 Diagram Alir Penelitian	67
Gambar 4.1 Contoh spesimen uji tarik variasi arah <i>tangential</i>	70
Gambar 4.2 Contoh spesimen uji tekuk variasi arah <i>tangential</i>	71
Gambar 4.3 Grafik <i>load</i> spesimen 1 variasi arah <i>tangential</i>	73
Gambar 4.4 Grafik <i>load</i> spesimen 1 variasi arah <i>radial</i>	74
Gambar 4.5 Grafik <i>load</i> spesimen 1 variasi arah <i>tangential</i>	76
Gambar 4.6 Kantor kepala Desa Kandangsemangkon	76
Gambar 4.7 Kapal ikan kapasitas 20 GT di Paciran, Lamongan.....	78
Gambar 5.1 Grafik nilai stress uji tarik	80
Gambar 5.2 Grafik nilai elastisitas uji tarik.....	81
Gambar 5.3 Grafik nilai uji tekuk MoE.....	83
Gambar 5.4 Grafik nilai uji tekuk MoR	83
Gambar 5.5 <i>Lines plan</i> kapal ikan kapasitas 20 GT	85
Gambar 6. 1 Model 3D gading kapal ikan 20 GT	90
Gambar 6.2 Tahap memasukkan karakteristik material	92
Gambar 6.3 Arah pembebanan pada bagian gading (a) dan kulit (b).....	93
Gambar 6.4 Arah pembebanan pada wrang (a) dan papan geladak.....	94
Gambar 6.5 Arah pembebanan pada galar balok dan galar geladak	94
Gambar 6.6 Arah pembebanan pada lunas dan linggi	95
Gambar 6.7 Area <i>hot spot</i> analisis	96
Gambar 6.8 Hasil <i>running software</i> MSC Nastran	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis bambu dengan berat jenisnya	10
Tabel 2.2 <i>Tensile strength and modulus of elasticity</i> antara bambu dengan buku dan tanpa buku serta posisi batang bambu dari tanah	15
Tabel 2.3 Beban yang bekerja pada kapal	32
Tabel 2.4 Beban dengan koreksi faktor kecepatan kapal	32
Tabel 2.5 Pembebanan geladak dan bangunan atas	33
Tabel 2.6 Tabel penentuan ukuran lunas	34
Tabel 2.7 Tabel penentuan ukuran linggi	35
Tabel 2.8 Tabel penentuan ukuran galar	35
Tabel 2.9 Perhitungan modulus wrang dan gading	37
Tabel 2.10 Perhitungan modulus pembujur alas dan pembujur sisi	37
Tabel 2.11 Perhitungan modulus penguat sekat	38
Tabel 2.12 Perhitungan modulus balok geladak	38
Tabel 2.13 Tabel ukuran konstruksi	39
Tabel 4.1 Hasil uji tarik variasi arah <i>tangential</i>	72
Tabel 4.2 Hasil uji tarik variasi arah <i>radial</i>	73
Tabel 4.3 Data hasil pengujian tekuk <i>tangential</i>	75
Tabel 5.1 Analisis hasil uji tarik (<i>tensile strenght</i>)	79
Tabel 5.2 Analisis hasil uji tekuk (<i>Flexure</i>)	82
Tabel 5.3 Ukuran konstruksi kapal ikan kapasitas 20 GT	88
Tabel 6.1 Nilai tegangan pada sambungan gading tanpa kulit	97
Tabel 6.2 Nilai tegangan pada sambungan gading dengan kulit	98
Tabel 6.3 Distribusi tegangan pada model kapal	100

DAFTAR SIMBOL

σ	= Kuat Tarik [N/mm ²]
P_{maks}	= Beban Maksimum [N]
A_0	= Luas Penampang Spesimen [mm ²]
ε	= Pemuluran
ΔL	= $L_1 - L_0$
L_0	= Panjang Awal [mm]
MoE	= Modulus Elastisitas Tarik [N/mm ²],
MoR	= Modulus Patah [N/mm ²],
P	= Beban [N],
L	= Panjang [mm],
c	= Jarak Netral Axis ke Lapisan Serat Terdalam [mm],
I	= Momen Inersia [mm ⁴].
EI	= Modulus Elastisitas [MPa] x Momen Inersia [mm ⁴],
P/Δ	= Beban/Defleksi [N/mm],
W	= kadar air (%)
m_1	= berat benda uji sebelum dikeringkan (gr)
m_2	= berat benda uji setelah dikeringkan (gr)
ρ_w	= kerapatan (gr/cm ³)
m_w	= berat bambu (gr) pada kadar air
v_w	= volume (cm ³) pada kadar air
t	= Tebal minimum (mm)
f_k	= Faktor kelengkungan panel kulit
b	= Jarak gading (m)
P_{dD}	= Beban area (kN/m ²)
σ_{Rm}	= <i>Ultimate bending strength</i> (N/mm ²)
k_s	= Faktor pengali
ρ	= Massa jenis (g/cm ³)
L	= Panjang komponen konstruksi (cm ³)
WB	= Modulus penampang wrang (cm ³)
W_{Bmin}	= Modulus penampang minimum wrang (cm ³)
WS	= Modulus penampang gading (cm ³)
W_{Smin}	= Modulus penampang minimum gading (cm ³)
W_{BL}	= Modulus penampang pembujur alas (cm ³)
W_{BLmin}	= Modulus penampang minimum pembujur alas (cm ³)
W_{SL}	= Modulus penampang pembujur sisi (cm ³)
W_{SLmin}	= Modulus penampang minimum pembujur sisi (cm ³)
W_{DU}	= Modulus penampang balok geladak (cm ³)
W_{DUmin}	= Modulus penampang minimum balok geladak (cm ³)
W_{DUI}	= Modulus penampang balok bangunan atas (cm ³)
W_{DUmin}	= Modulus penampang minimum balok bangunan atas (cm ³)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kapal perikanan yang tersebar di Indonesia umumnya menggunakan kayu sebagai bahan utama pembangunan, kelangkaan kayu jati tersebut mendorong para praktisi untuk meneliti bahan alternatif pengganti kayu. Penelitian yang dilakukan mengenai kelayakan bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) sebagai bahan alternatif pengganti kayu sebagai bahan utama dalam pembangunan kapal ikan masih terus menerus dilakukan.

Sesuai dengan pembebanan yang diberikan kepada kapal, arah gaya yang bekerja pada beberapa komponen konstruksi meliputi *radial*, *longitudinal* dan *tangential*. Meskipun gaya arah *tangential* yang timbul karena respon akibat gaya sebuah konstruksi kapal relatif kecil, namun hal ini perlu dihitung secara keseluruhan pada penampang melintang kapal. Dimana terdapat persyaratan bahwa dengan beban dinamik gelombang, tegangan yang terjadi pada sebuah konstruksi tidak boleh melebihi 40% kekuatan lentur atau 30% kekuatan tarik bahan pembuatan kapal (BKI, 2013).

Material bambu laminasi ini memiliki sifat dan karakter yang sama sehingga mampu menggantikan material kayu yang selama ini digunakan. Sifat dan karakter tersebut meliputi sifat terhadap beban diam (*static loading*) dan beban bergerak (*dynamic loading*). Beban ini adalah gaya yang bekerja pada kapal terutama pada struktur utamanya adalah beban dinamis. Dengan diketahui karakter kapal kayu dan sifat mekanis dari bambu laminasi, maka akan didapat standar kekuatan dan standar ukuran material laminasi untuk struktur kapal kayu. Penelitian mengenai kekuatan kapal bambu laminasi dilakukan analisis dengan menggunakan metode elemen hingga.

Penelitian sebelumnya sudah melakukan pengujian untuk mendapatkan sifat mekanis bambu laminasi Betung pada arah memanjang atau *longitudinal*. Karena bambu termasuk material ortotropik (*orthotropic*) maka muncul gagasan untuk melakukan penelitian sifat mekanis bambu Betung pada arah yang lainnya, yaitu arah tegak lurus serat (*radial*) dan arah perkembangan kulit (*tangential*). Penelitian tersebut dimaksudkan untuk melengkapi data analisis sifat mekanis bambu khususnya Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*). Selain itu penelitian ini juga untuk mengetahui pengaruhnya terhadap ukuran konstruksi didalamnya.

Sehingga penulis mengambil judul “Analisis Pemodelan Struktur Konstruksi Kapal Ikan Bambu Laminasi Kapasitas 20 GT”.

1.2. Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah :

- a. Bagaimana mendapatkan sifat mekanik (*orthotropic*) bambu laminasi arah *tangential* dan arah *radial*?
- b. Bagaimana perhitungan komponen konstruksi kapal ikan bambu laminasi kapasitas 20 GT dengan memakai aturan *Rule* Biro Klasifikasi Indonesia?
- c. Bagaimana mendapatkan pemodelan struktur konstruksi kapal ikan bambu laminasi kapasitas 20 GT?
- d. Bagaimana menganalisis *hot spot* pada pemodelan struktur konstruksi bambu laminasi kapal ikan kapasitas 20 GT?

1.3. Tujuan

Tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah :

- a. Mengidentifikasi sifat mekanik (*orthotropic*) bambu laminasi dengan melakukan pengujian tarik (arah *radial* dan arah *tangential*) dan pengujian tekuk (arah *tangential*).
- b. Melakukan perhitungan ukuran komponen konstruksi bambu laminasi sesuai aturan *Rule* Biro Klasifikasi Indonesia.
- c. Membuat pemodelan struktur konstruksi kapal ikan bambu laminasi kapasitas 20 GT.
- d. Mengidentifikasi hasil uji tegangan (*stress*) dari pengamatan *hot spot* pada pemodelan struktur kapal.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam Tugas Akhir ini antara lain :

- a. Bambu yang digunakan dalam penelitian adalah bambu yang populasinya banyak dan penyebarannya luas, dalam hal ini dipakai bambu betung (*Dendrocalamus asper*).
- b. Perhitungan dan pemodelan didasarkan pada hasil uji kekuatan bambu laminasi di laboratorium
- c. Obyek yang diteliti adalah kapal ikan dengan kapasitas 20 GT.

- d. Dimensi batang bambu dan ketinggian dalam penelitian ini dipilih secara acak dengan usia/umur bambu di atas 3 tahun.

1.5. Manfaat

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut :

- a. Secara akademis, dengan keterbatasan literatur tentang bambu dan metode produksi bambu untuk dunia perkapalan, diharapkan hasil dari Tugas Akhir ini akan dapat memberikan sumbangsih dalam memperbanyak ilmu pengetahuan tentang bambu khususnya dalam pemanfaatannya di dunia perindustrian perkapalan, sebagai material alternatif inovatif.
- b. Secara praktis, dengan diketahui ukuran konstruksi dan kekuatan dari bambu laminasi secara lateral maka dapat menjadi pertimbangan dalam pembangunan kapal ikan bambu laminasi sebagai pengganti material kayu yang semakin langka dan mahal untuk membuat konstruksi kapal. Komponen konstruksi kapal yang dimaksud meliputi lunas, gading, galar balok, balok geladak dan penegar.

1.6. Hipotesis

Hipotesis dari Tugas Akhir ini adalah :

Kekuatan konstruksi kapal ikan bambu laminasi kapasitas 20 GT bila ditinjau dari arah *radial*, *tangential*, dan *longitudinal* dapat memenuhi persyaratan BKI 2013.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1. Kapal Ikan

Indonesia sebagai negara maritim menjadikan salah satu mata pencaharian penduduk Indonesia sebagai nelayan. Kapal ikan akan sangat mendukung nelayan untuk melakukan kegiatan menangkap ikan. Kapal penangkap ikan dapat diartikan yaitu kapal yang secara khusus dipergunakan untuk menangkap ikan, termasuk menampung, menyimpan, mendinginkan, atau mengawetkan. Kapal ikan tersebut terdiri dari kapal atau perahu berukuran kecil berupa perahu sampan yang digerakkan dengan tenaga dayung atau layar, terdapat perahu dengan penggerak motor tempel, sedangkan untuk kapal yang berukuran besar biasa terbuat dari kayu maupun besi baja menggunakan tenaga penggerak mesin diesel. Jenis dan bentuk kapal ikan berbeda sesuai dengan tujuan usaha, keadaan perairan, daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) dan lain-lain, sehingga menyebabkan ukuran kapal menjadi berbeda-beda (Purbayanto dkk, 2004).

Berdasarkan FAO, pada tahun 2004 di Indonesia terdapat setidaknya empat juta kapal penangkap ikan komersial. Sekitar 1,3 juta merupakan kapal yang memiliki geladak. Hampir semua kapal bergeladak ini sudah termekanisasi dan 40 ribu diantaranya berbobot lebih dari 100 ton. Sekitar dua per tiga dari empat juta kapal tersebut merupakan perahu penangkap ikan tradisional dengan berbagai tipe, digerakkan dengan layar dan dayung. Perahu jenis tersebut biasanya digunakan oleh nelayan tradisional terpencil (FAO,2007).

Menurut (Ayodhyoa, 1972) menyatakan bahwa karakteristik kapal perikanan berbeda dengan kapal jenis lainnya sehingga memiliki beberapa keistimewaan antara lain:

a. Kecepatan Kapal (*Speed*)

Kapal perikanan harus memiliki *Horse Power* (HP) yang lebih besar dibandingkan dengan jenis kapal lainnya pada *Gross Tonnage* (GT) yang sama. Kecepatan yang tinggi pada kapal perikanan digunakan untuk mengejar kumpulan ikan, menuju *fishing ground* dan mengangkut hasil tangkapan.

b. Kemampuan Olah Gerak Kapal (*Manuver Ability*)

Kapal harus mampu melakukan olah gerak yang optimal pada saat pengoperasian, seperti kemampuan *steer ability* yang baik pada saat mengejar ikan, radius putaran (*turning circle*) yang kecil, dan daya dorong (*propulsive engine*) yang dapat dengan mudah membuat kapal bergerak maju dan mundur.

c. Layak Laut (*Seaworthiness*)

Kapal dapat digunakan dalam operasi penangkapan ikan secara terus menerus dan cukup tahan untuk melawan kekuatan angin dan gelombang, memiliki stabilitas yang baik, daya apung yang cukup, serta memiliki periode *rolling* yang kecil.

d. Luas Lingkup Area Pelayaran

Kapal memiliki kemampuan jelajah yang baik pada kondisi perairan yang beragam. Luas lingkup area pelayaran ikan ditentukan oleh pergerakan kelompok ikan, daerah, musim ikan dan migrasi.

e. Konstruksi

Konstruksi harus kuat, karena dalam operasi penangkapan ikan akan menghadapi kondisi alam yang berubah-ubah, dan konstruksi kapal harus mampu meminimalisir getaran yang timbul dari mesin yang digunakan.

f. Konstruksi

Konstruksi harus kuat, karena dalam operasi penangkapan ikan akan menghadapi kondisi alam yang berubah-ubah, dan konstruksi kapal harus mampu meminimalisir getaran yang timbul dari mesin yang digunakan.

g. Fasilitas Penyimpanan dan Pengolahan Ikan

Umumnya kapal perikanan dilengkapi dengan fasilitas seperti: *cool room*, *freezing room*, *processing machine*, dan lain-lain. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga mutu hasil tangkapan tetap baik hingga ke *fishing base*.

h. Alat Bantu Penangkapan

Fishing equipment berbeda untuk setiap kapal dan tidak semua kapal dilengkapi dengan alat bantu, tergantung dari jenis alat tangkap yang digunakan dan target penangkapan.

Persyaratan umum (*general requirement*) yang harus dipenuhi oleh sebuah kapal perikanan (Nomura & Yamazaki, 1975) adalah:

- Memiliki suatu struktur kekuatan badan kapal.
- Keberhasilan operasi penangkapan ikan.
- Memiliki fasilitas penyimpanan yang lengkap.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perencanaan pembangunan kapal yaitu:

- Penentuan alat tangkap yang digunakan.
- Penentuan kapasitas kapal berdasarkan kemampuan kapal membawa es.
- Penentuan panjang lunas, lebar dan dalam kapal.
- Penentuan pembagian ruang di atas dan di bawah dek.

- Penentuan kekuatan mesin dan perlengkapan lainnya yang diperlukan oleh sebuah kapal perikanan.

Jenis kapal ikan yang banyak digunakan di Indonesia adalah *purse seine*. *Purse seine* sering disebut pukat jaring, pukat cincin serta biasa disebut pukat kantong, karena bentuk jaringnya tersebut waktu dioperasikan berbentuk seperti kantong. Selain itu, bagian bawah jaring dilengkapi dengan tali kotor yang gunanya untuk menyatukan bagian bawah jaring sewaktu operasi, maka disebut jaring kotor. *Purse seine* digunakan untuk menangkap ikan yang bergerombol di permukaan laut. Oleh karena itu, jenis-jenis ikan yang tertangkap dengan alat penangkapan *purse seine* adalah jenis-jenis ikan pelagis yang hidupnya bergerombol.

2.2. Bambu Secara Umum

Bambu termasuk ke dalam keluarga rumput-rumputan *Graminae*, suku *Bambuceace*, dan *sub family Bambusoideade*. Bambu terdiri dari batang, akar *rhizome* yang kompleks, dan mempunyai sistem percabangan dan tangkai daun yang menyelubungi batang. Tanaman bambu tumbuh dengan subur di daerah tropic dari benua Asia hingga Amerika, beberapa spesies ditemukan di benua Australia. Dari sekitar 1250 jenis bambu di dunia, sekitar 200 jenis ditemukan di Asia Tenggara, sedangkan di Indonesia hanya terdapat sekitar 154 jenis bambu. Dengan luas hutan bambu mencapai 22 juta hektar yang tersebar di seluruh dunia dapat dihasilkan 200 juta ton bambu setiap tahunnya (Dransfield & Widjaja, 1995).

Bambu dikenal sebagai tanaman yang mempunyai masa pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan kayu. Dalam satu hari, pertumbuhan dapat mencapai 30 cm sampai 100 cm dan tingginya dapat mencapai 40 m. Rata-rata pertumbuhan bambu untuk mencapai usia dewasa dibutuhkan 3-5 tahun. Tanaman bambu di Indonesia ditemukan di daerah dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian sekitar 300 mdpl dan pada umumnya ditemukan di tempat-tempat terbuka dan daerah bebas dari genangan air. Bambu mempunyai ruas dan buku dimana pada setiap ruas tumbuh cabang-cabang yang berukuran jauh lebih kecil dibandingkan dengan buluhnya sendiri. Pada ruas-ruas ini tumbuh akar-akar sehingga pada bambu dimungkinkan untuk memperbanyak tanaman dari potongan -potongan setiap ruasnya disamping tunas-tunas rimpangnya.

Bambu biasanya memiliki batang yang berlubang, akar yang kompleks, daun berbentuk pedang, dan pelepah yang menonjol. Jaringan bambu terdiri dari 50% sel-sel parenkim, 40% sel skelernkim, 10% pori sel pembuluh. Gugus vascular ini kaya akan buluh-buluh, serta serat berdinding tebal, dan pipa-pipa ayakan. Pergerakan air melalui buluh-buluh, sedangkan serat

akan memberikan kekuatan pada bambu. Bambu tidak memiliki sel-sel *radial* seperti sel jari-jari pada kayu. Pada bagian ruas orientasi sel adalah aksial. Bambu ditutupi lapisan kutikula yang keras pada sisi luar dan dalamnya (Dransfield & Widjaja, 1995).

Berdasarkan pertumbuhannya, bambu dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

a. Bambu Simpodial (berumpun)

Bambu simpodial tumbuh dalam bentuk rumpun. Setiap akar hanya akan menghasilkan satu batang bambu, bambu muda tumbuh mengelilingi bambu yang tua. Bambu simpodial tumbuh di daerah tropis dan subtropis, sehingga bambu di Indonesia tergolong ke dalam kelompok simpodial.

b. Bambu Monopodial (menjalar)

Bambu monopodial berkembang dengan akar yang menerobos ke berbagai arah di bawah tanah dan muncul ke permukaan tanah sebagai bambu yang individual. Bambu monopodial tumbuh di daerah subtropis hingga beriklim sedang.

2.2.1. Bagian-Bagian Bambu

Bambu memiliki bentuk yang tidak prismatik dengan diameter mengecil mulai dari bagian bawah sampai bagian atas, dan mempunyai jarak nodia yang tidak sama sepanjang batang. Bagian-bagian bambu terbagi sebagai berikut:

a. Kulit Luar

Kulit luar adalah bagian yang paling luar, biasanya berwarna hijau atau hitam. Tebal kulit bambu relatif seragam pada sepanjang batang yaitu kurang lebih 1 mm, sifatnya keras dan kaku. Maka dari itu bambu yang tipis akan mempunyai porsi kulit besar, sehingga kekuatan tinggi, sedangkan pada bambu tebal berlaku sebaliknya.

b. Bambu Bagian Luar

Bagian ini terletak di bawah kulit atau diantara kulit luar dan bagian tengah. Tebal bagian ini kurang lebih 1 mm, sifatnya keras dan kaku.

c. Bagian Tengah

Bagian tengah terletak di bawah luar atau bagian luar dan bagian dalam, disebut juga daging bambu. Tebalnya kurang lebih 2/3 tebal bambu, seratnya padat dan elastis. Untuk bagian tengah yang paling bawah sifat seratnya agak kasar.

d. Bagian Dalam

Bagian dalam adalah bagian yang paling bawah dari tebal bambu, sering disebut juga hati bambu. Sifat seratnya kaku dan mudah patah.



Gambar 2.1 Potongan Bambu
 Sumber: www.bambuawet.com, 2011

Bambu memiliki ruas dan buku. Pada ruas tumbuh akar sehingga memungkinkan bambu untuk memperbanyak tanaman dari potongan setiap ruasnya. Batang bambu terdiri atas dua bagian, yaitu:

a. *Nodia* (ruas/buku bambu)

Nodia adalah bagian lemah terhadap gaya sejajar sumbu batang, karena pada *nodia* serat bambu berbelok. Serat yang berbelok ini sebagian menuju sumbu batang, sebagiannya lagi menjauh dari sumbu batang, sehingga pada *nodia* arah gaya tidak lagi sejajar semua serat. Bambu dengan buku lebih kuat daripada bambu tanpa buku. Hal ini menunjukkan pengaruh arah serat terhadap kekuatan bambu, yang mana terjadi juga pada kebanyakan material komposit.

b. *Internodia* (antar ruas)

Setiap jenis bambu mempunyai jarak *internodia* yang berbeda-beda. Bagian *internodia* adalah bagian yang paling kuat dari bambu, sehingga mempunyai kapasitas memikul beban yang efektif.

2.2.2. Sifat Fisik Bambu

Sebagai material alam, bambu mempunyai bermacam-macam sifat yang tergantung pada jenis, lingkungan pertumbuhan dan asalnya. Karakteristik bambu antara lain:

a. Berat Jenis

Salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap kekuatan bambu adalah berat jenis bambu. Berat jenis bambu dihitung sebagai nilai perbandingan berat bambu terhadap volume bambu tersebut. Bambu jenis ori dan betung memiliki berat jenis yang paling besar diantara bambu yang lainnya sebesar 0.744 ton/m^3 untuk bambu ori, sedangkan

bambu betung memiliki berat jenis sebesar 0.717 ton/m³. Berat jenis bambu tersebut tertera pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jenis bambu dengan berat jenisnya

Jenis Bambu	Berat Jenis
Apus	0.590
Legi	0.613
Wulung	0.685
Betung	0.717
Ori	0.744

Sumber: Morisco, *Bambu Sebagai Bahan Rekayasa*, 1996

b. Kadar Air

Kadar air dalam batang bambu dapat mempengaruhi sifat mekanisnya. Kadar air pada batang bambu yang telah dewasa berkisaran antara 50-90%. Pada batang yang belum dewasa sekitar 80-150%, sedangkan untuk bambu yang telah dikeringkan bervariasi antara 12-18%. Kadar air pada batang meningkat pada usia 1-3 tahun, batang mengalami penurunan kadar air setelah usianya tiga tahun. Hal ini dapat lebih tinggi disaat musim hujan dibandingkan dengan musim kemarau (Dransfield & Widjaja, 1995).

c. Pengembangan dan Penyusutan

Berbeda dengan kayu, penyusutan bambu dimulai secara langsung setelah panen, tetapi tidak berlangsung seragam. Penyusutan dapat mempengaruhi baik ketebalan dinding maupun diameter batang. Pengeringan bambu dewasa untuk kadar air sekitar 20% menyebabkan penyusutan 4-14% dalam ketebalan dinding dan 3-12% untuk diameter. Penyusutan arah *radial* lebih besar daripada penyusutan *tangential* dengan perbandingan 7% berbanding 5%, sedangkan penyusutan arah *longitudinal* tidak lebih dari 0,5% (Dransfield & Widjaja, 1995).

2.2.3. Sifat Mekanik Bambu

Menurut Heinz Frick di dalam bukunya *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*, secara teoritis sifat mekanik material bambu bergantung pada:

- Jenis bambu yang berkaitan dengan tumbuh-tumbuhan.
- Umur bambu dan waktu penebangannya.
- Kelembapan (kadar air keseimbangan) pada batang bambu.
- Bagian batang bambu yang digunakan (bagian kaki, pertengahan, atau kepala).

- e. Letak dan jarak ruasnya masing-masing (bagian ruas kurang tahan terhadap gaya tekan dan lentur).

Sifat mekanik adalah sifat yang berhubungan dengan kekuatan bahan dan merupakan kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya luar yang bekerja padanya. Sifat mekanik bambu diketahui dari penelitian yang bertujuan untuk memanfaatkan bambu secara maksimal sebagai struktur dan bahan konstruksi. Beberapa sifat mekanik bambu yang penting untuk perencanaan konstruksi bambu, antara lain:

- a. Berat Jenis

Berat jenis berbeda-beda menurut jenis bambu ($\rho = 670-720 \text{ kg/m}^3$) dan pada bagian ruas mana yang diperhatikan ($\rho = 570-760 \text{ kg/m}^3$) serta pada bagian dinding dalam ($\rho = 370-830 \text{ kg/m}^3$) atau bagian luar ($\rho = 700-850 \text{ kg/m}^3$). Namun, untuk konstruksi bangunan bambu (bahan bangunan dengan kadar air $\leq 14\%$), berat jenis bambu di Indonesia dianggap rata-rata sebagai 700 kg/m^3 .

- b. Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan ketahanan suatu benda menahan gaya luar yang berupa gaya tarik yang bekerja pada benda tersebut. Kuat tarik dibedakan menjadi tiga macam yaitu kekuatan tarik tegak lurus serat, kuat tarik menyamping arah serat dan kekuatan tarik sejajar serat. Kekuatan tarik sejajar serat merupakan kekuatan tarik yang terbesar pada bambu. Kekuatan bambu untuk menahan gaya tarik tergantung pada bagian batang mana yang digunakan. Bagian kepala atau ujung memiliki kekuatan 12% lebih rendah daripada pangkal. Kuat tarik bambu akan menurun seiring dengan meningkatnya kadar air, dimana kuat tarik bagian luar bambu adalah yang terbesar dibandingkan dengan bagian lainnya (Handayani, 2007). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Morisco pada tahun 1994-1999, dilaporkan bahwa kuat tarik kulit bambu bernilai cukup tinggi, yaitu sekitar dua kali lebih besar dari kayu.

- c. Kuat Tekan

Kekuatan bambu untuk menahan gaya tekan tergantung pada bagian lurus dan bagian antar ruas batang bambu. Kuat tekuk statik menunjukkan kekuatan bambu dalam menahan beban yang mengenainya secara perlahan-lahan, sedangkan kuat tekuk pukul adalah kekuatan bambu dalam menahan beban yang mengenainya secara mendadak (Handayani, 2007). Bagian batang tanpa ruas memiliki kuat tekan 8-45% lebih tinggi daripada batang bambu yang beruas. Menurut (Morisco, 1996), bambu mempunyai kuat tekan 10% lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan kayu. Balok bambu yang

terletak pada dua tumpuan atau lebih, bila menerima beban berlebihan akan melengkung/melentur. Pada bagian sisi atas akan terjadi tegangan tekan, sedangkan pada sisi bawah akan terjadi tegangan tarik yang besar. Akibat tegangan tarik yang melampaui batas kemampuan bambu, maka terjadi deformasi/defleksi yang mengakibatkan kegagalan berupa retakan (*crack*).

d. Kekuatan Geser

Yaitu ukuran kekuatan bambu (tanpa laminasi) dalam hal kemampuannya menahan gaya atau beban yang membuat suatu bagian bambu bergeser dari bagian lain didekatnya. Kekuatan geser berbeda-beda pada tebalnya dinding batang bambu (kekuatan geser pada dinding 10 mm menjadi 11% lebih rendah daripada dinding bambu setebal 6 mm) dan pada bagian ruas termasuk pada bagian di antara ruas batang bambu. Bagian batang bambu ruas memiliki kekuatan terhadap gaya geser yang 50% lebih tinggi daripada batang bambu yang beruas.

e. Kekuatan Lentur

Yaitu kekuatan untuk menahan gaya atau beban yang berusaha melengkungkan batang bambu secara melintang (tanpa laminasi) atau menahan beban statis atau dinamis. Karena bambu merupakan bahan yang elastis, maka lenturan yang terjadi sesuai dengan kekuatan bahan menjadi agak tinggi (rata-rata 1/20).

f. Modulus Elastisitas

Batang bambu (tanpa laminasi) yang terbentuk pipa dan pipih lebih menguntungkan dibandingkan batang yang utuh pejal karena nilai kekuatannya atau satuan volume lebih tinggi. Kepadatan serat kokoh pada bagian dinding luar batang bambu meningkatkan kekuatan maupun elastisitas.

2.2.4. Potensi Bambu Sebagai Konstruksi

Seiring dengan semakin berkurangnya ketersediaan kayu sebagai bahan pembuatan kapal dan berbagai kebutuhan lainnya, yang bertolak belakang dengan peningkatan industri perikanan sebagai komoditi ekspor, bambu memiliki potensi yang besar dalam kegunaannya sebagai alternatif bahan dalam pembuatan kapal perikanan di Indonesia. Bambu mempunyai beberapa keunggulan seperti cepat tumbuh (3 tahun bisa dipanen), mudah diolah, sifat mekanik yang lebih baik daripada kayu pada arah sejajar serat.

Sebagai bahan konstruksi bambu memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan material bangunan lainnya. Selain murah, sifat bambu yang ringan dan lentur mempunyai

kekuatan tinggi. Seratnya yang liat dan elastis sangat baik dalam menahan beban (tekan, tarik, maupun geser).

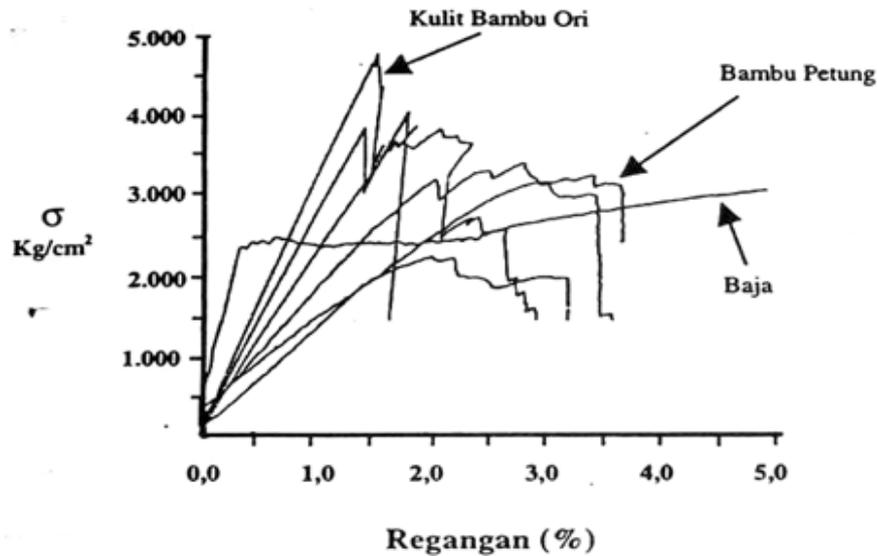
Keistimewaan karakteristik bambu sehingga dapat digunakan sebagai bahan material konstruksi antara lain adalah sebagai berikut :

- a. Merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui.
- b. Pertumbuhan bambu yang cepat dengan rentang waktu 4-5 tahun dibandingkan kayu yang membutuhkan waktu pertumbuhan yang lebih lama.
- c. Memiliki kuat tarik dan lentur yang tinggi jika dibandingkan dengan kayu.
- d. Merupakan bahan yang ramah lingkungan, hemat energi, dan hemat biaya sebagai material konstruksi.

Bambu sebagai bahan bangunan dapat berbentuk buluh utuh, buluh belahan, bilah dan partikel. Bahan ini dapat dipergunakan untuk komponen kolom, kuda-kuda, kaso, reng rangka, jendela dan pintu serta balok laminasi. Di Indonesia terdapat beberapa jenis spesies bambu dan yang paling banyak digunakan dibidang konstruksi adalah bambu betung (*Dendrocalamus asper*). Bambu jenis ini mudah dijumpai hampir diseluruh daerah tropis. Menurut (Morisco, 1996), bambu mempunyai kekuatan tarik dua kali lebih besar dibandingkan dengan kayu, sedangkan kuat tekannya 10 % lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan kayu. Apabila dibandingkan dengan baja yang mempunyai berat jenis antara 6.0-8.0 (sementara B_j bambu = 0.6-0.8), kuat tarik (*tensile strength*) baja tulangan hanya sebesar 2.3-3.0 lebih besar dibandingkan dengan kekuatan tarik bambu. Dengan demikian bambu mempunyai kekuatan tarik per unit berat jenisnya sebesar 3-4 kali lebih besar dibandingkan dengan baja tulangan.

Bambu memiliki kuat tarik yang lebih baik daripada baja tulangan beton. Pada gambar di bawah ditunjukkan bahwa kekuatan tarik bambu ori hampir mencapai 5000 kg/cm² atau dua kali lipat dibandingkan dengan kekuatan tarik baja tulangan beton yang hanya 2400 kg/cm². Sedangkan jenis bambu lainnya yaitu bambu betung mempunyai kekuatan tarik antara 3000 – 3500 kg/cm², dimana kekuatan tersebut masih lebih baik dibandingkan dengan kekuatan beton tulangan baja.

Bambu telah dilakukan pengujian kekuatan tarik, hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa material bambu dapat menjadi material alternatif pengganti kayu sebagai bahan utama pembangunan kapal. Penelitian selanjutnya dengan didukung hasil kuat tarik bambu akan dilakukan pengujian mengenai kekuatan bambu laminasi. Bilah bambu yang ditumpuk secara tumpuk bata dan direkatkan dengan menggunakan perekat *lem epoxy*. Hasil pengujian ini akan diolah untuk menghitung ukuran konstruksi kapal.



Gambar 2.2 Diagram perbandingan tegangan regangan bambu dan baja
 Sumber: Morisco, 1996

Dalam kenyataannya, bambu mempunyai buku pada setiap batang dengan panjang antar buku yang berbeda untuk setiap jenis bambu dan letak pada setiap batangnya. Sifat dan karakter dari buku bambu sama dan mirip dengan sambungan (*joint*). Hal ini disebabkan karena pada buku bambu sebagian serat bambu lurus dan ada sebagian lainnya belok tegak lurus yang membentuk buku. Kemudian dari serat membelok yang membentuk akan kembali lurus pada sumbu batang, sehingga ada sebagian serat bambu yang tidak searah atau sejajar dengan sumbu bambu. Buku pada bambu merupakan sebagian terlemah terhadap gaya tarik sejajar sumbu batang bambu. Oleh karena itu penentuan perancangan struktur yang menggunakan bambu harus didasarkan pada bagian buku bambu ini (Morisco, 1996); (CBRC, 2001), dan (Fangchun, 2000).

Buku bambu mempunyai pengaruh terhadap sifat dan mekanik bambu. Bambu dengan buku mempunyai kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tarik bambu tanpa buku. Besaran penurunan kekuatan tarik tersebut kurang lebih 25%. Pada tabel di bawah ini digambarkan perbedaan *tensile strength* dan *modulus of elasticity* (MOE) antara yang mengandung buku dan tanpa buku serta posisi buku dalam batang bambu. Selain itu dapat dilihat juga bahwa semakin ke atas bambu, maka nilai *tensile strength and modulus elasticity* nya semakin kecil, juga dalam bambu yang tidak memiliki buku dan letaknya lebih kecil. Bambu yang paling bagus adalah bambu yang tidak memiliki buku dan yang letaknya paling dekat dengan tanah.

Tabel 2.2 *Tensile strength and modulus of elasticity* antara bambu dengan buku dan tanpa buku serta posisi batang bambu dari tanah

Bamboo Position to Land		1/10	3/10	5/10	7/10	9/10
Tensile Str. (Mpa)	with nodes	233.6	161.2	111.2	100.0	81.6
	without nodes	461.0	319.3	227.4	198.9	179.5
Modulus of Elas. (Mpa)	with nodes	26928	18564	132600	11628	10506
	without nodes	44778	31008	219305	18156	16320

Sumber: CBRC, 2001 dan Fangchun, 2000

Sifat fisik dan mekanis bambu dipengaruhi oleh posisi dalam bambu dan jenis bambu. Sifat mekanis bambu juga dipengaruhi oleh umur bambu, tempat tumbuh bambu dan lokasi dalam batang bambu. Kuat tarik bambu paling tinggi adalah pada daerah dekat dengan kulit dan akan semakin menurun menuju kebagian dalam.

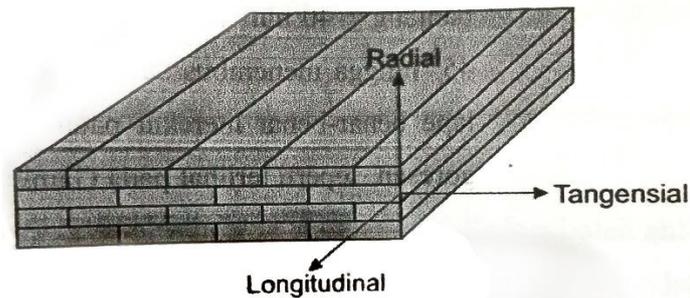
Bambu mempunyai kuat tarik (*tensile strength*) lebih tinggi dibandingkan dengan kayu, maupun baja dalam satuan berat yang sama. Bambu juga mempunyai kembang susut yang lebih rendah dibandingkan kayu. Hal ini disebabkan oleh susunan dari serat bambu yang membentuk bambu tersebut (CBRC, 2001).

Bambu juga mempunyai kekuatan tekan (*compressive strength*) 10 % lebih tinggi dibandingkan dengan kayu. Baja mempunyai kekuatan tarik sebesar 2.5-3.0 lebih besar dibandingkan dengan bambu. Tetapi ditinjau dari berat jenisnya, baja mempunyai berat jenis 6-8 kali lebih besar dibandingkan dengan bambu. Sehingga bambu mempunyai kekuatan per unit beratnya 3-4 kali lebih besar dibandingkan dengan baja.

2.2.5. Bambu Sebagai Material *Orthotropic*

Suatu material dapat dikatakan sebagai material *isotropic* jika memiliki sifat mekanik yang sama pada semua sumbu yang saling berpotongan (*axis*). Sedangkan material *orthotropic* memiliki sifat mekanik yang berbeda dan independen pada 3 (tiga) arah perpotongan *axis*, yakni *axial*, *radial* dan *tangential*. Sifat material *orthotropic* tergantung pada arah dimana perhitungan dilakukan (Fyson, 1985).

Bambu termasuk dalam kategori material *orthotropic*, yang mana memiliki sifat mekanik yang berbeda pada tiga sumbu *axis*nya. Sumbu *axial* ditunjukkan dengan arah sejajar terhadap arah serat material, sumbu *radial* ditunjukkan dengan arah normal terhadap lingkaran tumbuh material, dan sumbu *tangential* ditunjukkan dengan arah *tangential* terhadap lingkaran tumbuh material. Sumbu perpotongan material *orthotropic* ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Arah sumbu material *orthotropic*, axial (1), *tangential* (2), dan *radial* (3)
 Sumber: Supomo, 2016

2.2.6. Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper* (Schult). Backer ex Hyne)

Tanaman jenis bambu di Indonesia merupakan tanaman bambu simpodial, dengan batang-batang yang cenderung mengumpul di dalam rumpun. Di Indonesia terdapat lebih dari 12 spesies jenis bambu yang bisa digunakan untuk struktur bangunan. Jenis bambu yang mudah untuk didapat dan penyebarannya luas, antara lain Bambu Tali, Bambu Ori, Bambu Wulung/Hitam, dan Bambu Betung.

Bambu Betung secara bahasa ilmiah disebut dengan nama *Dendrocalamus Asper* (Schult. F) Backer ex Heyne. Bambu ini juga disebut dengan sebutan Buluh Petung, Buluh Swanggi, Bambu Batueng, Pering Betung, Betoeng, Bulu Lutong, Awi Bitung, Jajang Betung, Pring Petung, Pereng Petong, Tiing Petung, Au Petung, Bulo Patung dan Awo Petung (Morisco, 1999). Menurut Morisco (1996), bambu jenis petung ini mempunyai rumpun agak rapat, dapat tumbuh di daratan rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 2000 meter di atas permukaan laut (mdpl). Pertumbuhan bambu Betung cukup baik khususnya di daerah yang tidak terlalu kering. Warna kulit batang hijau kekuning-kuningan. Batang dapat mencapai panjang 10-14 meter, panjang buku berkisar antara 40-60 cm dengan diameter 6-15 cm, tebal dinding 10-15 mm.

Penelitian tentang sifat mekanik bahan bambu telah dilakukan oleh Fangchun (2000), Surjokusumo (1997), Subiyanto (1996), Morisco (1999), Supriyanto. I., Rusli, Kusmawan, D. (2009). Dari penelitian ini diketahui kuat tarik dan tekan sejajar serat dapat mencapai 200-300 Mpa sedangkan kuat lentur berkisar 80-100Mpa. Tetapi kuat geser tegak lurus serat hanya sebesar 2,5 Mpa. Modulus elastisitas sejajar serat material bambu dapat mencapai 10-20 Mpa.

Bagi orang Sunda dan Jawa rebungnya biasanya digunakan untuk sayur. Buluh digunakan untuk pilar konstruksi bangunan, mebel, industri sempit, tusuk gigi dan kertas. Selain itu juga digunakan untuk membuat alat musik bambu tradisional. Bambu betung banyak sekali

dipakai sebagai bahan bangunan, perahu, kursi, dipan (tempat tidur), saluran air, penampung air aren hasil sadapan, dinding (gedek), dan berbagai jenis kerajinan.



Gambar 2.4 Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper* (Schult). *Backer ex Hyne*)
Sumber: bamboeindonesia.wordpress.com

2.3. Teknologi Bambu Laminasi

Teknologi laminasi adalah teknik penggabungan material dengan bantuan perekat, bahan bangunan berukuran kecil dapat direkatkan membentuk komponen bahan sesuai keperluan. Teknik laminasi juga merupakan cara penggabungan bahan baku yang tidak seragam atau dari berbagai kualitas. Sebagai contoh kayu yang berkualitas rendah digabungkan dengan kayu berkualitas tinggi disesuaikan dengan distribusi gaya beban yang akan diterima oleh produk beban tersebut. Dengan demikian teknik laminasi merupakan teknik penggabungan material yang sangat efisien untuk menghasilkan produk bahan bangunan yang efektif. Akhirnya teknik laminasi mampu menggunakan semua bahan baku yang ada untuk tujuan penggunaan yang lebih besar sehingga mampu mendukung konservasi hutan atau kelestarian hutan yang diinginkan masyarakat Indonesia maupun internasional (Morisco, 2006).

Pemakaian bambu sebagai bahan kayu lapis telah diperkenalkan oleh Guisheng (1985), serta Subiyanto dan Subyakto (1996). Bambu lapis mempunyai kekuatan yang tinggi terhadap abrasi serta momen lentur. Ketahanan lantai bambu terhadap abrasi telah diteliti oleh Mohmod dkk (1990). Dari eksperimen yang telah dilakukan diperoleh bahwa ketahanan lantai bambu adalah sekitar 130 persen dari ketahanan lantai kayu kempas (*Koompasia Malaccensis*), atau sekitar 5 kali ketahanan kayu karet. Menurut Guisheng (1985) kayu lapis yang dihasilkan jika diperbandingkan dengan papan partikel secara acak, mempunyai MOR 4-7 kali, dan MOE 4-6

kali. Mengingat kekuatan tersebut, bambu lapis cocok digunakan sebagai lantai bangunan gedung, lantai truk, dan bekisting beton (Morisco 2006).

Teknologi bambu laminasi pada awalnya didasari oleh pemikiran dari balok glulam (*glue laminated beam*). Balok glulam dibuat dari lapisan-lapisan kayu yang relatif tipis yang dapat digabungkan dan direkatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan balok kayu dalam berbagai ukuran dan panjang (Breyer, 1988).

Menurut Morisco (2006) proses laminasi dilakukan setelah bambu mengalami proses pengelohan bambu menjadi bilah-bilah. Adapun tahapan kegiatan laminasi sebagai berikut.

- a. Dipilih bilah bambu yang lurus dengan kadar air mencapai 12-15%.
- b. Agar dalam satu susunan lapisan diperoleh dimensi bilah yang seragam, terlebih dahulu bambu diserut. Kemudian bilah siap dilem, pada pengeleman bilah disusun melebar sekitar 5-7 bilah dengan lebar setiap lapisan 30mm.
- c. Bilah dilem dengan cara dikuas pada kedua sisi lebarnya dengan campuran perekat sesuai komposisi yang telah direncanakan. Kemudian dimasukkan ke dalam cetakan/klem untuk kemudian dikencangkan.
- d. Setelah terkumpul atau bagian susunan bilah dalam satu cetakan/klem, kemudian lapis bilah tersebut dikempa dengan tekanan 2 MPa.
- e. Dilanjutkan dengan proses pengeringan/penjemuran selama 2-3 jam. Setelah itu lapisan bilah dikeluarkan dari cetakan.

2.4. Sifat-Sifat Bambu Laminasi

Bambu laminasi sebagai bahan konstruksi perlu ditinjau sifat mekanisnya.

a. Sifat mekanis

Beberapa sifat mekanika bambu yang penting untuk perencanaan konstruksi bambu (Frick, 2004 dan Sjelly Haniza, 2005), antara lain:

1. Kuat Tarik

Kekuatan bambu untuk menahan gaya tarik tergantung pada bagian batang yang digunakan. Bagian ujung memiliki kekuatan terhadap gaya tarik 12% lebih rendah dibandingkan dengan bagian pangkal. Kuat tarik bambu laminasi Betung didapat 140 MPa untuk arah memanjang (Supomo, 2016).

2. Kuat Tekuk

Kekuatan bambu untuk menahan gaya tekan tergantung pada bagian ruas dan bagian antar ruas batang bambu. Bagian batang tanpa ruas memiliki kuat tekan 8-45% lebih

tinggi dari pada batang bambu yang beruas. Kuat tekuk bambu laminasi Betung didapat 80 MPa untuk arah *radial* (Supomo, 2016).

3. Kuat Geser

Kemampuan bambu untuk menahan gaya-gaya yang membuat suatu bagian bambu bergeser dari bagian lain di dekatnya disebut dengan kuat geser. Kuat geser bambu bergantung pada ketebalan dinding batang bambu. Bagian batang tanpa ruas memiliki kekuatan terhadap gaya geser 50% lebih tinggi dari pada batang bambu yang beruas.

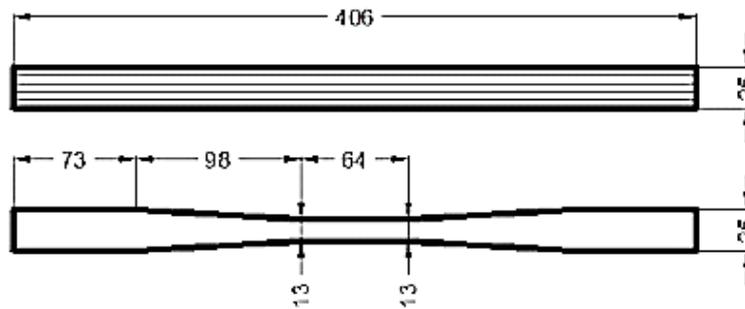
4. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan keteguhan lentur pada batas elastis bahan. Keteguhan lentur adalah rasio beban terhadap regangan di bawah proporsional. Peningkatan nilai modulus elastisitas seiring dengan peningkatan keteguhan lentur suatu bahan (Prayitno, 1995). Modulus bambu didapatkan dari hasil pengujian spesimen, untuk modulus elastisitas bambu arah *longitudinal* didapat 17,27 GPa dari penelitian sebelumnya (Supomo, 2016)

2.5. Standar Uji Tarik dan Tekuk Bambu Laminasi

Bambu laminasi termasuk dalam standar ASTM mengenai kayu dan komposit yang meliputi material *plywood*, papan laminasi, papan komposit, dan papan lapis lainnya yang berbahan dasar kayu dengan kode D3500 untuk Standar Metode Pengujian Tarik dan kode D3043 untuk Standar Metode Pengujian Tekuk.

Metode pengujian tarik dibagi menjadi dua kategori: A untuk spesimen kecil dan B untuk spesimen besar. Bambu laminasi termasuk dalam kategori A, sedangkan dimensi spesimen untuk kategori A dibagi dalam tiga tipe: A untuk tebal bilah lebih dari ¼ inci atau 6 mm, B untuk tebal bilah kurang dari ¼ inci atau 6 mm, dan C untuk *plywood* dengan sudut susunan serat selain 0° atau 90°. Jadi, spesimen uji tarik bambu Betung termasuk kategori A tipe B dengan dimensi yang disyaratkan mengacu pada Gambar 2.5, dimana panjang spesimen uji secara keseluruhan sebesar 406 mm dan panjang esensialnya (L0) terletak di tengah sepanjang 64 mm.



Gambar 2.5 Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM D3500 (satuan dalam milimeter)

Nilai kuat tarik (*stress*) dan regangan (*strain*) spesimen bambu laminasi dihitung dengan menggunakan formulasi berikut (ASTM D3500, 2004):

$$\sigma = \frac{P_{\text{maks}}}{A_0} \quad (2.1)$$

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2.2)$$

Dimana:

σ = Kuat Tarik [N/mm²]

P_{maks} = Beban Maksimum [N]

A_0 = Luas Penampang Spesimen [mm²]

ϵ = Pemuluran

ΔL = $L_1 - L_0$

L_0 = Panjang Awal [mm]

Modulus elastisitas tarik spesimen bambu laminasi dihitung dengan menggunakan formulasi berikut (ASTM D3500, 2004):

$$MoE = \frac{l}{A} \left(\frac{\Delta P}{\Delta l} \right) \quad (2.3)$$

Dimana:

MoE = Modulus Elastisitas Tarik [N/mm²],

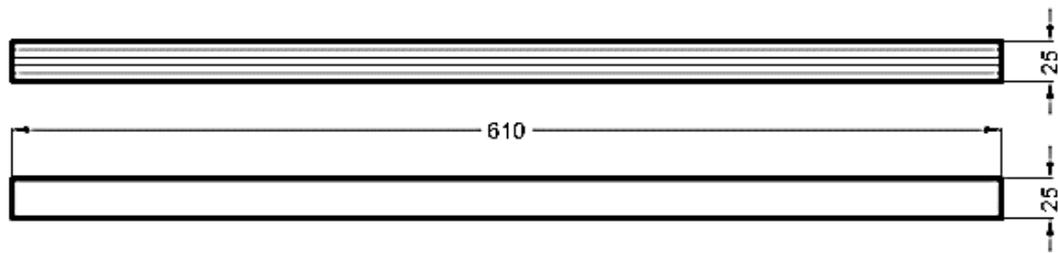
l = Panjang spesimen [mm]

A = Luas penampang spesimen [mm²]

Δl = Pemuluran [mm]

Metode pengujian tekuk dibagi menjadi empat kategori: A untuk pengujian tekuk di titik tengah (*center-point test*), B untuk pengujian tekuk di dua titik (*two-point test*), C untuk pengujian momen alami (*pure moment test*), dan D untuk pengujian tekuk sebagai persyaratan jaminan mutu. Bambu laminasi termasuk dalam kategori A dengan hasil pengujian yang terbaca meliputi total defleksi dan modulus elastisitas. Penampang melintang spesimen uji tekuk bambu

laminasi disyaratkan harus berbentuk bujur sangkar dengan ukuran tebal = lebar, sedangkan panjang minimum spesimen adalah 24 kali tebal bilah. Bila tebal bilah lebih dari ¼ inci atau 6 mm, maka tebal dan lebar penampang melintang spesimen uji harus 2 inci atau 50 mm, sedangkan bila tebal bilah kurang dari ¼ inci atau 6 mm, maka tebal dan lebar penampang melintang spesimen uji harus 1 inci atau 25 mm. Jadi, spesimen uji tekuk bambu Betung termasuk kategori A dengan dimensi yang disyaratkan mengacu pada Gambar 2.6, dimana panjang spesimen uji secara keseluruhan sebesar 610 mm dengan tebal dan lebar sebesar 25mm.



Gambar 2.6 Dimensi Spesimen Uji Tekuk ASTM D3043 (satuan dalam milimeter)

Nilai kuat tekuk spesimen bambu laminasi dihitung dengan menggunakan formulasi berikut (ASTM D3043, 2004):

$$MoR = \frac{3 Pl}{2 bt^2} \quad (2.4)$$

Dimana:

MoR = Modulus patah [N/mm²],

P = Beban [N],

L = Panjang spesimen [mm],

b = Lebar spesimen [mm],

t = Ketebalan spesimen [mm].

Modulus elastisitas spesimen bambu laminasi dihitung dengan menggunakan formulasi berikut (ASTM D3043, 2004):

$$MoE = \frac{l^3}{4bt^3} \delta \quad (2.5)$$

Dimana:

MoE = Modulus Elastisitas [N/mm²]

l = Panjang spesimen [mm],

b = Lebar spesimen [mm],

t = Tebal spesimen [mm],

δ = Defleksi [mm].

2.6. Beban

Dalam ilmu fisika, beban didefinisikan sebagai gaya (dorongan/tarik) yang terjadi pada suatu titik beban tertentu. Beban dapat menyebabkan tegangan, perubahan bentuk, perpindahan pada suatu struktur.

Widodo (2010), dalam penelitiannya menyebutkan bahwa beban yang dapat menyebabkan terjadinya kelelahan pada struktur adalah beban yang bersifat siklik, yaitu:

- a. Beban siklis frekuensi rendah (*quasi-statis*) yang ditimbulkan oleh eksistensi gelombang dengan jumlah sekitar 10^7 s/d 10^8 kali umur operasi struktur (25 tahun).
- b. Beban siklis frekuensi tinggi (dinamis) yang dapat diklasifikasikan menjadi beban transient (*slamming, wave slapping, hull whipping*) dan *steady* (mesin, baling-baling, *hull springing*) dengan jumlah sekitar 106 kali selama umur operasi struktur (25 tahun).
- c. Beban siklis frekuensi sangat rendah (statis) akibat perubahan beban (logistik) di atas struktur hidrostatis dengan jumlah sekitar 4000~8000 kali selama umur operasi struktur (25 tahun).
- d. Beban siklis karena gradien panas tak beraturan akibat cuaca dan temperatur muatan dengan jumlah sekitar 7000 kali selama umur operasi struktur (25 tahun).

2.7. Pendekatan Menggunakan Analisis Elemen Hingga

Dalam suatu desain struktur, kekuatan struktur merupakan hal yang paling diperhatikan selain faktor biaya dan estetika. Kekuatan struktur mengacu pada kekuatan bahan saat menerima beban. Analisis kekuatan bahan bertujuan untuk menentukan tegangan ataupun regangan yang terjadi, selanjutnya menentukan ataupun mengevaluasi dimensi konstruksi. Sampai saat ini analisis tegangan regangan dilakukan dengan dasar Hukum Hooks. Hukum Hooks berlaku untuk bahan yang mengalami deformasi elastik/linier. Dengan analisis menggunakan hukum Hooks, distribusi tegangan yang terjadi tidak dapat ditunjukkan. Sekarang ini telah berkembang metode lain yang dapat digunakan untuk mengetahui distribusi tegangan dan menganalisis kekuatan bahan, yaitu metode elemen hingga.

Metode elemen hingga mengkombinasikan beberapa konsep matematika untuk menghasilkan persamaan sistem linier atau non linier. Jumlah persamaan yang dihasilkan biasanya sangat besar sehingga mencapai lebih dari 20.000 persamaan (Seegerling, 1984). Karena itu, metode ini mempunyai nilai praktis yang kecil jika tidak menggunakan komputer yang memadai. Kemajuan perangkat lunak komputer telah mampu mempermudah penyelesaian masalah keteknikan dalam skala yang besar. Demikian pula dalam bidang analisis suatu struktur

yang menggunakan metode elemen hingga sebagai dasar penyelesaian yang akurat dan mudah pengoperasian, antara lain ANSYS, MSC/PAL, MSC/NASTRAN, PATRAN, ALGOR, SAP90, STARDYNE, dan CATIA. Paket program tersebut dapat membantu menyelesaikan masalah tanpa harus memahami secara mendalam perhitungan dalam metode elemen hingga. Dalam penulisan Tugas Akhir ini menggunakan MSC Nastran Patran untuk membantu dalam menganalisis kekuatan dari konstruksi bambu laminasi pada kapal ikan kapasitas 20 GT sebagai batasan masalah yang akan dibahas selanjutnya.

2.7.1. Pemodelan Struktur Dibantu Komputer

Apabila suatu konstruksi dikenai gaya seperti beban, tekanan, temperatur, kecepatan fluida dan panas maka akan timbul akibat-akibat seperti perubahan bentuk (deformasi) tegangan, temperatur, tekanan, dan kecepatan fluida. Sifat distribusi dari akibat-akibat yang ditimbulkan (deformasi) dalam suatu benda tergantung pada karakteristik sistem gaya dan beban itu sendiri. Dalam metode elemen hingga akan dapat menemukan distribusi dari akibat-akibat ini, yang dinyatakan dengan perpindahan/displasmen.

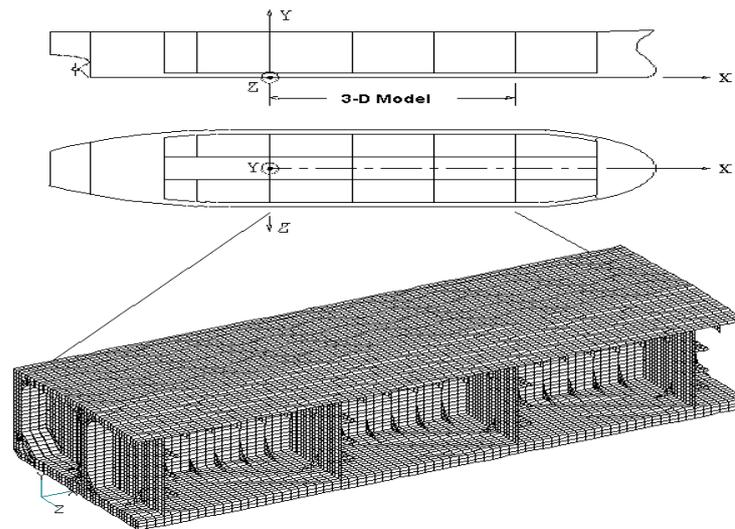
Metode elemen hingga, dalam penyelesaian masalah menggunakan pendekatan diskretisasi elemen untuk menemukan perpindahan titik simpul/*joint/grid* dan gaya-gaya dari struktur. Persamaan yang menggunakan elemen diskret mengacu pada metode matrik untuk analisis struktur dan hasil yang diperoleh identik dengan analisis klasik untuk struktur. Diskretisasi dapat dilakukan dengan menggunakan elemen satu dimensi (elemen garis), dua dimensi (elemen bidang), ataupun tiga dimensi (elemen solid/kontinum). Pendekatan menggunakan elemen kontinum untuk menentukan pendekatan penyelesaian masalah yang lebih mendekati sebenarnya. Menurut Wirjosoedirdjo (1988), metode elemen hingga dapat digunakan dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Diskretisasi dan memilih konfigurasi elemen. Langkah ini menyangkut pembagian benda menjadi sejumlah benda kecil yang sesuai, disebut elemen-elemen hingga. Perpotongan antara sisi-sisi elemen dinamakan simpul atau titik simpul, dan antara elemen-elemen disebut garis simpul. Jumlah elemen yang digunakan tergantung pada karakteristik rangkaian kesatuan dan idealisasi yang dipilih untuk digunakan seperti jenis elemen garis, elemen bidang, dan elemen ruang.
- b. Memilih model atau fungsi pendekatan. Dalam langkah ini dipilih sutau pola atau bentuk untuk distribusi besaran yang tidak diketahui yang dapat berupa suatu perpindahan dan/atau tegangan untuk persoalan-persoalan tegangan deformasi. Titik-titik simpul elemen

memberikan titik strategis untuk penulisan fungsi-fungsi matematis yang menggambarkan bentuk distribusi dari besaran yang tidak diketahui pada wilayah elemen. Fungsi matematis yang biasa digunakan biasanya adalah polinomial. Jika u dinyatakan sebagai besaran tak diketahui, maka fungsi interpolasi polinomial dapat dinyatakan sebagai: $U = N_1u_1 + N_2u_2 + N_3u_3 + \dots + N_nu_n$. Dengan $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ adalah nilai dari besaran-besaran yang tidak diketahui pada titik simpul dan $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ adalah fungsi-fungsi interpolasi.

- c. Menentukan hubungan regangan-perpindahan dan tegangan-regangan. Hukum tegangan regangan digunakan dalam analisis ini. Sebagai contoh adalah tegangan terhadap regangan dalam suatu benda pejal : $\sigma = E\varepsilon$; dengan σ adalah tegangan, E adalah modulus elastisitas, ε = regangan/deformasi.
- d. Menurunkan persamaan-persamaan elemen. Penurunan persamaan elemen dapat menggunakan metode energi dan metode residu berbobot. Penggunaan salah satu dari metode tersebut menghasilkan persamaan yang menggambarkan perilaku suatu elemen, yang dinyatakan sebagai : $[k]\{q\} = \{Q\}$; dengan $[k]$ = matrik sifat elemen/kekakuan, $\{q\}$ = vektor besaran yang tidak diketahui disimpul-simpul elemen/perpindahan simpul, dan $\{Q\}$ = vektor parameter pemaksa simpul elemen/gaya simpul.
- e. Perakitan persamaan elemen untuk mendapatkan persamaan global atau persamaan rakitan dan mengenal syarat batas. Proses perakitan didasarkan pada hukum kekontinuan. Persamaan elemen yang diperoleh dijumlahkan untuk memperoleh persamaan global.
- f. Memecahkan besaran-besaran primer yang tidak diketahui.
- g. Memecahkan besaran-besaran penurunan atau sekunder.
- h. Interpretasi hasil-hasil.

Dalam pemodelan struktur kapal, FEA direpresentasikan dengan struktur lambung kapal pada tiga ruang muat dalam jangkauan $0,4L$ *amidship*. Hal ini digunakan untuk baik respon global *girder* lambung dan perilaku lokal dari struktur pendukung utama. Hasil *stress* dari model-model tersebut harus sesuai untuk evaluasi kekuatan batas kedap ruang muat atau tangki dan struktur pendukung utama *non-tight*. *The 3D FE* analisis global menetapkan persyaratan *scantling* pelat dan penegar dan cukup untuk menetapkan estimasi berat baja. Rincian struktural dievaluasi oleh 3D lokal berikutnya FE analisis. Model 3D global analisis pada kapal ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 3D model Finite Element Analysis pada kapal tanker
 Sumber: ABS, 2004

2.7.2. Teori Nastran

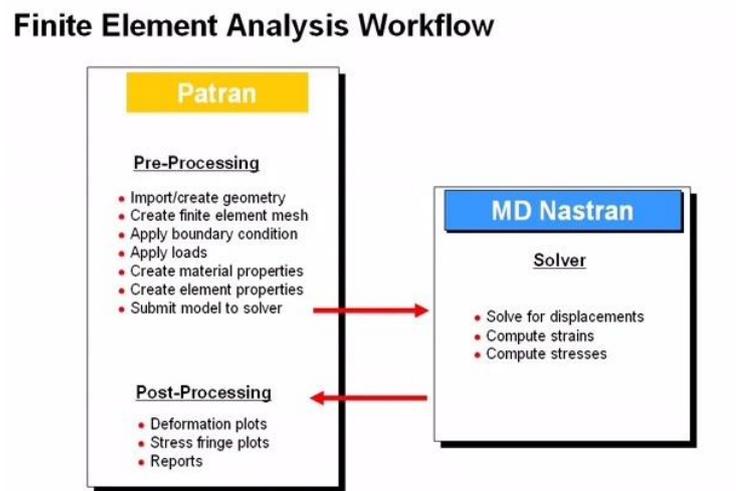
Nastran merupakan sebuah analisis elemen hingga (FEA) program yang pada awalnya dikembangkan untuk NASA pada akhir 1960-an di bawah pemerintah Amerika Serikat pendanaan untuk industri. MacNeal-Schwendler The Corporation (MSC) adalah salah satu kepala sekolah dan pengembang asli dari domain publik kode NASTRAN. *Source code* NASTRAN terintegrasi dalam sejumlah paket perangkat lunak yang berbeda, yang di distribusikan oleh berbagai perusahaan.

MSC Nastran adalah singkatan dari MacNeal-Schwendler Corp didirikan oleh dua pengembang yang bekerja di NASA dikontrak untuk membuat tujuan umum *portability* FEA untuk program-program pemerintah. Oleh karena itu MSC adalah pelopor dalam simulasi solusi untuk meningkatkan waktu ke pasar. Solusi perusahaan manufaktur memungkinkan untuk secara akurat memprediksi bagaimana desain mereka akan berperilaku dalam lingkungan, tanpa harus membangun dan menguji beberapa prototype fisik. *MSC Software* memiliki akar dalam *aerospace*, otomotif dan industri mesin berat, dimana perusahaan-perusahaan terkemuka mengandalkan MSC Software untuk membangun produk mereka. Selain aplikasi alat khusus, MSC Software juga menawarkan solusi perusahaan terintegrasi (SimXpert, SimDesigner, dan SimManager) untuk memungkinkan perluasan perusahaan untuk meningkatkan keuntungan perusahaan tingkat simulasi.

MSC Nastran adalah sebuah perangkat lunak komputer yang dikembangkan di Amerika Serikat oleh *National Aero Nautics And Space Administration (NASA)*. Perangkat lunak ini adalah sebuah program analisis elemen hingga untuk analisis tegangan (*stress*), getaran

(*vibration*) dan perpindahan panas (*heat transfer*) dari struktur dan komponen mekanik. Di dalam *software* MSC Nastran terdapat dua program utama yaitu:

- a. *Pre/post processor* yang disebut *Femap*. *Femap* berfungsi untuk merancang model, memvalidasi dan melihat hasil analisis metode elemen hingga.
- b. MSC Nastran merupakan program/kode utama metode elemen hingga yang berorientasi numerik/*text* yang berfungsi menganalisa model yang diinginkan, sehingga didapat hasil sesuai dengan jenis analisisnya.



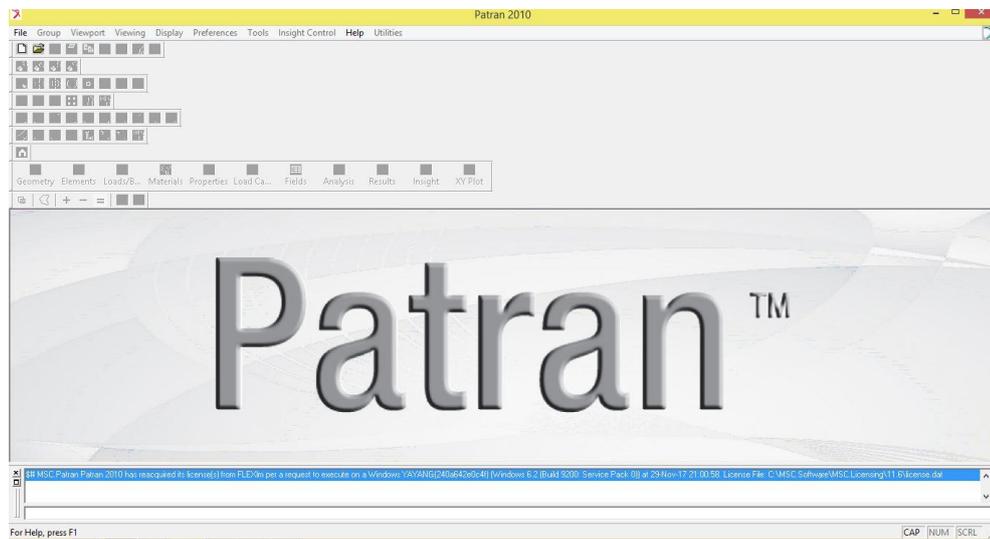
Gambar 2.8 *Workflow* MSC Nastran

2.7.3. Penggunaan Nastran

Nastran pada dasarnya merupakan suatu pemecah untuk analisis elemen hingga. Tidak memiliki fungsi yang memungkinkan untuk membangun model *grafis* atau *meshing*. Semua input dan output untuk program ini dalam bentuk file teks. Namun, beberapa pasar vendor perangkat lunak pra dan pasca *processor* yang dirancang untuk mempermudah membangun sebuah model elemen hingga dan menganalisis hasilnya. Perangkat lunak ini meliputi fungsi untuk mengimpor dan menyederhanakan CAD geometri, material dengan unsur-unsur yang terbatas, dan menerapkan beban dan hambatan. Alat yang memungkinkan pengguna untuk menyerahkan analisis untuk Nastran, dan mengimpor hasil dan menampilkannya secara *grafis*.

Fleksibel, mudah digunakan, dan kuat, insinyur MSC Nastran menyediakan alat-alat yang mereka butuhkan untuk menganalisis dan memperbaiki desain dari segala sesuatu dari komponen sederhana untuk struktur dan sistem kompleks. Hasil dari MSC Nastran sangat percaya bahwa pesawat pabrik menggunakan hasilnya untuk mendapatkan sertifikasi FAA. Ini adalah alat yang paling di uji FAA tersedia didasarkan pada kehidupan nyata penggunaan oleh

para insinyur di seluruh dunia. FAA vendor lainnya menggunakan hasil MSC Nastran untuk memvalidasi program mereka sendiri.



Gambar 2.9 Tampilan kotak kerja Patran 2010

2.7.4. Kemampuan Nastran

MSC Nastran membantu produsen mensimulasikan realitas, yang mengurangi kebutuhan untuk melakukan pengujian *prototype* fisik dan memungkinkan mereka untuk mempertimbangkan berbagai alternatif desain, sehingga akan menghemat biaya untuk dalam hal ini pembuatan *prototype* sebagai pengujian. Menggunakan MSC Nastran, insinyur dapat mengidentifikasi cacat desain manufaktur, mereka lebih awal dalam siklus, mengurangi waktu ke pasar dari produk, sementara pada saat yang sama menghemat biaya material tanpa mengurangi integritas dari produk mereka.

Kemampuan dari software ini sangat mendukung dalam dunia perindustrian, kemampuan tersebut antara lain meliputi:

- a. Solusi Stuktural yang mengambil resiko dari simulasi

Analisis tegangan, ketahanan teknik dan desainer dihampir setiap pabrik otomotif OEM dan badan pesawat diseluruh dunia menggunakan MSC Nastran untuk analisis struktural, karena mereka tahu bahwa mereka dapat mempercayai hasilnya. Ketika resiko bukanlah pilihan, MSC Nastran adalah pemecahan FEA terpercaya diatas perangkat lunak lainnya. MSC nastran memiliki unsur komprehensif perpustakaan, termasuk elemen-elemen khusus seperti *Wields*, *Bushings*, dan pengencang model yang secara akurat dan lengkap. Pilihan solusi *linier* dan *nonlinier* mencakup statika, 3D kontak, dinamika, akuistik, analisis termal, dan pengoptimalan memungkinkan pengguna untuk menentukan ukuran yang optimal, bentuk,

topologi, topografi dan pengoptimalan topografi secara bersamaan untuk mencari desain yang lebih baik.

b. Analisis komposit memvalidasi pilihan materi baru

MSC Nastran menyediakan kemampuan untuk model dan komposit untuk mengevaluasi kinerja dan kegagalan terhadap kedua kasus beban struktural dan termal. Nastran menawarkan zona kohesif VCCT dan pemodelan untuk kegagalan komposit, dan perhitungan faktor intensitas tegangan menggunakan VCCT atau metode untuk memprediksi Delaminasi Lorenzi.

c. FEA performa tinggi untuk hasil cepat

MSC Nastran dinantikan untuk kerja tinggi dan dioptimalkan untuk sistem berskala besar, majelis, dan dinamika. Mencakup kemampuan kunci *Automated Component Modal Sintesis* (ACMS) untuk modal besar berbasis analisis dan simulasi *NVH*, super elemen eksternal otomatis, pilihan memori bersama parallel *Symmetric Multiprocessing* (SMP) dan memori terdistribusi parallel (DMP).

d. Kompabilitas meyakinkan dengan MD Nastran

Models, analisis setup, dan hasil dari MSC Nastran semua 100% kompatibel dengan MD Nastran, sehingga ketika penggunaan sudah siap untuk dilanjutkan analisis multidisiplin penuh, investasi pengguna di Nastran dilindungi.

2.8. Peraturan Konstruksi Kapal Kayu

Biro Klasifikasi merupakan lembaga klasifikasi kapal yang melakukan kegiatan perumusan peraturan kekuatan konstruksi dan permesinan kapal, jaminan mutu material *marine*, pengawasan pembangunan, pemeliharaan dan perombakan kapal yang sesuai dengan peraturan klasifikasi.

Setiap kapal yang dibangun hendaknya memiliki aturan yang sesuai dengan daerah pelayaran yang dimana kapal itu akan beroperasi, dengan adanya standar dalam membangun sebuah kapal maka dapat mengurangi resiko terjadinya hal yang tidak diinginkan seperti kerusakan saat beroperasi, hal ini dimaksudkan agar awak kapal juga dapat terjamin keselamatannya dengan menaiki atau mengoperasikan kapal yang telah sesuai dengan standar dari segi kekuatan kapal tersebut. Salah satu contoh penerapan peraturan biro klasifikasi dalam pembuatan kapal kecil dalam penelitian ini adalah menggunakan BKI Volume VII 2013 yang mengatur pembangunan kapal dari desain, konstruksi, survei dan test kapal kecil yang terbuat dari kayu, alumunium atau *fiber composite*.

2.8.1. Variabel Perhitungan Konstruksi Kapal Ikan

Untuk menghitung ukuran konstruksi kapal ikan, beberapa variabel yang harus dipertimbangkan dan ikut menentukan meliputi:

- Ukuran utama (L, B, H, T, Cb)

Ukuran ini akan mempengaruhi secara langsung besar kecilnya ukuran konstruksi. Semakin besar ukuran utama akan mengakibatkan semakin besar pula beban yang bekerja pada kapal, sehingga untuk mengimbangi beban yang terjadi ukuran bagian konstruksi dikompresi lebih besar. Hal ini dikarenakan elemen konstruksi tidak boleh mengalami *stress* melebihi *permissible stress*. Hampir semua organisasi biro klasifikasi dunia menggunakan angka penunjuk (fungsi dari ukuran utama), tidak terkecuali pada BKI 2013.

- Bentuk badan kapal

Bentuk kapal diklasifikasikan menjadi kapal tipe U dan tipe V. Bentuk ini berlaku hanya untuk jenis kapal *monohull*. Dari kedua tipe ini secara beban akan berbeda dimana beban tekanan hidrostatis pada kapal tipe U akan lebih besar dibandingkan dengan kapal bentuk tipe V. Namun demikian tipe V akan mendapatkan beban gelombang dan *slamming* yang besar sehingga perlu dilakukan pengujian *impact* untuk mengetahui *impact strenght*-nya. Perbedaan perilaku dan karakteristik hidrostatis akan sangat berpengaruh pada ukuran konstruksi kapal ikan. Oleh karena itu, dalam menghitung ukuran kapal akan ada faktor koreksi karena bentuk kelengkungan.

- Sistem penggerak (layar dan mesin)

Sistem penggerak kapal ikan akan memberikan dampak pada konstruksi kapal itu sendiri. Kapal dengan penggerak mesin, mendapatkan resultan gaya yang cenderung stabil, baik resultan gaya yang bekerja akibat *thrust propeller* maupun gaya gelombang yang terjadi akibat gerakan kapal. Sedangkan kapal yang digerakkan oleh layar (angin) akan mengalami beban resultan gaya yang lebih besar dengan arah yang tidak menentu. Dengan demikian, ukuran konstruksi kapal ikan dengan penggerak layar akan ada koreksi lebih besar jika dibandingkan dengan kapal ikan penggerak mesin. Hal ini terbukti dengan adanya ukuran konstruksi yang lebih besar pada kapal layar, meskipun ukuran utama kapal tersebut sama dengan kapal yang menggunakan mesin sebagai penggerak utama.

- Beban yang bekerja

Beban yang bekerja pada kapal tidak terdistribusi secara merata ke seluruh badan kapal, namun akan bekerja bervariasi tergantung daerah dimana bagian konstruksi berada. Daerah haluan akan mendapatkan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan daerah *midship*, demikian juga pada daerah buritan. Untuk bagian kapal yang berada di kedalaman akan mengalami pembebanan yang lebih besar juga. Untuk mengantisipasi kondisi tersebut, biasanya akan dikompresi dengan kondisi penambahan ukuran, baik tebal maupun modulusnya melalui koefisien posisi konstruksi. Beban yang bekerja di sekat, geladak, *bottom*, sisi, dan bangunan atas akan sangat berbeda, sehingga berpengaruh pada penentuan ukuran bagian konstruksi setempat.

- Jenis dan sifat mekanik bahan pembuatan kapal

Jenis bahan untuk membuat kapal akan sangat berpengaruh pada ukuran bagian konstruksi kapal ikan. Hal ini dikarenakan pengaruh dari masa jenis dan sifat fisik material tersebut harus mampu konstruksi. Selain itu, perbedaan jenis material akan menimbulkan sifat mekanik yang berlainan pula. Semakin kuat (kekuatan tarik dan kekuatan lentur) sebuah material maka akan dibutuhkan modulus bagian konstruksi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan bahan dengan ukuran kekuatan yang lebih rendah. Contoh ekstrim pada logika ini adalah material baja dan kayu jati, secara jelas terbukti bahwa bahan baja akan membutuhkan ukuran konstruksi yang lebih kecil jika disandingkan dengan kapal berbahan kayu, hal ini disebabkan karena kekuatan kayu jati jauh lebih rendah dari baja.

- Sistem Konstruksi

Sistem konstruksi secara umum ada tiga macam yaitu: melintang, memanjang dan campuran. Dengan ukuran kapal ikan sebagai obyek penelitian ini ($L \leq 24$ m), tidak mungkin diterapkan sistem konstruksi melintang. Dengan sistem melintang ini, maka penempatan bagian konstruksi dan jumlahnya akan sangat mempengaruhi ukuran konstruksi. Sebagai contoh, satu galar kim dengan 2 galar kim akan berpengaruh pada ukuran gading. Sementara itu, jarak gading akan sangat mempengaruhi ukuran tebal papan kulit kapal. Pemikiran logika matematis ini juga berlaku untuk jenis bagian kapal ikan yang lain.

2.8.2. Biro Klasifikasi Indonesia 2013

Acuan *rule* yang digunakan sebagai aturan perhitungan kapal laminasi menggunakan aturan BKI 2013 tentang "Rules for Small Vessels up to 24 m" didalamnya terdapat aturan yang

mengkhususkan penggunaan kayu laminasi (*cold mould*) sebagai material utama dalam pembangunan kapal ikan. Penggunaan kayu laminasi sebagai bahan pembuatan kapal ikan, maka *workshop* yang digunakan untuk membangun kapal harus sepenuhnya tertutup dengan suhu yang tepat dan memiliki ventilasi yang memadai. Apabila menggunakan kayu laminasi dalam pembangunan kapal, maka beberapa persyaratan ini harus diperhatikan :

- a. Aturan dari produsen lem tentang penyimpanan dan penggunaan lem serta pengeras harus diamati. Perekat dan pengeras harus disimpan dalam wadah aslinya yang disegel dengan baik dan ditempatkan di tempat yang sejuk dan kering serta harus memperhatikan masa kadaluarsanya.
- b. Kelembapan komponen yang akan direkatkan harus memenuhi persyaratan, yaitu berkisar antara 8%-14%. Kelembapan dari komponen yang akan direkatkan sebaiknya memiliki kelembapan yang hampir sama atau perbedaannya tidak lebih dari 4%.
- c. Suhu dari permukaan yang akan direkatkan tidak boleh kurang dari 15° C.
- d. Permukaan yang akan direkatkan harus bebas dari segala jenis zat asing atau kontaminasi (misalnya pelumas, minyak, cat, kotoran, debu, bubuk kayu ataupun bubuk logam. Selain itu harus terbebas juga dari bahan pengawet. Apabila komponen yang akan direkatkan terkontaminasi zat pengawet, maka kesesuaian pengawet dengan perekat yang akan digunakan harus terlebih dahulu ditunjukkan dan dilakukan uji prosedur oleh BKI.
- e. Selama proses perekatan suhu udara tidak boleh berada dibawah 15° C dan kelembapan udara harus berada diatas 45%.
- f. Komposisi antara perekat dan pengeras harus sesuai dengan petunjuk manufaktur.
- g. Lem yang sudah siap digunakan dioleskan secara merata dengan menggunakan roller atau kuas cat atau dengan benda lain untuk menyatukan lapisan satu dengan lapisan lainnya. Perekat diaplikasikan sedikit demi sedikit agar mengisi sambungan. Sambungan yang tebalnya lebih dari 1 mm tidak diijinkan. Dilanjutkan dengan proses pengepresan, selama proses ini tekanan yang diberikan harus diperhatikan untuk memastikan bahwa tekanan pada veneer memadai.
- h. Perusahaan yang memproduksi lambung kayu dan kayu laminasi harus memenuhi persyaratan terkait tentang pekerjaan, peralatan bengkel, pengendalian kualitas, proses manufaktur serta pelatihan dan kualifikasi pegawai yang melaksanakan dan mengawasi pekerjaan.

Selain itu, pada aturan BKI tahun 2013 ini juga mengatur tentang pembebanan yang bekerja pada kapal, nilai besar pembebanan diperoleh dengan menggunakan rumus empiris. Berdasarkan Tabel 2.3 dapat diketahui bahwa sepanjang kapal ikan tidak menerima beban yang sama, semakin kedepan beban yang bekerja pada kapal akan bertambah besar. Perhitungan beban yang terdapat pada Tabel 2.3 nantinya digunakan sebagai acuan untuk menghitung ukuran atau dimensi pada konstruksi bagian kulit dan geladak kapal ikan.

Tabel 2.3 Beban yang bekerja pada kapal

	Design loading [kN/m ²]	
	Motor craft	Sailing craft and motor sailers
Shell bottom	P _{dBM}	P _{dBS}
≥ 0.4 L ÷ fore	2.7 L + 3.29	3.29 L – 1.41
< 0.4 L ÷ aft	2.16 L + 2.63	2.62 – 1.13
Shell side	P _{dSM}	P _{dSS}
≥ 0.4 L ÷ fore	1.88 L + 1.76	2.06 L – 2.94
< 0.4 L ÷ aft	1.5 L + 1.41	2.63 L – 2.35

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Pada perhitungan pembebanan apabila kapal memiliki kecepatan melebihi kecepatan umum (10 knot), maka perlu dilakukan koreksi beban dengan cara mengalikan hasil perhitungan beban yang didapat dari rumus pada Tabel 2.3 dengan nilai perhitungan penambahan beban, dengan melakukan perhitungan seperti rumus pada Tabel 2.4. Nilai koreksi (Cf) dari hasil perhitungan ini akan ditambahkan apabila nilai Cf > 1, namun apabila didapatkan nilai Cf ≤ 1 maka besar beban yang terjadi sesuai dengan perhitungan beban pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Beban dengan koreksi faktor kecepatan kapal

Loading Area	Correction Factor
Shell Bottom	$F_{vBW} = 0.075 \frac{v}{\sqrt{LWL}} + 0.73 \geq 1$
Shell Side	$F_{vS} = \left(0.024 \frac{v}{\sqrt{LWL}} + 0.91 \right) (1.018 - 0.0024L) \geq 1$
Internal Structural Members / Floors	$F_{VF} = \left(0.78 \sqrt{\frac{v}{\sqrt{LWL}}} - 0.48 \right) (1.1335 - 0.01L) \geq 1$
Web frame at WL bottom <i>longitudinal frames</i>	$F_{VBW} = 0.075 \frac{v}{\sqrt{LWL}} + 0.73 \geq 1$
Transverse frame webs at side	$F_{VSF} = \left(0.1 \frac{v}{\sqrt{LWL}} + 0.52 \right) (1.19 - 0.01L) \geq 1$
Side <i>longitudinal frames</i>	$F_{VSL} = \left(0.14 \frac{v}{\sqrt{LWL}} + 0.47 \right) (1.07 - 0.008L) \geq 1$
LWL and v see A.5 : $v_{max} = 12 \sqrt[4]{L} [kN]$	

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Kondisi pembebanan lain yang dialami oleh sebuah kapal adalah beban pada geladak dan bangunan atas. Beban ini secara garis besar terjadi akibat luas area geladak dan bangunan atas, perhitungan dilakukan menggunakan rumus empiris, cara mendapatkan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.5. Hasil perhitungan beban pada masing-masing daerah yang telah dilakukan perhitungan merupakan suatu *input* dalam menentukan modulus untuk komponen konstruksi pada kapal ikan. Modulus ini merupakan besaran yang dapat menggambarkan kekuatan sebuah konstruksi.

Tabel 2.5 Pembebanan geladak dan bangunan atas

Area			Sailing and motor craft ³ Design loads P_{dB} [kN/m ²]
Main deck			$0.26 L + 8.24$
Cabins	$h \leq 0.5$ m	Deck ¹	$0.235 L + 7.42$
		Wall	$0.26 L + 8.26$
Deckhouse	$h > 0.5$ m	Deck ^{1,2}	$(0.235 L + 7.42)(1-h'/10)$
		Side wall ²	$(0.26 L + 8.24)(1-h'/10)$
		Front wall	$1.25(0.26 L + 8.24)(1-h'/10)$
¹ minimum load for non walk-on cabin decks $P_{dB}=4.0$ [kN/m ²] ² $h'=0.5$ h (h=superstructure height above main deck) ³ in the case of special-purpose craft such as fishing craft, the deck load may have to be corrected as appropriate for additional loads present			

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

1. Kulit, geladak dan sekat

Tebal kulit, geladak dan sekat pada kapal ikan dengan laminasi sebagai material utamanya dapat dihitung menggunakan rumus pendekatan dengan faktor kelengkungan panel pelat, kemudian komponen beban yang bekerja, *unsupported span* dan *ultimate bending strength* yang didapat melalui hasil pegujian.

$$t = 0,0452 \cdot f_k \cdot b \cdot \sqrt{\frac{P_d}{\sigma_{Rm}}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- t = tebal minimum (mm)
- f_k = faktor kelengkungan panel kulit
- b = jarak gading (m)
- P_d = beban pada konstruksi (kN)
- σ_{Rm} = *ultimate bending strength* [N/mm²]

Perhitungan untuk mendapatkan tebal kulit pada suatu daerah tertentu maka harus disesuaikan dengan kondisi beban yang terjadi pada daerah tersebut. Dari rumus perhitungan 2.6 hanya faktor pembebanan yang membedakan, maka dari seluruh

perhitungan kondisi pembebanan akan didapatkan hasil ukuran tebal kulit pada lambung bagian sisi dan bawah juga didapatkan tebal kulit pada geladak kapal.

2. Lunas, linggi dan galar

Material yang digunakan sebagai lunas, linggi dan galar harus mempunyai massa jenis 0,56 g/cm³. Apabila bahan material yang akan digunakan memiliki massa jenis yang berbeda, maka akan digunakan faktor k_s sebagai faktor pengali dari luas penampang member konstruksi yang telah didapatkan.

$$k_s = \frac{0.56}{\rho} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

k_s = faktor pengali

ρ = massa jenis [g/cm³]

Dalam mendapatkan ukuran atau dimensi dari member konstruksi lunas, linggi dan galar dapat dilakukan dengan melihat pada angka penunjuk dengan faktor acuan angka penunjuk L kapal.

Tabel 2.6 Tabel penentuan ukuran lunas

Scantling length L [m]	Keel			
	Sailing yachts amidships		Motor yachts amidships	
	height [mm]	width [mm]	height [mm]	cross-section ¹ [cm ²]
6	75	150	70	80
8	90	185	80	130
10	110	220	90	190
12	125	255	105	250
14	140	285	115	310
16	160	320	125	380
18	175	355	140	450
20	195	385	150	520
22	210	410	165	600
24	230	435	180	690
26	245	455	190	770
28	260	470	205	800
30	280	480	220	950

¹ Applies to internal and external keels

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Pada penentuan ukuran lunas akan didapatkan dimensi tinggi (*web*) dan lebar (*face*) setelah melihat pada tabel penunjuk. Acuan angka penunjuk yang digunakan adalah faktor L (panjang konstruksi kapal), apabila nilai L semakin besar akan berbanding lurus dengan ukuran komponen konstruksi yang semakin besar pula.

Tabel 2.7 Tabel penentuan ukuran linggi

Scantling length L	Stem foot heights and widths ¹		Stem head&sternpost height and widths ¹	
	Sailing yachts	Motor yachts	Sailing yachts	Motor yachts
[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ²]
6	90	75	75	75
8	105	90	90	85
10	120	110	100	95
12	140	125	115	105
14	155	140	125	115
16	170	160	140	125
18	190	175	150	140
20	205	195	165	150
22	220	210	175	160
24	240	230	190	170
26	255	245	200	180
28	270	260	215	190
30	290	280	230	200

¹ widths are to be measured halfway up the profile

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Sedangkan untuk menentukan dimensi ukuran linggi kapal dapat dilihat pada angka penunjuk dengan acuan faktor L (panjang konstruksi kapal) pada Tabel 2.7. Sama halnya dengan lunas, linggi pada kapal terletak pada bagian luar dan bagian dalam kapal.

Tabel 2.8 Tabel penentuan ukuran galar

Scantling length L	Beam shelf cross section	
	Sailing yachts	Motor yachts
[m]	[cm ²]	[cm ²]
6	29	32
8	40	40
10	50	50
12	70	60
14	90	80
16	110	100
18	130	110
20	150	130
22	170	150
24	190	170
26	220	190
28	250	210
30	280	240

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Pada Tabel 2.8 kita dapat menentukan ukuran dari galar sesuai dengan angka penunjuk faktor L (panjang konstruksi kapal), akan tetapi pada tabel ini hanya menjelaskan dari luas penampang, maka dapat ditentukan sendiri untuk ukuran dimensi lebar (*face*) dan tinggi (*web*). Sedangkan untuk lunas, ukuran yang didapatkan adalah ukuran tinggi dan lebar (mm). Galar diasumsikan memiliki bentuk persegi, sehingga seperti yang terlihat pada Tabel 2.8 ukuran galar yang didapatkan hanya satu ukuran saja dalam satuan milimeter, tidak ada ukuran tinggi dan lebar seperti yang terdapat pada penentuan ukuran lunas. Berdasarkan Tabel 2.6, Tabel 2.7, dan Tabel 2.8 ukuran-ukuran yang akan didapatkan dikelompokkan menjadi dua bagian utama, yaitu kapal bermesin dan kapal layar. Ukuran kapal layar lebih besar daripada ukuran konstruksi kapal mesin, hal ini dikarenakan gaya yang bekerja pada kapal layar lebih *fluktuatif*. Dengan demikian terdapat penambahan yang lebih besar terhadap ukuran konstruksi pada kapal layar.

3. Wrang, gading, balok geladak dan pembujur sekat

Menentukan ukuran komponen konstruksi pada wrang, gading, balok geladak, dan pembujur sekat didapatkan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus empiris yang akan mendapatkan besaran nilai berupa modulus penampang. Menurut aturan dari BKI Vol VII 2013 telah dijelaskan untuk mendapatkan nilai modulus dari konstruksi ini dapat dilihat rumus perhitungannya pada Tabel 2.9, Tabel 2.10, Tabel 2.11 dan Tabel 2.12 kemudian hasil modulus dari perhitungan tersebut akan dikalikan dengan karakteristik dari material yang digunakan (k_{10}). Pada penentuan ukuran komponen konstruksi ini terdapat faktor tegangan (*ultimate stress*) yang didapatkan setelah melakukan pengujian uji kuat tarik. Faktor tersebut akan mempengaruhi hasil dari karakteristik material yang digunakan sebagai faktor pengali setelah didapatkan nilai modulus dari setiap komponen konstruksi kapal ikan, dalam hal ini yang dimaksud adalah komponen konstruksi wrang, gading, balok geladak, dan pembujur sekat.

$$k_{10} = \frac{152}{\sigma_{Rm}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

k_{10} = karakteristik material

σ_{Rm} = ultimate stress [MPa]

Perhitungan untuk mendapatkan modulus pada wrang dan gading kapal dapat dilihat pada Tabel 2.9. Pada tabel tersebut dijelaskan rumus untuk mencari modulus dari

komponen konstruksi tersebut. terdapat dua macam rumus perhitungan modulus yang dihasilkan W_B dan $W_{B(\min)}$ untuk perhitungan wrang, kemudian W_S dan $W_{S(\min)}$ untuk perhitungan pada gading. Apabila nilai W_B atau W_S kurang dari minimumnya maka modulus yang dipakai adalah hasil perhitungan minimumnya.

Tabel 2.9 Perhitungan modulus wrang dan gading

Section moduli of floors and transverse frames of motor-, sailing crafts and motorsailers [cm ³]		
Floors	Motor craft	$W_B = 3.21 \cdot e \cdot l^2 \cdot F_{VF} \cdot P_{dBM} \cdot 10^{-3}$ $W_{B(\min)} = 3.21 \cdot e \cdot k_4^2 \cdot F_{VF} \cdot P_{dBM} \cdot 10^{-3} \geq W_S$
	Sailing craft and motorsailer	$W_B = 2.72 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_{dBS} \cdot 10^{-3}$ $W_{B(\min)} = 2.72 \cdot e \cdot k_4^2 \cdot P_{dBS} \cdot 10^{-3} \geq W_S$
Transverse frames	Motor craft	$W_S = 2.18 \cdot e \cdot l^2 \cdot F_{VSF} \cdot P_{dSM} \cdot 10^{-3}$ $W_{S(\min)} = 2.18 \cdot e \cdot k_4^2 \cdot F_{VSF} \cdot P_{dSM} \cdot 10^{-3} \geq L$
	Sailing craft and motorsailer	$W_S = 2.26 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_{dSS} \cdot 10^{-3}$ $W_{S(\min)} = 2.26 \cdot e \cdot k_4^2 \cdot P_{dSS} \cdot 10^{-3} \geq L$

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Sedangkan untuk mendapatkan modulus penampang dari pembujur alas dan pembujur sisi dapat dilihat rumus pada Tabel 2.10. Hampir sama dengan perhitungan pada wrang dan gading terdapat nilai modulus W_{BL} dan $W_{BL(\min)}$ untuk perhitungan pembujur alas, kemudian W_{SL} dan $W_{SL(\min)}$ untuk perhitungan pembujur sisi. Nilai modulus yang digunakan adalah hasil yang terbesar dari perhitungan yang telah dilakukan. Setelah didapatkan nilai modulus kemudian dikali dengan faktor pengali karakteristik material yang telah dihitung sebelumnya.

Tabel 2.10 Perhitungan modulus pembujur alas dan pembujur sisi

Section moduli of longitudinal frames of motor, sailing crafts and motorsailers [cm ³]		
Bottom longitudinal	Motor craft	$W_{BL} = 2.14 \cdot e \cdot l^2 \cdot F_{VL} \cdot P_{dBM} \cdot 10^{-3}$ $W_{BL(\min)} = 2.14 \cdot e \cdot k_5^2 \cdot F_{VL} \cdot P_{dBM} \cdot 10^{-3} \geq L$
	Sailing craft and motorsailer	$W_{BL} = 1.82 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_{dBS} \cdot 10^{-3}$ $W_{BL(\min)} = 1.82 \cdot e \cdot k_5^2 \cdot P_{dBS} \cdot 10^{-3} \geq L$
Side longitudinal frames	Motor craft	$W_{SL} = 2.07 \cdot e \cdot l^2 \cdot F_{VSL} \cdot P_{dSM} \cdot 10^{-3} \geq L$ $W_{SL(\min)} = 2.07 \cdot e \cdot k_5^2 \cdot F_{VSL} \cdot P_{dSM} \cdot 10^{-3} \geq L$
	Sailing craft and motorsailer	$W_{SL} = 2.16 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_{dSS} \cdot 10^{-3} \geq L$ $W_{SL(\min)} = 2.16 \cdot e \cdot k_5^2 \cdot P_{dSS} \cdot 10^{-3} \geq L$

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Tabel 2.11 Perhitungan modulus penguat sekat

Section moduli of water-and fuel tank wall stiffeners of motor, sailing craft and motorsailers [cm ³]	
Section moduli vertical stiffeners	$W_{QV} = 0.017 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{fV} \cdot \left(h' + \frac{l}{2} \right)$ $W_{QV(\min)} = 6.0 \cdot (350 + 5 \cdot L) \cdot F_{fV} \cdot 10^{-3}$
Section moduli horizontal stiffeners	$W_{QH} = 0.03 \cdot b \cdot l^2 \cdot F_{fH} \cdot h_4$ $W_{QH(\min)} = 10.3 \cdot (350 + 5 \cdot L) \cdot F_{fH} \cdot 10^{-3}$
a	= stiffener spacing [mm]
b	= Unsupported length
l	= stiffener length [mm]
h ₄	= height of deck at side above top of stiffeners [m]
h'	= vertical distance from centre of stiffener to deck [m]
F _{fV}	= 1.0 for stiffeners with free ends $= \frac{0.8}{3.75(2 \cdot h' + l)}$ or stiffeners with bracket attachment at each end
F _{fH}	= 1.0 for stiffeners with free ends = 0.667 or stiffeners with bracket attachment at each end

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Pada Tabel 2.11 dapat kita lihat rumus untuk mendapatkan modulus dari penguat sekat, dalam perhitungan ini terdapat W_{QV} dan $W_{QV(\min)}$ untuk modulus penegar *vertical* sedangkan W_{QH} dan $W_{QH(\min)}$ untuk perhitungan modulus penegar sekat secara *horizontal*. Nilai modulus yang digunakan adalah hasil yang terbesar dari perhitungan yang telah dilakukan. Setelah didapatkan nilai modulus kemudian dikali dengan faktor pengali karakteristik material yang telah dihitung sebelumnya.

Tabel 2.12 Perhitungan modulus balok geladak

Section moduli of main deck beams for motor and sailing craft and motorsailers [cm ³]	
Weather deck beams	$W_{DU} = 2.04 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_{dD}$ $W_{DU(\min)} = 1.65 \cdot e \cdot P_{dD}$
Beams within deckhouse	$W_{DUI} = 2.04 \cdot k_8 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_{dD}$ $W_{DUI(\min)} = 1.65 \cdot k_8 \cdot e \cdot P_{dD}$
e	= distance of girders [m]
l	= Unsupported length of girder [m]
P _{dD}	= see A.1.9.4
k ₈	= correction factor for craft whose length $L = 10.0$ m = 0.9-0.01 L

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Pada Tabel 2.12 dapat kita lihat rumus untuk mendapatkan modulus dari balok geladak, dalam perhitungan ini terdapat W_{DU} dan $W_{DU(min)}$ untuk modulus balok geladak sedangkan W_{DUI} dan $W_{DUI(min)}$ untuk perhitungan modulus balok geladak pada bangunan atas. Nilai modulus yang digunakan adalah hasil yang terbesar dari perhitungan yang telah dilakukan. Setelah didapatkan nilai modulus kemudian dikali dengan faktor pengali karakteristik material yang telah dihitung sebelumnya. Pada saat melakukan perhitungan terdapat variabel pembebanan, variabel ini telah dilakukan perhitungan sebelumnya, kondisi pembebanan yang dipakai harus sesuai dengan kondisi konstruksi yang sedang dicari modulusnya. Dari perhitungan modulus komponen konstruksi wrang, gading, balok geladak, dan pembujur sekat yang telah dilakukan perhitungan sesuai dengan Tabel 2.9, Tabel 2.10, Tabel 2.11 dan Tabel 2.12 kemudian dikalikan dengan formula 2.8. Ukuran konstruksi bisa didapatkan dengan melihat Tabel 2.13, dimana modulus yang didapatkan akan digunakan sebagai angka penunjuk untuk mendapatkan lebar dan tinggi dari item-item konstruksi yang terdapat pada kapal ikan.

Tabel 2.13 Tabel ukuran konstruksi

W	Breadth × Height
cm³	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

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI

3.1. Metode

Dalam Tugas Akhir ini penulis melakukan penelitian dengan metode eksperimen statistik. Metode eksperimen yang dimaksud adalah suatu penelitian yang dilakukan untuk mengetahui suatu akibat yang ditimbulkan dari suatu perlakuan yang diberikan secara sengaja terhadap bambu laminasi dalam pembebanan yang berakibat kepada arah sumbu dari material tersebut pada kondisi sebagai konstruksi kapal ikan. Penulis akan melakukan eksperimen pengujian kuat tarik dan kuat tekuk, arah untuk pengujian tarik dilakukan dua variasi yaitu arah *tangential* dan arah *radial*, sedangkan untuk pengujian tekuk dilakukan satu variasi yaitu arah *tangential*. Data penunjang yang lainnya akan diambil sesuai dengan hasil dari penelitian sifat mekanik dari bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*).

Data hasil dari pengujian selanjutnya akan dianalisis terlebih dahulu apakah memenuhi standar minimum dari peraturan Biro Klasifikasi Indonesia. Setelah itu dapat ditarik kesimpulan apakah bambu laminasi dengan arah *tangential* dan *radial* memenuhi untuk kekuatan minimum konstruksi kapal ikan. Penulis bermaksud melakukan suatu penelitian dengan membuat pemodelan struktur konstruksi kapal ikan, pemodelan tersebut dibantu dengan menggunakan komputer. Simulasi pemodelan struktur tersebut dapat memudahkan pembaca untuk mengetahui distribusi tegangan yang terjadi akibat pembebanan, selain itu untuk mengetahui letak dan besar tegangan maksimum yang terjadi.

Studi kasus yang diteliti dalam penelitian ini adalah Bambu Betung, bambu tersebut didapatkan dari daerah Kota Pacet. Pengujian material pada penelitian ini terdapat dua pengujian, yaitu: pengujian tarik dan pengujian tekuk. Pada pengujian tarik terdapat dua variasi arah *tangential* dan arah *radial*. Arah *tangential* yaitu arah yang searah dengan pertumbuhan kulit bambu sedangkan untuk arah *radial* yaitu arah tarik yang tegak lurus dengan arah dari serat bambu.

3.2. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini diantaranya hasil pengujian kuat tarik dan tekuk dari bambu betung, termasuk berat jenis dan karakteristik lainnya.

Selanjutnya setelah didapatkan data hasil uji tersebut akan dibuat simulasi pemodelan struktur kekuatan konstruksi. Kapal yang dijadikan studi kasus untuk pemodelan dan analisis adalah kapal ikan tradisional. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software* MSC Patran 2010, sedangkan untuk metode analisis menggunakan *software* MSC Nastran 2010.

3.2.1. Menentukan Ukuran Utama Kapal

Perhitungan ukuran komponen konstruksi kapal meliputi, lunas, linggi haluan, gading, galar kim, galar balok, dan balok geladak. Selain itu perhitungan juga dilakukan untuk mendapatkan tebal wrang, tebal kulit, tebal geladak. Dalam menentukan ukuran utama kapal dilakukan pengambilan data dengan survei kondisi di lapangan. Survei yang dilaksanakan pada hari Jum'at tanggal 28 April 2017 mengambil data kapal di daerah Desa Kandangsemangkon, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan sebagai acuan kapal ikan kayu dengan kapasitas 20 GT. Data ukuran utama kapal didapat dengan melakukan wawancara kepada pemilik kapal "Ocean Boys" kemudian dilanjutkan mengukur kapal tersebut.



Gambar 3.1 Kapal ikan kayu kapasitas 20 GT

Pada Gambar 3.1 menunjukkan potret kondisi kapal yang dijadikan acuan untuk pengambilan data Tugas Akhir ini. Survei ini bertujuan untuk mendapatkan *lines plan* kapal ikan 20 GT yang terdapat di daerah Lamongan. Karena dalam pembangunan kapal ikan ini masih berasaskan kearifan lokal yaitu dengan pembangunan kapal secara turun temurun sesuai kondisi kapal yang telah ada mulai dari bentuk, konstruksi, ukuran dan sebagainya, maka dari pemilik kapal pun tidak memiliki gambar *lines plan* dari kapal ini. Data untuk mendapatkan *lines plan* dilakukan pengukuran secara langsung terhadap koordinat-koordinat pada tiap gading yang ada. Proses pengukuran ini diulangi terus-menerus sampai mendapatkan data koordinat dari tiap gading yang ada pada Kapal Ocean Boys. Dari koordinat yang telah

didapatkan nantinya akan dilakukan proses *redraw* menggunakan *software AutoCAD*. Selanjutnya setelah mendapatkan bentuk *body plan*, penulis melakukan proses desain kapal ini menggunakan *software Maxsurf Modeler* untuk mendapatkan *lines plan* kapal secara keseluruhan.

3.3. Proses Pembuatan Spesimen Uji

Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu penulis akan membuat spesimen uji. Dalam membuat spesimen uji, ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam memilih jenis atau karakteristik bambu. Hal ini dimaksudkan agar proses pembuatan spesimen dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan standar pengujian. Tahap persiapan material selanjutnya akan dijelaskan pada sub bab di bawah mengenai, pemilihan bambu, penggunaan bahan dan peralatan dan pembuatan bilah.

3.3.1. Bahan dan Peralatan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan spesimen uji pada eksperimen Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

Alat:

1. Mesin *Auto Single Planner*
2. Mesin *Hand Planner*
3. Alat *press*
4. Ragum dan Klem
5. Alat potong (gergaji dan gerinda)
6. Parang dan Bendo
7. Alat ukur (penggaris, penggaris siku, meteran, jangka sorong)
8. Kapi

Bahan:

1. Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) dengan dimensi 250x25x2,5 mm dan 700x25x2,5 mm
2. Lem "*Propan Epoxy Bond EWA-120*"

3.3.2. Pemilihan Bambu

Material dasar yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) bambu didapatkan dari daerah Kota Pacet, Kabupaten Mojokerto.

Bambu yang digunakan untuk penelitian ini berusia tanam lebih dari tiga tahun dengan dimensi dan ketinggian yang diambil secara acak. Pada Gambar 3.2 di bawah ini merupakan salah satu perkebunan bambu di daerah Pacet, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur.



Gambar 3.2 Bambu Betung di daerah Pacet, Mojokerto

Bambu yang diambil dengan kriteria batang bambu harus selurus mungkin tanpa adanya lengkungan yang ekstrem. Kemudian bambu yang diambil berbentuk bilah dengan ukuran panjang dua meter dan lebar bilah kurang lebih tiga setengah centimeter. Selanjutnya dilakukan pembersihan kuku yang masih terdapat pada bilah bambu untuk memudahkan proses *machining*.



Gambar 3.3 Batang bambu yang dipecah menjadi bilah sepanjang 2 meter

3.3.1. Pembuatan Bilah

Setelah melewati proses pembersihan kuku-kuku bambu, tiap bilah bambu sepanjang dua meter ditipiskan dengan menggunakan mesin *planar* dengan ketebalan rata-rata lima

milimeter. Proses penipisan bilah bambu dengan menggunakan mesin *planar* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Menghilangkan kulit bambu menggunakan mesin *planar*

Bilah bambu yang telah di-*planar* selanjutnya dipotong secara melintang menggunakan *jigsaw* dan menghasilkan ukuran panjang lima puluh dan tujuh puluh centimeter. Hal ini dimaksudkan karena akan dilakukannya dua pengujian yang berbeda, hasil pemotongan bilah dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Potongan bilah sepanjang 50 cm dan 70 cm

Penipisan bilah bambu dengan mesin *planar* menghasilkan ketebalan bilah bambu menjadi seragam, akan tetapi untuk bagian tepi bilah bambu masih belum rata. Maka dilakukan pemerataan bagian tepi bilah dengan cara diratakan dengan mesin serut (*handplanar*). Hasil dari proses tersebut bertujuan untuk mendapatkan lebar bilah yang seragam. Lebar bilah yang dimaksud adalah sebesar 2,5 cm. Sehingga diperoleh dimensi akhir bilah dengan ukuran 250 x 25 x 2,5 mm dan 700 x 25 x 2,5 mm. Proses pemerataan bilah dan dengan mesin *hand planar* dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 (a) pemerataan sisi bilah menggunakan *handplanar*; (b) hasil akhir bilah yang seragam

3.3.2. Pembuatan Spesimen Uji

Spesimen uji dibentuk menjadi papan laminasi utuh, dimana bahan bakunya berupa bilah-bilah bambu yang telah mengalami proses sesuai pada penjelasan sebelumnya. Spesimen uji dibedakan menjadi dua pengujian, yaitu pengujian tarik dan pengujian tekuk pengujian tarik sendiri terdapat dua variasi, yaitu variasi arah *radial* dan variasi arah *tangential*, kemudian untuk pengujian tekuk dengan variasi arah *tangential*. Adapun urutan langkah-langkah pembuatan papan laminasi dijelaskan sebagai berikut:

- a. Menyusun bilah bambu sesuai dengan variasi pengujian kemudian diberi nomor sebagai perencanaan awal pembentukan papan spesimen laminasi yang akan dibentuk,



Gambar 3.7 Penyusunan bilah bambu

- b. Sesuai aturan susunan metode tumpuk bata, bilah disusun satu persatu dengan ukuran 450 x 250 x 2,5 mm untuk spesimen uji tarik dan ukuran 700 x 250 x 2,5 mm untuk spesimen uji tekuk,



Gambar 3.8 Susunan bilah bambu menjadi bentuk papan

- c. Perekat *epoxy* dipersiapkan dengan rasio *resin-hardener* adalah 1:1 dan berat total kedua senyawa tersebut 600 gram untuk satu papan laminasi uji tarik dan 700 gram untuk satu papan laminasi spesimen uji tekuk,



Gambar 3.9 Pencampuran dan pengadukan perekat

- d. Susunan bilah yang telah diberi nomor diletakkan sesuai urutannya di atas mesin *press* yang diberi alas kertas, kemudian tiap lapisan dioleskan perekat menggunakan kapi secara merata hingga lapisan terakhir atau bilah yang teratas,



Gambar 3.10 Proses perekatan bilah bambu

- e. Setelah proses pengeleman selesai, lapisan terakhir ditutupi kertas diikuti dengan peletakkan pelat bagian atas dan kemudian tiap penumpu diposisikan segaris agar proses pengempaan merata,



Gambar 3.11 Proses pengepresan papan spesimen

- f. Proses pengeringan perekat membutuhkan waktu kurang lebih selama 12 jam,
- g. Papan laminasi yang telah kering dibersihkan dari sisa kertas yang menempel dan perekat yang berlebih menggunakan mesin *planar* dan amplas, dimana hasil dari pembersihannya dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Papan spesimen uji tarik *tangential*

- h. Proses terakhir yaitu papan laminasi yang telah dibersihkan selanjutnya dibentuk menjadi dua jenis spesimen uji dengan dimensi yang diisyaratkan mengacu pada Gambar 2.5 untuk uji tarik dan Gambar 2.6 untuk uji tekuk.

3.4. Pengujian Spesimen

Pada tahap ini dilaksanakan pengujian tarik dan tekuk spesimen bambu laminasi menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Dari pengujian tarik dihasilkan grafik beban-regangan, sedangkan pada pengujian tekuk dihasilkan grafik beban-defleksi. Pengujian

seluruhnya dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Departemen Teknik Perkapalan ITS.

3.4.1. Tahapan Pengujian Tarik

Pengujian tarik dibagi menjadi dua variasi, yaitu variasi arah *radial* dan variasi arah *tangential*. Tiap spesimen uji diberikan kode dan nomor berdasarkan variasi dan jumlahnya, guna mempermudah pengumpulan data. Kode R digunakan untuk spesimen uji dengan variasi arah *radial*, sedangkan untuk variasi arah *tangential* menggunakan kode T. Setiap pengujian variasi tarik maupun tekuk, dibutuhkan 5 spesimen uji.

Spesimen uji tarik sebelumnya diukur luas penampang melintang (A_0) di bagian tengah tiap spesimen, dimana nilai A_0 tersebut nantinya digunakan untuk melakukan perhitungan kuat tarik bambu laminasi. Setelah pencatatan A_0 , kedua ujung spesimen dimasukkan pada klem mesin tarik, klem yang digunakan untuk melakukan pengujian disesuaikan dengan dimensi spesimen uji.



Gambar 3.13 Pengujian tarik

Universal Testing Machine (UTM) untuk pengujian tarik spesimen bambu laminasi diatur menggunakan skala beban 40 agar grafik beban pemuluran mudah dibaca. Jarum penunjuk beban pada UTM harus berada pada angka 0 sebelum diberikan pembebanan. Pembebanan diberikan secara kontinyu dengan laju pembebanan konstan dan dilakukan hingga spesimen uji patah di bagian tengah. Selama proses pengujian, spesimen yang dijepit pada UTM harus dikontrol untuk menghindari terjadinya selip. Besarnya beban dan pemuluran tiap spesimen yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada kertas *milimeter block* dapat terbaca

dengan baik. Prosedur pengujian berlaku untuk semua spesimen uji tarik. Proses pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 3.13.

3.4.2. Tahapan Pengujian Tekuk

Spesimen uji tekuk sebelumnya dilakukan penandaan pada titik tengah tiap spesimen yang ditandai dengan garis, dimana garis ini merupakan acuan pusat beban. Setelah pemberian garis acuan pusat beban, spesimen diletakkan pada tumpuan UTM.



Gambar 3.14 Spesimen uji tekuk

Universal Testing Machine (UTM) untuk pengujian tekuk spesimen bambu laminasi diatur menggunakan skala beban 40 agar grafik beban-defleksi lebih mudah dibaca. Jarum penunjuk beban pada UTM harus berada pada angka 0 sebelum diberikan pembebanan. Pembebanan diberikan secara kontinyu dengan laju pembebanan konstan dan dilakukan hingga spesimen uji patah di bagian tengah, patahan pada spesimen uji tekuk ditunjukkan pada Gambar 3.15. Selama proses pengujian, besarnya beban dan defleksi tiap spesimen ditampilkan dalam bentuk grafik pada kertas *milimeter block*. Prosedur pengujian di atas berlaku untuk semua spesimen uji tekuk.



Gambar 3.15 Pengujian tekuk

3.5. Pengolahan Data dan Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan grafik beban-pemuluran pada pengujian tarik, diperoleh nilai beban maksimum dan total pemuluran tiap spesimen uji. Nilai beban dan pemuluran selanjutnya diolah secara matematis dengan menggunakan formulasi yang telah dijelaskan pada Bab 2, yaitu menggunakan formulasi 2.1, 2.2, dan 2.3, dimana secara berurutan dihasilkan nilai kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitas tarik. Sedangkan berdasarkan grafik beban-defleksi pada pengujian tekuk, diperoleh nilai beban maksimum dan total defleksi tiap spesimen uji. Nilai beban dan defleksi selanjutnya diolah secara matematis dengan menggunakan formulasi 2.4 dan 2.5, dimana secara berurutan dihasilkan nilai kuat tekuk dan modulus elastisitas tekuk spesimen uji. Hasil akhir nilai regangan/defleksi, kuat tarik/kuat tekuk, dan modulus elastisitas tiap spesimen uji diperoleh dari nilai rata-rata pada lima kali pengujian per variasi. Proses pengolahan data berlaku untuk semua spesimen uji tarik dan tekuk.

Seluruh hasil pengujian spesimen bambu laminasi, baik pengujian tarik arah *radial* dan arah *tangential*, juga pengujian tekuk arah *tangential* akan ditampilkan dalam grafik nilai regangan/defleksi, kuat tarik/kuat tekuk, dan modulus elastisitas. Selanjutnya pembahasan dilakukan dengan mengidentifikasi nilai kuat tarik dan kuat tekuk seluruh hasil pengujian dibandingkan dengan batas tegangan izin BKI tahun 2013 tentang Kapal Kecil ≤ 24 meter sebagai persyaratan material konstruksi kapal ikan bambu laminasi kapasitas 20 GT.

3.6. Perhitungan Ukuran Konstruksi

Regulasi yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah *rule* BKI 1996, BKI 2013, sehingga aturan yang berkaitan dengan semua perhitungan yang ada mengacu pada

regulasi tersebut. Perhitungan ukuran komponen konstruksi kapal meliputi, lunas, linggi haluan, gading, galar kim, galar balok, dan balok geladak. Selain itu mengukur tebal wrang, tebal kulit, dan tebal geladak.

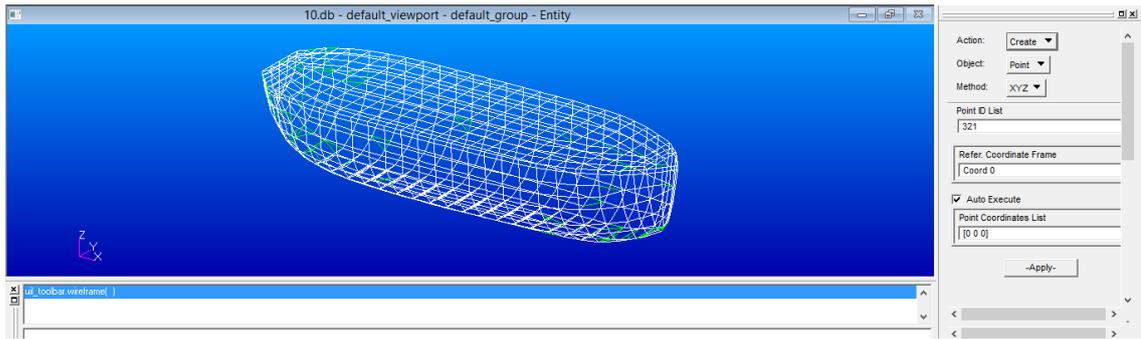
Dalam perhitungan ukuran konstruksi kapal ikan 20 GT berbahan laminasi bambu betung digunakan rumus yang ada pada Tabel 2.3, Tabel 2.4, dan Tabel 2.5 untuk memperoleh beban yang bekerja pada bagian kapal, kemudian dari beban yang didapatkan ini akan dihitung ketebalan kulit, geladak dan sekat menggunakan formula 2.6. Untuk mendapatkan ukuran lunas, linggi dan galar digunakan Tabel 2.6, Tabel 2.7 dan Tabel 2.8 dengan panjang konstruksi digunakan sebagai angka penunjuknya. Sedangkan untuk perhitungan wrang, gading dan pembujur sekat digunakan Tabel 2.9, Tabel 2.10, Tabel 2.11 dan Tabel 2.12 untuk mendapatkan modulus dari member konstruksi, setelah didapatkan nilai modulus dari masing-masing member konstruksi kemudian akan dikalikan dengan karakteristik material yang telah dijelaskan pada formula 2.8. Dan akhirnya akan dilihat ukuran tinggi dan lebar dari member konstruksinya pada Tabel 2.13 dengan modulus sebagai angka penunjuknya.

3.7. Langkah Pemodelan Struktur

Dalam pembuatan model kapal pada Tugas Akhir ini, *software* pemodelan yang digunakan adalah MSC Nastran. Pemodelan dan analisis dalam *software* MSC Nastran dilakukan terpisah, yakni menggunakan MD Patran dan MD Nastran. MD Patran berperan sebagai media pembuatan model yang terdiri dari geometri, *material properties*, kondisi batas, pembebanan, dan pembuatan elemen, sedangkan pada tahap pemrosesan data (*running*) dilakukan melalui MD Nastran yang bertindak sebagai *solver*.

a. Pembuatan Model Dasar

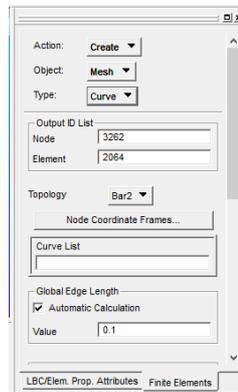
Langkah pertama dalam melakukan analisis di Nastran adalah membuat model di Patran. Dalam Tugas Akhir ini model yang akan dianalisis adalah model konstruksi kapal ikan 20 GT. Langkah yang pertama adalah pembuatan bentuk model konstruksi menggunakan perintah *curve* pada *geometry* Patran sesuai dengan bentuk yang didapatkan dari hasil survei lapangan di daerah Paciran, Lamongan. Perintah yang diberikan adalah *Geometry* → *Action: Create* → *Object: Curve* → *Method: Point*. Selanjutnya adalah membuat model kulit menggunakan perintah *surface* pada *geometry* Patran sesuai dengan bentuk kapal. Perintah yang diberikan adalah *Geometry* → *Action: Create* → *Object: Surface* → *Method: Curve*.



Gambar 3.16 Membuat model pada patran

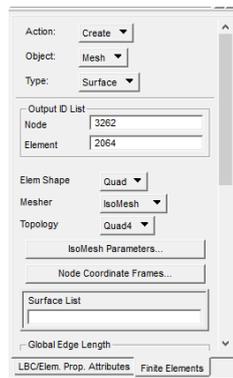
b. Melakukan Proses *Meshing*

Langkah yang kedua adalah melakukan proses *mesh* pada model yang dibuat. Proses *mesh* digunakan untuk membagi model yang telah dibuat menjadi elemen yang akan dianalisis. Semakin banyak jumlah elemen, maka akan semakin teliti proses pembacaan hasil.



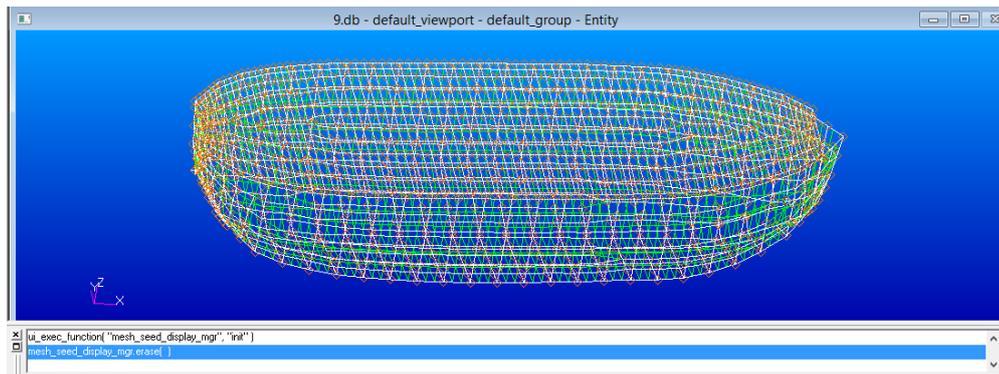
Gambar 3.17 Perintah *mesh* pada model *curve*

Dalam analisis yang dilakukan pada Tugas Akhir ini menggunakan jumlah dan ketelitian otomatis sesuai dengan yang diisyaratkan oleh *software*. Proses *mesh* dilakukan dua kali dikarenakan ada dua tipe model. Tipe yang pertama melakukan proses *mesh* pada tipe kurva yang merupakan permodelan konstruksi. Perintah yang diberikan adalah *Element* → *Action: Create* → *Object: Mesh* → *Type: Curve*. Tahap melakukan perintah dari proses *meshing* pada bagian *curve* dapat dilihat pada Gambar 3.17.



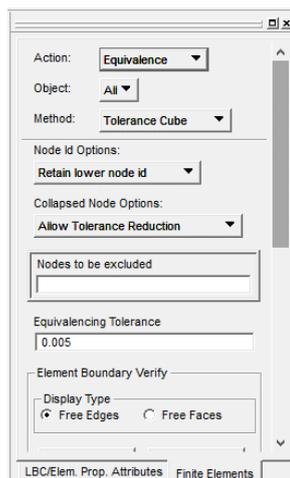
Gambar 3.18 Perintah *mesh* pada model *surface*

Kedua melakukan proses *mesh* pada tipe *surface* yang merupakan pemodelan kulit. Tahap dalam melakukan perintah proses *meshing* bagian *surface* dapat dilihat pada Gambar 3.18. Perintah yang diberikan adalah *Element* → *Action: Create* → *Object: Mesh* → *Type: Surface*. Pada *mesh surface* perintah yang digunakan adalah tipe *element IsoMesh Quad4* yang berarti bentuk elemen hasil adalah persegi.



Gambar 3.19 Hasil proses *meshing*

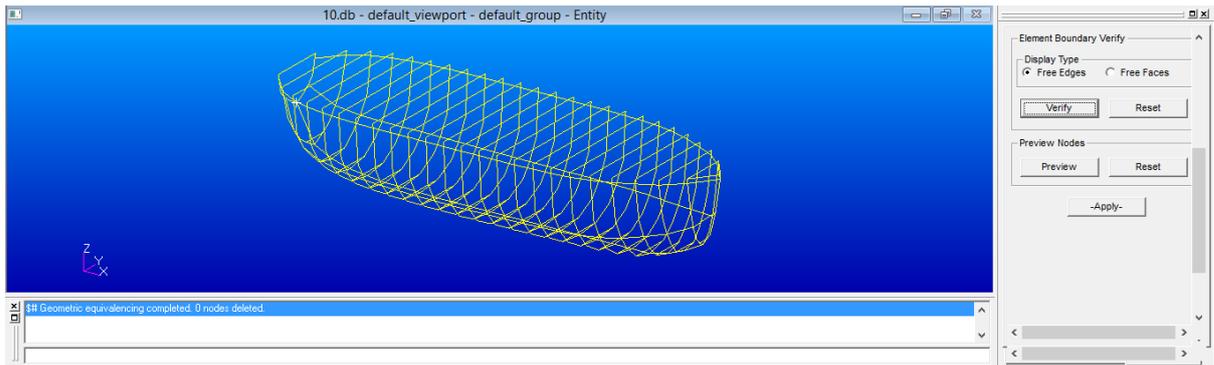
Dengan menggunakan proses *mesh* secara otomatis maka tingkat keberhasilan *meshing* akan lebih tinggi, karena dalam proses *meshing* secara otomatis penentuan bentuk dari elemen dan penggabungannya akan lebih disesuaikan hingga semua elemen dapat tergabung. Keberhasilan proses *meshing* akan mempengaruhi pada tahap-tahap proses selanjutnya dan menentukan keberhasilan *running*. Hasil dari proses *meshing* dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.20 Perintah *equivalence*

Proses yang dilakukan setelah selesai melakukan *mesh* adalah proses *equivalence*. Proses ini bertujuan menggabungkan *node* dari hasil *mesh*. Hal ini bertujuan supaya model terikat satu sama lain dan menjadi suatu model konstruksi yang utuh. Perintah yang diberikan adalah *Element* → *Action: Equivalence* → *Object: All* → *Method: Tolerance Cube* →

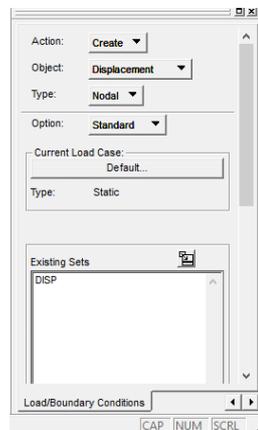
Apply. Apabila dalam membuat model dilakukan di Patran maka lebih baik menggunakan *meshing* secara otomatis karena akan membuat tingkat keberhasilan dari proses *equivalence* lebih besar. Apabila hasil *meshing* kurang baik, maka pada tahap ini akan terlihat dari garis ada yang tidak tersambung atau ada pemberitahuan mengenai *node* yang dihapuskan, hal ini dapat mengakibatkan pada tahap *analysis* akan mengalami kegagalan. Hasil dari proses *equivalence* dapat dilihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21 Hasil proses ekuivalen

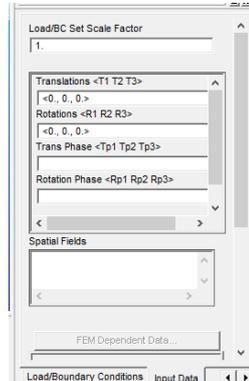
c. Memasukkan Tumpuan dan Beban pada Model

Memberikan batasan pada model menjadi hal yang penting dari pemodelan, karena apabila dalam memberikan batasan yang kurang tepat dapat mengakibatkan gaya reaksi menjadi sangat besar sehingga tidak dapat ditampilkan oleh Nastran. Kondisi saat analisis adalah tumpuan yang diberikan pada model konstruksi yang akan dianalisis sebagai tumpuan jepit. Tumpuan jepit berarti kapal dianggap tidak bergerak secara rotasi maupun translasi. Tumpuan jepit diletakan sepanjang lunas kapal. perintah yang diberikan adalah *Load/BCs* → *Action: Creat* → *Object: Displacement* → *Type: Nodal* → *Input Nama Tumpuan* → *Input Data* → *Select Aplication Region* → *Apply*. Proses melakukan *input* batasan tumpuan pada model dapat dilihat pada Gambar 3.22.



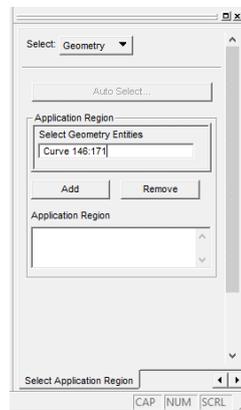
Gambar 3.22 Pemberian tumpuan

Pada perintah Input Data, dilakukan pemberian perintah dengan mengisi kolom *translational* dan *rotational* dengan perintah 0,0,0 yang menandakan jenis tumpuan jepit. Angka 0 menunjukkan pada tumpuan *fixed* kemudian apabila diisi dengan angka 1 maka batasan pada model dianggap *free*. Pada *input* ini hanya ada angka 0 dan 1.



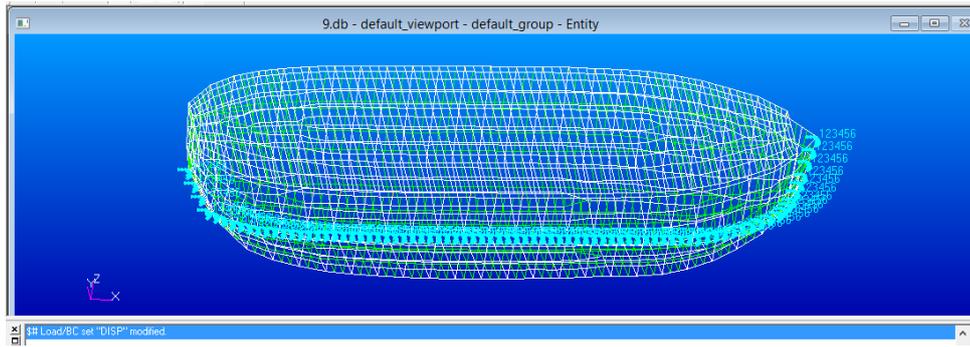
Gambar 3.23 Input jenis tumpuan

Selanjutnya adalah memilih bagian yang diberikan tumpuan pada perintah *Select Application Region*. Pada perintah ini bisa memilih bagian yang akan dipasang tumpuan, baik pada jenis *Geometry* (kurva hasil pembuatan model dari *geometry*) atau FEM (*node* hasil proses *mesh*). Pada model yang dianalisis kali ini memasang beban pada *geometry* dikarenakan tumpuan dianggap memanjang sepanjang lunas kapal.



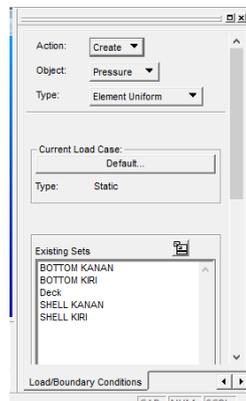
Gambar 3.24 Input bagian pemasangan tumpuan

Tahap pemilihan kurva sebagai batasan tumpuan model dapat dilihat pada Gambar 3.24, sedangkan hasil dari tahap pemberian batasan tumpuan pada model dapat dilihat pada Gambar 3.25. Terlihat pada Gambar 3.25 warna biru cerah dengan menunjukkan angka *node* yang terpilih sebagai tumpuan yang digunakan pada tahap analisis model kapal ini, tumpuan yang digunakan adalah sepanjang lunas kapal.



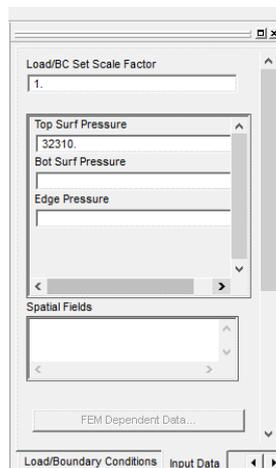
Gambar 3.25 Hasil model yang telah diberi tumpuan

Pembebana diberikan pada model yang akan dianalisis adalah beban *pressure* pada geladak dan kulit kapal. Jenis beban tekan pada kulit yang diberikan pada kapal adalah beban yang telah dihitung sesuai dengan ketentuan BKI dengan satuan Pascal (Pa).



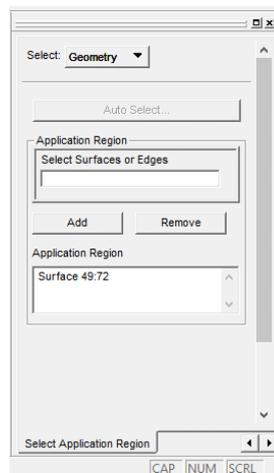
Gambar 3.26 Perintah pemberian beban tekan

Perintah yang diberikan untuk beban tekan adalah *Load/BCs* → *Action: Creat* → *Object: Pressure* → *Type: Element Uniform* → *Input nama beban* → *Input Data* → *Select Application Region* → *Apply*. Dikarenakan ada beberapa jenis arah beban berbeda pada kapal, yaitu bagian *bottom*, bagian *shell*, dan bagian geladak maka memasukkan nilai beban sesuai dengan tempat dan besar nilai beban.



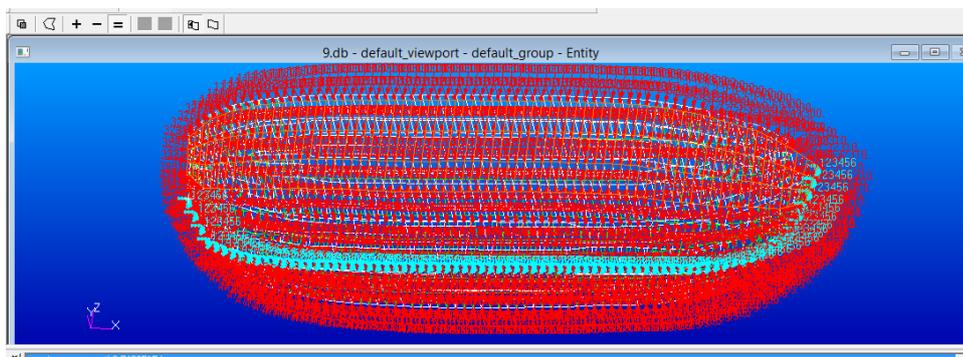
Gambar 3.27 Pemberian nilai beban tekan

Dalam memasukkan data beban diisi sesuai kebutuhan pada *top pressure* atau *bot pressure*. Nilai beban positif menunjukkan arah beban positif (ke kanan atau ke atas), sedangkan nilai negatif menunjukkan arah beban negatif (ke kiri atau ke bawah). Selanjutnya adalah memilih bagian yang diberikan beban pada perintah *Select Application Region*. Pada perintah ini bisa memilih bagian yang akan diberikan pembebanan baik pada jenis *Geometry* (surface hasil pembuatan model dari geometry) atau *FEM* (node hasil proses *mesh*). Pada model yang dianalisis kali ini memasang beban pada *geometry* dikarenakan beban dianggap pada keseluruhan kulit kapal.



Gambar 3.28 Pemilihan bagian yang diberi beban

Hasil pemodelan yang telah diberi tumpuan dan pembebanan dapat dilihat pada Gambar 3.29 di bawah ini. Terlihat angka merah yang menunjukkan sebagai besarnya beban yang diterima oleh kapal dalam satuan Pascal (Pa) sedangkan warna biru menunjukkan batasan dari tumpuan yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya.

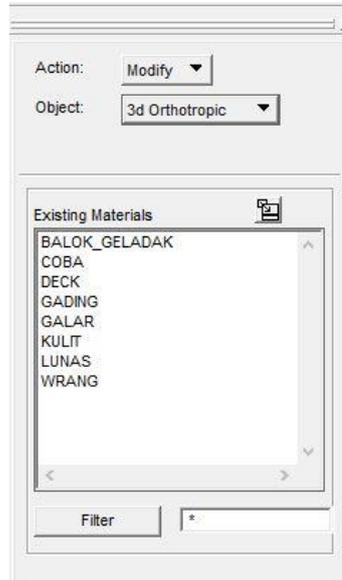


Gambar 3.29 Hasil model yang telah diberi tumpuan dan pembebanan

d. Memasukkan Spesifikasi Material

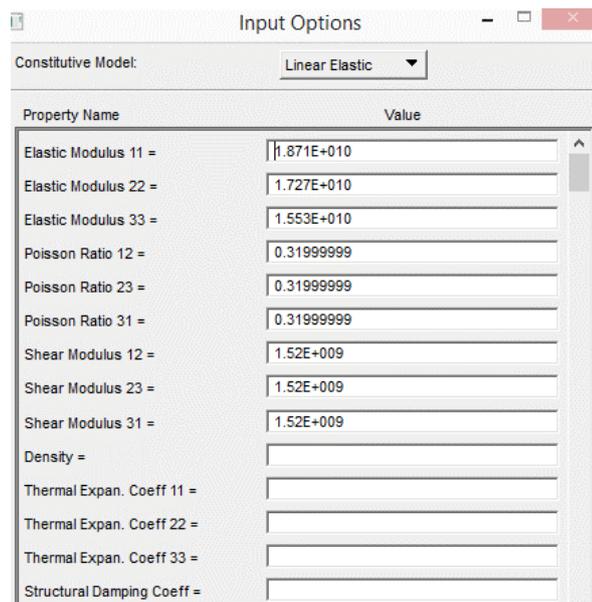
Material yang digunakan pada model kapal adalah material laminasi bambu. Dalam memasukkan spesifikasi material, data material yang dibutuhkan adalah modulus elastisitas, *sheer modulus* serta *poission ratio* material yang digunakan. Spesifikasi material dibuat

sejumlah bagian kapal. Perbedaan input spesifikasi material didasarkan pada arah serat yang digunakan pada jenis konstruksi di kapal. Material dibagi menjadi material kulit, geldak, lunas, gading, wrang, galar dan balok geladak.



Gambar 3.30 Perintah input spesifikasi material

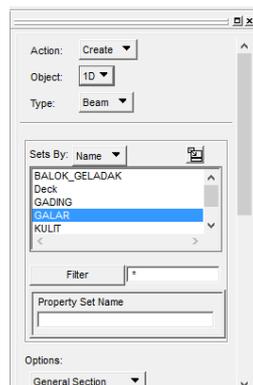
Nilai yang dimasukkan merupakan nilai modulus elastisitas, *sheer modulus* dan *passion ratio* laminasi bambu. Nilai modulus elastisitas dan *passion ratio* diperoleh dari perhitungan berdasarkan *destructive test* material dan sumber referensi yang didapat dari penelitian sebelumnya laminasi bambu. Pada Gambar 3.31 diperlihatkan proses *input* karakteristik material, tahap memasukkan karakteristik material disesuaikan dengan arah dari penampang konstruksi pada model pada sumbu x,y,z yang terlihat pada Patran.



Gambar 3.31 Input nilai modulus elastisitas, *sheer modulus* dan *ratio passion*

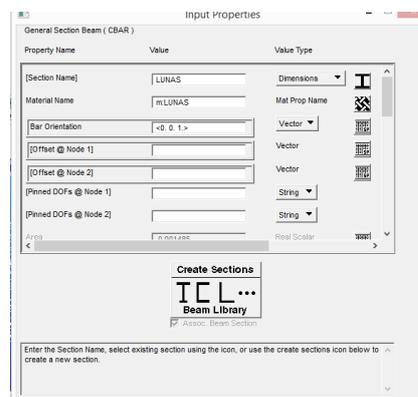
e. Memasukan Properties pada Model

Memasukkan properti model diperlukan untuk memberikan *section* pada model. *Section* yang dimaksud adalah bentuk dari konstruksi penunjang, dimensi konstruksi, ketebalan, serta ukuran dimensi konstruksi yang lain. Dalam model konstruksi kapal yang dirancang menggunakan 2 jenis pembentuk model. Pembentuk yang dimaksud adalah garis atau *curve*, dan *surface*. Dalam pemberian properti dibedakan menjadi 4 tipe, yaitu 0D, 1D, 2D, 3D. Penggunaannya berbeda tergantung model yang dilakukan inputan. 0D digunakan untuk memberikan properti pada titik atau point, 1D digunakan untuk memberikan properti pada garis atau *curve*, 2D digunakan untuk memberikan properti pada *surface*, 3D digunakan untuk memberikan properti pada model solid. Model yang dibuat menggunakan gabungan antara *curve* dan *surface* sehingga menggunakan properti 1D dan 2D. Input properti 1D dibedakan menjadi beberapa jenis properti tergantung pada ukuran dan kegunaan *section* yang akan digunakan. Pada model ini menggunakan 4 buah *section*, yaitu balok geladak, gading, galar (galar balok dan galar kim), dan lunas.



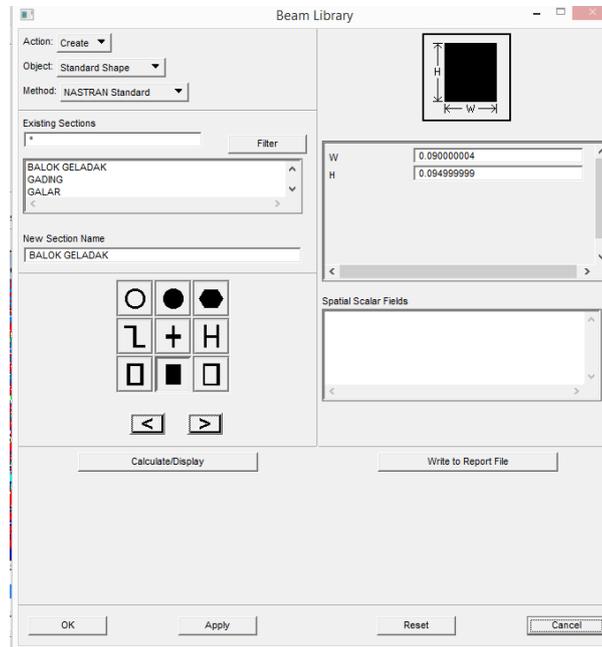
Gambar 3.32 Perintah membuat properti 1D

Perintah yang diberikan adalah *Properties* → *Action: Creat* → *Object: 1D* → *Type: Beam* → *Input property name* → *Input Properties* → *Select Alication Region* → *Apply*. Pada *input properties* 1D diharuskan mengisi *section name*, *material name*, dan *bar orientation*.



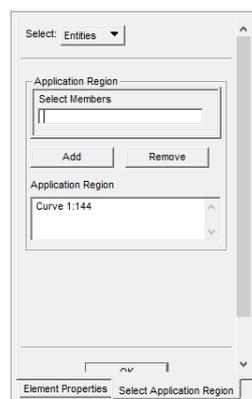
Gambar 3.33 Perintah input properti 1D

Pengisian *section name* dilakukan dengan membuat *section* baru dengan perintah *Create Section Beam Library* → pilih jenis *section* yang dipilih → masukan nama *section* → masukan ukuran *section* → ok.



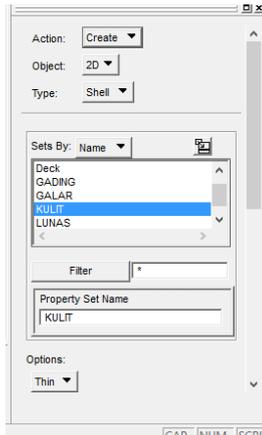
Gambar 3.34 Perintah pembuatan section 1D

Input material *name* sudah terintegrasi dengan jenis material yang telah dilakukan pada perintah input material sebelumnya. *Bar orientation* digunakan sebagai pengaturan penempatan posisi atas atau bawah pada sistem konstruksi yang dimodelkan. Pada *bar orientation* melakukan input koordinat XYZ dengan nilai 0 dan 1 yang berarti 0 adalah kunci serta 1 adalah bebas.



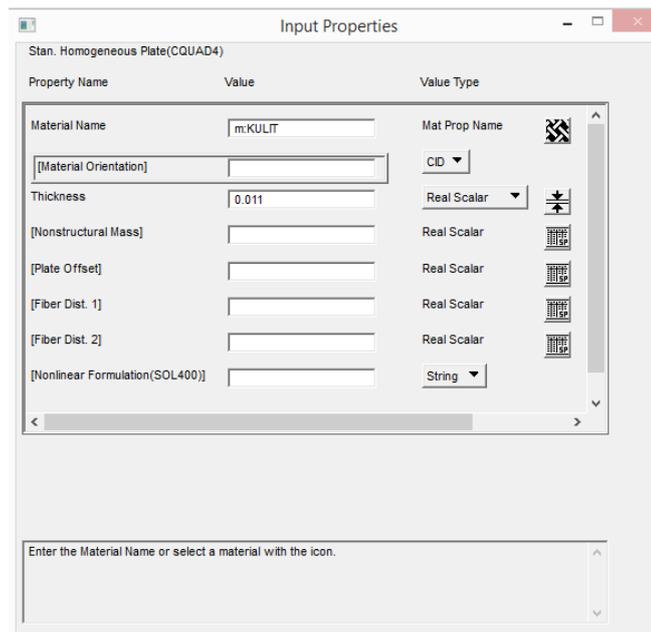
Gambar 3.35 Select Application region properti 1D

Select application region digunakan untuk memilih model berupa *curve* yang akan diberikan properti sesuai yang dibutuhkan. Hal yang sama dilakukan pada seluruh objek 1D.



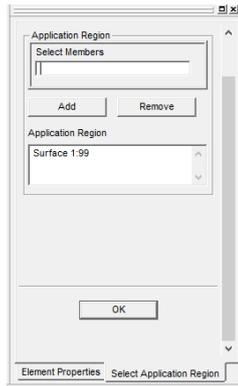
Gambar 3.36 Perintah membuat properti 2D

Input properti 2D dibedakan berdasarkan ketebalan material yang akan dimodelkan. Dalam model yang dibuat ada 2 jenis *surface* dengan ketebalan berbeda yaitu bagian geladak dan kulit. Perintah yang diberikan adalah *Properties* → *Action: Create* → *Object: 2D* → *Type: Shell* → *Input property name* → *Input Properties* → *Select Application Region* → *Apply*.



Gambar 3.37 Input properti 2D

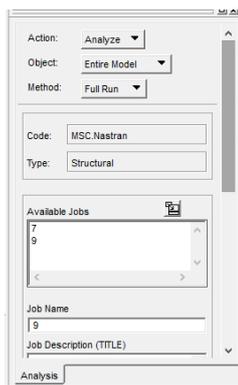
Pada *input property* 2D diharuskan mengisi *material name* dan *thickness*. *Select application region* digunakan untuk memilih model berupa *surface* yang akan diberikan properti sesuai yang dibutuhkan. Hal yang sama dilakukan pada seluruh objek 2D yaitu kulit pada lambung geladak dan pada member konstruksi dari geladak. Perintah pada tahap memasukkan *input* dari dimensi member konstruksi dapat dilihat pada Gambar 3.37.



Gambar 3.38 Select application region 2D

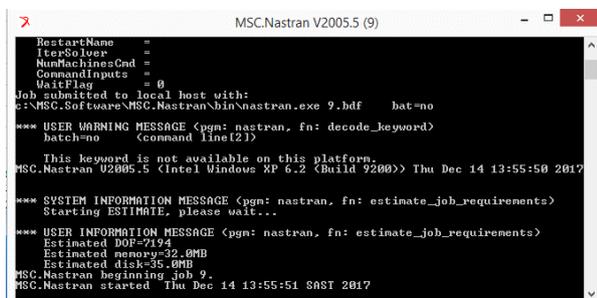
f. Melakukan Analisis

Analisis dilakukan untuk menganalisa model konstruksi yang telah dibuat. Sebelum mengakses Nastran untuk membaca hasil analisis. Dilakukan pemilihan model analisis, dalam model konstruksi kapal yang dianalisis dipilih metode *full run* yaitu metode dengan menganalisis keseluruhan model konstruksi.



Gambar 3.39 Perintah analisa model pada Patran

Perintah yang diberikan adalah *Analysis* → *Action: Analyze* → *Object: Entire Model* → *Method: Full Run* → *Apply*. Pada Gambar di bawah ini menunjukkan proses *running* data sedang berlangsung.

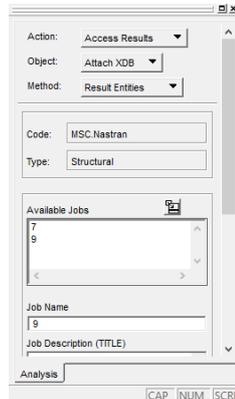


Gambar 3.40 Proses *running*

g. Mengakses Hasil Running

Sebelum membaca hasil pada Nastran, diperlukan terlebih dahulu mengakses hasil analisa model kontruksi. Ada 2 kemungkinan dalam melakukan akses terhadap hasil analisa, yaitu

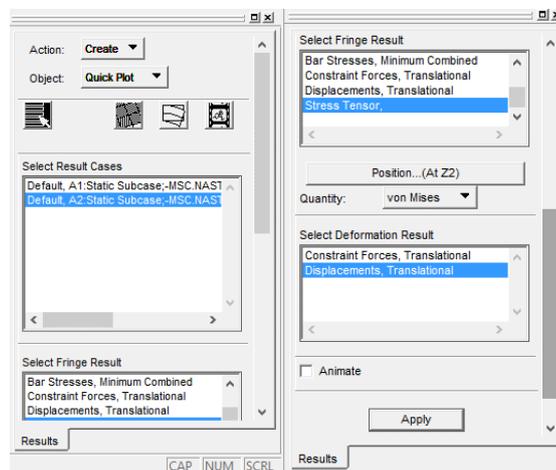
end dan *begin*. Apabila muncul perintah *begin* maka analisis gagal, tidak dapat mengakses Nastran, dan harus memulai proses dari awal pembuatan model. Apabila muncul hasil *end* maka dapat mengakses dan melihat nilai hasil analisa. Perintah yang diberikan untuk mengakses hasil *running* adalah *Analysis* → *Action: Access Results* → *Object: Attach XDB* → *Method: Result Entities* → *Apply*.



Gambar 3.41 Perintah *access results* hasil *running*

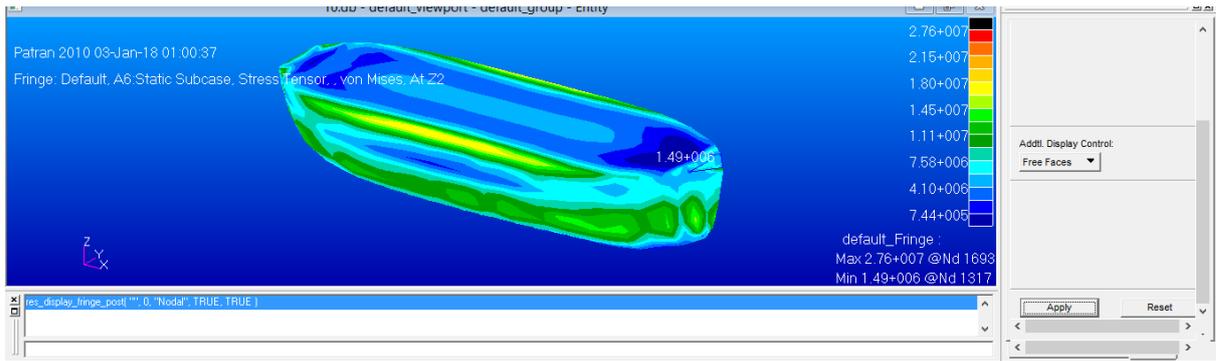
h. Membaca Hasil Analisis di Nastran

Tahap akhir yang dilakukan untuk membaca hasil Analisa distribusi tegangan yang diterima oleh model kapal menggunakan *software* Nastran, untuk membaca hasil di *menu Result*. Dalam *menu result* dapat memilih beberapa hasil perhitungan yang dilakukan.



Gambar 3.42 Perintah pembacaan hasil analisis

Untuk mengetahui tegangan maksimal yang diterima oleh model konstruksi adalah *Results* → *Action: Create* → *Object: Quick Plot* → *Select Result Cases* → *Select Fringe Result* → *Stress Tensor* → *Select Deformation Result: Displacement Translational* → *Apply*. Hasil analisis secara visual yang ditampilkan oleh *software* dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Warna pada badan kapal menunjukkan distribusi tegangan yang diterima oleh konstruksi kapal, semakin warna tersebut gelap maka semakin besar *stress* yang diterima pada bagian tersebut.



Gambar 3.43 Hasil analisis ditinjau dari nilai tegangan *stress* terbesar

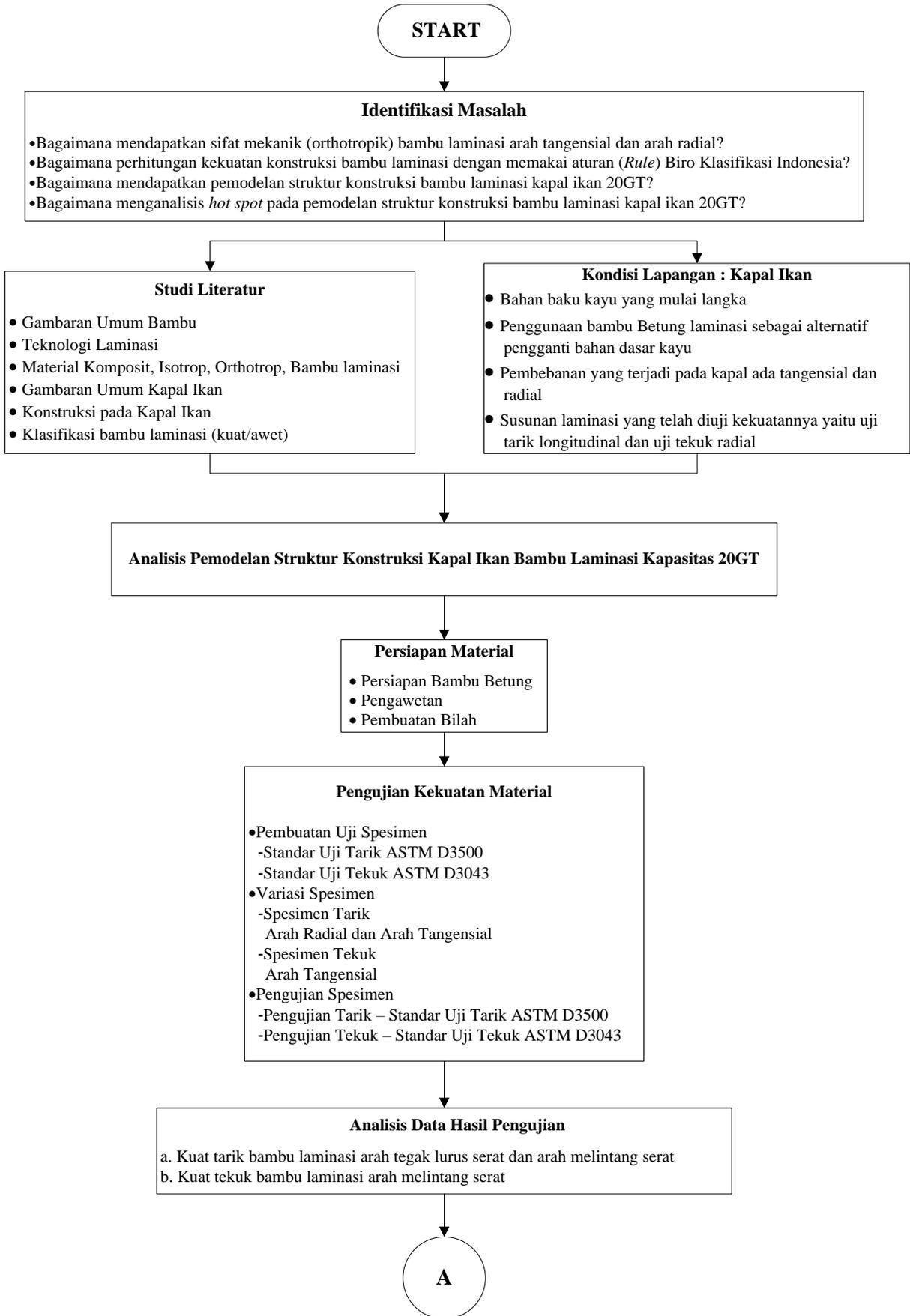
3.8. Lokasi Pengerjaan

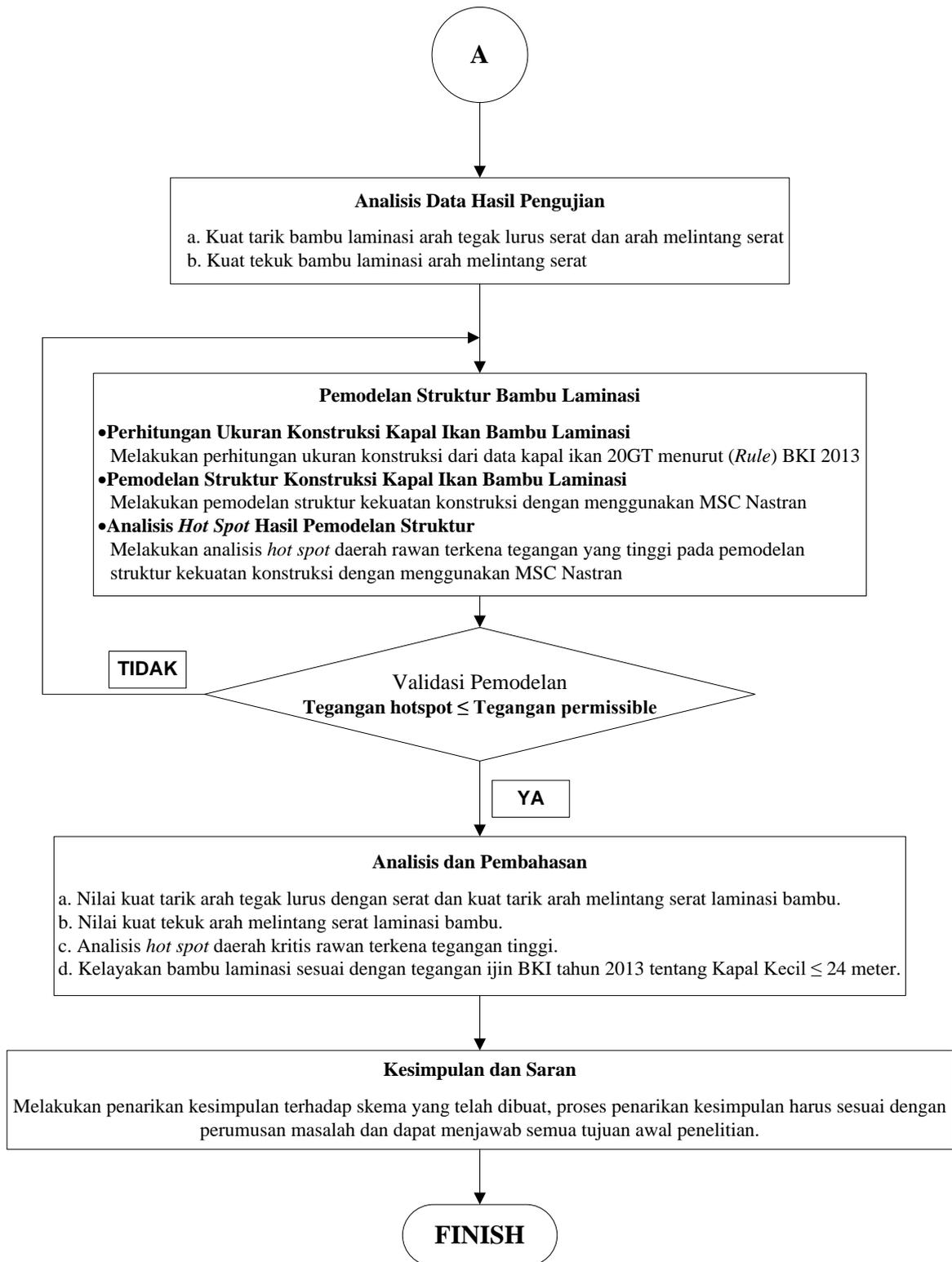
Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan dengan tempat pengerjaan yang berbeda-beda, tempat atau lokasi pengerjaan tersebut antara lain. Tahapan pembuatan spesimen uji meliputi pemilihan material bilah bambu sampai tahapan laminasi bilah bambu menjadi bentuk papan, dilakukan di Laboratorium Teknologi Produksi dan Manajemen Perkapalan Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Selanjutnya pemotongan papan laminasi menjadi spesimen uji dilakukan di tempat pemotongan kayu yang terletak di Waru, Sidoarjo. Pada tahapan pengujian tarik dan tekuk dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Kemudian proses pemodelan dan analisis kekuatan konstruksi kapal dibantu dengan komputer dilakukan di Laboratorium Teknologi Produksi dan Manajemen Perkapalan Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS.

3.9. Bagan Alir

Berdasarkan bagan alir pengerjaan Tugas Akhir ini dilatar belakangi oleh kondisi pembebanan yang terjadi pada kapal ikan bambu laminasi terdapat arah selain *longitudinal* yaitu *tangential* maupun *radial*, sebelumnya telah dilakukan pengujian mengenai pembebanan arah *longitudinal* bambu Betung maka muncul gagasan untuk melakukan penelitian mengenai pengujian lateral.

Penelitian dimulai dengan mempelajari referensi dan teori yang terkait dengan latar belakang permasalahan. Kemudian dilakukan pengujian dengan standar ASTM D 3500 untuk pengujian tarik dan ASTM D 3043 untuk pengujian tekuk. Berdasarkan data hasil pengujian dilakukan pembuatan model kapal untuk dilakukan pemodelan struktur dengan MSC Nastran. Hasil dari pemodelan akan dilakukan analisis bagaimana kondisi distribusi tegangan yang terjadi dan dilakukan analisis *hotspot* yaitu tegangan tertinggi yang terdapat pada sambungan setiap gading kapal apakah memenuhi dengan hasil dari percobaan pengujian spesimen.





Gambar 3.44 Diagram Alir Penelitian

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 4

HASIL SURVEI DAN PENGUJIAN

4.1. Pendahuluan

Pada penelitian ini diperlukan untuk melakukan pengujian laminasi bambu yaitu dengan variasi arah *tangential* dan arah *radial* guna mendapatkan sifat mekanik material dari arah tersebut. Beberapa pengujian yang terkait dengan sifat mekanik perlu dilakukan untuk menentukan kekuatan dari ukuran konstruksi kapal. Data dari sifat mekanik bambu laminasi Betung yang tidak dilakukan pengujian oleh penulis akan diambil dari penelitian sebelumnya. Kapal yang digunakan dalam pembahasan tugas akhir ini adalah kapal ikan bambu laminasi dengan kapasitas 20 GT. Pengujian yang akan dilakukan seperti yang telah dijelaskan secara rinci pada Bab 3 akan dilakukan secara bertahap dan akan menghasilkan data sifat mekanik material bambu laminasi dengan variasi arah *tangential* dan *radial*.

Selanjutnya dalam bab ini akan dijelaskan mengenai hasil dari pengujian yang akan digunakan untuk menentukan besaran dari ukuran konstruksi kapal ikan tersebut. Setelah dilakukan pengujian ini, data yang didapat nantinya akan digunakan sebagai bahan bahasan selanjutnya.

4.2. Prosedur Pengujian

Standar yang digunakan dalam pengujian ini pada dasarnya sama dengan spesimen yang lain (untuk menghasilkan sifat mekanik tarik dan lentur). Pengujian untuk mendapatkan nilai *tensile strenght* dengan menggunakan standar uji dari ASTM D3500, sedangkan untuk mendapatkan nilai dari *flexure strenght* mengacu pada standar uji dari ASTM D3034. Adapun beberapa persyaratan dalam pengujian sifat mekanik bambu laminasi Betung meliputi:

- Lem yang dipakai *epoxy polyamide*
- Dimensi batang bambu dan ketinggian dalam penelitian ini dipilih secara acak dengan usia/umur bambu di atas 3 tahun.
- Tanpa perlakuan panas (suhu ruangan $\pm 30^{\circ}$ C)
- Jumlah spesimen setiap pengujian sebanyak enam buah, jadi enam buah dikali tiga variasi pengujian, ada sebanyak 18 spesimen.

Prosedur pengujian untuk memilih jenis bambu yang memenuhi aspek kekuatan dimulai dengan memilih bambu yang berkualitas. Selanjutnya, bambu dibuat bilah-bilah bambu

kemudian diratakan dengan mesin planner sehingga menjadi bilah bambu rata. Kemudian bilah disusun bata diberikan lem dan ditekan menjadi papan bilah bambu laminasi. Papan bilah bambu laminasi ini kemudian dibuat spesimen uji sesuai dengan standard ASTM D3500 dan ASTM D3043.

Pengujian yang dilakukan adalah adalah uji tarik dengan variasi arah *tangential* dan variasi arah *radial*, sedangkan untuk uji tekuk dilakukan dengan variasi arah *tangential* saja. Hal ini bermaksud untuk menganalisa pembebanan normal atau ideal yang terjadi pada kapal, maka akan dapat diketahui data secara keseluruhan dengan variasi arah kekuatan bambu laminasi sebagai data untuk mendapatkan pemodelan struktur konstruksi kapal ikan dengan bahan bambu laminasi Betung. Selanjutnya hasil pengujian uji sifat mekanik ini akan dapat dipergunakan sebagai acuan dalam memperhitungan ukuran bagian konstruksi kapal.



Gambar 4.1 Contoh spesimen uji tarik variasi arah *tangential*

Pada Gambar 4.1 adalah hasil dari pembuatan spesimen uji tarik variasi arah *tangential* dengan ukuran dimensi yang telah sesuai dengan standar ASTM D3500, standar dimensi spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 2.5 yaitu sama dengan kategori spesimen uji A dengan model pada jenis B, model B yang dimaksud untuk tebal bilah kurang dari $\frac{1}{4}$ inci atau 6 mm. Sedangkan pada pengujian tekuk pembuatan spesimen uji variasi arah *tangential* dengan ukuran dimensi yang telah sesuai dengan standar ASTM D3043, standar dimensi spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 2.6 untuk spesimen uji tekuk bambu Betung termasuk pada kategori A dengan dimensi yang disyaratkan dimana panjang spesimen uji secara keseluruhan sebesar 610 mm dengan tebal dan lebar sebesar 25mm, kategori tersebut untuk pengujian tekuk di titik tengah (*center-point test*). Hasil dari pembuatan spesimen uji untuk pengujian tekuk variasi arah *tangential* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Contoh spesimen uji tekuk variasi arah *tangential*

4.3. Data Hasil Pengujian Tarik

Kuat tarik adalah merupakan sifat mekanik bahan yang perlu diketahui dengan cara melakukan pengujian karena sifat *orthotropic* bahan material bambu maka akan dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai kuat tarik dari arah *tangential* dan *radial* dari laminasi bambu Betung karena sebelumnya telah dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai kuat tarik arah *radial*. Dengan mengetahui nilai kuat tarik material maka dapat diketahui kondisi pembebanan elemen konstruksi pada bagian kapal ikan. Kekuatan tarik ini merupakan indikator bambu laminasi apakah mampu menahan beban sesuai batas yang diizinkan dalam peraturan klasifikasi atau tidak. Pada penelitian ini pengujian tarik dilakukan dengan standart ASTM D3500.

Pada pengujian ini terdapat dua variasi pengujian tarik, variasi tersebut berdasarkan arah gaya yang terdistribusi dari sifat mekanik bambu. Arah yang dimaksud yaitu arah *tangential*, arah yang menunjukkan arah perkembangan dari kulit bambu dan arah *radial*, arah tegak lurus dengan serat bambu. Jumlah spesimen yang dilakukan untuk pengujian sebanyak lima buah spesimen untuk satu variasi pengujian, jadi total spesimen yang diuji adalah sepuluh spesimen, hal ini supaya apabila terjadi kesalahan pada saat pengujian masih terdapat hasil pengujian spesimen lain yang mendapatkan hasil terbaik dari perilaku pada saat proses pengujian. Berikut akan dijabarkan mengenai hasil dari pengujian uji tarik yang telah dilakukan. Penjelasan mengenai hasil pengujian dibagi menjadi dua bagian, yaitu hasil uji tarik variasi arah *tangential* dan penjelasan mengenai hasil uji tarik variasi arah *radial*.

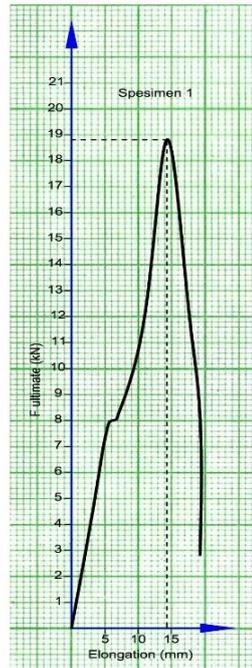
a. Variasi Susunan Arah *Tangential*

Hasil dari pengujian tarik variasi arah *tangential* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil uji tarik variasi arah *tangential*

No	Code	W (mm)	T (mm)	CSA (mm ²)	L0 (mm)	Elongation (mm)	F _{ultimate} (KN)
1	Tg 1	13,80	22,23	306,774	64	14	18,87
2	Tg 2	14,85	22,17	329,223	64	14,5	21,09
3	Tg 3	13,96	21,80	304,328	64	14,3	20,35
4	Tg 4	14,78	22,26	329,003	64	14,8	22,57
5	Tg 5	14,35	22,34	320,578	64	14,2	21,46
Rata-rata						14,36	21

Dari data yang disajikan pada tabel dapat diketahui hasil pengujian uji tarik bambu laminasi Betung variasi arah *tangential*. Pengujian ini berdasarkan pada ketahanan dari spesimen uji dalam menahan beban tarik maksimum yang diberikan kemudian spesimen uji akan patah. Pada spesimen satu mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 18,87 kN dengan pemuluran 14 mm. Spesimen dua mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 21,09 kN dengan pemuluran 14,5 mm. Sedangkan pada spesimen tiga mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 20,35 kN dengan pemuluran 14,3 mm. Spesimen empat mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 22,57 kN dengan pemuluran 14,8 mm. Kemudian yang terakhir pada spesimen lima mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 21,46 kN dengan pemuluran 14,2 mm. Dari data tersebut maka dapat diketahui nilai terbesar dari ke-lima pengujian uji tarik variasi arah *tangential* yaitu pada spesimen empat dengan kemampuan dapat menahan besar beban tarik 22,57 kN, sedangkan dari ke-lima pengujian uji tarik variasi arah *tangential* nilai terkecil terdapat pada spesimen satu dengan kemampuan menahan beban tarik hanya sebesar 18,87 kN. Kemudian dari lima percobaan pengujian tersebut dapat ditarik nilai rata-rata dari ketahanan beban tarik sebesar 21 kN dengan pemuluran rata-rata sebesar 14,36 mm. Data hasil pengujian ini selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas dari variasi arah *tangential*. Hasil dari perhitungan tersebut akan dilakukan analisa secara teknis terhadap ketentuan batas minimum nilai tegangan yang diizinkan oleh BKI, karena akan mempengaruhi layak atau tidaknya material tersebut untuk dijadikan konstruksi kapal. Contoh grafik hasil pengujian dari salah satu hasil uji spesimen tarik variasi arah *tangential* bambu laminasi Betung dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Grafik *load* spesimen 1 variasi arah *tangential*

b. Variasi Susunan Arah *Radial*

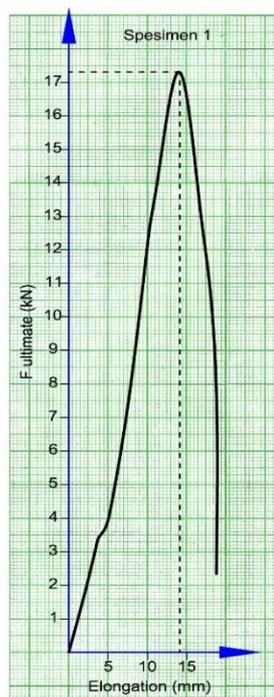
Hasil dari pengujian tarik variasi arah *radial* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil uji tarik variasi arah *radial*

No	Code	W (mm)	T (mm)	CSA (mm ²)	L0 (mm)	Elongation (mm)	F _{ultimate} (KN)
1	Rd 1	13,86	24,27	337,11	64	13,9	17,25
2	Rd 2	13,37	23,55	314,864	64	13,5	17,25
3	Rd 3	13,35	23,87	331,665	64	14,3	17,25
4	Rd 4	13,67	24,17	330,404	64	12,8	13,8
5	Rd 5	13,43	24,18	324,737	64	12,9	17,25
Rata-rata						13,48	17

Dari data yang disajikan pada tabel dapat diketahui hasil pengujian uji tarik bambu laminasi Betung variasi arah *radial*. Pengujian ini berdasarkan pada ketahanan dari spesimen uji dalam menahan beban tarik maksimum yang diberikan kemudian spesimen uji akan patah. Pada spesimen satu mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 17,25 kN dengan pemuluran 13,9 mm. Spesimen dua mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 17,25 kN dengan pemuluran 13,5 mm. Sedangkan pada spesimen tiga mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 17,25 kN dengan pemuluran 14,3 mm. Spesimen empat mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 13,8 kN dengan pemuluran 12,8 mm. Kemudian yang terakhir

pada spesimen lima mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 17,25 kN dengan pemuluran 12,9 mm. Dari data tersebut maka dapat diketahui empat spesimen uji dengan nilai yang sama dan terbesar pengujian uji tarik variasi arah *radial* yaitu pada spesimen satu, dua, tiga, dan lima dengan kemampuan dapat menahan besar beban tarik 17,25 kN, sedangkan dari ke-lima pengujian uji tarik variasi arah *radial* nilai terkecil terdapat pada spesimen ketiga dengan kemampuan menahan beban tarik hanya sebesar 13,8 kN. Kemudian dari lima percobaan pengujian tersebut dapat ditarik nilai rata-rata dari ketahanan beban tarik sebesar 17 kN dengan pemuluran rata-rata sebesar 13,48 mm. Data hasil pengujian ini selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas dari variasi arah *radial*. Hasil dari perhitungan tersebut akan dilakukan analisa secara teknis terhadap ketentuan batas minimum nilai tegangan yang diizinkan oleh BKI, karena akan mempengaruhi layak atau tidaknya material tersebut untuk dijadikan konstruksi kapal. Contoh grafik hasil pengujian dari salah satu hasil uji spesimen tarik variasi arah *radial* bambu laminasi Betung dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik *load* spesimen 1 variasi arah *radial*

4.4. Data Hasil Pengujian Tekuk

Dalam pengujian tekuk menggunakan ASTM D3043 sebagai standar uji yang dipakai dalam penelitian ini. Jumlah spesimen yang diwajibkan dalam pengujian minimal tiga buah dengan kriteria yang memenuhi persyaratan. Dengan demikian jika ada benda uji yang rusak atau tidak sesuai dengan kriteria sifat mekanik perlu diganti dengan spesimen yang lain,

sehingga diperoleh data yang seragam. Ukuran dimensi dari spesimen uji tekuk telah dijelaskan pada Gambar 2.6.

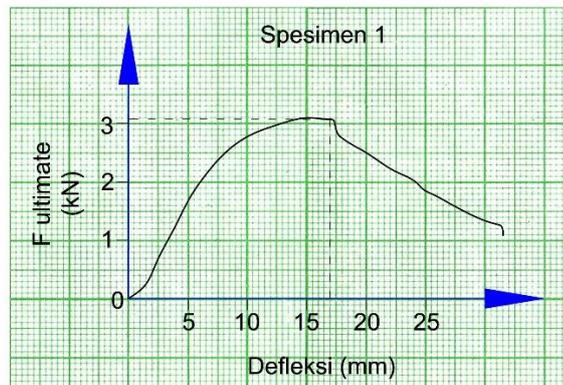
Pengambilan data dari pengujian ini dibedakan pada variasi arah dari serat bambu. Pengujian yang dimaksud adalah pengujian tekuk laminasi bambu secara *tangential*, sama halnya pada pengujian kuat tarik sebelumnya karena material bambu laminasi termasuk material *orthotropic* maka perlu dilakukan pengujian pada arah *tangential* agar didapatkan data secara keseluruhan beban tekuk yang disesuaikan dengan kondisi kapal, yaitu tekuk *radial* dan tekuk *tangential*. Arah *tangential* tersebut yaitu arah dari pembebanan saat proses pengujian searah dengan arah pertumbuhan kulit. Berikut adalah hasil dari pengujian uji tekuk variasi arah *tangential* yang akan disajikan pada tabulasi Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data hasil pengujian tekuk *tangential*

No	Code	W (mm)	T (mm)	CSA (mm ²)	L (mm)	L span (mm)	F _{ultimate} (KN)	Defleksi (mm)
1	Tg 1	25,58	24,54	627,733	610	480	3,1	17,7
2	Tg 2	25,40	24,48	621,792	610	480	2,5	13,4
3	Tg 3	24,77	24,87	616,030	610	480	2,6	13,3
4	Tg 4	24,95	24,99	623,501	610	480	3,1	14,2
5	Tg 5	24,86	24,96	620,506	610	480	2,7	14,7
6	Tg 6	24,69	25,31	624,904	610	480	2,1	11,4
Rata-rata							2,68	14,12

Dari data yang disajikan pada tabel dapat diketahui hasil uji tekuk di atas dapat diketahui nilai tekan maksimum hingga spesimen mengalami patah. Hasil uji tertinggi terdapat pada pengujian spesimen ke satu dengan nilai beban tekan terbesar 3,1 kN dengan defleksi pada puncak sebesar 17,7 mm dan dari data hasil uji spesimen yang mampu menahan beban tekan terkecil yaitu 2,1 kN dengan puncak defleksi sebesar 11,4 mm didapat pada hasil uji spesimen ke enam. Selanjutnya pada spesimen dua mempunyai nilai beban tekan maksimum sebesar 2,5 kN dengan defleksi sebesar 13,4 mm. Kemudian pada spesimen ke tiga mempunyai nilai beban tekan sebesar 2,6 kN dengan nilai defleksi pada 13,3 mm. Dari enam percobaan di atas dapat ditarik rata-rata untuk nilai beban tekan maksimum sebesar 2,68 kN dengan nilai rata-rata defleksi sebesar 14,12 mm. Data hasil pengujian ini selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekuk, defleksi dan modulus elastisitas dari variasi arah *radial*. Hasil dari perhitungan tersebut akan dilakukan analisa secara teknis terhadap ketentuan batas

minimum nilai tegangan yang diizinkan oleh BKI, karena akan mempengaruhi layak atau tidaknya material tersebut untuk dijadikan konstruksi kapal. Contoh grafik hasil pengujian dari salah satu hasil uji spesimen tekuk variasi arah *tangential* bambu laminasi Betung dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik *load* spesimen 1 variasi arah *tangential*

4.5. Data Hasil Survei Kapal Ikan 20 GT

Data ukuran utama kapal yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini didapatkan dari hasil survei langsung ke lapangan. Variasi ukuran yang digunakan adalah *Gross Tonnage* (GT), kemudian menggunakan dasar regulasi BKI tahun 2013 tentang “*Rules for Small Vessels up to 24 m*” untuk mendapatkan ukuran konstruksi kapal bambu laminasi. Lokasi pengambilan data ukuran utama kapal bertempat di Desa Kandangsemangkon, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Pengambilan data ini dilakukan pada Hari Jum’at, tanggal 28 April 2017.



Gambar 4.6 Kantor kepala Desa Kandangsemangkon

Pada Gambar 4.6 adalah tampak depan Kantor Kepala Desa Kandangsemangkon. Gambar tersebut diambil oleh penulis untuk menunjukkan titik lokasi pengambilan data survei kapal. Pengambilan data ini didapatkan dengan melakukan pengukuran kapal secara langsung

dan wawancara kepada pemilik kapal. Pengukuran kapal dilakukan dengan cara membuat tali acuan pada samping lebar kapal. Diukur panjang dari tali menuju badan kapal pada satu titik ketinggian pertama dari bawah kapal atau *baseline*, kemudian dilanjutkan pada ketinggian kedua kemudian ditarik kembali panjang dari tali menuju badan kapal. Langkah seperti diulang hingga pada titik ketinggian yang ditentukan, maka akan didapatkan data mengenai acuan dari ketinggian pada tali nantinya akan diolah menjadi WL (*waterline*) dan titik yang didapat dari tali hingga menyentuh badan kapal, titik tersebut akan diolah menjadi BL (*buttockline*). Metode atau cara pengukuran tersebut dilakukan pada satu gading atau *frame* yang terdapat pada kapal. Kemudian langkah tersebut akan diulang pada gading kapal lainnya, seluruh panjang kapal, dengan catatan ketinggian satu, dua, dan seterusnya pada tali sebagai acuan dibuat sama semua waktu melakukan pengukuran pada gading-gading yang lain. Gading pada kapal diasumsikan berjarak 500mm agar dalam menentukan gading atau pengukuran dapat seragam karena pada kondisi lapangan, kapal yang diukur memiliki jarak gading yang berbeda-beda. Data hasil pengukuran tiap gading yang telah ditentukan sebelumnya jaraknya, selanjutnya akan direkap pada rekapitulasi pengukuran. Data koordinat hasil pengukuran ini adalah data mentah untuk dijadikan data ukuran pada *table offset*. Kemudian dari koordinat-koordinat yang telah didapatkan ini kemudian akan di *redraw* dengan cara memasukan koordinat-koordinat tadi ke dalam *AutoCAD* yang pada akhirnya akan diperoleh bentuk *lines plan* dari Kapal Ikan 20 GT ini.



Gambar 4.7 Pengukuran lebar kapal

Pengukuran kapal juga dilakukan untuk mendapatkan data ukuran utama kapal. Pengukuran ini dilakukan dengan cara mengukur mulai dari panjang keseluruhan kapal. Kemudian dilanjutkan mengukur tinggi kapal, tinggi kapal diukur dari *baseline* hingga

mencapai geladak, pengukuran ini dilakukan pada bagian tengah kapal atau *midship*. Pengukuran juga dilakukan untuk mendapatkan data lebar kapal, hal ini dilakukan pengukuran pada geladak kapal bagian tengah kapal atau *midship*, sama seperti mengukur tinggi kapal. Selain itu penulis melakukan wawancara kepada nelayan setempat untuk mendapatkan data seperti kecepatan dan sarat kapal. Hasil dari survei lapangan dengan mengukur langsung kondisi kapal di tempat dan wawancara kepada pemilik kapal, didapatkan data ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

Panjang Kapal (Loa)	: 12 meter
Panjang Garis Air (Lwl)	: 11,4 meter
Lebar Kapal (B)	: 4 meter
Tinggi Kapal (H)	: 4,5 meter
Sarat (T)	: 1,6 meter
Kecepatan (Vs)	: 7 knot

Berdasarkan data di atas diketahui bahwa untuk ukuran kapal kapasitas 20 GT mempunyai panjang kapal 12 meter dengan lebar kapal 4 meter dan tinggi kapal 4,5 meter. Ukuran tersebut dapat berbeda dengan daerah lain dikarenakan bentuk dari lambung kapal yang berbeda-beda pada setiap daerah. Salah satu dokumentasi penampakan kapal ikan dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.8 Kapal ikan kapasitas 20 GT di Paciran, Lamongan

Pada bab selanjutnya akan dibahas mengenai perancangan rencana garis atau *lines plan* kapal tersebut. Kemudian dilakukan perhitungan konstruksi dengan didapatkan ukuran atau dimensi dari tiap bagian konstruksi kapal ikan menurut *Rules. Rules* yang digunakan untuk melakukan perhitungan konstruksi, yakni dengan *rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) volume VII tahun 2013. *Rules* ini mengatur kapal kecil dengan panjang kurang dari 24 meter.

BAB 5 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1. Pendahuluan

Setelah didapatkan data mentah mengenai pengujian kuat tarik dan tekuk spesimen dari material bambu laminasi Betung dan data ukuran utama kapal ikan kapasitas 20 GT, dalam hal ini diambil studi kasus pada kapal ikan di daerah Lamongan, Jawa Timur. Selanjutnya pada Bab 5 ini akan dibahas mengenai analisis data dan hasil uji dari spesimen. Dari proses analisis hasil uji spesimen akan diketahui apakah material tersebut layak atau tidak untuk digunakan sebagai konstruksi kapal ikan. Analisa secara teknis akan dilakukan dengan membandingkan dari hasil pengujian uji spesimen tarik maupun tekuk terhadap nilai tegangan yang diizinkan oleh BKI. Kapal yang digunakan sebagai acuan ukuran utama adalah kapal ikan Lamongan tepatnya pada Kelurahan Kandangsemangkon Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan. Data ukuran utama kapal ikan Lamongan kapasitas 20 GT didapatkan dari survei di lapangan. Dari data tersebut selanjutnya akan dirancang *lines plan* kemudian akan dihitung mengenai ukuran konstruksi sesuai dengan BKI Vol VII 2013 tentang "*Rules for Small Vessels up to 24m*".

5.2. Pengujian Tarik

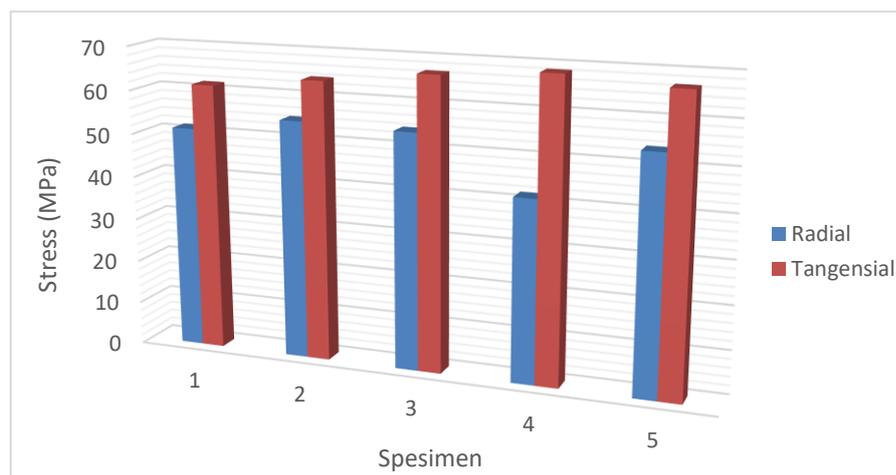
Data hasil dari uji tarik selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitas. Perhitungan untuk mendapatkan nilai tegangan dapat dilihat pada rumus 2.1, sedangkan untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas didapatkan dengan perhitungan pada rumus 2.3. Hasil dari perhitungan tersebut akan ditampilkan dalam bentuk tabulasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Analisis hasil uji tarik (*tensile strenght*)

Nomer Spesimen	Hasil Pengujian					
	Variasi <i>Tangential</i>			Variasi <i>Radial</i>		
	Tegangan (Mpa)	MOE (Gpa)	Strain (%)	Tegangan (Mpa)	MOE (Gpa)	Strain (%)
1	61,51	18,00	21,88	51,28	15,11	21,72
2	64,06	18,10	22,66	54,79	16,62	21,09
3	66,87	19,15	22,34	54,13	15,51	22,34
4	68,60	18,99	23,13	41,77	13,37	20,00
5	66,94	19,31	22,19	53,76	17,07	20,156
Rata-Rata	65,60	18,71	22,44	51,15	15,53	21,06

Hasil perhitungan yang telah disajikan pada Tabel 5.1 kita dapat mengetahui nilai tegangan tertinggi pada variasi arah *tangential* didapat oleh spesimen nomer 4 dengan nilai tegangan 68,60 MPa, nilai modulus elastisitas 18,99 GPa, dan nilai regangan 23,13%. Kemudian untuk variasi arah *radial* didapat oleh spesimen nomer 2 dengan nilai tegangan 54,79 Mpa, nilai modulus elastisitas 16,62 GPa, dan nilai regangan 21,09%. Sedangkan untuk nilai *tensile strenght* bambu laminasi Betung terendah dengan variasi arah *tangential* didapat oleh spesimen nomer 1 dengan nilai tegangan 61,51 Mpa, nilai modulus elastisitas 18,00 GPa, dan nilai regangan 21,88%. Kemudian untuk variasi arah *radial* nilai *tensile strenght* terendah didapat oleh spesimen nomer 4 dengan nilai tegangan 41,77 Mpa, nilai modulus elastisitas 13,37 GPa, dan nilai regangan 20%. Hasil dari pengujian uji tarik variasi arah *tangential* dan arah *radial* maka dapat ditarik rata-rata nilai dari variasi arah *tangential* memiliki tegangan sebesar 65,60 MPa, kemudian nilai modulus elastisitas sebesar 18,71 GPa, dan nilai regangan yang didapat sebesar 22,44%. Sedangkan untuk nilai rata-rata hasil uji tarik dari variasi arah *radial* memiliki nilai tegangan sebesar 51,15 MPa, kemudian nilai modulus elastisitas sebesar 15,53 GPa, dan nilai regangan yang didapat sebesar 21,06%.

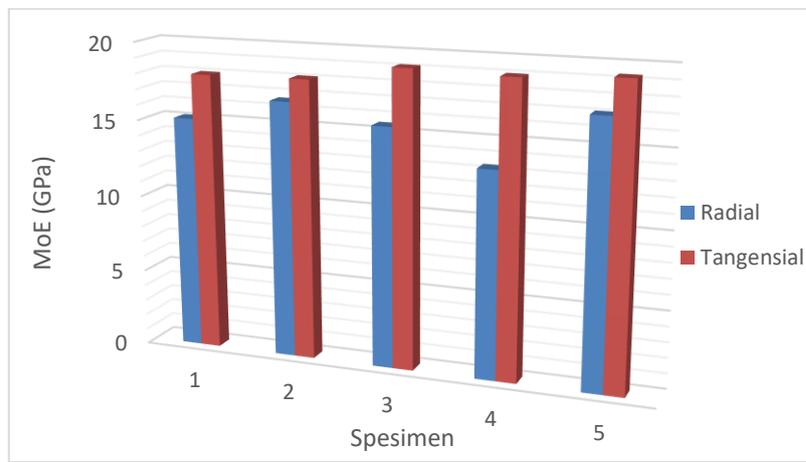
Analisis data hasil dari pengujian tarik dengan variasi arah *tangential* dan arah *radial* juga ditampilkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan 5.2. Gambar 5.1 menjelaskan mengenai nilai dari *tensile strenght* dan Gambar 5.2 menjelaskan mengenai nilai dari MoE (*Modulus of Elasticity*).



Gambar 5.1 Grafik nilai stress uji tarik

Pada Gambar 5.1 dapat dilihat nilai dari tegangan berturut-turut dari yang tertinggi hingga terendah adalah sebagai berikut. Urutan pertama untuk variasi arah *tangential* adalah spesimen nomer 4 dengan nilai 68,60 MPa, sedangkan untuk variasi arah *radial* adalah spesimen nomer 2 dengan nilai 54,79 MPa. Urutan kedua untuk variasi arah *tangential* adalah

spesimen nomer 5 dengan nilai 66,94 MPa, sedangkan untuk variasi arah *radial* adalah spesimen nomer 3 dengan nilai 54,13 MPa. Urutan ketiga untuk variasi arah *tangential* adalah spesimen nomer 3 dengan nilai 66,87 MPa, sedangkan untuk variasi arah *radial* adalah spesimen nomer 5 dengan nilai 53,76 MPa. Urutan keempat untuk variasi arah *tangential* adalah spesimen nomer 2 dengan nilai 64,06 MPa, sedangkan untuk variasi arah *radial* adalah spesimen nomer 1 dengan nilai 51,28 MPa. Urutan kelima untuk variasi arah *tangential* adalah spesimen nomer 1 dengan nilai 61,51 MPa, sedangkan untuk variasi arah *radial* adalah spesimen nomer 4 dengan nilai 41,77 MPa.



Gambar 5.2 Grafik nilai modulus elastisitas uji tarik

Pada Gambar 5.2 dapat dilihat nilai dari MoE (*Modulus of Elasticity*) berturut-turut dari yang tertinggi hingga terendah adalah sebagai berikut. Urutan pertama untuk variasi arah *tangential* adalah spesimen nomer 5 dengan nilai 19,31 GPa, sedangkan untuk variasi arah *radial* adalah spesimen nomer 5 dengan nilai 17,07 GPa. Urutan kedua untuk variasi arah *tangential* adalah spesimen nomer 3 dengan nilai 19,15 GPa, sedangkan untuk variasi arah *radial* adalah spesimen nomer 2 dengan nilai 16,62 GPa. Urutan ketiga untuk variasi arah *tangential* adalah spesimen nomer 4 dengan nilai 18,99 GPa, sedangkan untuk variasi arah *radial* adalah spesimen nomer 3 dengan nilai 15,51 GPa. Urutan keempat untuk variasi arah *tangential* adalah spesimen nomer 2 dengan nilai 18,10 GPa, sedangkan untuk variasi arah *radial* adalah spesimen nomer 1 dengan nilai 15,11 GPa. Urutan kelima untuk variasi arah *tangential* adalah spesimen nomer 1 dengan nilai 18,00 GPa, sedangkan untuk variasi arah *radial* adalah spesimen nomer 4 dengan nilai 13,37 GPa.

5.3. Pengujian Tekuk

Data hasil dari uji tekuk selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan nilai kuat tekuk, defleksi dan modulus elastisitas. Perhitungan untuk mendapatkan nilai *bending strenght* dapat

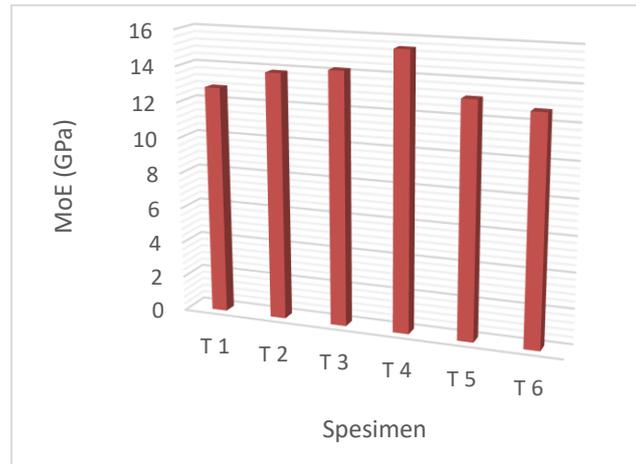
dilihat pada rumus 2.4, sedangkan untuk mendapatkan nilai MoE didapatkan dengan perhitungan pada 2.5. Hasil analisis tersebut akan ditampilkan dalam bentuk tabulasi. Analisis data hasil perhitungan dari pengujian tekuk dengan variasi arah *tangential* dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Analisis hasil uji tekuk (*Flexure*)

Nomer Spesimen	Hasil Pengujian		
	MOR (Mpa)	MOE (GPa)	Defleksi (mm)
1	144,89	12,89	17,7
2	118,25	13,84	13,4
3	122,19	14,19	13,3
4	143,25	15,50	14,2
5	125,52	13,14	14,7
6	95,60	12,72	11,4
Rata-Rata	124,95	13,7	14,12

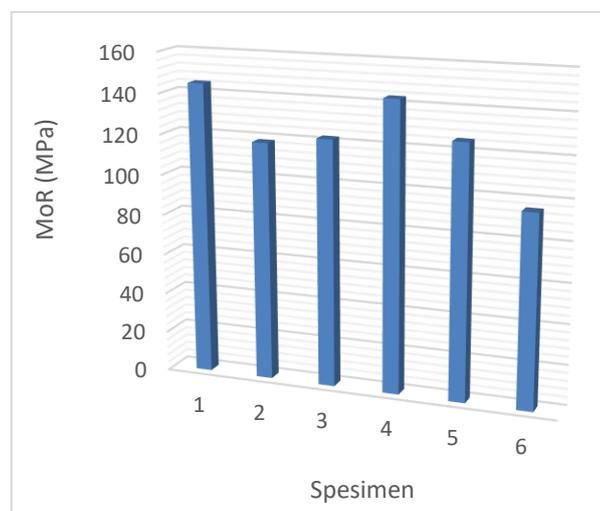
Dari pengujian yang telah dilakukan, hasil sifat mekanik ditabulasikan pada Tabel 5.2. Berdasarkan Tabel 5.2 nilai kekuatan tekuk bambu laminasi Betung secara berurutan adalah sebagai berikut nilai kuat tekuk tertinggi pada variasi arah *tangential* diperoleh spesimen nomer 1 yaitu 144,89 Mpa dengan nilai defleksi 17,7 mm. Selanjutnya ada spesimen 4 dengan nilai kuat tekuk sebesar 143,25 Mpa dan defleksi 14,2 mm. Setelah itu ada spesimen 5 dengan nilai kuat tekuk sebesar 125,52 Mpa dan defleksi 14,7. Kemudian pada urutan ke-empat ada spesimen 3 dengan nilai kuat tekuk sebesar 122,19 Mpa dan defleksi 13,3. Nilai kuat tekuk sebelum terendah didapat oleh spesimen 2 dengan nilai kuat tekuk sebesar 118,25 Mpa dan defleksi 13,4 mm. Sedangkan untuk nilai kuat tekuk bambu laminasi Betung terendah dengan variasi arah *tangential* didapat oleh spesimen nomer 6 yaitu 95,60 Mpa dengan nilai defleksi 11,4 mm. Setelah dilakukan enam percobaan pengujian maka dapat ditarik nilai rata-rata uji tekuk laminasi bambu laminasi Betung dengan variasi arah *tangential* yaitu sebesar 124,95 Mpa dengan rata-rata nilai defleksi 14,12 mm.

Selain itu hasil dari pengolahan data hasil uji tekuk variasi arah *tangential* disajikan dalam bentuk grafik, grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.3 yang menjelaskan nilai dari MoE (*Modulus of Elasticity*), sedangkan pada Gambar 5.4 akan menjelaskan mengenai nilai dari kuat tekuk atau MoR (*Modulus of Rupture*).



Gambar 5.3 Grafik nilai uji tekuk MoE

Dari Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa nilai MoE (*Modulus of Elasticity*) yang paling besar didapat oleh spesimen 4 dengan nilai 15,5 GPa, kemudian disusul dengan spesimen 3 dengan nilai 14,9 GPa, selanjutnya ada spesimen 2 dengan nilai 13,84 GPa. Pada urutan keempat oleh spesimen 5 dengan nilai 13,4 GPa, setelah spesimen 5 ada spesimen 1 dengan nilai 12,89 GPa, dan yang terakhir dengan nilai terendah ada pada spesimen 6 dengan nilai 12,72 GPa.



Gambar 5.4 Grafik nilai uji tekuk MoR

Dari Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa nilai MoR (*Modulus of Rupture*) yang paling besar didapat oleh spesimen 1 dengan nilai 144,89 MPa, kemudian disusul dengan spesimen 4 dengan nilai 143,25 MPa, selanjutnya ada spesimen 5 dengan nilai 125,52 MPa. Pada urutan keempat oleh spesimen 3 dengan nilai 122,19 MPa, setelah spesimen 3 ada spesimen 2 dengan nilai 118,25 MPa, dan yang terakhir dengan nilai terendah ada pada spesimen 6 dengan nilai 95,60 MPa.

5.4. Analisis Hasil Uji

Menurut peraturan dari BKI tahun 2013 tentang "*Rules for Small Vessels up to 24 m*" dimana diatur mengenai tegangan ijin dari material kayu lapis atau laminasi, menyebutkan bahwa laminasi yang akan digunakan sebagai material konstruksi harus memiliki nilai kuat tarik minimum **42,169 MPa**. Sedangkan menurut hasil pengujian spesimen laminasi bambu Betung variasi lateral memiliki nilai kuat tarik di atas syarat yang ditentukan oleh BKI. Nilai kuat tarik variasi yang memenuhi dari standar BKI yaitu variasi arah *tangential* dengan nilai kuat tarik sebesar **65,60 MPa**, kemudian untuk variasi arah *radial* dengan nilai kuat tarik sebesar **51,15 MPa**.

Sedangkan nilai *bending strength* minimum yang disyaratkan oleh BKI adalah sebesar **71,098 MPa** dan dari hasil pengujian yang telah dilakukan, nilai dari *bending strenght* variasi arah *tangential* adalah sebesar **124,95 MPa**. Dari hasil ini akan dilanjutkan mengenai analisis distribusi tegangan yang diterima oleh kapal menggunakan pemodelan struktur dibantu dengan komputer.

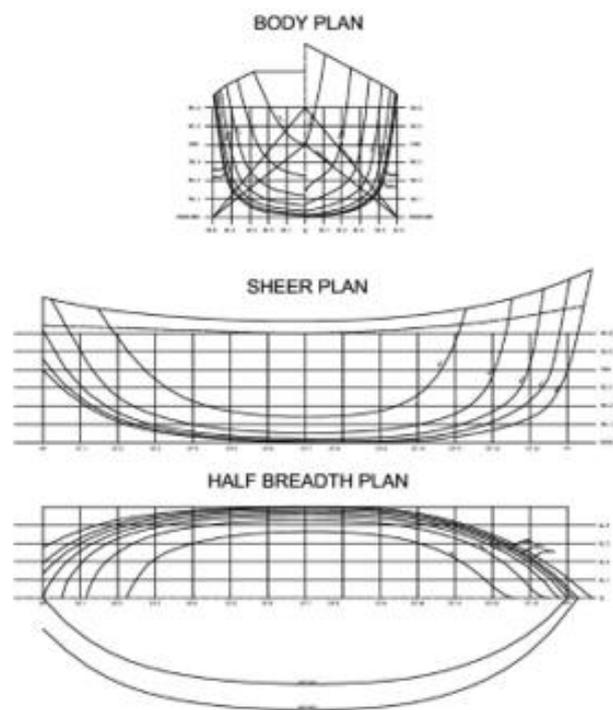
5.5. Desain Kapal Ikan 20 GT

Data ukuran utama kapal didapatkan dari hasil survei lokasi tepatnya di daerah Paciran, Lamongan, Jawa Timur. Data yang diambil adalah kapal dengan variasi ukuran *Gross Tonage* (GT), kemudian menggunakan dasar regulasi BKI tahun 2013 untuk melakukan perhitungan ukuran konstruksi kapal ikan bambu laminasi. Pertama kali yang harus dirancang untuk mendapatkan konstruksi, bentuk dan ukuran konstruksi kapal ikan perlu ditentukan ukuran utama dan rencana garis yang baku. Berdasarkan gambar rencana garis ini maka banyak yang bisa dihitung dan direncanakan termasuk kapasitas, kecepatan dan *scantling*nya.

Desain kapal yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan desain yang sudah ada, yaitu kapal ikan dengan kapasitas 20 GT dengan berbahan dasar kayu solid. Desain kapal tersebut sangat diprioritaskan karena pada kondisi lapangan dengan adanya desain dapat menjadi media komunikasi antara *engineer* dengan bagian produksi. Maka dari itu dalam penelitian ini diperlukan desain kapal yang selanjutnya dapat menjelaskan apakah material ini sudah memenuhi dalam hal kekuatan konstruksi.

Setelah didapatkan data ukuran utama kapal beserta data dari hasil pengukuran WL (*waterline*) dan BL (*buttock line*) pada tiap gading kapal, maka pertama kali yang harus dirancang adalah *lines plan*. Dengan data titik-titik pengukuran WL dan BL yang ada pada kapal ikan yang disurvei, kemudian dilakukan proses *redrawing* atau penggambaran ulang

dengan memasukkan nilai-nilai yang didapatkan dari pengukuran ke dalam *software AutoCad* kemudian dilakukan penggabungan titik-titik pada tiap hasil pengukuran gading kapal dengan menggunakan *spline*, maka akan menghasilkan bentuk kurva lambung kapal. Pada tahap ini masih ada kemungkinan terjadi bentuk yang kurang *streamline*, dikarenakan faktor kurang ketepatan dan ketelitian pada saat melakukan pengukuran. Hasil dari menggambar pada *AutoCad* kemudian akan disempurnakan dengan menggunakan *software Maxsurf Modeler*. Setelah melalui beberapa proses desain menggunakan *software*, didapatkan bentuk *lines plan* Kapal Ikan 20 GT seperti terlihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 *Lines plan* kapal ikan kapasitas 20 GT

Pada Gambar 5.5 di atas merupakan gambar rencana garis kapal ikan kapasitas 20 GT dengan ukuran utama kapal sebagai berikut.

Panjang Kapal (Loa)	: 12 meter
Panjang Garis Air (Lwl)	: 11,4 meter
Lebar Kapal (B)	: 4 meter
Tinggi Kapal (H)	: 4,4 meter
Sarat (T)	: 1,6 meter
Kecepatan (Vs)	: 7 knot

Bentuk *lines plan* tersebut juga tidak ketinggalan memperhatikan beberapa masukan dari beberapa nelayan, terutama di daerah Paciran, Lamongan. Setelah dibuat gambar rencana garis maka akan dapat mempermudah dalam melakukan perhitungan ukuran dan bentuk member konstruksi kapal ikan. Perhitungan dalam menentukan ukuran tiap member konstruksi ini akan menggunakan regulasi BKI 2013 Vol VII, sebagai aturan dasar perhitungan konstruksi kapal kayu dan laminasi dengan panjang kurang dari sama dengan 24 meter.

5.6. Ukuran Konstruksi Kapal Perikanan

Berdasarkan hasil perhitungan variabel yang didapatkan setelah melakukan pengujian tarik dan tekuk langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan ukuran konstruksi kapal ikan. Ukuran kapal ikan yang telah ditentukan sebagai bahan penelitian yaitu dengan kapasitas 20 GT, kemudian ukuran konstruksi kapal ikan ini selanjutnya akan dihitung berdasarkan bahan karakteristik material bambu laminasi Betung. Perhitungan ukuran komponen konstruksi kapal meliputi, lunas, linggi haluan, wrang, gading, galar kim, galar balok, dan balok geladak. Selain itu tebal kulit, tebal geladak. Perhitungan untuk menentukan bagian konstruksi seperti lunas, linggi haluan, gading, galar, balok geladak, penegar sekat dan penegar bangunan atas akan dijelaskan ukuran konstruksi berupa *face* dan *web*. Perhitungan untuk menentukan setiap ukuran member dari konstruksi tersebut dengan *rule* Biro Klasifikasi Indonesia 2013 mengacu pada rumus yang telah dijelaskan pada bab 2 maka akan diperoleh masing-masing ukuran komponen bagian konstruksi kapal ikan 20 GT.

Menghitung ketebalan kulit dan geladak kapal ikan menggunakan rumus 2.6, karena pada rumus tersebut terdapat P_d (beban yang terjadi pada kulit) maka langkah pertama dilakukan perhitungan beban. Beban yang dihitung sebelumnya ada tiga bagian, yaitu beban alas, beban samping, dan beban geladak. Dalam menghitung pembebanan yang terjadi secara urut dapat dilakukan menggunakan rumus yang terdapat pada Tabel 2.3, Tabel 2.5 yang digunakan adalah rumus mengenai *shell bottom*, *shell side* dan *main deck*. Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dikalikan dengan koefisien faktor kecepatan, koefisien faktor kecepatan disini didapatkan 1. Selain dari pembebanan, dalam mencari ketebalan kulit terdapat pengaruh dari nilai hasil pengujian uji tekuk. Selanjutnya variabel yang telah didapat kemudian dilakukan perhitungan ketebalan dengan menggunakan rumus 2.5. Hasil dari perhitungan tersebut menunjukkan hasil ukuran minimum yang digunakan dalam konstruksi kapal ikan dengan material bambu laminasi Betung kapasitas 20 GT.

Pengukuran member konstruksi lainnya yaitu pengukuran pada lunas, linggi dan galar. Penentuak ukuran member konstruksi di sini dibantu dengan adanya tabel angka penunjuk. Perhitungan untuk mendapatkan nilai dari lunas, linggi, dan galar terdapat faktor pengaruh dari L kapal, semakin besar nilai L maka akan semakin besar luas dari member konstruksi yang diperoleh. Pada lunas setelah diketahui nilai L kapal, maka dapat dilihat pada Tabel 2.6 dari tabel akan didapatkan luas penampang dan tinggi. Apabila massa jenis material tidak sama dengan $0,56 \text{ g/cm}^3$, maka perlu dilakukan perkalian antara luas penampang yang didapat dengan faktor pengali, dapat dilihat pada rumus 2.6. Hasil dari perkalian variabel tersebut, selanjutnya dibagi dengan nilai tinggi yang diketahui dari Tabel 2.6 sebelumnya. Hasil dari pembagian tersebut menunjukkan nilai lebar atau *face* pada bagian konstruksi lunas. Pengukuran pada member linggi dan galar kurang lebih menggunakan cara yang sama, yaitu menggunakan faktor pengali (apabila massa jenis material sama dengan $0,56 \text{ gr/cm}^3$) hanya saja tabel penunjuk yang digunakan berbeda, untuk mendapatkan nilai luas penampang pada linggi menggunakan tabel penunjuk Table 2.7, kemudian untuk mendapatkan nilai luas penampang dari konstruksi galar dapat dilihat pada Tabel 2.8. untuk galar hanya mendapatkan nilai dari luasan penampang member konstruksi, karena ukuran dari tinggi (*web*) dan lebar (*face*) adalah sama besar. Maka hasil dari tabel penunjuk kemudian dikali faktor pengali selanjutnya diakar. Hasil dari perhitungan tersebut menunjukkan hasil ukuran minimum yang digunakan dalam konstruksi kapal ikan dengan material bambu laminasi Betung kapasitas 20 GT.

Seperti pada saat menentukan ukuran komponen lunas, linggi, dan galar, dalam menentukan ukuran bagian konstruksi dari wrang, gading, dan pembujur sekat didapatkan dari angka penunjuk pada tabel berdasarkan faktor modulus W pada kapal. Modulus pada dimensi konstruksi akan didapatkan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus empiris sesuai dengan aturan dari *rule* Biro Klasifikasi Indonesia tahun 2013 Vol VII. Perhitungan modulus untuk bagian konstruksi wrang dan gading dapat dilihat pada Tabel 2.9, terdapat dua rumus perhitungan modulus yang dihasilkan W_B dan $W_{B(\min)}$ untuk perhitungan wrang, kemudian W_S dan $W_{S(\min)}$ untuk perhitungan pada gading. Apabila nila W_B atau W_S kurang dari minimumnya maka modulus yang dipakai adalah hasil perhitungan minimumnya. Pada perhitungan wrang, gading, penegar sekat, dan balok geladak terdapat pengaruh dari faktor σ_{Rm} nilai *ultimate stress* berbeda halnya pada saat menentukan lunas, linggi, dan galar komponen tersebut dipengaruhi oleh hasil σ_{Rm} dari hasil *bending strength*. Kemudian hasil perhitungan modulus dikalikan dengan faktor pengali k_{10} yaitu karakteristik material. Menentukan karakteristik material dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus 2.8. Hasil perhitungan perkalian antara

modulus dari wrang dan gading dengan faktor pengali karakteristik material selanjutnya dilihat pada table angka penunjuk dengan acuan, modulus sebagai angka penunjuknya. Maka akan didapatkan nilai lebar (*face*) dan tinggi (*web*) dari komponen konstruksi wrang dan juga gading, hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.13. Perhitungan tersebut dilakukan sama untuk mencari ukuran komponen konstruksi pada penegar sekat dan balok geladak, rumus perhitungan modulus untuk penegar sekat dapat dilihat pada Tabel 2.11 sedangkan rumus untuk mendapatkan modulus balok geladak dapat dilihat pada Tabel 2.12. Hasil dari keseluruhan perhitungan komponen konstruksi kapal ikan kapasitas 20 GT dapat dilihat pada rekapitulasi yang disajikan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Ukuran konstruksi kapal ikan kapasitas 20 GT

Bagian Konstruksi	Bambu Laminasi Betung		
	lebar (mm)	tinggi (mm)	luas (mm ²)
lunas	90	165	148,396
linggi haluan	60	98	58,577
gading	40	62	24,693
wrang	40	68	27,007
galas balok	60	78	46,862
galas kim	60	78	46,862
balok geladak	90	78	69,794
Bagian Konstruksi	tebal (mm)		
Kulit sisi lambung	20		
Kulit bawah lambung	20		
Kulit geladak	11		
Kulit bangunan atas	11		
Kulit sekat	20		

Perhitungan ukuran konstruksi di atas menggunakan *rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia Vol VII 2013 tentang *Rules for Small Vessels up to 24 m*. Untuk menganalisa apakah ukuran konstruksi memenuhi dari aspek unsur kekuatan, perlu dilakukan pemodelan kapal dengan dibantu komputer, selanjutnya model tersebut akan di-*running* menggunakan *software* yaitu MSC Nastran. Ukuran ini akan terbukti memenuhi apabila kondisi tegangan yang terjadi diterima oleh badan kapal masih berada di bawah tegangan ijin tarik dan tegangan ijin tekuk yang didapatkan dari hasil pengujian material.

BAB 6

ANALISIS PEMODELAN STRUKTUR

6.1. Pendahuluan

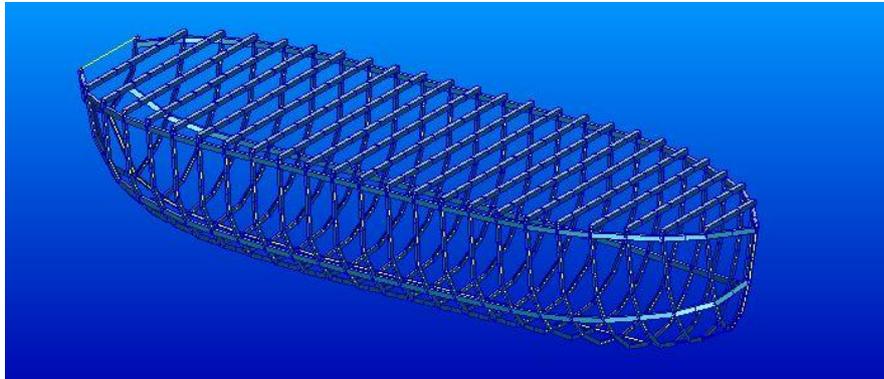
Setelah dilakukan uji sifat mekanik, perancangan kapal ikan dan perhitungan ukuran konstruksi, selanjutnya perlu dilakukan analisa simulasi pembebanan guna mengetahui distribusi beban yang diterima oleh kapal ikan kapasitas 20 GT dengan material bambu laminasi Betung. Untuk mengetahui ketahanan dari konstruksi kapal ikan maka diperlukan suatu pengujian terhadap rancangan kapal ikan bambu laminasi Betung yang telah dibuat, pengujian tersebut dapat dilakukan dengan analisis pemodelan struktur. Analisis pemodelan struktur ini dilakukan dengan bantuan komputer, yaitu menggunakan MSC Patran sebagai *software* pembuatan model kapal ikan, memasukkan data *material properties*, memasukkan data ukuran komponen konstruksi hingga memasukkan data beban yang bekerja pada kapal. Kemudian menggunakan MSC Nastran yang bertindak sebagai *solver*, hasil *running model* tersebut nantinya dapat digunakan untuk mengetahui distribusi tegangan yang diterima badan kapal dengan melihat secara visual warna yang ditampilkan pada model kapal, semakin gelap warna maka tegangan yang diterima semakin besar begitu sebaliknya.

6.2. Pemodelan Kapal Ikan 20 GT

Apabila suatu konstruksi dikenai gaya seperti beban, tekanan, temperatur, kecepatan fluida dan panas maka akan timbul akibat-akibat seperti perubahan bentuk (deformasi) tegangan, temperatur, tekanan, dan kecepatan fluida. Sifat distribusi dari akibat-akibat yang ditimbulkan (deformasi) dalam suatu benda tergantung pada karakteristik sistem gaya dan beban itu sendiri. Dalam metode elemen hingga akan dapat ditemukan distribusi dari akibat-akibat ini, yang dinyatakan dengan perpindahan/displasmen.

Pembuatan model struktur dapat memudahkan dalam menganalisis suatu kekuatan pada material tanpa membuat *prototype* terlebih dahulu. Hal ini juga mempermudah untuk mengerti pembebanan tanpa mendalami lebih dalam mengenai perhitungan *Finite Elemen* lebih jauh. Distribusi tegangan dapat dilihat dengan mudah secara visual, hal itu dapat terlihat setelah hasil pemodelan pada Patran di-*running* menggunakan Nastran. Tahapan dalam pembuatan model kapal ikan bambu laminasi telah dijelaskan pada Bab 3.

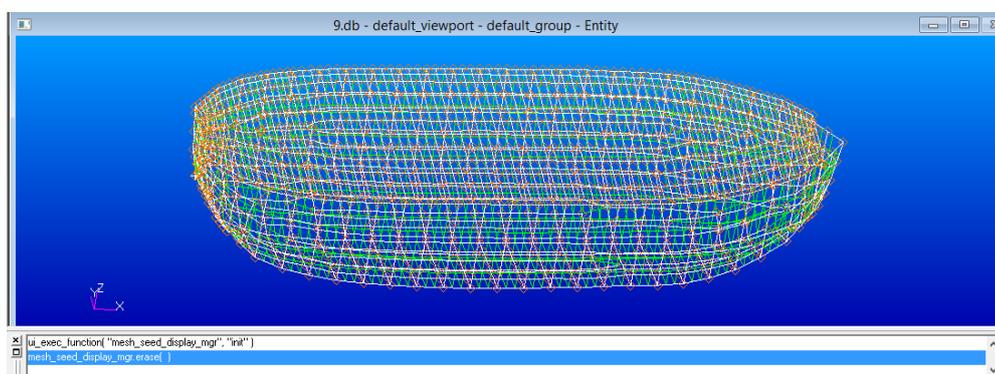
Model kapal yang dibuat diusahakan semirip mungkin dengan bentuk dari kapal yang telah disurvei agar hasil dari *running software* dapat dianggap seperti pada kapal sesungguhnya dengan karakteristik material dan ukuran konstruksi yang berbeda.



Gambar 6. 1 Model 3D gading kapal ikan 20 GT

Pada Gambar 6.1 dapat dilihat hasil pembuatan model kapal ikan. Pembuatan model kapal dilakukan pada MSC Patran dengan cara memasukkan node atau titik yang telah ditentukan terlebih dahulu dari *lines plan* yang telah dibuat. Karena pada Patran hanya membaca node sesuai dengan koordinat (x,y,z), maka perlu dilakukan secara satu-persatu dalam memasukkan node tersebut.

Dalam membuat model kapal ikan bambu laminasi dengan kapasitas 20 GT akan dilakukan tahap *meshing*. *Meshing* dapat berperan sangat penting dalam menganalisis struktur suatu kondisi model yang terkena tegangan. Semakin rapat proses *meshing* yang dilakukan maka akan semakin banyak elemen yang terbentuk dari suatu model tersebut, hal ini membuat model tersebut dapat mendistribusikan tegangan dengan lebih merata, maka hasil yang diperoleh dapat lebih bagus sesuai dengan kondisi yang sebenarnya.



Gambar 6.2 Hasil dari proses *meshing* model

Proses *meshing* yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan cara otomatis, maksudnya adalah penentuan proses *meshing* dengan cara ditentukan secara langsung oleh

software. Patran akan secara otomatis membaca jumlah banyaknya elemen yang dibentuk setelah model di-*meshing*. Karena elemen yang dibentuk setelah proses *meshing* harus dapat menyambung antara elemen satu dengan lainnya, apabila terjadi elemen yang tidak menyambung maka pada tahap *analysis* file dari *result* akan tidak terbaca atau akan muncul peringatan *begin*. Hal itu berarti model yang terbentuk masih belum sempurna, walaupun pada tahap *equivalence* penyatuan elemen-elemen telah dilakukan. Pembuatan model dasar dapat dilakukan diluar *software* Patran, akan tetapi untuk menghindari proses *analysis* yang dapat gagal maka pembuatan model lebih baik langsung dilakukan pada Patran dan dapat memilih proses *meshing* dengan cara otomatis, maka *software* yang akan dengan sendirinya menentukan banyaknya elemen yang akan dibentuk.

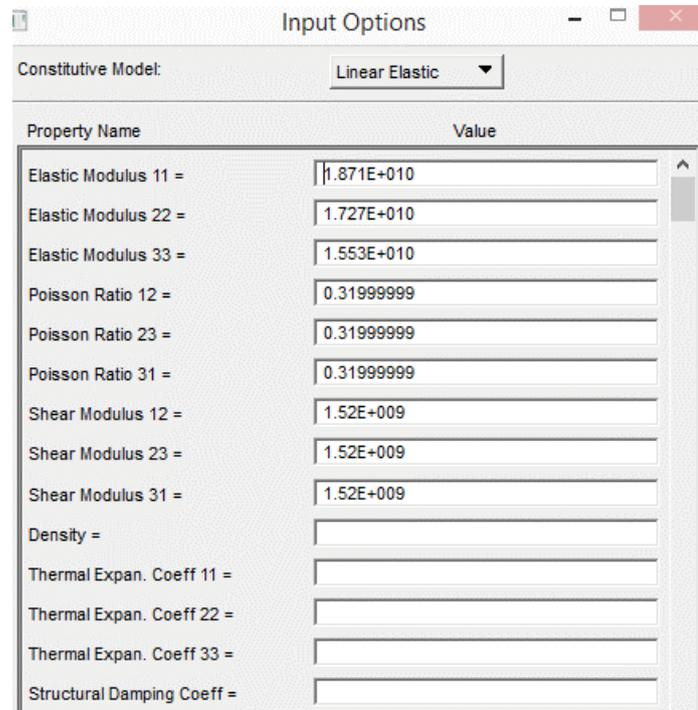
6.3. Analisa Material Kapal Ikan 20 GT

Material yang digunakan adalah bambu Betung yang nantinya akan dilaminasi. Bambu Betung tersebut termasuk pada kategori material ortotropik, material ortotropik sendiri mempunyai sifat yang berbeda pada tiga arah sumbunya yaitu *radial*, *tangential*, dan *longitudinal*. Berbeda halnya dengan material isotropik, material ortotropik cenderung dalam mendistribusikan tegangan akan disesuaikan dengan arah beban yang diterima. Maka dalam menentukan bentuk member konstruksi kapal, arah atau sumbu material tersebut akan mempengaruhi kekuatannya.

Bilah bambu laminasi dengan ketebalan yang seragam akan disusun dengan cara tumpuk bata. Hal ini dimaksudkan agar material ortotropik dapat diaanggap mendekati homogen yaitu beban yang diterima dapat disebarkan ke segala arah. Pada pengujian sifat mekanik yang dilakukan oleh Supomo, 2016 didapatkan poisson rasio (*longitudinal*, *radial*) berkisar antara 0,32-0,35. Kekuatan pada arah *radial*, *tangential*, dan *longitudinal* dipengaruhi juga oleh ketebalan atau banyaknya lapisan dari laminasi.

Karena material yang digunakan adalah material ortotropik maka dalam melakukan analisis pemodelan struktur harus memperhatikan *input material properties* agar hasil *running* dapat menghasilkan data dengan karakteristik material yang sesuai dengan bambu laminasi Betung. Pada tahap memasukkan karakteristik material, penulis memasukkan data dari sifat mekanik material baik dari hasil pengujian maupun mengambil data dari hasil pengujian atau penelitian sebelumnya. Sifat mekanik yang dimasukkan antara lain, modulus elastisitas, poisson rasio, dan *sheer modulus*, ketiga sifat mekanik tersebut dimasukkan sesuai dengan nilai

besarnya arah *radial*, *tangential*, dan *longitudinal*. Perlu diperhatikan juga dalam memasukkan nilai setiap sifat mekanik harus disesuaikan dengan bentuk member konstruksi.



Gambar 6.3 Tahap memasukkan karakteristik material

Pada Gambar 6.3 dapat dilihat proses penentuan karakteristik material, sifat mekanik material modulus elastisitas *longitudinal* sebesar 17,27 Gpa didapatkan dari penelitian sebelumnya, sedangkan untuk arah *radial* dan tangensial sebesar 15,53 Gpa dan 18,71 GPa didapat dari hasil pengujian spesimen yang dilakukan oleh penulis.

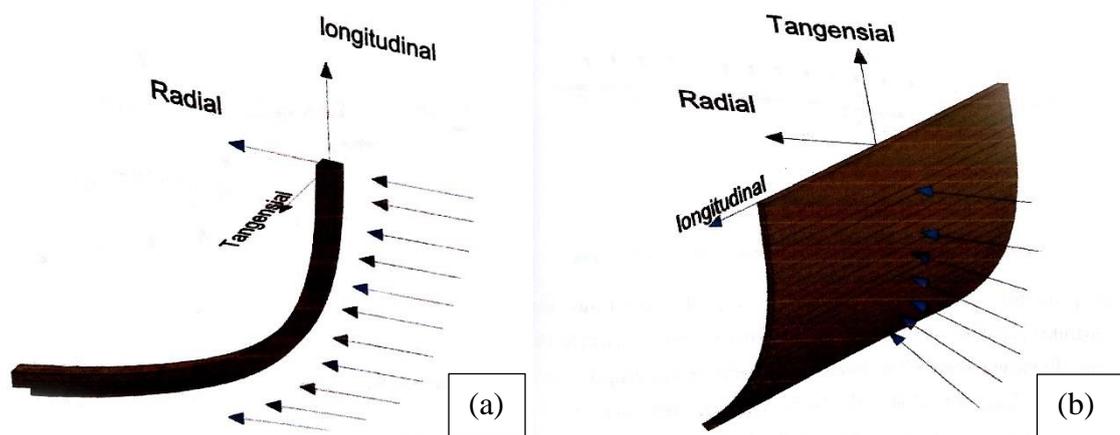
6.4. Analisa Pembebanan Kapal Ikan 20 GT

Pada penulisan ini karena operasi kapal dengan $L \leq 24$ m, maka dapat dikatakan kapal ini berlayar di air yang tenang, dengan demikian beban yang bekerja diperhitungkan secara statis. Sehingga beban yang diperhitungkan baik arah dan besarnya disesuaikan dengan fenomena beban statis. Secara garis besar dengan aplikasi beban statis, respon konstruksi kapal akan mengalami tegangan akibat pembebanan tersebut. Pada penulisan ini respon konstruksi kapal yang dianggap sebagai sebuah balok akan mengakibatkan tegangan tarik dan tekan pada bagian konstruksi.

Dalam menopang pembebanan statis yang terjadi pada badan kapal ikan diperlukan konstruksi yang memadai sehingga kapal tidak akan mengalami kerusakan konstruksi saat beroperasi. Pada kondisi yang telah disebutkan di atas, maka beberapa elemen konstruksi mempunyai fungsi yang berbeda-beda tergantung dari besarnya beban dan arah serta posisi

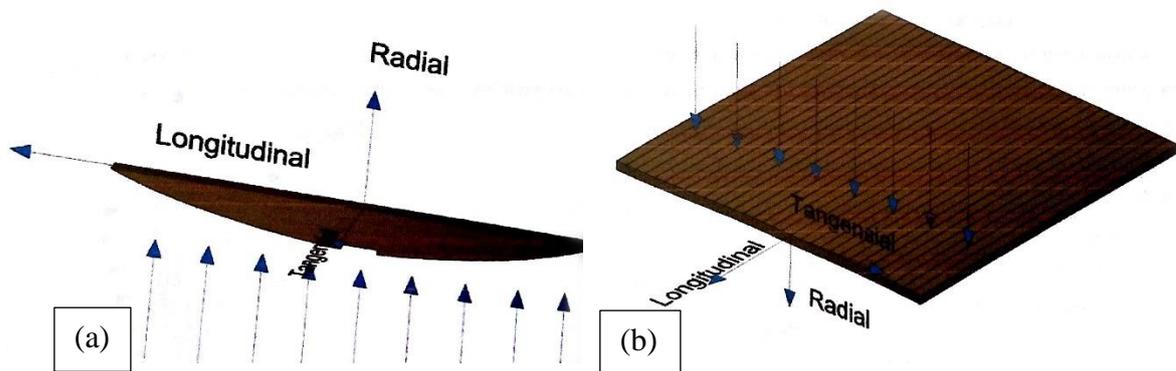
beban yang terjadi. Bagian konstruksi yang berfungsi untuk menopang kekuatan dibagi menjadi dua yaitu kekuatan memanjang dan kekuatan melintang. Bagian konstruksi sebagai kekuatan memanjang diantaranya adalah lunas dan linggi, penumpu samping, galar kim, galar balok, kulit, penumpu geladak, papan geladak, sedangkan bagian konstruksi sebagai kekuatan melintang adalah gading, wrang, balok geladak, penegar, kulit.

Analisa kondisi pembebanan pada penelitian ini akan disesuaikan dengan kondisi beban yang diterima oleh bagian konstruksi. Karena hal tersebut akan mempengaruhi proses pada tahap memasukkan karakteristik material yang harus sesuai dengan bentuk member konstruksi. Pada gading berbahan bambu laminasi arah beban yang bekerja adalah *flexure strenght* arah *radial*. Dengan demikian konfigurasi laminasi bilah bambu telah sesuai dengan sifat mekanik bahan bilah bambu laminasi. Akibat beban ini akan menimbulkan gaya tekan ataupun tarik pada material secara *longitudinal*. Beban ini akan sama dengan yang dialami pada kulit kapal yaitu arah beban yang sesuai dengan sifat mekanik yaitu tekuk *radial* dan tarik *longitudinal*. Arah pembebanan pada gading dan kulit dapat dilihat pada Gambar 6.4.



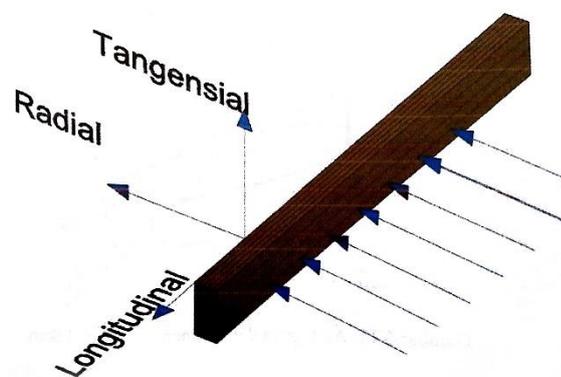
Gambar 6.4 Arah pembebanan pada bagian gading (a) dan kulit (b)
Sumber: Supomo, 2016

Selain gading dan kulit, susunan laminasi bilah bambu untuk konstruksi wrang harus disesuaikan dengan beban yang mendominasi. Dengan demikian bentuk konstruksi wrang mengutamakan kekuatan dengan respon yang terjadi gaya tarik arah *longitudinal* dan gaya tekuk pada arah *radial*. Pada balok geladak dan papan geladak beban yang bekerja disesuaikan dengan sifat mekanik kuat tekuk arah *radial* dan kuat tarik arah *longitudinal*. Paling besar pengaruh dari beban pada papan geladak adalah arah *radial* sebagai kuat tekuk, sedangkan arah *longitudinal* dan *tangential* hanya merupakan respon gaya yang bekerja pada papan geladak. Arah pembebanan pada wrang dan papan geladak dapat dilihat pada Gambar 6.5.



Gambar 6.5 Arah pembebanan pada wrang (a) dan papan geladak (b)
 Sumber: Supomo, 2016

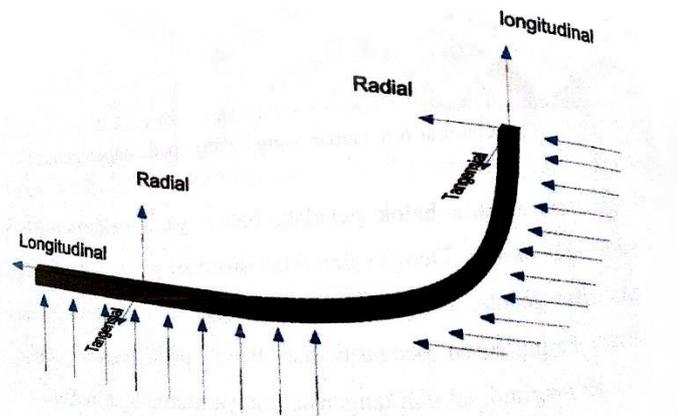
Beban pada galar balok dan galar kim apabila terkena beban dari muatan kapal maka dapat menimbulkan arah yang kurang lebih sama pada member konstruksi lainnya. Tetapi apabila member ini terkena beban dari atas maka ada kemungkinan beban terbesar yang terjadi yaitu tekuk pada arah *tangensial* dan respon gaya tarik pada arah *longitudinal*. Karena terdapat efek sambungan maka beban terbesar dari member konstruksi ini dianggap ke arah *radial* (*flexure*) dan arah *longitudinal* (*tensile*). Arah pembebanan pada galar balok maupun galar kim dapat dilihat pada Gambar 6.6.



Gambar 6.6 Arah pembebanan pada galar balok dan galar geladak
 Sumber: Supomo, 2016

Pada lunas beserta lingginya dijelaskan secara 3 dimensi akan mengalami arah pembebanan yang bekerja dengan konfigurasi laminasi bilah bambu untuk konstruksi lunas dan linggi. Beban dominan yang bekerja secara jelas dapat dilihat yaitu arah *radial* dari respon gaya tekuk dan arah *longitudinal* respon gaya tarik. Karena pada arah tarik *tangensial* maupun *radial* memiliki nilai yang kecil, maka dalam membuat bentuk konstruksi diusahakan untuk

menghindari beban dominan tersebut. Arah pembebanan pada lunas dan linggi dapat dilihat pada Gambar 6.7.



Gambar 6.7 Arah pembebanan pada lunas dan linggi
Sumber: Supomo, 2016

6.5. Kekuatan Kapal Perikanan

Berdasarkan hasil analisis model kapal didapatkan tegangan yang dialami oleh struktur kapal secara global. Analisis ditujukan pada hot spot area, yakni area-area yang dianggap memiliki tegangan yang besar dan rawan terhadap kerusakan. Perlu diketahui juga bahwa tegangan-tegangan akibat kondisi batas diabaikan pada area tertentu diabaikan. Hal ini dikarenakan momen pada kondisi batas tidak dimasukkan (diabaikan).

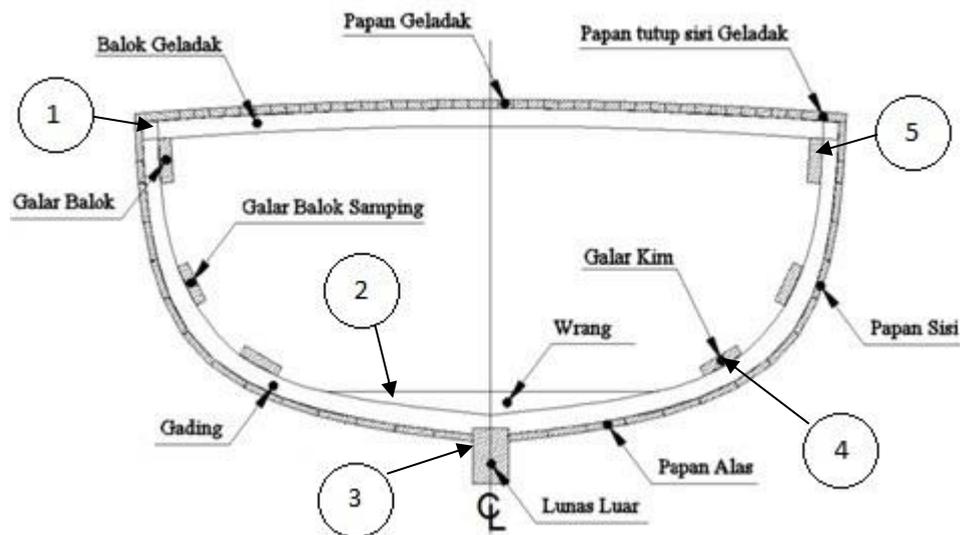
Kekuatan konstruksi kapal yang telah didapat selanjutnya akan dibuat pemodelannya untuk mengetahui distribusi tegangan pada *frame* atau gading kapal tersebut. Analisis ini dapat mempermudah untuk mengetahui besar dan letak tegangan maksimum yang terjadi. Hasil dari kekuatan konstruksi gading tersebut dapat dilihat secara visual setelah dilakukan *running* model pada MSC Nastran.

Nastran pada dasarnya merupakan suatu pemecah untuk analisis elemen hingga. Tidak memiliki fungsi yang memungkinkan untuk membangun model grafis atau meshing. Semua input dan output untuk program ini dalam bentuk file teks. Namun, beberapa pasar vendor perangkat lunak pra dan pasca processor yang dirancang untuk mempermudah membangun sebuah model elemen hingga dan menganalisis hasilnya. Perangkat lunak ini meliputi fungsi untuk mengimpor dan menyederhanakan CAD geometri, jalan dengan unsur-unsur yang terbatas, dan menerapkan beban dan hambatan. Alat yang memungkinkan pengguna untuk menyerahkan analisis untuk Nastran, dan mengimpor hasil dan menampilkannya secara grafis.

Daerah sambungan yang dijadikan objek analisis kekuatan kapal yaitu dengan analisis *hotspot area*. Tinjauan *hotspot area* tersebut menurut ABS (2004) berada pada daerah-daerah sambungan yang kebanyakan berada pada bagian bawah kapal (*bottom area*) dan lambung

kapal. Tinjauan *hotspot area* dilakukan pada AP hingga 0,25L dari bagian tengah kapal (*midship*) kapal, karena sepanjang area tersebut mengalami momen terbesar dan tegangan terbesar.

Letak tinjauan analisis pada kapal ikan ditunjukkan pada Gambar 6.8. Sambungan 1: sambungan antara balok geladak, gading, dan kulit; sambungan 2: sambungan antara wrang dengan gading; sambungan 3: sambungan antara lunas, kulit, gading dan wrang; sambungan 4: sambungan antara galar kim dengan gading; sambungan 5: sambungan antara galar balok dengan gading.



Gambar 6.8 Area *hot spot* analisis
Sumber: ABS, 2004

Pada penulisan Tugas Akhir ini, objek kapal yang dimodelkan dan dianalisis adalah kapal ikan dengan kapasitas 20 GT. Hasil analisis menggunakan *software* MSC Nastran ditunjukkan pada Gambar 6.9. Pada gambar tersebut menunjukkan bentuk konstruksi kapal dengan warna-warna pada daerah-daerah *frame* atau gading. Warna tersebut menunjukkan tegangan yang terjadi pada elemen tertentu dalam suatu area. Semakin gelap warna, maka semakin besar pula nilai tegangan yang ditunjukkan, begitu juga sebaliknya. Tegangan yang tertera pada hasil analisis menggunakan satuan Pa atau N/m^2 .

6.6. Analisa Hasil Pemodelan Struktur Kapal Ikan 20 GT

Pada penulisan Tugas Akhir ini, analisis mengenai distribusi tegangan yang diterima oleh model dibagi menjadi dua pengamatan. Yaitu percobaan pertama distribusi tegangan ditinjau pada kekuatan hanya menggunakan konstruksi gading tanpa kulit selanjutnya percobaan ke dua dilakukan *running* dengan menggunakan kulit. Hal ini bertujuan untuk

melihat perbedaan distribusi tegangan maksimum yang diterima oleh konstruksi kapal dengan bambu laminasi.

6.6.1. Nilai Tegangan pada Gading Kapal Tanpa Kulit

Distribusi tegangan di sini menunjukkan tegangan yang diterima sepenuhnya oleh gading kapal sebagai konstruksi utama pada kapal. Hasil *running software* ditunjukkan pada tabulasi di bawah ini dengan melihat lima titik pengamatan yang telah dijelaskan sebelumnya. Distribusi tegangan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Nilai tegangan pada sambungan gading tanpa kulit

No	Nomer Gading	Hotspot				
		1	2	3	4	5
1	Gading 0	15.02 Mpa	58.79 Mpa	58.89 Mpa	95.56 Mpa	51.17 Mpa
2	Gading 1	20.98 Mpa	124.19 Mpa	178.55 Mpa	149.30 Mpa	14.13 Mpa
3	Gading 2	31.38 Mpa	140.75 Mpa	66.42 Mpa	88.74 Mpa	15.23 Mpa
4	Gading 3	47.97 Mpa	43.18 Mpa	150.27 Mpa	43.22 Mpa	21.07 Mpa
5	Gading 4	53.02 Mpa	16.01 Mpa	28.28 Mpa	50.22 Mpa	43.80 Mpa
6	Gading 5	56.61 Mpa	25.31 Mpa	241.98 Mpa	32.17 Mpa	68.77 Mpa
7	Gading 6	57.03 Mpa	26.68 Mpa	181.14 Mpa	75.70 Mpa	65.22 Mpa
8	Gading 7	60.49 Mpa	31.83 Mpa	50.34 Mpa	62.16 Mpa	65.51 Mpa
9	Gading 8	61.86 Mpa	54.68 Mpa	45.04 Mpa	45.98 Mpa	36.70 Mpa
10	Gading 9	61.94 Mpa	55.09 Mpa	172.92 Mpa	12.39 Mpa	19.83 Mpa
11	Gading 10	62.02 Mpa	43.62 Mpa	136.61 Mpa	22.27 Mpa	26.12 Mpa
12	Gading 11	60.93 Mpa	26.56 Mpa	94.40 Mpa	55.04 Mpa	62.92 Mpa
13	Gading 12	60.66 Mpa	30.95 Mpa	109.14 Mpa	37.61 Mpa	69.38 Mpa
14	Gading 13	61.56 Mpa	35.03 Mpa	67.17 Mpa	34.71 Mpa	43.11 Mpa
15	Gading 14	60.64 Mpa	33.47 Mpa	105.62 Mpa	17.70 Mpa	61.79 Mpa
16	Gading 15	57.80 Mpa	22.16 Mpa	8.65 Mpa	61.62 Mpa	68.74 Mpa
17	Gading 16	61.19 Mpa	11.48 Mpa	16.20 Mpa	33.73 Mpa	15.01 Mpa
18	Gading 17	56.06 Mpa	10.39 Mpa	71.99 Mpa	14.68 Mpa	44.00 Mpa
19	Gading 18	51.09 Mpa	11.82 Mpa	45.24 Mpa	38.05 Mpa	28.48 Mpa
20	Gading 19	50.12 Mpa	60.72 Mpa	83.47 Mpa	21.79 Mpa	25.53 Mpa
21	Gading 20	45.51 Mpa	144.15 Mpa	178.87 Mpa	35.38 Mpa	30.24 Mpa
22	Gading 21	39.53 Mpa	36.06 Mpa	74.54 Mpa	37.20 Mpa	30.49 Mpa
23	Gading 22	32.62 Mpa	98.05 Mpa	55.71 Mpa	96.17 Mpa	39.97 Mpa
24	Gading 23	18.82 Mpa	125.32 Mpa	123.40 Mpa	88.98 Mpa	40.93 Mpa
	Nilai Maksimum	62.02 Mpa	144.15 Mpa	241.98 Mpa	149.30 Mpa	69.38 Mpa

Pada Tabel 6.1 menunjukkan bagaimana beban yang bekerja pada struktur kapal ikan. Tegangan yang terjadi adalah akibat dari beban air laut dan beban muatan pada kapal seperti beban yang diterima oleh geladak kapal. Beban yang bekerja menimbulkan reaksi pada

sambungan bagian konstruksi kapal. Distribusi tegangan di atas terjadi tanpa konstruksi dari kulit. Dari hasil tabulasi di atas dapat dilihat beban maksimum yang diterima oleh struktur kapal ikan 20 GT adalah sebesar 241,98 Mpa.

6.6.2. Nilai Tegangan pada Gading Kapal dengan Kulit

Selanjutnya proses pengamatan distribusi tegangan dilakukan pada bagian konstruksi gading kapal lengkap dengan menggunakan kulit kapal sebagai konstruksi kapal. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi ideal atau perbedaan antara beban yang diterima oleh gading dengan atau tanpa menggunakan kulit. Pengamatan ini dilakukan dengan metode yang sama seperti sebelumnya, objek pengamatan pada lima titik kritis yaitu pada sambungan bagian konstruksi. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 6.2.

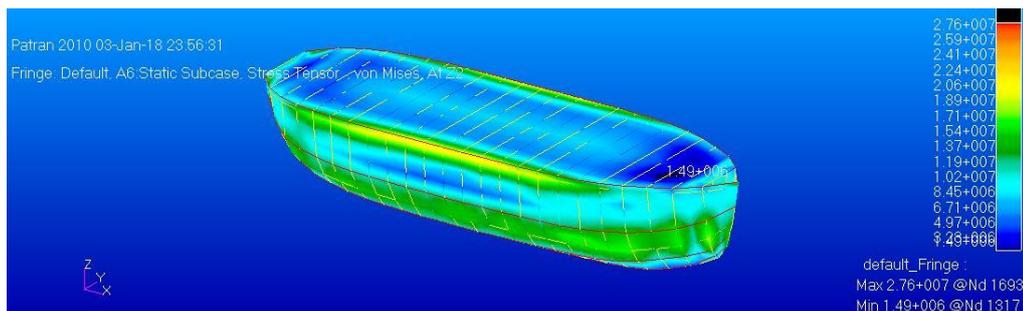
Tabel 6.2 Nilai tegangan pada sambungan gading dengan kulit

No	Nomer Gading	Hotspot				
		1	2	3	4	5
1	Gading 0	1.37 Mpa	4.97 Mpa	2.65 Mpa	8.00 Mpa	4.90 Mpa
2	Gading 1	5.70 Mpa	10.50 Mpa	8.04 Mpa	7.65 Mpa	1.35 Mpa
3	Gading 2	8.53 Mpa	9.02 Mpa	2.99 Mpa	7.43 Mpa	1.46 Mpa
4	Gading 3	13.04 Mpa	3.65 Mpa	6.77 Mpa	0.27 Mpa	2.02 Mpa
5	Gading 4	14.41 Mpa	1.35 Mpa	1.27 Mpa	4.20 Mpa	4.19 Mpa
6	Gading 5	15.39 Mpa	2.14 Mpa	9.78 Mpa	2.69 Mpa	6.58 Mpa
7	Gading 6	15.50 Mpa	0.57 Mpa	8.16 Mpa	6.34 Mpa	6.24 Mpa
8	Gading 7	16.44 Mpa	0.15 Mpa	2.27 Mpa	5.20 Mpa	6.27 Mpa
9	Gading 8	16.81 Mpa	4.62 Mpa	2.03 Mpa	3.85 Mpa	3.51 Mpa
10	Gading 9	16.84 Mpa	4.66 Mpa	7.79 Mpa	1.04 Mpa	1.90 Mpa
11	Gading 10	16.86 Mpa	3.69 Mpa	6.15 Mpa	1.86 Mpa	0.59 Mpa
12	Gading 11	16.56 Mpa	2.25 Mpa	4.25 Mpa	4.61 Mpa	6.02 Mpa
13	Gading 12	16.49 Mpa	2.62 Mpa	4.91 Mpa	3.15 Mpa	6.64 Mpa
14	Gading 13	16.73 Mpa	2.96 Mpa	3.02 Mpa	2.91 Mpa	0.30 Mpa
15	Gading 14	16.48 Mpa	2.83 Mpa	4.76 Mpa	1.48 Mpa	5.92 Mpa
16	Gading 15	15.71 Mpa	0.18 Mpa	0.39 Mpa	5.16 Mpa	6.58 Mpa
17	Gading 16	16.63 Mpa	0.97 Mpa	0.73 Mpa	2.82 Mpa	1.44 Mpa
18	Gading 17	15.24 Mpa	0.88 Mpa	3.24 Mpa	1.23 Mpa	4.21 Mpa
19	Gading 18	13.89 Mpa	1.00 Mpa	2.04 Mpa	0.67 Mpa	2.73 Mpa
20	Gading 19	13.62 Mpa	5.13 Mpa	3.76 Mpa	1.82 Mpa	2.44 Mpa
21	Gading 20	12.37 Mpa	7.02 Mpa	8.05 Mpa	0.45 Mpa	2.90 Mpa
22	Gading 21	10.74 Mpa	3.05 Mpa	3.36 Mpa	0.60 Mpa	0.05 Mpa
23	Gading 22	8.87 Mpa	8.29 Mpa	2.51 Mpa	8.05 Mpa	3.83 Mpa
24	Gading 23	5.12 Mpa	10.60 Mpa	5.56 Mpa	7.45 Mpa	3.92 Mpa
Nilai maksimum		16.86 Mpa	10.60 Mpa	9.78 Mpa	7.45 Mpa	3.92 Mpa

Pada Tabel 6.2 dapat dilihat perbedaan distribusi tegangan yang diterima oleh gading sebagai konstruksi kapal. Perbedaan antara gading dengan menggunakan kulit dan gading tanpa kulit sebagai konstruksi kapal. Umumnya beban yang diterima oleh gading tanpa menggunakan kulit lebih besar dari pada beban yang diterima oleh gading lengkap dengan kulit. Dari tabulasi di atas dapat dilihat bagian konstruksi menerima beban maksimum sebesar 16,86 MPa sedangkan pada pengamatan yang telah dilakukan sebelumnya bagian konstruksi mengalami *stress* maksimum sebesar 241,98 MPa.

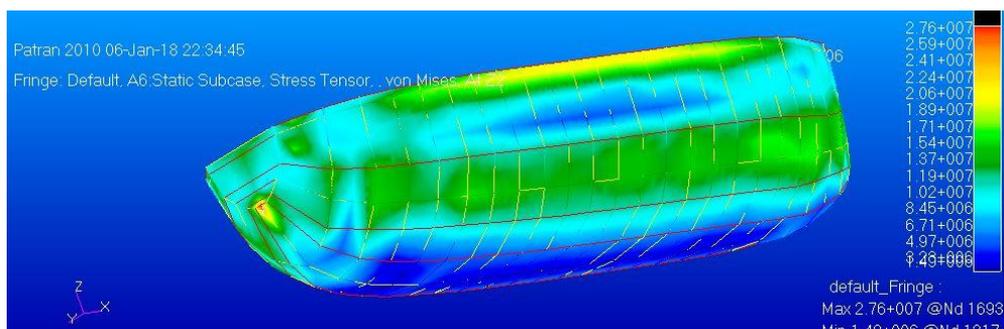
6.6.3. Distribusi Tegangan Keseluruhan pada Kapal

Hasil dari *running software* dapat dinyatakan dengan pengamatan secara visual pada model kapal. Hal ini dilakukan dengan cara membagai pengamatan pada bagian geladak (*deck*), sisi (*side shell*), dan dasar kapal (*bottom*). Dari hasil *running* yang dilakukan oleh Nastran kita dapat mengetahui distribusi tegangan yang diterima oleh badan kapal secara keseluruhan. Hasil proses *running* dapat dilihat pada Gambar 6.9.



Gambar 6.9 Hasil *running software* MSC Nastran

Dapat dilihat pada Gambar 6.9 bagaimana distribusi tegangan yang terjadi pada model kapal. Apabila pada model ditunjukkan dengan warna yang semakin gelap maka beban yang diterima pada bagian tersebut semakin besar. Pembebanan yang dimasukkan pada model sesuai beban yang telah dihitung sebelumnya. Beban akibat air laut dapat diasumsikan sebagai beban yang mengenai bagian sisi dan bawah kapal, kemudian terdapat beban dari muatan yang terjadi pada bagian geladak atau *deck* pada kapal.



Gambar 6.10 Hasil *running* bagian bawah dan belakang kapal

Selanjutnya pengamatan difokuskan pada pembagian jarak gading kapal, dalam hal ini pengamatan dilakukan pada setiap 4 jarak gading. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah kapal ini memenuhi atau tidak dalam konteks kekuatan konstruksi kapal dengan bambu laminasi Betung dengan karakteristik material ortotropik. Pada Gambar 6.10 dapat dilihat hasil *running* dari Nastran yang memperlihatkan kondisi distribusi tegangan yang terjadi pada bagian bawah atau dasar kapal. Dapat dilihat bahwa bagian belakang kapal mengalami tegangan yang cukup besar daripada daerah lambung kapal bagian tengah. Kriteria yang digunakan dalam analisis kekuatan kapal, adalah tegangan yang diizinkan pada bambu laminasi. Apabila nilai tegangan maksimum yang diterima oleh kapal lebih kecil daripada tegangan yang diizinkan pada bambu laminasi, maka kapal dianggap memenuhi kriteria atau dapat dikatakan bahwa kekuatan konstruksi bambu laminasi Betung untuk kapal ikan dengan kapasitas 20 GT memenuhi.

Tabel 6.3 Distribusi tegangan pada model kapal

No.	Nomer Frame	Nilai Tegangan					
		Deck		Side Shell		Bottom	
1	1-4	16,40	Mpa	16,90	Mpa	27,60	Mpa
2	4-8	18,80	Mpa	19,60	Mpa	15,40	Mpa
3	8-12	20,70	Mpa	20,00	Mpa	14,40	Mpa
4	12-16	19,90	Mpa	19,90	Mpa	14,70	Mpa
5	16-20	16,10	Mpa	19,00	Mpa	16,20	Mpa
6	20-24	11,10	Mpa	15,40	Mpa	17,80	Mpa
Nilai Maksimum		20,70	Mpa	20,00	Mpa	27,60	Mpa

Pada Tabel 6.3 dapat dilihat distribusi tegangan yang diterima oleh model kapal. Dari data di atas dapat diketahui beban maksimum yang diterima pada bagian geladak (*deck*) adalah sebesar 20,70 MPa, kemudian beban maksimum yang diterima oleh bagian sisi (*side shell*) adalah sebesar 20,00 MPa, dan yang terakhir adalah beban maksimum yang diterima oleh bagian dasar (*bottom*) sebesar 27,60 MPa, kondisi ini adalah kondisi tegangan maksimum yang diterima oleh badan kapal. Selanjutnya data tersebut akan dibandingkan dengan hasil pengujian kuat tarik dan kuat tekuk dari bambu laminasi Betung yang didapat setelah melakukan pengujian spesimen. Nilai tegangan ijin tarik bambu Betung variasi arah *longitudinal* didapat 112 MPa dan tegangan ijin tekuk arah *radial* sebesar 64 MPa. Hasil *running software* menunjukkan bahwa kapal tersebut memenuhi dari segi kekuatan konstruksi, karena tegangan maksimum yang diterima oleh kapal tidak melebihi tegangan ijin dari hasil pengujian spesimen.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Secara teknis, ditinjau dari hasil pengujian kuat tarik, bambu Betung laminasi variasi arah *tangential* memiliki nilai kuat tarik sebesar 65,60 MPa dan bambu Betung laminasi variasi arah *radial* memiliki nilai kuat tarik sebesar 51,15 MPa, hasil uji tersebut dapat dikatakan masih memenuhi standar minimal Biro Klasifikasi Indonesia yaitu lebih dari 42,169 MPa. Sedangkan untuk kuat tekuk variasi arah *tangential* sebesar 124,95 MPa, hasil uji ini juga masih memenuhi standar minimal Biro Klasifikasi Indonesia yaitu lebih dari 71,098 MPa.
2. Dimensi lebar dan tebal lunas, gading, balok geladak, dan kulit berbahan bambu laminasi yang didapat dari hasil perhitungan menggunakan *rule* Biro Klasifikasi Indonesia 2013 didapatkan. lunas 90x165 mm, gading 40x62 mm, balok geladak 90x78 mm, dan kulit dengan ketebalan 20 mm.
3. Hasil identifikasi pemodelan struktur menggunakan *software FEM* menunjukkan bahwa distribusi tegangan (*stress*) dari pengamatan *hot spot* pada pemodelan struktur kapal didapatkan tegangan (*stress*) terbesar 27,60 Mpa pada bagian dasar (*bottom*) di buritan kapal, hasil tersebut membuktikan bahwa material bambu laminasi Betung memenuhi dalam aspek kekuatan kapal ikan kapasitas 20 GT. Yakni tegangan maksimum pada kapal tidak lebih dari 112 MPa untuk kuat tarik dan 64 MPa untuk kuat tekuk.

7.2. Saran

Bagi para praktisi saran untuk penelitian selanjutnya, bisa memperhatikan beberapa poin berikut di bawah ini.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, telah didapatkan sifat mekanis bambu betung terhadap sumbu *radial* dan *tangential* pada bilah bambu dalam pemodelan kapal. Menurut hasil pengujian sumbu *tangential* dan sumbu *radial* memenuhi kriteria untuk konstruksi, karena nilai yang didapat kurang dari nilai secara arah sumbu *longitudinal*, maka untuk penggunaan konstruksi kapal dianjurkan untuk tetap menggunakan susunan laminasi *longitudinal*.

Penelitian mengenai berapa besar nilai kuat tarik dan kuat tekuk dan sifat mekanis bambu terhadap sumbu *radial* dan *tangential* dapat dilakukan untuk analisis model kapal dengan jenis bambu lainnya seperti bambu ori, bambu tali, bambu hitam, dan bambu duri yang memiliki ketebalan hampir sama dengan bambu betung. Penelitian juga dapat dilakukan dengan ketebalan layer yang bervariasi.

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini, analisis hanya dilakukan pada kapal ikan kapasitas 20 GT. Sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada kapasitas yang lebih besar dengan perhitungan yang berbeda. Selain itu bisa juga dilakukan perhitungan konstruksi dengan menggunakan *rule* yang berbeda, karena pada Tugas Akhir ini menggunakan *rule* Biro Klasifikasi Indonesia tahun 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- ABS. (2004). *Guidance Notes On Reliability Centered Maintenance*. American Bureau of Shipping.
- Anchor. (2016). Retrieved from anchor-anchordoank.blogspot.com
- ASTM D-3043. (2004). *Standard Test Method for Structural Panel in Flexure*. New York: American Society for Testing and Materials (ASTM).
- ASTM D-3500. (2004). *Standard Test Method for Structural Panel in Tension*. New York: American Society for Testing and Materials (ASTM).
- Ayodhya, A. (1972). *Craft and Gear*. Jakarta: Correspondance Course Center.
- bamboeindonesia.wordpress. (2017). Retrieved from bamboeindonesia.wordpress.com
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2013). *Rule for Small Fishing Vessels up to 24 m*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).
- Biro Klasifikasi Indonesia. (1996). *Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Kayu*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Breyer, D. E. (1988). *Designs of Wood Structure*. New York: Me Graw Hill.
- Centre, C. N. (2001). *Cultivation and Integrated Utilization on Bamboo in China*. Hangzhou, China.
- Dransfield & Widjaya, E.A. (1995). *Plant Resource of South-East Asia*. Bogor: Porsea.
- Fangchun, Z. (2000). *Selected Works of Bamboo Research*. Nanjing, China: The Bamboo Research Editorial Committee, Nanjing Forestry University.
- FAO. (2007). *The World's Mangroves 1980-2005. Forests Resources Assesment Working Paper No.153. Food and Agriculture Organization of The United Nations*. Rome: FAO.
- Frick, H. (2004). *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fyson, J. (1985). *Design of Small Fishing Vessels*. England: Fishing News Books.
- Guisheng, C. (1985). *Bamboo Plywood – A New Product of Structural*. Canada: Recent Research on Bamboo.
- Handayani, S. (2007). *Pengujian Sifat Mekanis Bambu (Metode Pengawetan dengan Boraks. Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan Universitas Negeri Semarang, Vol.9*.
- Haniza, S. (2005). *Perilaku Mekanika Papan Laminasi Bambu Petung Terhadap Beban Lateral*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Iwan Supriyanto, R. D. (2009). *Standarisasi Bambu Laminasi Sebagai Alternatif Kayu Konstruksi*. Prosiding PPI Standarisasi.
- Morisco. (1996). *Bambu Sebagai Bahan Rekayasa*. Yogyakarta.
- Morisco. (1999). *Rekayasa Bambu Nafiri Offset*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Morisco. (2006). *Pemberdayaan Bambu Untuk Kesejahteraan Rakyat dan Kelestarian Lingkungan*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Nomura, M., & Yamazaki, T. (1975). *Fishing Thechniques I*. Japan: Japan International Cooperation Agency.
- Prayitno, T. A. (1995). *Pengujian Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Menurut ISO*. Yogyakarta: Fakultas Kehutan Universitas Gajah Mada.
- Purbayanto A, Wisudo SH, Santoso J, Wahyu RI, Dinarwan, Zulkarnain, Sarmintohadi, Nugraha AD, Soeboer DA, Pramono B, Marpaung A, Riyanto M. 2004. *Pedoman Umum Perencanaan, Pengelolaan dan Pemanfaatan Hasil Tangkap Sampingan Pukat Udang di Laut Arafura Provinsi Papua*. Dinas Perikanan dan Kehutanan Provinsi Papua dan PT. Scufindo. Jakarta.

- Purnomo, A. (2014). *Analisis Kekuatan Kapal Bambu Laminasi dan Pengaruhnya Terhadap Ukuran Konstruksi dan Biaya Produksi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Segerling, J. L. (1984). *Applied Finite Element Analysis*. New York: John Willey and Sons.
- Subiyanto dan Subyakto. (1996). *Pengembangan Papan Bambu Komposit. Strategi Penelitian Bambu Indonesia*. Bogor: Yayasan Bambu Lestari.
- Supomo, H. (2016). *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.
- Surjokusumo, H. M. (1997). *Pemanfaatan Bambu untuk Bangunan dalam Panel*. Diskusi Bambu.
- Widodo, A. B. (2010). *Karakterisasi Material Laminasi Kayu Jati (*Tectona Grandis L.f*) dan/atau Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) Untuk Penggunaan Struktur Kapal*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wirjosoedirdjo, S. J. (1988). *Dasar-Dasar Metode Elemen Hingga*. Jakarta: Erlangga.

LAMPIRAN

Lampiran A Data Hasil Uji Tarik *Radial*

Lampiran B Data Hasil Uji Tarik *Tangential*

Lampiran C Data Hasil Uji Tekuk *Tangential*

Lampiran D Grafik Uji Tarik

Lampiran E Grafik Uji Tekuk

Lampiran F Hasil Perhitungan Uji Tarik Variasi Arah *Radial*

Lampiran G Hasil Perhitungan Uji Tarik Variasi Arah *Tangential*

Lampiran H Standar Pengujian Tarik dan Tekuk

Lampiran I Perhitungan Ukuran Konstruksi Kapal Ikan Bambu Laminasi Kapasitas 20 GT

Lampiran J Hasil Pemodelan Struktur Kapal Ikan Bambu Laminasi Kapasitas 20 GT

LAMPIRAN A
DATA HASIL UJI TARIK *RADIAL*



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W - Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933

REPORT ON TEST RESULT NO. :

/IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : _____
ORDER FROM : _____
TEST STANDARD : _____
MATERIAL SPECS. : _____
PROJECT : _____

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	CSA	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1.	Rd 1	13,86	24,27		337,11			13,9		
2.	Rd 2	13,37	23,35		314,869			13,5		
3.	Rd 3	13,35	23,87		331,665			14,3		
4.	Rd 4	13,67	24,17		320,404			12,8		
5.	Rd 5	13,43	24,18		324,737			12,9		
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1/Wd.1	Th.1	A1	
	KN	N	KN	N						
			17,25							
			17,25							
			17,25							
			13,8							
			17,25							
			17							
Witnessed by :					The Laboratory Of Ships Strength And Construction FT. Kelautan ITS					
1.	Tester									
2.										
3.										
4.										
5.										

LAMPIRAN B
DATA HASIL UJI TARIK *TANGENTIAL*

LAMPIRAN C
DATA HASIL UJI TEKUK *TANGENTIAL*



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W - Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933

REPORT ON TEST RESULT NO. : //IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : _____
ORDER FROM : _____
TEST REFERENCE : _____
WOOD SPECIES : _____
THICKNESS : _____
SPEED : _____

1. BENDING TEST		Distance of Former : mm						Diameter Mandrel : mm			
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION						BENDING TEST RESULTS			
		LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK (mm)	W x T ² (mm ²)	W x T (mm ²)	Fu (kN)	DEFLEC TION (mm)	BENDING STRENGTH (Mpa)	SHEAR STRENGTH (Mpa)	BREAKING
Tg1			25,58	20,54			3,1	17,7.			
Tg2			25,90	24,48			2,5	13,4			
Tg3			24,77	24,87			2,6	13,3			
Tg4			24,95	24,99			3,1	14,2			
Tg5			24,86	24,96			2,7	14,7.			
Tg6			24,69	25,31			2,1	11,4.			

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

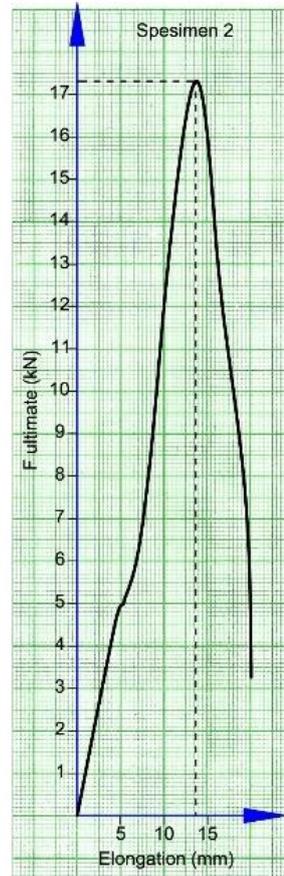
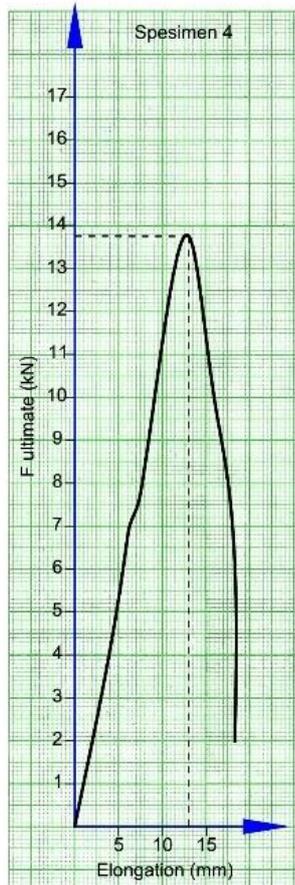
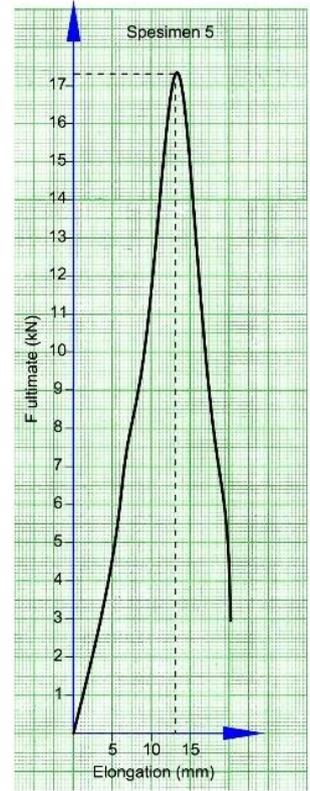
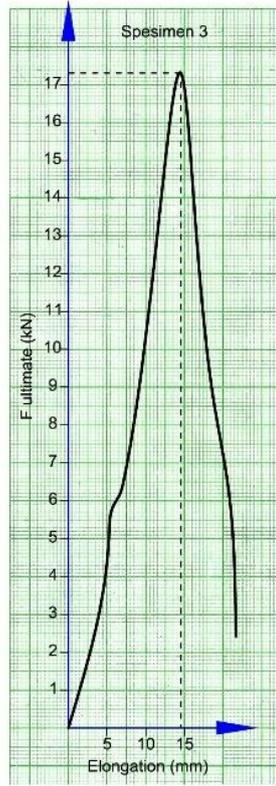
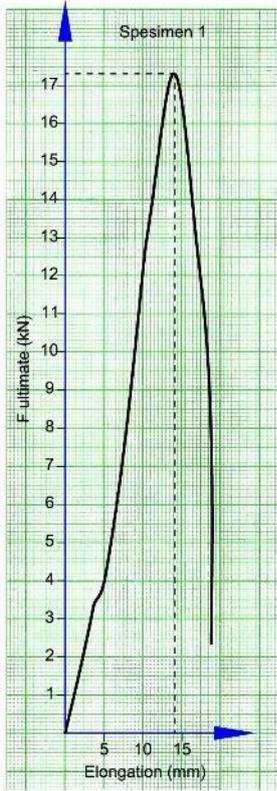
BENDING STRENGTH = $3 \cdot Fu \cdot \frac{1}{2} / (W \cdot T^2) \cdot 1000$

SHEAR STRENGTH = $Fu / (W \cdot T) \cdot 1000$

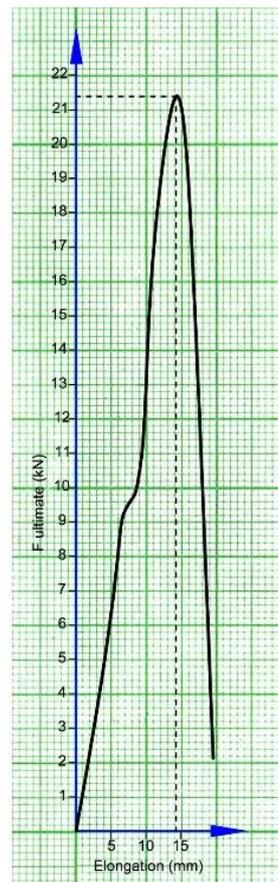
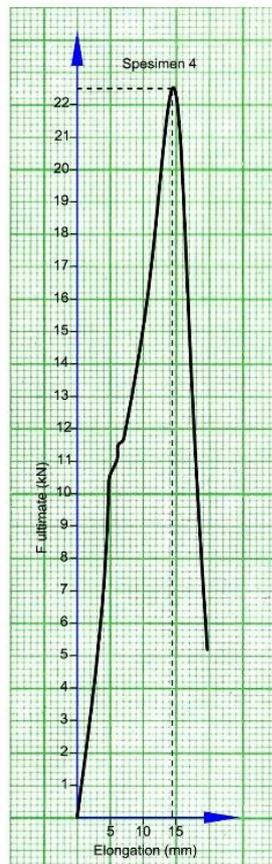
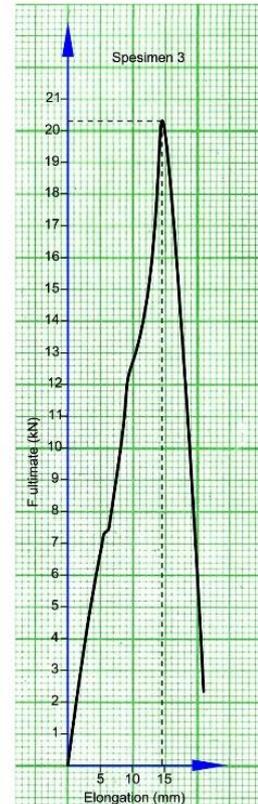
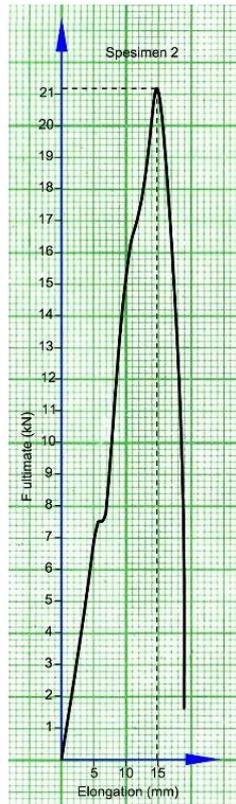
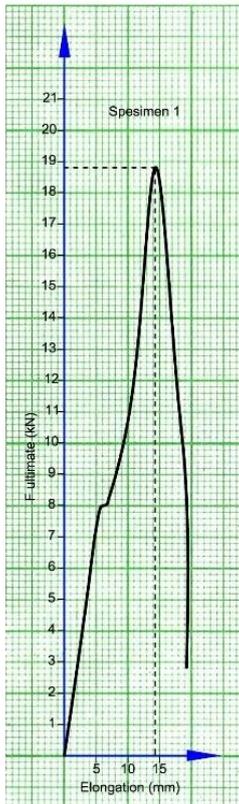
Witnessed by :	The Laboratory Of Ships Strength And Construction FT. Kelautan ITS
1.	Tester
2.	
3.	
4.	
5.	

LAMPIRAN D
GRAFIK UJI TARIK

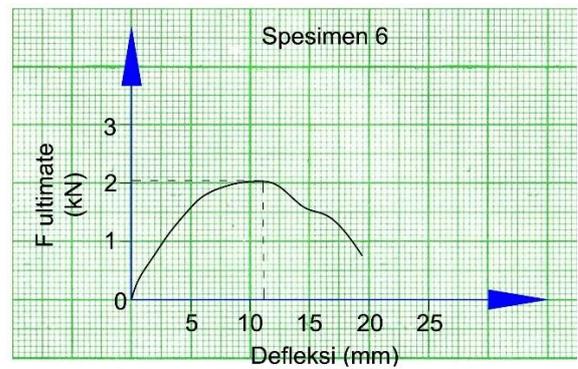
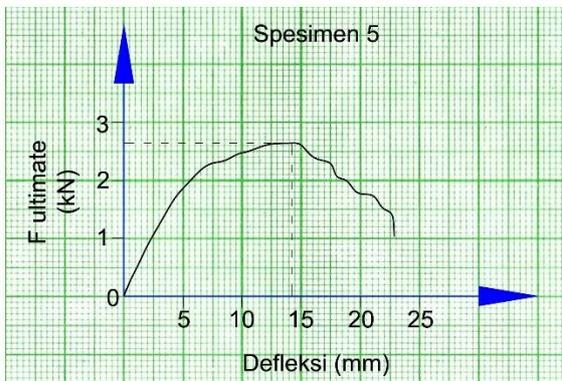
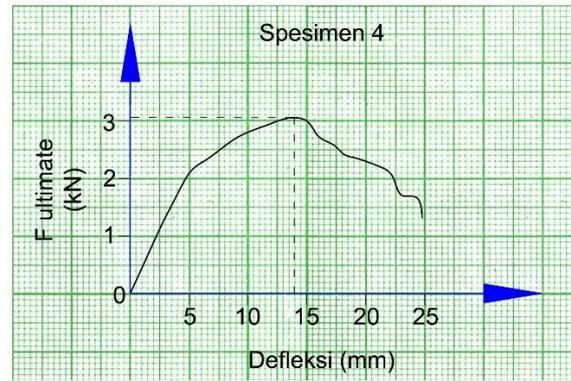
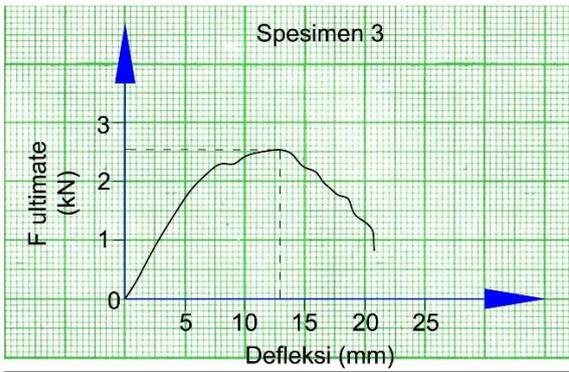
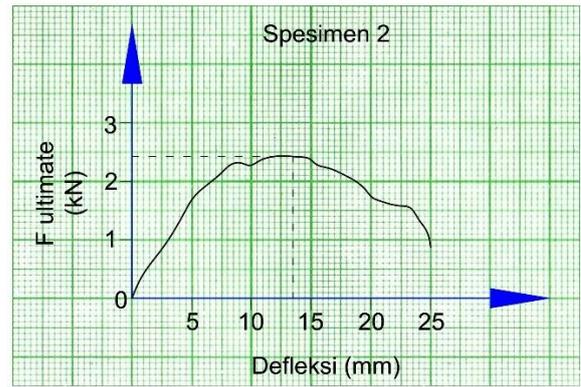
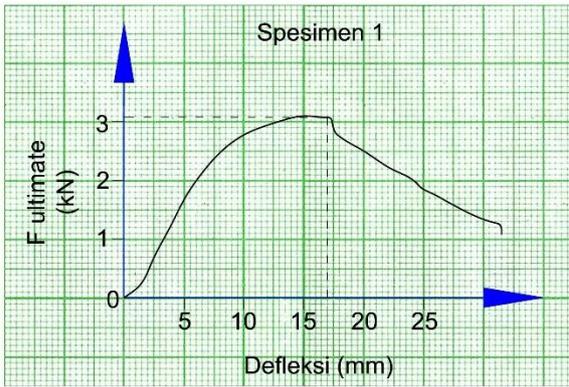
1. Uji Tarik Radial



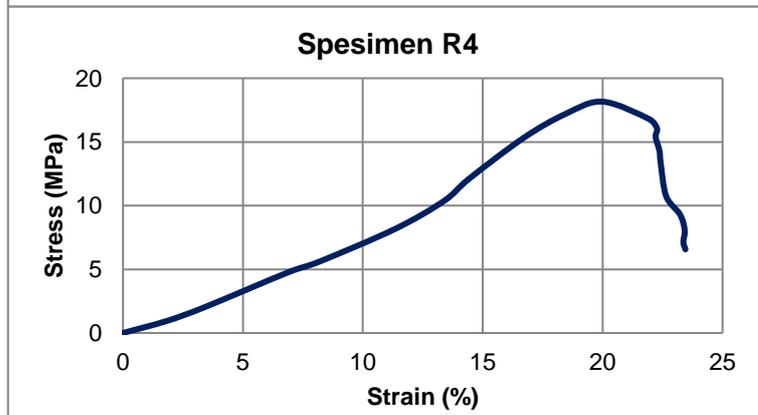
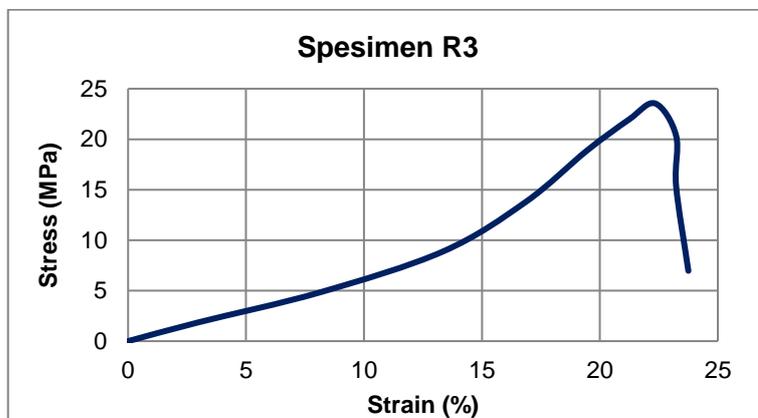
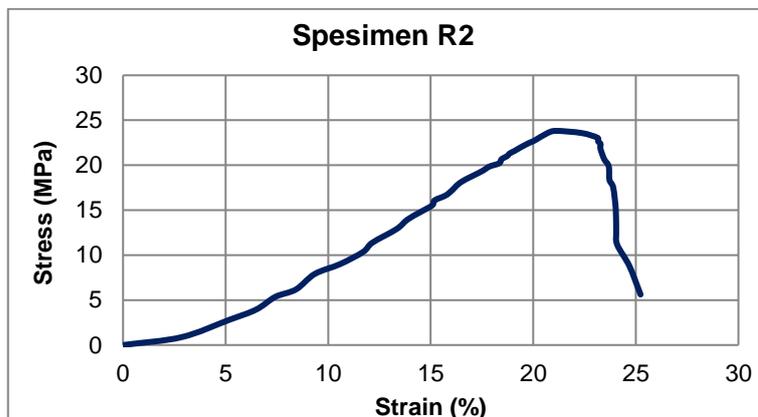
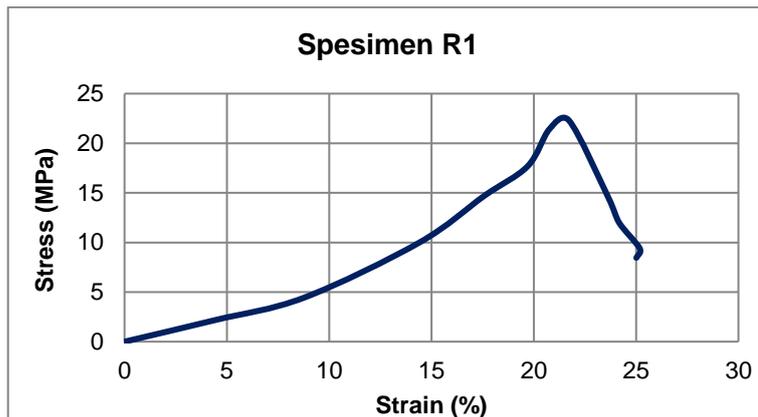
2. Uji Tarik *Tangential*

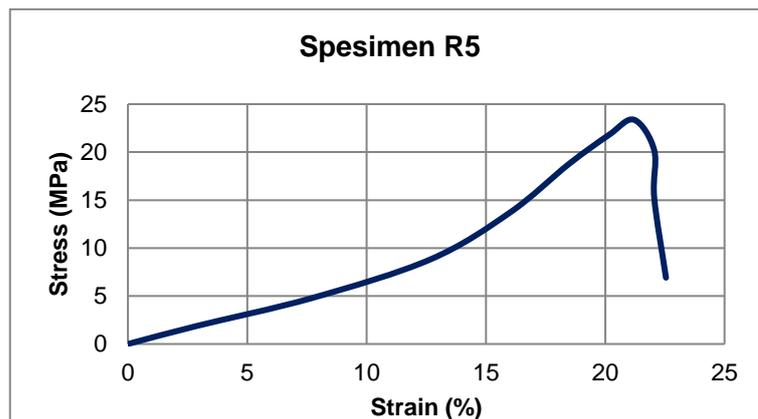


LAMPIRAN E
GRAFIK UJI TEKUK



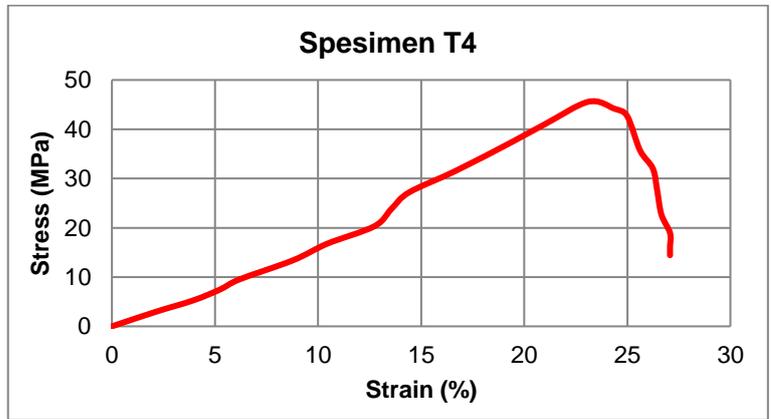
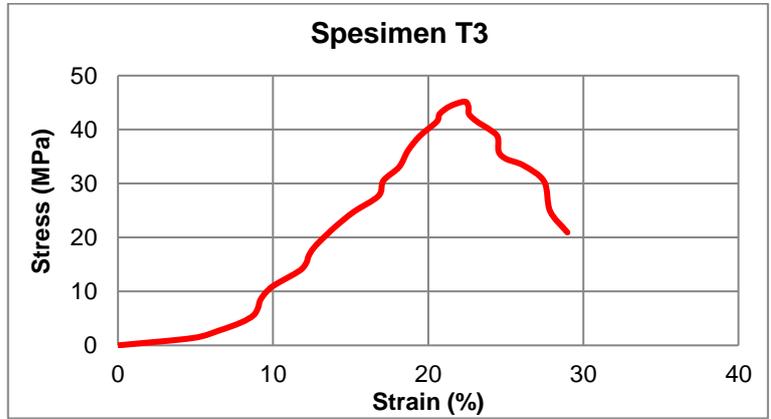
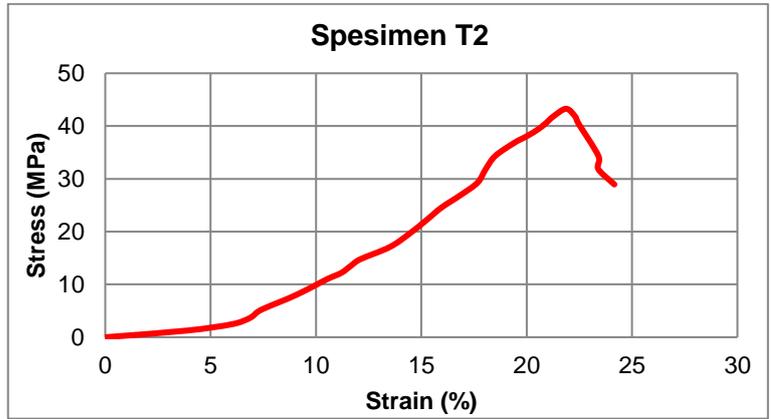
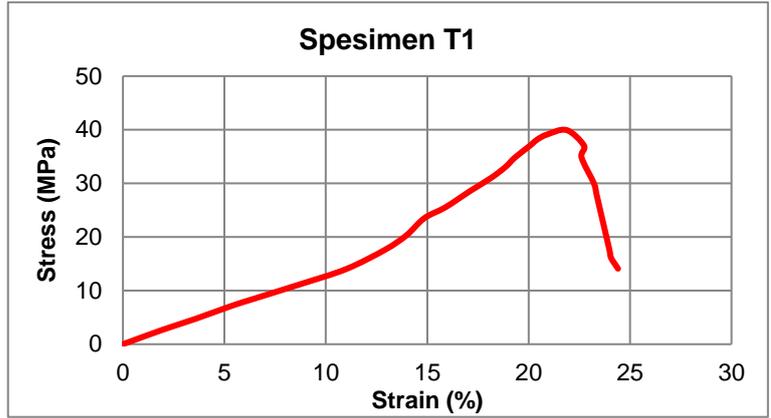
LAMPIRAN F
HASIL PERHITUNGAN UJI TARIK *RADIAL*

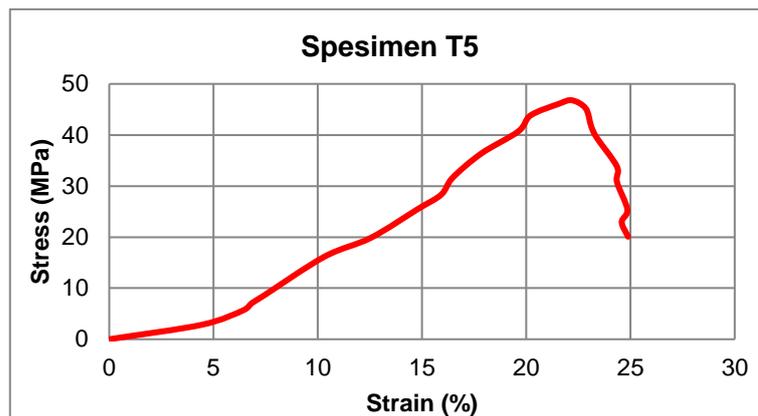




Spesimen	Fultimate	A	Strain	Stress	MOE
	[kN]	[mm ²]	[%]	[Mpa]	[Gpa]
R 1	17,25	336,38	21,72	51,28	15,11
R 2	17,25	314,86	21,09	54,79	16,62
R 3	17,25	318,66	22,34	54,13	15,51
R 4	13,8	330,40	20,00	41,77	13,37
R 5	17,25	320,87	20,16	53,76	17,07
Kuat Tarik rata-rata			21,06	51,15	15,53

LAMPIRAN G
HASIL PERHITUNGAN UJI TARIK VARIASI *TANGENTIAL*

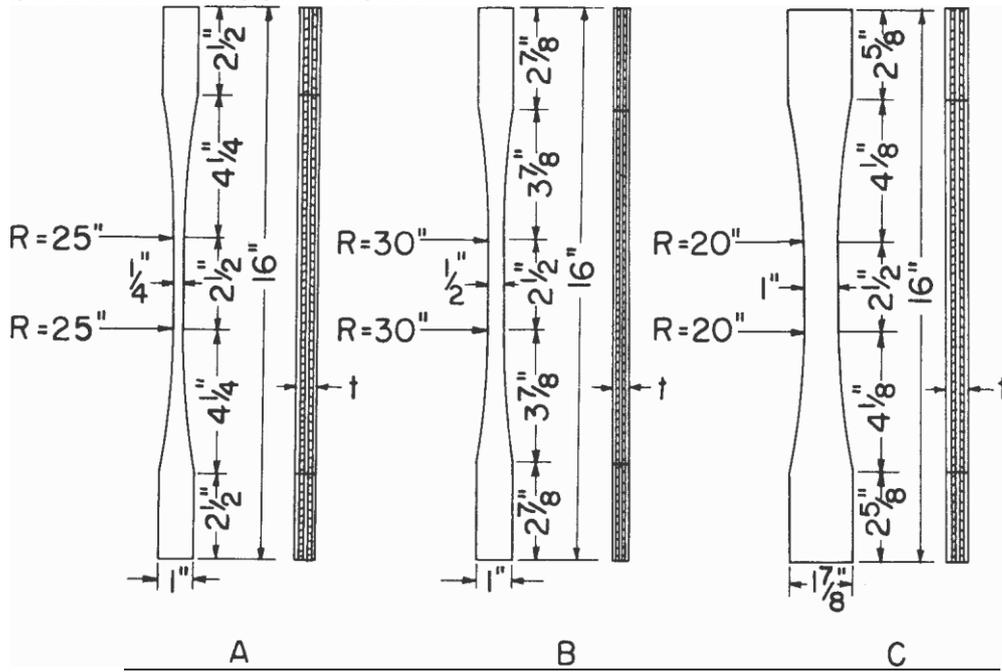




Spesimen	Fultimate	A	Strain	Stress	MoE
	[kN]	[mm ²]	[%]	[MPa]	[Gpa]
T 1	18,87	306,77	21,88	61,51	18,00
T 2	21,09	329,22	22,66	64,06	18,10
T 3	20,35	304,33	22,34	66,87	19,15
T 4	22,57	329,00	23,13	68,60	18,99
T 5	21,46	320,58	22,19	66,94	19,31
Kuat Tarik rata-rata			22,44	65,60	18,71

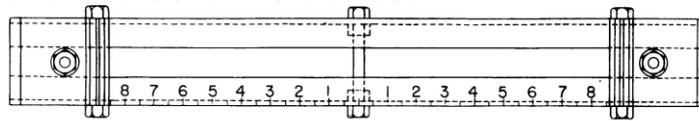
LAMPIRAN H
STANDAR PENGUJIAN TARIK DAN TEKUK

A. STANDAR PENGUJIAN UJI TARIK

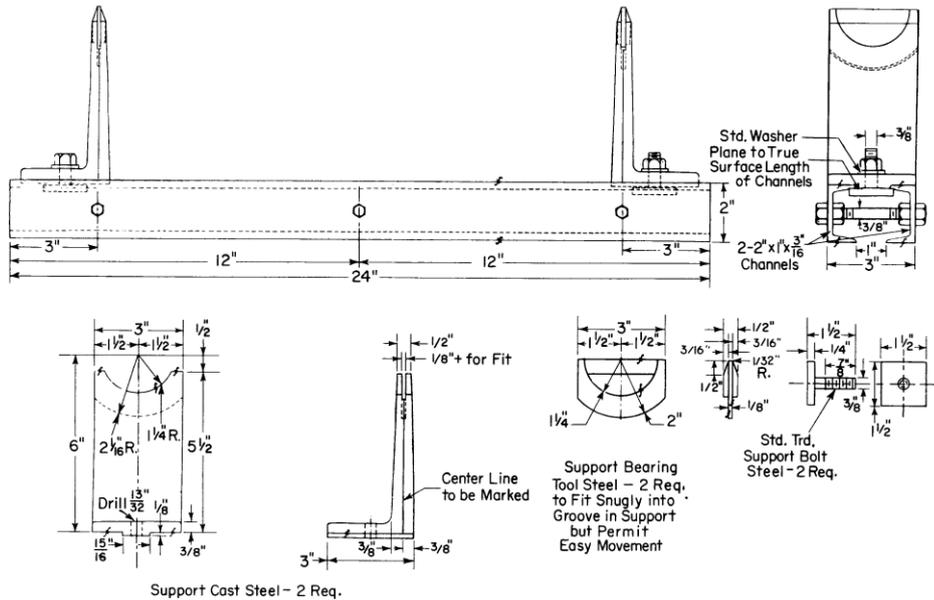


U.S. Customary		Metric Equivalents	
Units, in.		mm	
1/4	6	3/8	98
1/2	13	4 1/8	105
1	25	4 1/4	108
1 1/8	48	16	406
2 1/2	64	20	503
2 5/8	67	25	635
2 7/8	73	30	762

B. STANDAR PENGUJIAN UJI TEKUK



One Channel to be Graduated with Zero at Center
Show 1/2-in. Graduations - Number Each inch



Support Cast Steel - 2 Req.

Support Bearing
Tool Steel - 2 Req.
to Fit snugly into
Groove in Support
but Permit
Easy Movement

Std. Trd.
Support Bolt
Steel - 2 Req.

Inch-Pound (in)	Metric Equivalent (mm)	Inch-Pound (in)	Metric Equivalents, (mm)
1/16	1.5	1 1/4	32
1/8	3	1 1/2	38
3/16	5	2	50
1/4	6	2 1/16	52
3/8	10	3	76
13/32	10.3	5 1/2	140
1/2	12	6	152
7/8	23	12	305
15/16	24	24	610
1	25		

LAMPIRAN I
PERHITUNGAN UKURAN KONSTRUKSI KAPAL IKAN
BAMBU LAMINASI KAPASITAS 20 GT

DATA KAPAL									
Panjang kapal (Loa)	=	12	meter	Massa jenis bambu	=	0.717	g/cm ³		
Panjang garis air (Lwl)	=	11.4	meter	Bending strength (σ_{dbm})	=	37.41	N/mm ²		
Panjang geladak	=	12	meter	Tensile strength (σ_{sm})	=	70	N/mm ²		
Lebar kapal (B)	=	4	meter	Jarak gading (a)	=	500	mm		
Tinggi kapal (H)	=	4.5	meter						
Syarat (T)	=	1.6	meter						
Kecepatan (v)	=	7	knot						
L/H	=	2.533							
$L = (Loa+Lwl)/2$	=	11.7							
l	=	PANJANG BANGUNAN ATAS DAN ATAU RUMAH GELADAK PADA GARIS TENGAH KAPAL (m)				=	4.8	meter	
h	=	TINGGI BANGUNAN ATAS DAN ATAU RUMAH GELADAK PADA GARIS TENGAH KAPAL (m)				=	2	meter	

No Load Determination

1 A 1.9.2 HULL LOADINGS

Table 1.1				
Hull area	Motor craft		Sailing craft & motor sailer	
	Design loading [kN/m ²]			
shell bottom	P_{dbm}		P_{dbs}	
$\geq 0.4 L \div$ fore	$2.7 L + 3.29$	34.88	$3.29 L - 1.41$	37.083
$< 0.4 L \div$ aft	$2.16 L + 2.63$	27.902	$2.62 L - 1.13$	29.524
shell side	P_{dsm}		P_{dss}	
$\geq 0.4 L \div$ fore	$1.88 L + 1.76$	23.756	$2.06 L - 2.94$	21.162
$< 0.4 L \div$ aft	$1.5 L + 1.41$	18.96	$2.63 L - 2.35$	28.421

2 A 1.9.3 CORRECTION FACTORS FOR SPEED

Table 1.2			
Loading area	Correction factor		
Shell bottom	$F_{VBW} = 0.075 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.73 \geq 1.0$		0.844555263 1.0
Shell side	$F_{VSS} = \left(0.024 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.91 \right) (1.018 - 0.0024 \cdot L) \geq 1.0$		0.950082952 1.0
Internal Structural members/Floors	$F_{VIF} = \left(0.78 \cdot \sqrt{\frac{v}{L_{WL}}} - 0.48 \right) (1.1335 - 0.01 \cdot L) \geq 1.0$		0.783292595 1.0
Web frame at WL Bottom longitudinal frames	$F_{VBL} = 0.075 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.73 \geq 1.0$		0.88549158 1.0
Transverse frames Webs at side	$F_{VSP} = \left(0.1 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.52 \right) (1.19 - 0.01 \cdot L) > 1.0$		0.780416621 1.0
Side longitudinal frames	$F_{VSL} = \left(0.14 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.47 \right) (1.07 - 0.008 \cdot L) > 1.0$		0.742309028 1.0

3 A 1.9.4 DECK AND SUPERSTRUCTURES LOADINGS

Table 1.3				
Area		Sailing and motor craft ³		
		Design loads P_{db} [kN/m ²]		
Main deck			$0.26 L + 8.24$	11.282
Cabins	$h \leq 0.5 m$	deck ¹	$0.235 L + 7.42$	10.1695
		wall	$0.26 L + 8.26$	11.302
Deckhouse	$h > 0.5 m$	deck ^{1,2}	$(0.235 L + 7.42) (1 - h'/10)$	9.15255
		side wall ²	$(0.26 L + 8.24) (1 - h'/10)$	10.1538
		front wall	$1.25(0.26 L + 8.24) (1 - h'/10)$	12.6923

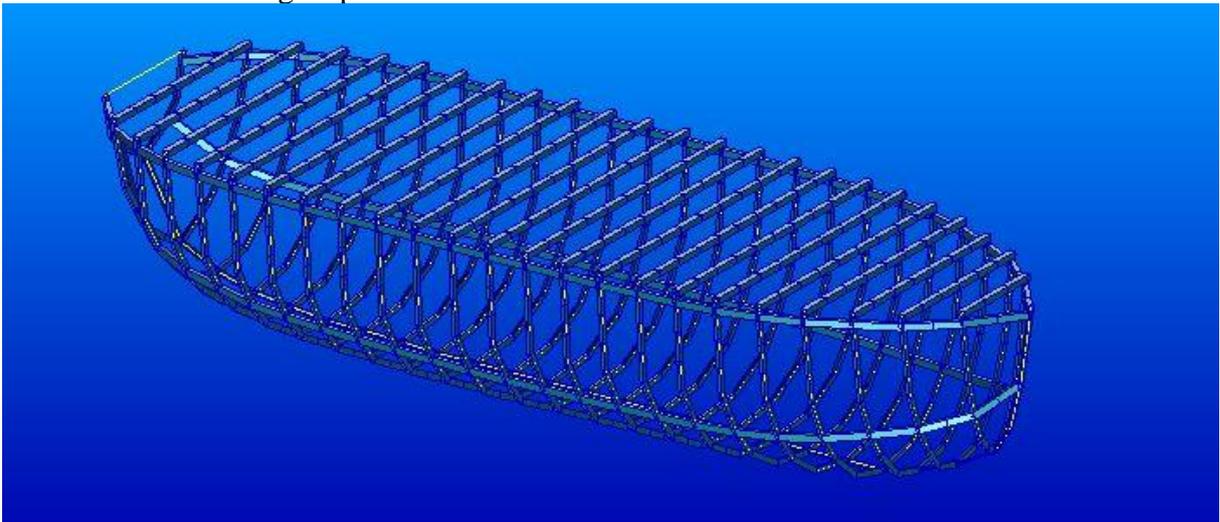
¹ Minimum load for non walk-on cabin decks $P_{db} = 4.0$ [kN/m²]
² $h' = 0.5 h$ (h=superstructure height above main deck)
³ In the case of special-purpose craft such as fishing craft, the deck load may have to be corrected as appropriate for additional loads present

No	Item											
1 UKURAN LUNAS, LINGGI dan GALAR												
	$k_s = 0.56/p$	=	0.78103									
1.1 LUNAS												
	Panjang (L)	=	10 m	indeks dalam tabel	=	10						
	Sailing Yacht											
	tinggi	x	lebar	mm								
	86	x	172									
	Motor Yacht											
	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang							
	90	x	165		148.40				cm ²			
1.2 LINGGI												
	Panjang (L)	=	6 m	indeks dalam tabel	=	6						
	Sailing Yacht											
	Linggi haluan bawah	tinggi	x	lebar	mm							
		70	x	70								
	Linggi haluan atas dan linggi buritan	tinggi	x	lebar	mm							
		59	x	59								
	Motor Yacht											
	Linggi haluan bawah	tinggi	x	lebar	mm							
		59	x	59								
	Linggi haluan atas dan linggi buritan	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang						
		60	x	98		58.577			cm ²			
1.3 GALAR												
	Panjang (L)	=	12 m	indeks dalam tabel	=	12						
	Sailing Yacht											
	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang							
	80	x	68		54.672				cm ²			
	Motor Yacht											
	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang							
	60	x	78		46.862				cm ²			
2 TEBAL KULIT, GELADAK dan SEKAT												
	Faktor untuk panel pelat yang ditekuk	h/s	=	0	f_k	=	1					
		h/s		f_k								
		0 - 0.03		1								
		0.03 - 0.1		1.15 - 5 h/s		1.15						
		≥ 0.1		0.65		0.65						
	$t = 0.0452 \cdot f_k \cdot b \cdot \sqrt{\frac{P_d}{\sigma_{Rm}}}$											
2.1 KULIT												
	Sailing Yacht				$b =$	460 mm	Motor Yacht				$b =$	460 mm
	Hull area		Thickness				Hull area		Thickness			
	shell bottom											
	≥ 0.4 L ÷ fore		21	mm			≥ 0.4 L ÷ fore		20	mm		
	< 0.4 L ÷ aft		18	mm			< 0.4 L ÷ aft		18	mm		
	shell side											
	≥ 0.4 L ÷ fore		16	mm			≥ 0.4 L ÷ fore		17	mm		
	< 0.4 L ÷ aft		18	mm			< 0.4 L ÷ aft		15	mm		

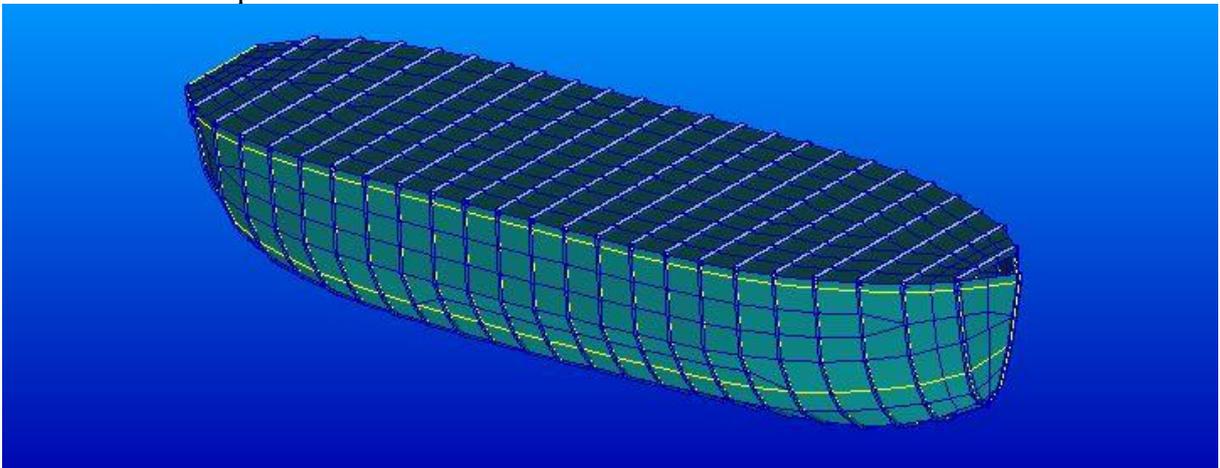
3.2 GADING		see table 1.11						
Sailing Yacht	e	=	500	mm				
	l	=	0.5	m				
	k ₄	=	1.0605					
	W _s	=	8.028933	cm ³	L = 11.7 m			
	W _{s(min)}	=	9.029821	cm ³	W _{s(min)} = 11.7 cm ³			
	W	=	11.7	cm ³				
	W x k ₁₀	=	25.40571	cm ³				
	lebar	x	tinggi	cm	lebar	x	tinggi	mm
	4	x	6.17		40	x	62	
	Luas penampang							cm ²
24.693								
Motor Yacht	e	=	500	mm				
	l	=	0.5	m				
	k ₄	=	0.6265					
	W _s	=	6.47351	cm ³	L = 11.7 m			
	W _{s(min)}	=	2.540867	cm ³	W _{s(min)} = 11.7 cm ³			
	W	=	11.7	cm ³				
	W x k ₁₀	=	25.40571	cm ³				
	lebar	x	tinggi	cm	lebar	x	tinggi	mm
	4	x	6.17		40	x	62	
	Luas penampang							cm ²
24.693								
3.3 BALOK GELADAK		see table 1.18						
Sailing & Motor Yacht	e	=	0.5	m				
	l	=	1.9	m				
	k ₈	=	0.783					
	balok geladak cuaca							
	W _{DU}	=	41.54	cm ³				
	W _{DU(min)}	=	9.308	cm ³				
	W	=	41.54	cm ³				
	W x k ₁₀	=	90.21	cm ³				
	lebar	x	tinggi	cm	lebar	x	tinggi	mm
	9	x	7.75		90	x	78	
Luas penampang							cm ²	
69.794								
balok dengan rumah geladak								
W _{DU}	=	26.39	cm ³					
W _{DU(min)}	=	5.912	cm ³					
W	=	26.39	cm ³					
W x k ₁₀	=	57.3	cm ³					
lebar	x	tinggi	cm	lebar	x	tinggi	mm	
8	x	6.56		80	x	66		
Luas penampang							cm ²	
52.444								

LAMPIRAN J
HASIL PEMODELAN STRUKTUR KAPAL IKAN BAMBU
LAMINASI KAPASITAS 20 GT


a. Model 3D Gading Kapal



b. Model 3D Kapal



c. Hasil Proses *Running Software* MSC Nastran



BIODATA PENULIS



Ridho Prianggoro, nama lengkap penulis yang kerap disapa Ridho. Dilahirkan di Sragen pada 2 Mei 1994 silam, Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Demakan, kemudian melanjutkan ke SDN Kentingan 79 Surakarta, SMP Al-Islam 1 Surakarta dan SMA Al-Islam 1 Surakarta. Setelah lulus SMA, Penulis melanjutkan menempuh studi di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS Surabaya pada tahun 2012 melalui jalur PMDK.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Industri Perkapalan. Selama masa studi di ITS, selain kegiatan belajar akademis di kuliah Penulis juga lumayan aktif dalam kegiatan non akademis, penulis pernah menjadi *staff* Departemen PSDM Himatekpal 2013/2014 Ketua UKM ITS Billiard 2013/2014 Kepala Departemen Event LMB ITS 2014/2015. Selain itu, Penulis juga pernah mengikuti pelatihan manajerial, seperti LKMM PraTD, LKMM TD LMB, PMO LMB, dan Pelatihan Ketua UKM yang diselenggarakan oleh LMB ITS. Selain itu penulis juga mengikuti pelatihan keterampilan *software* AutoCad dan Maxsurf yang diselenggarakan oleh Departemen Ristek Himatekpal ITS.

Email: prianggoro.ridho12@mhs.na.its.ac.id/sayaridho@gmail.com