



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN *CORE MATERIAL* KAYU WARU DAN BILAH BAMBU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI *SANDWICH* LAMBUNG KAPAL IKAN FRP**

**Mohamad Hafif Iqbal  
NRP 0411144000009**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.  
M. Sholikhhan Arif, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**





**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN *CORE MATERIAL* KAYU WARU DAN BILAH BAMBU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI *SANDWICH* KAPAL IKAN FRP**

**Mohamad Hafif Iqbal  
NRP 0411144000009**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.  
M. Sholikhhan Arif, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**



---

**FINAL PROJECT - MN 184802**

***TECHNICAL AND ECONOMICAL ANALYSIS OF WARU  
WOOD AND BAMBOO BLADE CORE MATERIAL USAGE AS  
SANDWICH CONSTRUCTION FOR FISHING FRP SHIP'S  
HULL***

**Mohamad Hafif Iqbal  
NRP 0411144000009**

**Supervisor  
Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.  
M. Sholikhan Arif, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2019**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN *CORE MATERIAL* KAYU WARU DAN BILAH BAMBU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI *SANDWICH* LAMBUNG KAPAL IKAN FRP

#### TUGAS AKHIR

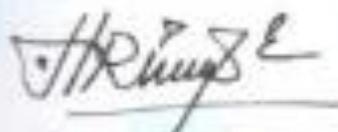
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MOHAMAD HAFIF IQBAL**  
NRP 0411144000009

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



M. Sholikhah Arif, S.T., M.T.  
NIP 19890623 201504 1 003

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Dr. Wasis Dwi Arsyawan, M.Sc., Ph.D.  
NIP-19640210 198903 1 001

SURABAYA, JULI 2019

## LEMBAR REVISI

### ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN *CORE MATERIAL* KAYU WARU DAN BILAH BAMBUI SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI *SANDWICH* KAPAL IKAN FRP

#### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 01 Juli 2019

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

Oleh:

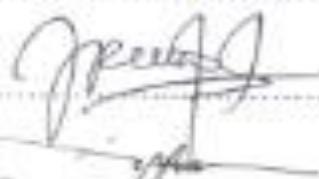
**MOHAMAD HAFIF IQBAL**  
NRP 0411144000009

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Totok Yulianto, S.T.,M.T.



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



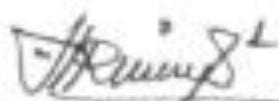
3. Sri Rejeki Wahyu P., S.T.,M.T.



4. Sufian Imam Wahidi, S.T.,M.Sc.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



2. M. Sholikhah Arif, S.T.,M.T.



SURABAYA, 26 JULI 2019

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 yang berjudul “**Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan Core material Kayu Waru dan Bilah Bambu sebagai Bahan Konstruksi Sandwich Kapal Ikan FRP**” 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. dan M. Sholikhhan Arif, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku Dosen Penguji dan Kepala Laboratorium Manajemen dan Produksi Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas izin pemakaian fasilitas laboratorium;
3. Sri Rejeki W.P., S.T.,M.T., Imam Baihaqi, S.T.,M.T., Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc. dan selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Ir. Wasis D. Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS;
5. Kedua orangtua yang tiada hentinya mendoakan penulis dan memberikan motivasi serta dukungan setiap waktu ;
6. Assrofei Laily Faddillah, terima kasih atas waktu, perhatian, kasih sayang, motivasi dan dukungan yang diberikan kepada Penulis hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini;
7. Fikrohul Hasbi, Zaki Ryan, Habibah D. Salma, Mas Rio serta teman-teman seperjuangan yang senantiasa menemani, membantu dan saling memberikan dukungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini;
8. Pak Salim, Pak Pardi, Mas Agil, Chandra dan Pak Didik yang telah membantu dalam pengerjaan material pada Tugas Akhir ini;
9. Terima kasih kepada semua elemen yang telah membantu penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu

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, 29 Juli 2019

Mohamad Hafif Iqbal

# **ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN *CORE MATERIAL* KAYU WARU DAN BILAH BAMBU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI *SANDWICH* KAPAL IKAN FRP**

Nama Mahasiswa : Mohamad Hafif Iqbal  
NRP : 0411144000009  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.  
2. M. Sholikhhan Arif, S.T., M.T.

## **ABSTRAK**

Kapal Ikan *Fibreglass Reinforced Plastic* (FRP) yang dibangun pemerintah melalui program Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (DJTP) pada tahun 2017 untuk menunjang sektor perikanan di Indonesia adalah sebesar 1.068 unit dengan beragam ukuran. Beberapa kapal ikan FRP yang dibangun galangan telah menggunakan *core material* sebagai bahan konstruksi *sandwich*. Namun, harga *core material* yang digunakan memiliki harga yang cukup mahal. Maka dalam penelitian ini dilakukan alternatif penggunaan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu sebagai bahan konstruksi *sandwich* lambung kapal ikan *Fibreglass Reinforced Plastic* (FRP). Untuk mengetahui apakah *core material* penyusun memenuhi dengan standar yang disyaratkan oleh Biro Klasifikasi Indonesi (BKI) maka perlu dilakukan pengujian spesimen yang meliputi *tensile test* dan *bending test* dengan beberapa variasi ketebalan *core material*. Hasil dari pengujian beberapa variasi ketebalan *core material* penyusun FRP dianalisa secara teknis untuk memperoleh nilai *tensile strength*, *modulus of rupture (MoR)*, *modulus of tensile elasticity* dan *modulus of bending elasticity*. Variasi penggunaan *core material* bilah Bambu memenuhi kriteria sifat mekanik yang disyaratkan oleh BKI dengan nilai *tensile strength* rata-rata 118.98 MPa, *modulus of rupture (MoR)* rata-rata 216.63 MPa, MOE tarik rata-rata 8.46 GPa dan MOE tekuk rata-rata 8.76 GPa. Sedangkan variasi penggunaan *core material* kayu Waru tidak memenuhi kriteria sifat mekanik yang disyaratkan oleh BKI dengan nilai *tensile strength* rata-rata 82.03 MPa, *modulus of rupture (MoR)* rata-rata 141.07 MPa, MOE tarik rata-rata 4.76 GPa dan MOE tekuk rata-rata 3.28 GPa Kemudian variasi laminasi *sandwich* ini digunakan sebagai dasar perhitungan biaya material sehingga didapatkan korelasi sifat mekanik dengan harga pokok pembanguna kapal ikan FRP 10 GT dengan konstruksi *sandwich*. Biaya pembangunan kapal ikan FRP 10 GT yang paling ekonomis pada penelitian ini adalah variasi yang menggunakan *core material* bilah Bambu dengan biaya total sebesar Rp120.427.230 lebih murah 16.17 % dari biaya *core material* PVC. Sedangkan variasi yang menggunakan *core material* kayu Waru memiliki biaya total sebesar Rp130.153.650 lebih murah 9.40 % dari biaya *core material* PVC.

Kata Kunci : Bambu, BKI, *Fibreglas Reinforced Plastic* (FRP), Kayu Waru, *Sandwich*.

# ***TECHNICAL AND ECONOMICAL ANALYSIS OF WARU WOOD AND BAMBOO BLADE CORE MATERIAL USAGE AS SANDWICH CONSTRUCTION FOR FISHING FRP SHIP'S HULL***

Nama Mahasiswa : Mohamad Hafif Iqbal  
NRP : 04111440000009  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.  
2. M. Sholikhhan Arif, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

1,068 units of various sized fiberglass reinforced plastic (FRP) vessels built by the government through the program of the Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (DJTP) in 2017 to support the fisheries sector in Indonesia. Some FRP fishing vessels built by the shipyard have used *core materials* as *sandwich* construction materials. However, the price of the *core material* used has a fairly expensive price. So in this research Waru wood *core material* and bamboo blades is used as construction materials alternatives for Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) fishing vessels. To find out whether the *core material* complies with the standards required by the Indonesian Classification Bureau (BKI), it is necessary to test the specimens. This test includes the tensile test and bending test with several variations in the thickness of the *core material*. The results of testing several variations of the thickness of core FRP materials were analyzed technically to obtain tensile strength, modulus of rupture (MoR), modulus of tensile elasticity and modulus of bending elasticity values. Variations that use core bamboo blade material meet the criteria for mechanical properties required by BKI with an average tensile strength value of 118.98 MPa, an average modulus of rupture (MoR) of 216.63 MPa, an average modulus of tensile elasticity of 8.46 GPa and an average modulus of bending elasticity of 8.76 GPa. While variations with Waru wood as *core material* do not meet the criteria of mechanical properties required by BKI with an average tensile strength value of 82.03 MPa, average modulus of rupture (MoR) of 141.07 MPa, modulus of tensile elasticity averaged 4.76 GPa and modulus of bending elasticity averaged 3.28 GPa. Then these *sandwich* lamination variations are used as a basis for calculating material costs, so that the correlation of mechanical properties with the cost of building the FRP 10 GT fish boat with *sandwich* construction is obtained. The most economical cost of building the FRP 10 GT fish boat in this research is the variation that uses bamboo blade *core material* with a total cost of Rp120.427.230 , 16.17 % cheaper than the core cost of PVC material. Whereas variations using Waru wood *core material* have a total cost of Rp130.153.650 , 9.40 % cheaper than the core cost of PVC material.

Keywords : Bamboo, BKI, *Fiberglas Reinforced Plastic* (FRP), Waru Wood, *Sandwich* .

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR REVISI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR SIMBOL .....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan 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. Gambaran Umum Kapal Ikan.....	5
2.2. Kapal Ikan <i>Fibreglass Reinforced Plastic (FRP)</i> .....	6
2.3. Material Fiberglass .....	6
2.3.1 <i>Release Agent</i> .....	6
2.3.2 <i>Reinforcement Material</i> .....	8
2.3.3. Bahan Perekat ( <i>Interface</i> ).....	10
2.3.4. Katalis .....	11
2.4. Komposit <i>Sandwich</i> .....	12
2.5. <i>Core material</i> .....	12
2.5.1. <i>Polyvinyl Chloride (PVC)</i> .....	12
2.5.2. <i>Honeycomb</i> .....	13
2.5.3. <i>Polyurethane (PU)</i> .....	14
2.5.4. <i>Plywood</i> .....	14
2.6. Kayu Waru .....	15
2.6.1. Sifat Fisis dan Karakteristik Kayu Waru .....	15
2.6.2. Habitat dan Populasi .....	16
2.6.3. Harga Kayu Waru .....	16
2.6.4. Kegunaan Tumbuhan.....	16
2.7. Bambu .....	17
2.7.1. Sifat Fisis dan Karakteristik Bambu Ori.....	17
2.7.2. Sifat Mekanik Bambu.....	18

2.7.3. Harga Bilah Bambu.....	19
2.7.4. Kegunaan Tumbuhan Bambu.....	19
2.8. Metode Laminasi <i>Hand Lay Up</i> .....	19
2.9. Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia .....	20
2.9.1. Standar Ketebalan Laminasi.....	20
2.9.2. Pemilihan Spesimen Uji .....	21
2.9.3. Standar Pengujian Tarik .....	22
2.9.4. Standar Pengujian Tekuk .....	23
2.9.5. <i>Mechanical Properties</i> Menurut <i>Rules</i> BKI for FRP 2016.....	24
2.10. Biaya Produksi .....	24
BAB 3 METODOLOGI.....	27
3.1. Umum .....	27
3.2. Identifikasi Masalah.....	29
3.2.1. Studi Literatur .....	29
3.2.2. Pengumpulan Data .....	30
3.3. Pembuatan Desain Eksperimen .....	30
3.4. Eksperimen .....	31
3.4.1. Peralatan dan Bahan.....	32
3.4.2. Pemilihan Kayu Waru dan Bambu.....	32
3.4.3. Pengolahan Material Menjadi Bilah .....	33
3.4.4. Proses Pengawetan Material Bilah Waru dan Bilah Bambu .....	34
3.4.5. Pembuatan Material Uji .....	36
3.4.6. Pembuatan Spesimen Uji .....	39
3.5. Pengujian .....	39
3.5.1. Pengujian Tarik ( <i>Tensile Strength</i> ) .....	40
3.5.2. Pengujian Tekuk ( <i>Modulus of rupture (MoR)</i> ) .....	41
3.6. Analisa Teknis .....	42
3.7. Analisa Ekonomis.....	42
3.8. Kesimpulan dan Saran .....	42
3.9. Lokasi Pengerjaan.....	42
BAB 4 HASIL PENGUJIAN.....	43
4.1. Pendahuluan.....	43
4.2. Massa Jenis Laminasi <i>Sandwich</i> .....	43
4.3. Hasil Pengujian Tarik .....	44
4.3.1. Hasil Pengujian Tarik Menggunakan <i>Core material</i> Kayu Waru.....	44
4.3.2. Hasil Pengujian Tarik Menggunakan <i>Core material</i> Bilah Bambu .....	50
4.4. Hasil Pengujian Tekuk.....	57
4.4.1. Hasil Pengujian Tekuk Menggunakan <i>Core material</i> Kayu Waru .....	57
4.4.2. Hasil Pengujian Tekuk Menggunakan <i>Core material</i> Bilah Bambu .....	63
BAB 5 ANALISA TEKNIS.....	71
5.1. Pendahuluan.....	71
5.2. Analisa Teknis Hasil Pengujian Tarik .....	71
5.3. Analisa Teknis Hasil Pengujian Tekuk.....	76
5.4. Data Kapal Ikan FRP .....	79
5.5. Perhitungan Ukuran Konstruksi .....	81
5.6. Perhitungan Kebutuhan <i>Core material</i> Kayu Waru, Bilah Bambu dan PVC.....	83
5.7. Analisa Perbandingan <i>Core material</i> Kayu Waru, Bilah Bambu dan PVC .....	84
BAB 6 ANALISA EKONOMIS .....	87
6.1. Pendahuluan.....	87

6.2. Harga Material dan Alat Penunjang untuk Kapal Ikan FRP .....	87
6.3. Perhitungan Biaya Material Laminasi <i>Sandwich</i> .....	88
6.3.1. Perhitungan Biaya <i>Core material</i> Kayu Waru dan Bilah Bambu.....	88
6.3.2. Perhitungan Kebutuhan dan Biaya Material <i>Fiberglass</i> untuk Laminasi <i>Sandwich</i> .....	89
6.3.3. Perhitungan Kebutuhan dan Biaya Material <i>Fiberglass</i> Perbandingan untuk Laminasi <i>Sandwich</i> yang menggunakan <i>Core material PVC</i> .....	91
6.4. Perhitungan Biaya Tenaga Kerja.....	91
6.5. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal Ikan FRP 10 GT .....	93
6.6. Perbandingan Ekonomis Biaya Pembangunan Kapal Ikan FRP 10 GT .....	94
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN .....	95
7.1. Kesimpulan.....	95
7.2. Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA.....	97
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A DESAIN EKSPERIMEN	
LAMPIRAN B PERHITUNGAN KONSTRUKSI	
LAMPIRAN C DATA HASIL UJI TARIK SPESIMEN	
LAMPIRAN D DATA HASIL UJI TEKUK SPESIMEN	
LAMPIRAN E GRAFIK HASIL PENGUJIAN TARIK	
LAMPIRAN F GRAFIK HASIL PENGUJIAN TEKUK	
LAMPIRAN G KURVA MOE, MOR, <i>STRAIN &amp; DEFLECTION</i>	
LAMPIRAN H KURVA <i>STRESS - STRAIN</i>	
LAMPIRAN I KURVA MOR - <i>DEFLECTION</i>	
LAMPIRAN J PERHITUNGAN EKONOMIS	
BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal Ikan <i>Trawl</i> .....	5
Gambar 2.2 Kapal ikan FRP 5 GT .....	6
Gambar 2.3 <i>Polyvinil Alcohol</i> .....	7
Gambar 2.4 <i>Mirror Glaze (Wax)</i> .....	7
Gambar 2.5 <i>Chopped Strand Matt</i> .....	9
Gambar 2.6 <i>Woven Roving</i> .....	9
Gambar 2.7 <i>Polyester Resin</i> .....	10
Gambar 2.8 <i>Epoxy Resin</i> .....	11
Gambar 2.9 Katalis .....	11
Gambar 2.10 Struktur <i>sandwich panel</i> .....	12
Gambar 2.11 <i>Polyvinyl Chlorida (PVC)</i> .....	13
Gambar 2.12 Struktur <i>honeycomb sandwich</i> .....	13
Gambar 2.13 <i>Polyurethane Rigid Foam</i> .....	14
Gambar 2.14 Material <i>plywood</i> .....	15
Gambar 2.15 Pohon Waru.....	15
Gambar 2.16 Bambu Ori.....	17
Gambar 2.17 Skema <i>Hand Lay Up</i> .....	20
Gambar 2.18 Pemotongan Spesimen Uji .....	22
Gambar 2.19 Spesimen Uji Tarik .....	22
Gambar 2.20 Spesimen Uji Tekuk.....	23
Gambar 3.1 Diagram Alir .....	28
Gambar 3.2 <i>Schedule Laminasi</i> Eksperimen .....	31
Gambar 3.3 Pemotongan Kayu Menggunakan Gergaji Selendang.....	33
Gambar 3.4 Proses Pemipihan Material.....	33
Gambar 3.5 Proses Penimbangan Berat Belerang dan Bleng .....	34
Gambar 3.6 Proses Melarutkan Belerang dan Bleng dengan Air Panas .....	35
Gambar 3.7 Proses Perendaman Kayu .....	36
Gambar 3.8 Proses Pengukuran Kadar Air Material Kayu .....	36
Gambar 3.9 Pengolesan <i>Wax</i> dan PVA.....	37
Gambar 3.10 Proses Pelapisan Resin Pada CSM 300.....	37
Gambar 3.11 Proses meratakan resin menggunakan <i>roller</i> .....	38
Gambar 3.12 Hasil laminasi.....	38
Gambar 3.13 Spesimen Uji Tarik .....	39
Gambar 3.14 Spesimen Uji Tekuk.....	39
Gambar 3.15 Pengujian Tarik .....	40
Gambar 3.16 Pengujian Tekuk.....	41
Gambar 4.1 Pengukuran berat laminasi <i>sandwich</i> .....	43
Gambar 4.2 Grafik <i>load – elongation</i> dan <i>stress-strain core material</i> kayu Waru 2 mm.....	45
Gambar 4.3 Dokumentasi pengujian tarik variasi <i>core material</i> kayu Waru 2 mm .....	46
Gambar 4.4 Grafik <i>load – elongation</i> variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 4 mm.....	46
Gambar 4.5 Dokumentasi pengujian tarik variasi <i>core material</i> kayu Waru 4 mm .....	47
Gambar 4.6 Grafik <i>load – elongation</i> variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 6 mm.....	48
Gambar 4.7 Dokumentasi pengujian tarik variasi <i>core material</i> kayu Waru 6 mm .....	49

Gambar 4.8 Grafik <i>load – elongation</i> variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 8 mm.....	49
Gambar 4.9 Dokumentasi pengujian tarik variasi <i>core material</i> kayu Waru 6 mm.....	50
Gambar 4.10 Grafik <i>load – elongation</i> variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 2 mm .	51
Gambar 4.11 Dokumentasi pengujian tarik variasi <i>core material</i> bilah Bambu 2 mm.....	52
Gambar 4.12 Grafik <i>load – elongation</i> variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 4 mm .	53
Gambar 4.13 Dokumentasi pengujian tarik variasi <i>core material</i> bilah Bambu 4 mm.....	54
Gambar 4.14 Grafik <i>load – elongation</i> variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 6 mm .	54
Gambar 4.15 Dokumentasi pengujian tarik variasi <i>core material</i> bilah Bambu 6 mm.....	55
Gambar 4.16 Grafik <i>load – elongation</i> variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 8 mm .	56
Gambar 4. 17 Dokumentasi pengujian tarik variasi <i>core material</i> bilah Bambu 4 mm.....	57
Gambar 4.18 Grafik <i>load – deflection</i> variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 2 mm.....	58
Gambar 4.19 Dokumentasi pengujian tekuk variasi <i>core material</i> kayu Waru 2 mm .....	59
Gambar 4. 20 Grafik <i>load – deflection</i> variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 4 mm ....	59
Gambar 4.21 Dokumentasi pengujian tekuk variasi <i>core material</i> kayu Waru 4 mm .....	60
Gambar 4.22 Grafik <i>load – deflection</i> variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 6 mm.....	61
Gambar 4.23 Dokumentasi pengujian tekuk variasi <i>core material</i> kayu Waru 6 mm .....	62
Gambar 4. 24 Grafik <i>load – deflection</i> variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 8 mm ....	62
Gambar 4.25 Dokumentasi pengujian tekuk variasi <i>core material</i> kayu Waru 8 mm .....	63
Gambar 4.26 Grafik <i>load – deflection</i> variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 2 mm...	64
Gambar 4.27 Dokumentasi pengujian tekuk variasi <i>core material</i> Bambu 2 mm .....	65
Gambar 4. 28 Grafik <i>load – deflection</i> variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 4 mm..	66
Gambar 4.29 Dokumentasi pengujian tekuk variasi <i>core material</i> bilah Bambu 4 mm .....	67
Gambar 4.30 Grafik <i>load – deflection</i> variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 6 mm...	67
Gambar 4. 31 Dokumentasi pengujian tekuk variasi <i>core material</i> bilah Bambu 6 mm .....	68
Gambar 4. 32 Grafik <i>load – deflection</i> variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 8 mm..	69
Gambar 5.1 Grafik perbandingan nilai <i>tensile strength</i> antar variasi.....	74
Gambar 5.2 Grafik perbandingan nilai <i>modulus of tensile elasicity</i> antar variasi.....	74
Gambar 5.3 Grafik perbandingan nilai <i>strain</i> antar variasi .....	75
Gambar 5.4 Grafik perbandingan nilai <i>modulus of rupture (MoR)</i> antar variasi .....	78
Gambar 5.5 Grafik perbandingan nilai <i>modulus of bending elasticity</i> antar variasi .....	78
Gambar 5.6 Grafik perbandingan nilai <i>deflection</i> antar variasi.....	79
Gambar 5.7 Rencana Garis kapal ikan FRP Kabupaten Lobar .....	80
Gambar 5.8 Rencana Umum kapal ikan FRP Kabupaten Lobar .....	80
Gambar 5.9 <i>Maxsurf</i> 3 D kapal ikan FRP 10 GT .....	82

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi <i>E-glass</i> dan <i>S-glass</i> berdasarkan berat .....	8
Tabel 2. 2 Daftar Harga Kayu Waru .....	16
Tabel 3.1 Variasi Eksperimen.....	30
Tabel 4.1 Perhitungan massa jenis material. ....	44
Tabel 4.2 Hasil uji tarik variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 2 mm .....	45
Tabel 4.3 Hasil uji tarik variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 4 mm .....	47
Tabel 4.4 Hasil uji tarik variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 6 mm .....	48
Tabel 4.5 Hasil uji tarik variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 8 mm .....	50
Tabel 4.6 Hasil uji tarik variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 2 mm .....	52
Tabel 4.7 Hasil uji tarik variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 4 mm .....	53
Tabel 4.8 Hasil uji tarik variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 6 mm .....	55
Tabel 4.9 Hasil uji tarik variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 8 mm .....	56
Tabel 4.10 Hasil uji tekuk variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 2 mm .....	58
Tabel 4.11 Hasil uji tekuk variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 4 mm .....	60
Tabel 4.12 Hasil uji tekuk variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 6 mm .....	61
Tabel 4. 13 Hasil uji tekuk variasi ketebalan <i>core material</i> kayu Waru 8 mm .....	63
Tabel 4.14 Hasil uji tekuk variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 2 mm.....	65
Tabel 4.15 Hasil uji tekuk variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 4 mm.....	66
Tabel 4.16 Hasil uji tekuk variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 6 mm.....	68
Tabel 4.17 Hasil uji tekuk variasi ketebalan <i>core material</i> bilah Bambu 8 mm.....	69
Tabel 5.1 Perhitungan <i>mechanical properties</i> hasil pengujian tarik variasi jenis <i>core material</i> kayu Waru .....	72
Tabel 5.2 Perhitungan <i>mechanical properties</i> hasil pengujian tarik variasi jenis <i>core material</i> bilah Bambu .....	73
Tabel 5.3 Perhitungan <i>mechanical properties</i> hasil pengujian tekuk variasi jenis <i>core material</i> kayu Waru .....	76
Tabel 5.4 Perhitungan <i>mechanical properties</i> hasil pengujian tekuk variasi jenis <i>core material</i> bilah Bambu .....	77
Tabel 5.5 Tebal minimal BKI, laminasi FRP dan laminasi <i>sandwich core material</i> Bambu ..	81
Tabel 5.6 Tebal minimal BKI, laminasi FRP dan laminasi <i>sandwich core material</i> Bambu ..	82
Tabel 5.7 Perhitungan kebutuhan <i>core material</i> kayu Waru .....	83
Tabel 5.8 Perhitungan kebutuhan dan biaya <i>core material</i> bilah Bambu.....	83
Tabel 5.9 Biaya material <i>fiberglass</i> untuk laminasi <i>sandwich</i> menggunakan <i>core material</i> PVC .....	84
Tabel 5.10 Perbandingan <i>core material</i> kayu Waru, Bambu dan PVC .....	84
Tabel 6.1 Harga Material .....	87
Tabel 6.2 Perhitungan biaya <i>core material</i> kayu Waru .....	88
Tabel 6.3 Perhitungan biaya <i>core material</i> bilah Bambu .....	89
Tabel 6.4 Perhitungan biaya material <i>fiberglass</i> untuk laminasi <i>sanwich</i> kulit lambung.....	89
Tabel 6.5 Perhitungan biaya material <i>fiberglass</i> untuk laminasi <i>sanwich</i> geladak .....	90
Tabel 6.6 Perhitungan biaya material <i>fiberglass</i> untuk laminasi <i>sanwich</i> bangunan atas .....	90

Tabel 6.7 Biaya material <i>fiberglass</i> untuk laminasi <i>sandwich</i> menggunakan <i>core material PVC</i> .....	91
Tabel 6.8 Waktu proses produksi kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT .....	92
Tabel 6.9 Biaya tenaga kerja .....	92
Tabel 6.10 Biaya pembangunan kapal ikan FRP 10 GT menggunakan <i>core material</i> kayu Waru .....	93
Tabel 6.11 Biaya pembangunan kapal ikan FRP 10 GT menggunakan <i>core material</i> bilah Bambu.....	93
Tabel 6.12 Biaya pembang unan kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT menggunakan <i>core material</i> PVC.....	94
Tabel 6.13 Perbandingan total biaya pembangunan kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT.....	94

## DAFTAR SIMBOL

- P = *Breaking Load* (N)
- A = Luas permukaan pada titik tengah spesimen uji (mm<sup>2</sup>)
- l = Panjang awal *gauge* (mm)
- $\Delta P/\Delta l$  = Gradien dari bagian linear pada grafik *load-deflection* (N/mm)
- $\Delta l$  = Perubahan panjang *gauge*
- b = Lebar Spesimen Uji (mm)
- t = Tebal Spesimen Uji (mm)
- $\Delta P/\Delta y$  = Gradien dari bagian linear pada grafik *load-deflection* (N/mm)
- y = *Deflection* pada titik tengah dari panjang *gauge*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Pemerintah Indonesia melalui Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (DJTP), Kementerian Kelautan dan Perikanan RI tahun 2017 membangun 1.068 unit kapal perikanan dengan beragam ukuran. Rencananya kapal yang akan dibangun berukuran dibawah 5 GT sebanyak 449 unit, kapal ukuran 5 GT sebanyak 498 unit, kapal ukuran 10 GT sebanyak 92 dan kapal ukuran > 10 GT sebanyak 29 unit. Kapal-kapal tersebut seluruhnya dibangun di galangan Indonesia dengan beberapa target waktu dan standar yang ditentukan pemerintah. Tujuan pengadaan kapal ikan tersebut adalah untuk mendukung sektor perikanan di Indonesia. (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2017).

Pengadaan kapal ikan yang dilakukan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan sebagian besar menggunakan material *Fibreglass Reinforced Plastic* (FRP). Material FRP digunakan karena dalam pembuatannya mudah dilakukan dan tidak memerlukan tenaga kerja dengan keahlian khusus. Beberapa kapal ikan FRP dibangun menggunakan konstruksi *sandwich*. Material FRP tersusun dari beberapa komposisi yaitu serat *fibreglass*, WR, matt, katalis dan *core material*. Metode yang digunakan pada umumnya untuk FRP adalah metode *hand lay up* yaitu metode di mana proses laminasi dilakukan secara manual.

Salah satu komponen penting penyusun komposit material FRP adalah *core material*. Ada beberapa jenis *core material* yang biasa digunakan untuk menyusun komposit *sandwich* antara lain adalah PVC, *honey comb*, *Polyurethane Rigid Foam* dan *Plywood*. Mahalnya harga *core material* saat ini membuat harga kapal ikan FRP juga semakin mahal. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang menganalisa secara teknis dan ekonomis menggunakan *core material* alternatif. *Core material* alternatif yang digunakan yaitu bilah Waru dan bilah Bambu. Kayu Waru dan Bambu memiliki populasi yang sangat banyak di Indonesia. Pertumbuhan kayu tersebut juga sangat cepat. Harga dari material kayu Waru dan Bambu juga relatif murah sehingga peneliti memilih material tersebut untuk dijadikan objek dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini susunan material komposit terdiri dari bilah Waru, bilah Bambu, serat *fiberglass* dan perekat (resin) dengan beberapa variasi ketebalan *core material*. Kemudian akan dilakukan

analisa kuat tarik dan kuat tekuk dan disesuaikan dengan peraturan pada BKI untuk FRP 2016. Pada penelitian ini juga akan dilakukan perhitungan biaya produksi kulit lambung kapal ikan FRP yang menggunakan *core material* bilah Waru dan bilah Bambu kemudian dari perhitungan tersebut akan dibandingkan dengan biaya kulit lambung yang menggunakan *core material* PVC atau *honey comb* atau *polyurethane rigid foam*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu sebagai bahan konstruksi *sandwich* lambung kapal ikan FRP ?
2. Bagaimana kekuatan laminasi *sandwich fiberglass* yang menggunakan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu terhadap persyaratan kuat tarik dan kuat tekuk Biro Klasifikasi Indonesia ?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu terhadap biaya produksi kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT?

## 1.3. Tujuan

Tujuan pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Melakukan eksperimen untuk mengetahui pengaruh penggunaan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu sebagai bahan konstruksi *sandwich* lambung kapal ikan FRP.
2. Menganalisa secara teknis kekuatan laminasi *sandwich fiberglass* menggunakan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu apakah nilai kekuatan tarik dan tekuk memenuhi persyaratan BKI atau tidak.
3. Menganalisa secara ekonomis biaya produksi menggunakan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu sebagai bahan konstruksi *sandwich* kapal ikan FRP.

## 1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan dalam tugas akhir ini tidak terlalu melebar dari tujuan yang ingin dicapai, maka perlu ditentukan batasan masalah, adapun batasan permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Data kapal ikan yang dianalisis adalah kapal ikan FRP 10 GT
2. Perhitungan konstruksi menggunakan peraturan BKI tentang kapal *Fiberglass Reinforced Plastics* tahun 2016

3. Variasi yang digunakan untuk pengujian adalah menggunakan jenis *core material* yang berbeda
4. Ketebalan *core material* yang digunakan adalah 2 mm, 4 mm, 6 mm dan 8 mm
5. Susunan laminasi yang digunakan sesuai dengan desain eksperimen
6. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik dan uji tekuk.
7. Analisis ekonomis yang dilakukan adalah analisis *cost breakdown*

### **1.5. Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penulisan penelitian ini adalah:

1. Secara akademis, dapat digunakannya data yang telah dihasilkan dalam Tugas Akhir ini sebagai sumber pustaka
2. Secara praktis, dapat menjadi acuan data dalam keperluan informasi tentang pembuatan kapal ikan berbahan FRP.

### **1.6. Hipotesis**

Hipotesis dari tugas akhir ini adalah:

1. Penggunaan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu sebagai bahan konstruksi *sandwich* kapal ikan FRP memenuhi persyaratan kekuatan tarik dan kekuatan tekuk dari Biro Klasifikasi Indonesia
2. Harga pokok biaya produksi dari penggunaan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu untuk pembangunan kapal ikan FRP lebih ekonomis daripada kapal ikan FRP tanpa *core material* atau *full fiberglass*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 2

# STUDI LITERATUR

### 2.1. Gambaran Umum Kapal Ikan

Kapal merupakan transportasi air dengan bentuk dan jenis yang dapat digerakkan dengan tenaga mekanik, angin atau termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah (PP No.51 tahun 2002 Tentang Perkapalan). Selanjutnya dalam Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor PER 05/MEN/2008 menyebutkan kapal perikanan pada Gambar 2.1 adalah kapal atau perahu atau alat apung lain yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan dan penelitian atau eksplorasi perikanan (Menteri Kelautan dan Perikanan, 2010).



Gambar 2.1 Kapal Ikan *Trawl*  
[Sumber : KKP, 2018]

Berdasarkan Peraturan Menteri KKP Indonesia No. 16 tahun 2010, yang termasuk kapal ikan adalah kapal, perahu, atau alat apung lain yang digunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian/eksplorasi perikanan . Berdasarkan alat tangkapnya, kapal ikan secara garis besar digolongkan :

1. Kapal Ikan *Purse Sein*
2. Kapal Ikan *Pole and Line*
3. Kapal Ikan *Trawl*
4. Kapal Ikan *Long Line*
5. Kapal ikan *Gill net*

## 2.2. Kapal Ikan *Fibreglass Reinforced Plastic* (FRP)

Kapal ikan FRP adalah sebuah kapal yang dirancang dan dibangun untuk menangkap ikan dan terbuat dari bahan plastik yang diperkuat dengan serat kaca atau disebut dengan istilah *fiberglass reinforced plastic*. FRP tersusun dari resin, serat penguat *fiberglass* dan zat tambahan lainnya yang diproses menggunakan beberapa metode. Jumlah kapal ikan berbahan FRP masih sedikit apabila dibandingkan dengan jumlah kapal kayu yang ada di Indonesia. Kapal ikan konstruksi FRP dapat digunakan sebagai alternatif bahan untuk menggantikan ketersediaan kayu yang semakin langka untuk diperoleh yang dapat memenuhi persyaratan bahan pembuatan kapal ikan FRP dapat dilihat pada Gambar 2.2. Pembuatan kapal ikan *fiberglass reinforced plastic* diatur dalam peraturan Biro Klasifikasi Indonesia . Semua konstruksi kapal yang berhubungan dengan material *fiberglass* diatur pada BKI *for Fiberglass Reinforced Plastic* 2016 (Menteri Kelautan dan Perikanan, 2010).



Gambar 2.2 Kapal ikan FRP 5 GT  
[Sumber : PT.Panteon Surabaya (Persero), 2018]

## 2.3. Material Fiberglass

Selain menggunakan kayu, ada beberapa kapal yang dibangun menggunakan material komposit *fiberglass*. Kapal ikan *fiberglass reinforced plastic* terbentuk dari beberapa bahan seperti resin, serat penguat, *coremat* dan katalis. Berikut ini adalah beberapa penjelasan mengenai bahan – bahan pembentuk komposit kapal ikan *fiberglass reinforced plastic* antara lain :

### 2.3.1 *Release Agent*

*Release agent* adalah material yang digunakan untuk mempermudah melepas *fiberglass* yang telah mengalami proses *curing* dari cetaknya. Selain itu tujuan dari penggunaan *release agent* agar tidak merusak produk dan cetakan yang digunakan. Penggunaan *release agent* yang benar akan menghasilkan produk yang memiliki permukaan yang halus. Pemilihan *release agent* dipengaruhi dari beberapa faktor seperti ukuran cetakan, kompleksitas, metode laminasi,

kebutuhan *finishing* permukaan dan lainnya. Berikut ini adalah jenis-jenis *release agent* yang sering digunakan:

### 1. *Polyvinyl Acohol (PVA)*

*Polyvinyl Alcohol (PVA)* tersedia dalam bentuk padat maupun dalam bentuk cairan atau larutan. Gambar 2.3 menunjukkan PVA dalam bentuk cairan. PVA umumnya digunakan untuk membuat komposit FRP dengan cetakan yang kecil dan memiliki bentuk yang simpel atau dapat juga digunakan sebagai lapisan kedua *release agent*. Dalam menggunakan PVA, perlu diberikan perhatian lebih ketika mengaplikasikan ke permukaan vertikal. Hal ini disebabkan rendahnya viskositas dari PVA sehingga kelebihan PVA akan menetes dan mengendap pada bagian ujung-ujung cetakan dan akan membutuhkan waktu yang lama untuk mengering. Apabila proses laminasi dilakukan sebelum PVA kering, pada saat melepas komposit FRP pada bagian tersebut akan melekat dan dapat merusak cetakan (Bader, 2002).



Gambar 2.3 *Polyvinyl Alcohol*

### 2. *Wax*

*Wax* umumnya digunakan pada pembuatan komposit FRP dengan volume yang rendah. Hal ini dikarenakan pengaplikasiannya yang memakan waktu. *Wax* tersedia dalam berbagai bentuk, akan tetapi yang paling sering digunakan adalah *wax* dalam bentuk pasta atau cairan. Gambar 2.4 menunjukkan *wax* dalam bentuk pasta. Keunggulan dari digunakannya *wax* sebagai *release agent* adalah mudahnya pengaplikasian *wax*, mudah diperoleh dan harganya yang relatif murah (Bader, 2002).



Gambar 2.4 *Mirror Glaze (Wax)*

### 1.3.2. Reinforcement Material

*Reinforcement* adalah salah satu bagian utama dari komposit yang berfungsi sebagai penguat/penanggung beban utama pada komposit. Pada konstruksi kapal ikan *FRP* biasanya serat penguat terbuat dari bahan gelas (umumnya jenis *E-glass*), karbon, *kevlar* (serat sintetis *armaid*) dan lain-lain. Pada kapal *fibreglass*, serat penguat jenis *E-glass* sering digunakan dikarenakan harganya relatif murah dan karakteristiknya sesuai (Ship Structure Committee, 1990).

Tabel 2.1 Komposisi *E-glass* dan *S-glass* berdasarkan berat

Jenis	E - glass	S - glass
<i>Silicone Dioxide</i>	52 – 56 %	64 – 66 %
<i>Calcium Oxide</i>	16 – 25 %	0 – 0.3 %
<i>Aluminium Oxide</i>	12 – 16 %	24 – 26 %
<i>Boron Oxide</i>	5 – 10 %	-
<i>Sodium &amp; Potassium Oxide</i>	0 – 2%	0 – 0.3 %
<i>Magnesium Oxide</i>	0 – 5 %	9 -11 %
<i>Iron Oxide</i>	0.05 – 0.4 %	0 – 0.3 %
<i>Titanium Oxide</i>	0 – 0.8 %	-
<i>Fluorides</i>	0 – 1.0 %	-

[Sumber : Ship Structure Comitee, 1990]

Tabel 2.1 menunjukkan komposisi *E-glass* dan *S-glass* berdasarkan beratnya. Pada umumnya, *reinforcement* yang digunakan untuk kapal *FRP* adalah *E-glass* (*lime aluminium borosilicate*) . Hal ini dikarenakan sifat kuat tarik yang baik dan tahan terhadap degradasi air laut. Sedangkan untuk *S-glass* (*silicon dioxide, aluminium dan magnesium dioxides*) memiliki kuat tarik 33% lebih baik dan secara umum memiliki *fatigue resistance* yang lebih baik dibandingkan dengan *E-glass*. Dan biaya produksi menggunakan jenis *S-glass* 3-4 kali lebih mahal dibandingkan dengan *E-glass*. Di dalam industri galangan kapal *fibreglass*, ada beberapa jenis penguat (*reinforcement*) antara lain :

#### 1. Chopped Strand Matt

*Chopped Strand Mat* (CSM) atau sering dikenal dengan *matt* adalah jenis serat *fibreglass* yang terbuat dari serat kaca yang diletakkan secara acak antara satu dengan yang lainnya. Arah serat membentuk pola tumpukan jerami yang arahnya acak dengan *fiberglass* yang menerus dimana memiliki panjang 1,5-37 mm, seperti tampak pada Gambar 2.5. CSM yang telah dicampur dengan resin (dengan perbandingan 1 CSM : 2.5-3 Resin), setelah mengeras akan mempunyai kekuatan tarik (*tensile strength*) dan kekuatan lentur (*flexural*

*strength*) hampir 2 (dua) kali lipat jika dibandingkan dengan resin matang tanpa pengisi. Jenis CSM pada umumnya dibedakan berdasarkan tingkat kepadatannya, dimana dituliskan dalam kode seperti CSM 300, CSM 450, CSM 600 dan CSM 900. Angka yang tertera pada kode menunjukkan satuan berat CSM tiap satuan meter persegi. Misalkan kode CSM 450, hal ini berarti CSM ini mempunyai berat 450 gr/m<sup>2</sup> (Bader, 2002).



Gambar 2.5 *Chopped Strand Matt*

## 2. ***Woven Roving***

*Woven roving* adalah *fiberglass* dengan bentuk serat kaca halus berwarna putih yang dianyam dan susunanya beraturan seperti pada karung. *Woven roving* pada Gambar 2.6 berbentuk lebih tebal dan lebih kuat dari CSM. Dalam aplikasi lebih banyak untuk membuat badan kapal atau tangki air. *Woven roving* kompatibel dengan sebagian besar sistem resin dan digunakan dalam kebanyakan kasus untuk meningkatkan lentur dan dampak kekuatan laminasi. Selain itu, WR bagus untuk aplikasi dengan metode *hands lay up*. *Woven Roving* pada umumnya dibedakan berdasarkan tingkat kepadatannya, dimana dituliskan dalam kode seperti WR 600 dan WR 800. Angka yang tertera pada kode menunjukkan satuan berat WR tiap satuan meter persegi. Misalkan kode WR 600, hal ini berarti WR ini memiliki berat 600 gr/m<sup>2</sup> (Bader, 2002).



Gambar 2.6 *Woven Roving*

### 2.3.3. Bahan Perekat (*Interface*)

Pada material komposit, bahan perekat digunakan untuk mengikat permukaan atau daerah dimana material yang tak tersambung. Perekat yang biasa digunakan adalah resin. Resin adalah salah satu bahan dasar yang digunakan dalam industri pembuatan kapal FRP. Cairan resin ini akan dicampur dengan *catalyst* yang akan menyebabkan reaksi kimia yaitu polimerisasi yang di dunia industri perkapalan dikenal dengan istilah *curing*. Proses inilah yang akan menyebabkan campuran material dan *fiberglass* menjadi suatu material yang kaku (Crips, 2015). Resin memiliki beberapa jenis, berikut ini adalah jenis-jenis resin yang biasa digunakan pada industri perkapalan :

#### a. *Polyester Resin*

*Resin polyester* disebut juga *fiberglass resin* merupakan salah satu jenis resin yang biasa digunakan untuk membangun material komposit kapal *fibreglass*. Resin ini merupakan resin sintetis tak jenuh yang terbentuk oleh reaksi basa *polyhidric* alkohol dan asam organik. *Polyester resin* memiliki harga yang relatif murah, sederhana, mudah digunakan serta memiliki ketahanan kimia yang baik. Selain itu, *polyester resin* pada Gambar 2.7 memiliki ketahanan terhadap sinar *ultraviolet*, air dan awet jika dibandingkan dengan resin jenis lain. Namun, Kekurangan resin ini adalah tidak akan kuat apabila hanya digunakan untuk lapisan tipis tetapi memerlukan bahan lain seperti *talc* (mirip bedak bayi) dan serat kaca (*mat fiberglass*) karena tanpa bahan tambahan ini lapisan resin *polyester* hanya akan mudah retak atau terkelupas (Crips, 2015).



Gambar 2.7 *Polyester Resin*  
[Sumber : Kerajinankreatif.com,2018]

#### b. **Resin Epoksi**

Resin epoksi pada gambar adalah Gambar 2.8 kelompok dari bahan *thermosetting* yang banyak digunakan sebagai perekat, pelapis dan matriks dalam komposit polimer karena viskositas yang rendah dari formulasi, sifat isolasi yang baik dari bahan yang tahan pada

temperatur tinggi dan sifat kimia yang baik serta tahan panas. Resin epoksi yang banyak berwarna bening kekuningan merekat dengan baik dan kuat pada permukaan kayu dan tidak akan memerlukan lapisan akhir (*finishing*) tidak seperti resin *polyester*. Tidak hanya pada kayu, resin epoksi ini juga merekat kuat hampir disemua permukaan termasuk permukaan resin polyester sehingga cocok untuk bahan *finishing*. Sifat tahan banting dan elastisitas resin epoksi yang melebihi resin-resin lain ini membuatnya populer dalam bidang pertahanan seperti pembuatan *kevlar* bahkan kaca-kaca anti peluru dan lebih poluper lagi dalam industri-industri perkapalan sekarang (Crips, 2015).



Gambar 2.8 Epoxy Resin

#### 2.3.4. Katalis

Katalis dan *hardener* merupakan suatu zat yang memiliki fungsi untuk mempercepat proses *curing* dan polimerisasi antara resin dengan *fibreglass*. Pada umumnya, *hardener* lebih cenderung dipasangkan dengan resin epoksi. Pada prosesnya, *hardener* dicampurkan dengan resin epoksi yang tujuannya untuk mempecepat proses pengeringan dan polimerisasi. Sedangkan untuk katalis seperti pada Gambar 2.9 biasanya digunakan pada resin *vinylester* dan *polyester*. Katalis juga memiliki fungsi yang sama dengan *hardener*.



Gambar 2. 9 Katalis

## 2.4. Komposit *Sandwich*

Komposit *sandwich* merupakan salah satu jenis komposit struktur yang sangat potensial untuk dikembangkan. Komposit *sandwich* pada Gambar 2.10 adalah komposit yang tersusun dari 3 lapisan yang terdiri dari 2 lapisan kulit yaitu kulit luar dan kulit dalam yang biasa disebut dengan *skin* serta material inti di bagian tengahnya yang disebut dengan *core material*. Komposit *sandwich* dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Sehingga untuk mendapatkan karakteristik tersebut, pada bagian tengah diantara kedua *skin* dipasang *core material*. Komposit *sandwich* dibuat untuk mendapatkan tebal yang sama tetapi mempunyai berat yang serta memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Biasanya pemilihan bahan untuk komposit *sandwich*, syaratnya adalah ringan, tahan panas dan korosi, serta harga juga dipertimbangkan. Dengan menggunakan material inti yang sangat ringan, maka akan dihasilkan komposit yang mempunyai sifat kuat, ringan, dan kaku (Nayiroh, 2013).



Gambar 2.10 Struktur *sandwich panel*  
[Sumber : Nurun Nayiroh, 2013]

## 2.5. *Core material*

*Core material* merupakan salah satu bagian dari komposit *sandwich* yang berada di antara *outer skin* dan *inner skin*. Biasanya *core material* memiliki struktur yang lebih ringan. Pada pembangunan kapal ikan FRP, ada beberapa jenis *core material* yang biasa digunakan. Selain pada industri maritim, penggunaan *core material* banyak dilakukan pada industri-industri lainnya (Picswe, 2019). Berikut ini akan dijelaskan mengenai jenis-jenis *core material*:

### 2.5.1. *Polyvinyl Chloride (PVC)*

*Polyvinyl Chloride* adalah plastik PVC berbentuk lembaran padat dengan ciri fisik utama kedua permukaannya yang keras namun halus dan licin biasanya berwarna putih mengkilat seperti Gambar 2.11. Dimensi panjang dan lebar memiliki ukuran yang hampir sama dengan tripleks. Memiliki berat yang ringan tetapi memiliki *flexural strength* yang baik, tahan

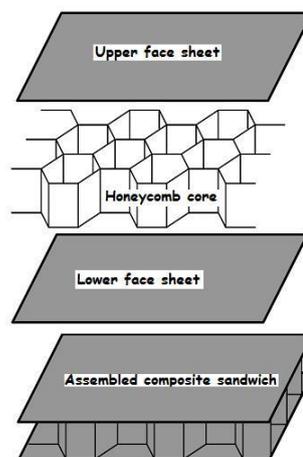
air, tidak lapuk, dan sangat mudah dikerjakan, menjadikan *PVC Board* sebagai produk alternatif untuk *core material* (Picswe, 2019).



Gambar 2.11 *Polyvinyl Clorida (PVC)*  
[Sumber : Picswe.com, 2019]

### 2.5.2. *Honeycomb*

Struktur *Honeycomb* merupakan struktur material alami atau buatan manusia yang memiliki geometri seperti sarang lebah untuk meminimalisasi jumlah material yang digunakan agar mencapai berat yang optimal dan biaya yang relatif murah. Struktur ini umumnya digunakan pada aplikasi kedirgantaraan, transportasi, maritim dan industri lainnya. Konstruksi *Honeycomb Sandwich* merupakan salah satu yang paling berharga dalam inovasi pengembangan untuk indsutri komposit seperti dalam pembangunan kapal ikan FRP. Struktur *Honeycomb* memiliki kelebihan dibanding dengan material konvensional. Struktur ini lebih ringan, tahan lama dan memiliki kekuatan yang baik. Bentuk sel pada struktur *honeycomb* yang terlihat pada Gambar 2.12 berbentuk segi enam dengan ukuran yang berbeda-beda sesuai kebutuhan. Kemungkinan akan ada pengembangan selanjutnya yang memvariasikan bentuk-bentuk khusus guna mendapatkan karakteristik tertentu dari penggunaan *honeycomb sandwich* ini (Picswe, 2019).



Gambar 2.12 Struktur *honeycomb sandwich*  
[Sumber : Picswe.com, 2019]

### 2.5.3. *Polyurethane (PU)*

*Polyurethane* adalah polimer yang terdiri dari sebuah rantai unit organik yang dihubungkan oleh tautan *uretana*. Polimer *polyurethane* dibentuk oleh reaksi sebuah *monomer* yang mengandung setidaknya dua gugus fungsional *isosianat* dengan *monomer* lainnya yang mengandung setidaknya dua gugus alkohol didorong dengan katalis. Untuk membuat *polyurethane rigid foam* diperlukan 2 komponen PU yaitu komponen A dan B dicampurkan seperti pada yang kemudian diaduk dan dituangkan yang akan menjadi busa yang bersifat keras. PU ini banyak digunakan sebagai bahan inti (*core material*) untuk komposit. Pembangunan kapal ikan FRP juga sering menggunakan komponen ini sebagai bahan pengisi pada konstruksi gading maupun konstruksi kulit. Sifat dari material ini sangat ringan namun memiliki kakuan yang keras (Catur, 2014).



Gambar 2.13 *Polyurethane Rigid Foam*

### 2.5.4. *Plywood*

*Plywood* adalah papan material yang tersusun dari beberapa lapis kayu melalui proses perekatan dan pemampatan tekanan tinggi. *Plywood* terdiri dari kombinasi lapisan serat kayu dan kulit kayu dengan lapisan permukaan luar lebih kuat daripada lapisan tengah yang berfungsi untuk mereduksi pemuaian dan tekanan tekuk. Sifat dasar *plywood* tidak mudah untuk di tekuk, lebih tahan cuaca dan mudah dibentuk terutama untuk pembuatan *furniture* rumah tinggal. Saat ini pada pembangunan kapal ikan dengan konstruksi *sandwich* telah memanfaatkan *plywood* sebagai *core material* penyusunnya. Terdapat beberapa jenis *plywood* yang bisa kita temukan di pasaran yaitu *plywood* dari kayu pinus, kayu sengon, kayu balsa dan *plywood* dari kayu sungkai. Harga *plywood* ukuran standar perlembar 120x240cm menyesuaikan varian ketebalan *plywood* yaitu 6 mm, 9 mm, 12 mm, 15 mm, 18 mm dan 24 mm (Picswe, 2019).



Gambar 2.14 Material *plywood*  
[Sumber : Picswe.com, 2019]

## 2.6. Kayu Waru

Kapal – kapal *fiberglass* pada umumnya memiliki *core material* sebagai penyusun komposit kapal ikan FRP. Salah satu alternatif kayu yang dapat digunakan untuk *core material* sebagai bahan konstruksi *sandwich* kapal ikan FRP adalah kayu Waru. Pohon Waru atau baru (*hisbiscus tilliaceus*) dikenal sebagai pohon peneduh yang berada di tepi sungai, jalan dan pantai serta juga berada di halaman rumah daerah pedesaan. Tanaman Waru yang terlihat seperti pada Gambar 2.15 dijadikan sebagai tanaman pelindung karena memiliki kemampuan bertahan yang tinggi, yaitu toleran terhadap kondisi kering dan tergenang. Tumbuhan ini dapat tumbuh baik di daerah panas dengan curah hujan 800 saMPai 2.200 mm (Syamsuhidayat & Hutapea, 1991).



Gambar 2.15 Pohon Waru  
[Sumber : Tanah Nusantara,2018]

### 2.6.1. Sifat Fisis dan Karakteristik Kayu Waru

Pohon ini cepat tumbuh saMPai tinggi 5-15 meter, garis tengah batang 40-50 cm; bercabang dan berwarna coklat. Daun merupakan daun tunggal, berangkai, berbentuk jantung, lingkaran lebar/bulat telur, tidak berlekuk dengan diameter kurang dari 19 cm. Daun menjari,

sebagian dari tulang daun utama dengan kelenjar berbentuk celah pada sisi bawah dan sisi pangkal. Sisi bawah daun berambut abu-abu rapat. Bunga Waru merupakan bunga tunggal, bertaju 8-11. Panjang kelopak 2.5 cm beraturan bercangap 5. Daun mahkota berbentuk kipas, panjang 5-7 cm, berwarna kuning dengan noda ungu pada pangkal, bagian dalam jingga dan akhirnya berubah menjadi kemerah-merahan. Tabung benang sari keseluruhan diteMPati oleh kepala sari kuning. Bakal buah beruang 5, tiap rumah dibagi dua oleh sekat semu, dengan banyak bakal biji. Buah berbentuk telur berparuh pendek, panjang 3 cm, beruang 5 tidak sempurna, membuka dengan 5 katup (Syamsuhidayat & Hutapea, 1991).

### 2.6.2. Habitat dan Populasi

Waru banyak terdapat di Indonesia, di pantai yang tidak berawa, ditanah datar, dan di pegunungan hingga ketinggian 1700 mdpl. Banyak ditanam di pinggir jalan dan di sudut pekarangan sebagai tanda batas pagar. Pada tanah yang baik, tumbuhan itu batangnya lurus dan daunnya kecil. Pada tanah yang kurang subur, batangnya bengkok dan daunnya lebih lebar (Syamsuhidayat & Hutapea, 1991).

### 2.6.3. Harga Kayu Waru

Kayu Waru sangat mudah untuk didapatkan di daerah pesisir dan pedesaan. Populasi kayu ini sangat banyak dan pertumbuhannya cukup cepat. Maka harga kayu ini terbilang murah jika dibandingkan dengan kayu jati (Basri, 2012) . Harga kayu Waru dapat dilihat pada Tabel 2. 2

Tabel 2. 2 Daftar Harga Kayu Waru

Panjang	Diameter	Harga
130 – 190 cm	10 – 19 cm	Rp 350.000
	20 cm ke atas	Rp 450.000
200 -250 cm	20 – 29 cm	Rp 600.000
	30 cm ke atas	Rp 700.000
250 cm ke atas	20 – 29 cm	Rp 700.000
	30 cm ke atas	Rp 800.000

[Sumber : Efrida Basri, 2012]

### 2.6.4. Kegunaan Tumbuhan

Kulit Waru dapat digunakan sebagai serat untuk pembuatan tali tambat pada kapal ikan. Sedangkan kayu Waru dapat digunakan untuk pembuatan gading jukung dan juga sebagai alternatif *core material* untuk pembuatan kapal ikan FRP. Dalam pengobatan tradisional, akar Waru digunakan sebagai pendingin bagi sakit demam, daun Waru membantu pertumbuhan rambut, sebagai obat batuk, obat diare berdarah/berlendir, amandel. Bunga digunakan untuk obat *trakhoma* dan masuk angin. Kandungan kimia daun dan akar Waru adalah *saponin dan*

*flavonoid*. Disamping itu, daun Waru juga paling sedikit mengandung lima senyawa fenol, sedang akar Waru mengandung *tanin* (Syamsuhidayat & Hutapea, 1991).

## **2.7. Bambu**

Bambu merupakan nama untuk sekumpulan rumput-rumputan berbentuk pohon kayu atau perdu yang lurus, dengan batang yang biasanya tegak kadang memanjat, mengayu dan bercabang, dapat mencapai umur panjang dan lazimnya mati tanpa mengalami masa berbunga. Batang Bambu terdiri dari ruas-ruas yang berongga dengan panjang dan jumlah bervariasi dan dipisahkan oleh buku-buku. Waktu munculnya batang muda (atau disebut juga rebung) berbeda untuk setiap jenis Bambu, ada yang muncul pada awal musim penghujan, sedangkan pada jenis yang lain muncul pada pertengahan atau akhir musim penghujan (Heyne, 1987).

### **2.7.1. Sifat Fisis dan Karakteristik Bambu Ori**

Bambu Ori (*Bambusa Arundinacea*) adalah Bambu yang pada buku batang dan rantingnya tumbuh duri. Bambu ini sering kali disebut Bambu duri, kalau di Jawa dikenal dengan sebutan pring ori. Tumbuhan ini masih sekerabat dengan Bambu kuning, Bambu putih dan Bambu Cina. Batang Bambu Ori seperti pada Gambar 2.16 berwarna hijau dengan panjang 15–25 m. Panjang ruas antara 25–35 cm, dengan diameter 8–15 cm dan ketebalan dinding rata-rata 2-3 cm. Nodus batang yang lebih rendah menunjukkan cincin dari akar udara, dengan sebuah cincin abu-abu atau coklat di bawah dan di atas bekas luka selubung. Cabang biasanya terdapat pada bagian tengah batang ke atas, dan memiliki beberapa cabang bergerombol dengan jumlah antara 1-3 cabang yang dominan lebih besar. Berdaun berbentuk tombak dan rata-rata panjangnya antara 10–20 cm dan lebar 12–25 mm. Spesies ini lebih menyukai pH rendah 5-6,5 (Heyne, 1987).



Gambar 2.16 Bambu Ori  
[ Sumber : Sumaterazine.com, 2019]

### 2.7.2. Sifat Mekanik Bambu

Sifat mekanik merupakan sifat dari kekuatan dan kemampuan Bambu dalam menahan suatu gaya luar yang bekerja padanya. Sifat mekanik Bambu diketahui dari berbagai penelitian yang bertujuan untuk memanfaatkan Bambu sebagai struktur dan bahan konstruksi bangunan secara maksimal (Permana & Supomo, 2018). Sifat mekanik Bambu dipengaruhi sebagai berikut :

- Jenis spesies
- Umur saat ditebang
- Kandungan air
- Posisi batang (pangkal, tengah, ujung)

Sifat mekanik Bambu yang penting untuk perencanaan konstruksi Bambu , antara lain :

#### 1. Kuat Tekuk

Kekuatan Bambu menahan gaya tekan tergantung pada bagian lurus dan bagian antar ruas batang Bambu. Bagian batang tanpa ruas mempunyai kuat tekan 8-45% lebih besar daripada batang Bambu yang beruas.

#### 2. Kuat Tarik

Ada dua macam kekuatan tarik, yang pertama adalah kekuatan tarik tegak lurus serat dan yang kedua kekuatan tarik searah serat. Pada Bambu, kekuatan tarik yang paling kuat adalah kekuatan tarik searah serat. Kekuatan Bambu untuk menahan gaya tarik tergantung pada bagian batang mana yang digunakan. Bagian pangkal memiliki kekuatan 12% lebih tinggi daripada bagian kepala atau ujung.

#### 3. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan keteguhan lentur pada batas elastis bahan. Peningkatan nilai Modulus Elastisitas seiring dengan peningkatan keteguhan lentur suatu bahan. Modulus Elastisitas Bambu berkisar antara 98070-294200 kg/cm<sup>2</sup>, tetapi untuk perancangan dipakai E sebesar 294200 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4. Kuat Geser

Kekuatan Geser adalah kekuatan untuk menahan gaya geser yang membantu suatu bagian Bambu bergeser dari bagian lain di dekatnya. Bagian batang yang beruas memiliki kekuatan terhadap gaya geser 50% lebih rendah dari pada batang Bambu tanpa ruas. Kuat Geser Bambu bergantung pada ketebalan dinding batang Bambu.

### 2.7.3. Harga Bilah Bambu

Bambu di Indonesia sangat mudah untuk didapatkan karena populasinya sangat banyak dan pertumbuhannya sangat cepat. Oleh karena itu harganya relatif murah. Harga Bambu saat ini dipasaran terbilang cukup murah. Harga Bambu ori adalah Rp 3,000 dengan dimensi panjang 4 meter dan lebar 3 cm sedangkan untuk pembelian batangan haragnya Rp 20,000 dengan dimensi panjang 5 meter dan diameter 10 cm.

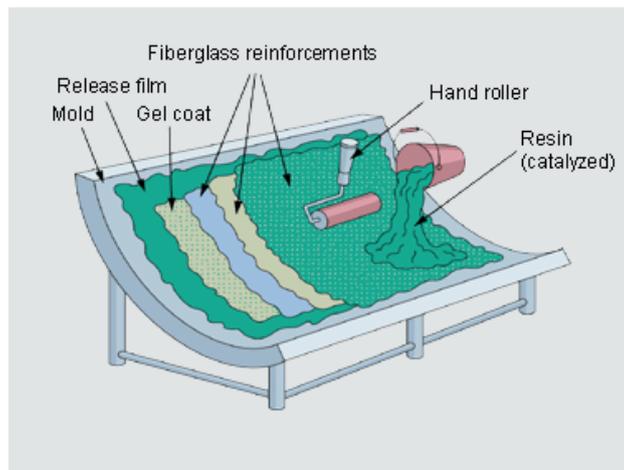
### 2.7.4. Kegunaan Tumbuhan Bambu

Dalam kehidupan sehari – hari, Bambu memiliki banyak manfaat. Tunas dari Bambu bisa dijadikan makanan hewan dan bahan untuk kuliner. Bagian dalam batang Bambu bisa digunakan untuk alat masak. Bisa untuk merebus atau memanggang suatu makanan. Batang Bambu sendiri bisa juga dijadikan peralatan masak seperti spatula dan sumpit. Selain itu Bambu juga digunakan sebagai konstruksi rumah, jembatan, dan bahan alat musik. Untuk bidang perkapalan, Bambu juga bisa digunakan sebagai bahan komposit, laminasi, *core material*, serat pada pembangunan kapal Ikan (Heyne, 1987).

## 2.8. Metode Laminasi *Hand Lay Up*

Metode laminasi *hand lay-up* merupakan salah satu cara pembangunan kapal *fiberglass* dengan metode *open mould* atau cetakan terbuka dan tertua dari proses manufaktur material komposit. Metode cetakan terbuka berarti teknik tersebut dilakukan dengan cetakan yang terbuka (tidak seperti *pultrusion*, *vacum infusion*, dsb.). Adapun metode ini dilakukan dengan cara mengaplikasikan resin pada bahan penguat/ serat *fiberglass* dengan menggunakan kuas/rol. Biasanya metode ini dilakukan untuk pembuatan komponen besar, seperti lambung kapal, kolam renang, dll. Agar lebih jelas, skema pembuatan material komposit dengan metode *hand lay-up* dapat dilihat pada Gambar 2.17. Jenis resin yang biasa digunakan pada metode *hand lay-up* ada dua, yakni resin poliester dan resin epoksi dengan jenis fiber yang biasa digunakan adalah serat kaca atau *fiberglass*. Metode *hand lay-up* merupakan metode yang masih banyak dilakukan di Indonesia. Kekurangan metode ini adalah tidak maksimalnya hasil penyatuan dari lapisan atau susunan antara fiber dan resin pada badan kapal yang terbentuk. Hal ini dikarenakan penggunaan alat untuk menyatukan material resin dan fiber hanya menggunakan mesin *roll*, sehingga tekanan yang dihasilkan tidak maksimal dan tidak merata di seluruh bagian kapal. Hal tersebut menyebabkan terdapat ruang yang berisi udara yang bisa mengakibatkan berkurangnya nilai kekuatan tarik dan lentur kapal. Ketika pekerja melakukan pelapisan resin pada *fiberglass*, dibutuhkan keahlian agar tekanan saat penekanan roll sama pada semua bagian

konstruksi. Hal tersebut bertujuan agar tidak terjadi perbedaan ketebalan antara bagian satu dengan yang lainnya. Hal ini sering terjadi di lapangan, sehingga untuk memperbaiki kesalahan tersebut dilakukan pelapisan ulang untuk mendapatkan hasil yang sama. Dari perbaikan tersebut, ketebalan kapal *fiberglass* meningkat. Keuntungan metode laminasi *handy lay up* adalah murah dan sederhana, sehingga metode ini sering digunakan di lapangan dalam proses pembangunan kapal *fiberglass*. Namun dengan kelemahan yang dimiliki, metode laminasi menggunakan hand lay up menjadi lebih lama (Nugroho, 2012).



Gambar 2.17 Skema *Hand Lay Up*  
[Sumber : <http://www.wacker.com>, 2019]

## 2.9. Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia

Dalam membangun kapal *fibreglas* digunakan *rules* yang berlaku di area kapal tersebut akan dioperasikan. Tujuan dari penggunaan *rules* ini adalah untuk menjamin bahwa konstruksi kapal yang dibangun telah memenuhi standar dan kapal tersebut *seaworthy*. Di Indonesia, peraturan yang umum digunakan adalah peraturan yang diterbitkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia terkait kapal-kapal konstruksi *fibreglass* adalah *Rules for Fibreglass Reinforced Plastic Ships*, edisi 2016. Dalam *rules* BKI telah tercantum ukuran-ukuran konstruksi yang disyaratkan, standar kekuatan material fibreglass serta standar pengujian material (Biro Klasifikasi Indonesia, 2016).

### 2.9.1. Standar Ketebalan Laminasi

Ketebalan laminasi dapat dihitung menggunakan rumus yang ada pada BKI 2016, *Rules for Fiberglass Reinforced Plastic Ships*. Rumus 2.1 dapat digunakan untuk menghitung ketebalan lapisan untuk *fiberglass* jenis *Chopped Strand Matt* dan *fiberglass Woven Roving*.

$$t = \frac{W_G}{10 \cdot Y_R \cdot G} + \frac{W_G}{1000 \cdot Y_G} - \frac{W_G}{1000 \cdot Y_R} \quad (2.1)$$

Dimana,

$W_G$  = Berat yang didesain per unit area dari *fiberglass* (gr/m<sup>2</sup>)

$G$  = *Glass Content* dari laminasi (%)

$Y_R$  = Berat jenis dari *cured resin*

$Y_G$  = Berat jenis dari *fiberglass*

Pada BKI 2016 juga sudah dijelaskan bahwa untuk setiap 100 gr/m<sup>2</sup> *fiberglass* CSM akan memiliki ketebalan sebesar 0,25 mm dan untuk setiap 100 gr/m<sup>2</sup> *fiberglass* WR akan memiliki ketebalan sebesar 0,16 mm. Persyaratan tebal minimum laminasi *fiberglass* pada konstruksi FRP diatur juga dalam peraturan BKI 2016. Ketebalan minimum lamiasi *fiberglass* pada lokasi alas dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.2. Rumus 2.3 digunakan untuk menghitung ketebalan minimum laminasi *fiberglass* pada lokasi sisi dan rumus 2.4 digunakan untuk menghitung tebal minimum laminasi *fiberglass* pada lokasi geladak. Sedangkan untuk menghitung tebal laminasi *sandwich* menggunakan Rumus 2.5 (Supomo, 2016).

$$t_B = 15,8 \cdot a \cdot \sqrt{T + 0,026 \cdot L} \quad (2.2)$$

$$t_S = 15 \cdot a \cdot \sqrt{T + 0,026 \cdot L} \quad (2.3)$$

$$t_D = 4,8 \cdot a \cdot \sqrt{0,5 \cdot L + 4,6} \quad (2.4)$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{t_1^2 \cdot \sigma_{Rm1}}{\sigma_{Rm2}}} \quad (2.5)$$

Dimana,

$a$  = jarak antar gading pada kapal (m)

$T$  = sarat kapal (m)

$L$  = panjang antar *perpendicular* kapal (m)

$t_1$  = Tebal FRP (mm)

$t_2$  = Tebal *Sandwich* (mm)

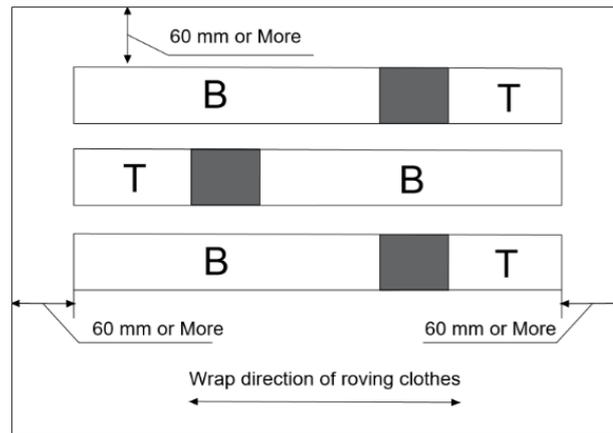
$\sigma_{Rm1}$  = Kuat tekuk FRP (MPa)

$\sigma_{Rm1}$  = Kuat tekuk *sandwich* (MPa)

## 2.9.2. Pemilihan Spesimen Uji

Pada saat pembuatan spesimen uji, harus mengikuti dengan aturan yang diberikan oleh BKI. Pertama pembuatan plat *fiberglass* sesuai dengan cetakan dan ukurannya disesuaikan dengan jumlah kebutuhan. Jumlah spesimen sesuai dengan jumlah banyak variasi kemudian

dikalikan jumlah tiap spesimen. Dalam penelitian ini, jumlah total variasi ada 8 dan 2 pengujian. Setiap variasi, total jumlah spesimen ada 5. Jadi, jumlah total spesimen pada penelitian ini berjumlah 40 spesimen tarik dan 40 spesimen tekuk. Namun pada saat pembuatan spesimen uji tarik dan spesimen uji lentur harus dipotong secara bergantian dari plat *fiberglass* yang sudah dibuat. Dan harus diberi jarak untuk dipotong sebesar 60 mm atau lebih pada tiap sisi. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada Gambar 2.18 (Biro Klasifikasi Indonesia, 2016).



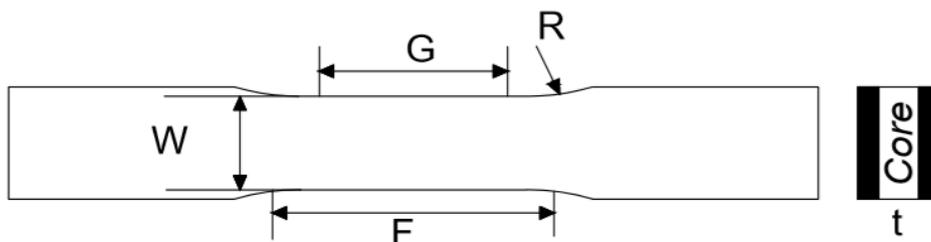
Gambar 2.18 Pemotongan Spesimen Uji  
[Sumber : BKI for FRP, 2016]

### 2.9.3. Standar Pengujian Tarik

Standar pengujian yang dilakukan untuk material FRP adalah menggunakan standar BKI *Rules for Fibreglass Reinforced Plastic Ships*, edisi 2016. Spesifikasi spesimen untuk uji tarik dan uji tekuk. Pada spesimen uji tarik spesimen dibuat seperti pada Gambar 2.19 di mana panjang spesimen 25 mm, lebar 30 mm. Kemudian pada tengah spesimen diberikan cekungan atau kurva dengan dimensinya masing-masing.

Di mana :

- |   |                      |   |                    |
|---|----------------------|---|--------------------|
| t | : Ketebalan spesimen | G | : $50 \pm 0.5$ mm  |
| F | : $60 \pm 0.5$ mm    | W | : 25 mm atau lebih |
| R | : 60 mm atau lebih   |   |                    |



Gambar 2.19 Spesimen Uji Tarik  
[Sumber : BKI *Rules for FRP*, 2016]

Besarnya kuat tarik material dihitung dengan rumus berikut:

$$Tensile\ Strength = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana: P = *Breaking load* (N)  
 A = Luas penampang melintang spesimen (mm<sup>2</sup>)

Besarnya modulus elastisitas dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$MOE = \frac{P \cdot l}{A \cdot \Delta l} \dots\dots\dots (2.7)$$

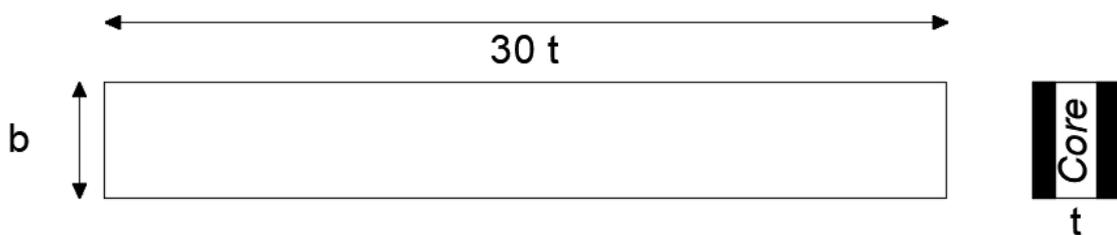
Dimana: P = *Breaking load* (N)  
 A = Luas penampang melintang spesimen (mm<sup>2</sup>)  
 l = Panjang gauge length (mm)  
 Δl = Besarnya elongation material (mm)

**2.9.4. Standar Pengujian Tekuk**

Sedangkan pada spesimen uji tekuk dibuat berupa balok laminasi *sandwich* dengan dimensi panjang 30 kali tebal laminasi *sandwich* atau lebih, lebar 30 mm dan tebal sesuai dengan desain spesimen yang akan direncanakan seperti yang terlihat pada Gambar 2.20.

Di mana :

b : Lebar spesimen (mm)  
 t : Tebal spesimen (mm)



Gambar 2.20 Spesimen Uji Tekuk  
 [Sumber : BKI Rules for FRP, 2016]

Besarnya kuat lentur dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Modulus\ of\ rupture\ (MoR) = \frac{3 \cdot Pl}{2 \cdot bt^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana: P = *Breaking load* (N)  
 l = Panjang *gauge length* (mm)  
 b = Lebar spesimen (mm)

t = Tebal spesimen (mm)

Besarnya modulus elastisitas bending dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$MOE = \frac{l^3}{4bt^3} \frac{(\Delta P)}{(\Delta y)} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana: P = *Breaking load* (N)

t = Tebal spesimen (mm)

y = Besarnya defleksi pada bagian tengah *gauge length* (mm)

$\Delta P/\Delta y$  = Gradien dari bagian lurus kurva defleksi beban

### 2.9.5. *Mechanical Properties Menurut Rules BKI for FRP 2016*

Berdasarkan *rules* Biro Klasifikasi *Fiberglass Reinforced Plastic* 2016, hasil dari pengujian FRP yang tersusun atas *chopped strand mats* dan *roving cloths* tidak boleh kurang dari yang telah ditentukan sebagai berikut:

1. *Tensile strength* : 98 N/mm<sup>2</sup>
2. *Modulus of tensile elasticity* : 6,86 x 10<sup>3</sup> N/mm<sup>2</sup>
3. *Modulus of rupture (MoR)* : 150 N/mm<sup>2</sup>
4. *Modulus of bending elasticity* : 6,86 x 10<sup>3</sup> N/mm<sup>2</sup>

### 2.10. **Biaya Produksi**

Biaya produksi adalah sejumlah pengorbanan ekonomis yang harus dikorbankan untuk memproduksi suatu barang. Menetapkan biaya produksi berdasarkan pengertian tersebut memerlukan kecermatan karena ada yang mudah diidentifikasi, tetapi juga ada yang sulit untuk diidentifikasi. Teori biaya produksi berhubungan erat dengan teori fungsi pengeluaran. Keduanya dipengaruhi oleh hukum produksi marjinal yang semakin berkurang. Keduanya juga membedakan analisisnya terhadap jangka pendek dan jangka panjang.

1. Jangka pendek yaitu jangka waktu dimana sebagian faktor produksi tidak dapat ditambah jumlahnya.
2. Jangka panjang yaitu jangka waktu dimana sebagian factor produksi dapat mengalami perubahan.

Konsep dari biaya jangka pendek adalah sebagai berikut :

1. Biaya variabel merupakan biaya yang besarnya berubah-ubah tergantung dari banyak sedikitnya *output* yang dihasilkan. Semakin besar jumlah *output* semakin besar pula biaya variabel yang harus dikeluarkan. Biaya variabel ini adalah biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, bahan bakar, listrik dsb.

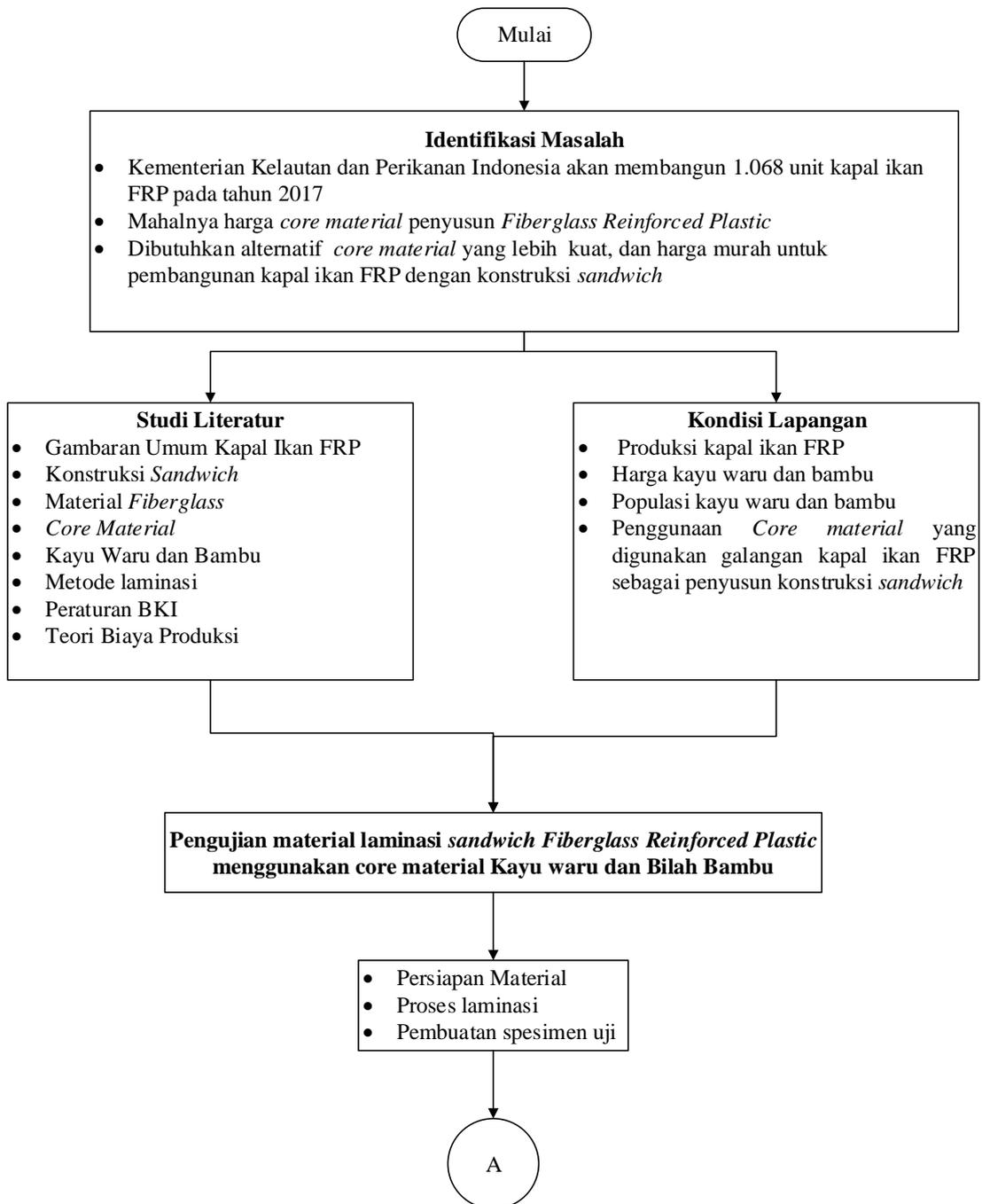
2. Biaya variabel total (TVC) adalah biaya yang besar kecilnya mengikuti banyak sedikitnya *output*. Dengan kata lain, semakin banyak *output* yang dihasilkan maka biaya variabel yang dibutuhkan akan semakin tinggi.
3. Selain biaya variabel juga ada biaya tetap. Biaya tetap (TFC) adalah pengeluaran bisnis yang tidak bergantung pada tingkat barang atau jasa yang dihasilkan oleh bisnis tersebut. Pengeluaran ini berkaitan dengan waktu, seperti gaji atau beban sewa yang dibayar setiap bulan, dan sering disebut sebagai pengeluaran tambahan. Ini berbeda dengan biaya variabel yang berkaitan dengan volume (dan dibayar per barang/jasa yang diproduksi).
4. Jika antara biaya tetap dan biaya variabel dijumlahkan, maka hasilnya disebut biaya total (TC). Jadi,  $TC = TFC + TVC$ .

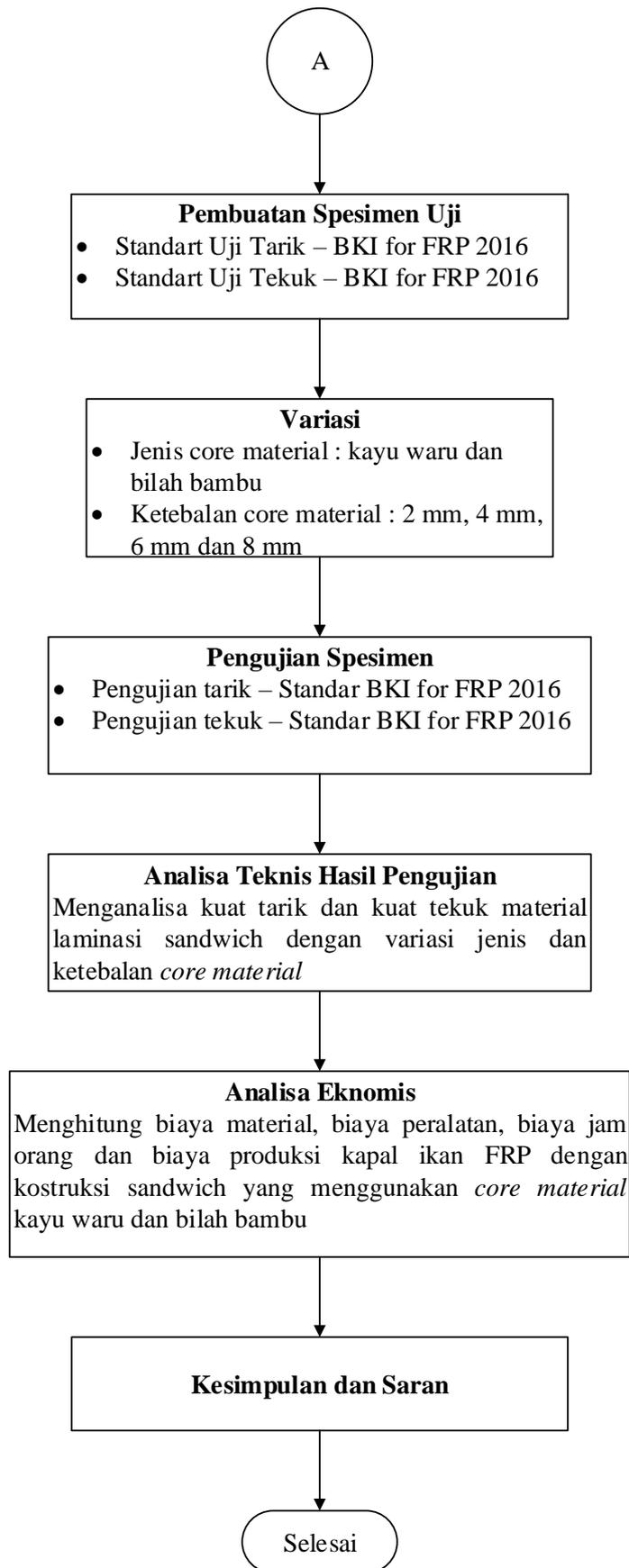
Halaman ini sengaja dikosongkan

# BAB 3 METODOLOGI

## 3.1. Umum

Pada bab metodologi penelitian ini akan dibahas tentang alur pengerjaan tugas akhir mulai dari identifikasi masalah hingga kesimpulan penelitian. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.1 mengenai diagram alir pengerjaan tugas akhir.





Gambar 3.1 Diagram Alir

### 3.2. Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah merupakan tahapan pertama dalam melakukan penelitian. Pada tahap ini peneliti harus merumuskan masalah dari objek penelitian. Setelah masalah teridentifikasi, perlu dirincikan tujuan dari penelitian dan batasan penelitian agar penelitian tidak melenceng dari topiknya.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah mengetahui bagaimana kekuatan laminasi *sandwich fiberglass* yang menggunakan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu sebagai komposit penyusun kapal ikan FRP. Beberapa hal yang perlu divalidasi pada penelitian ini adalah pengaruh penggunaan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu untuk konstruksi *sandwich* kapal ikan FRP terhadap nilai *tensile strength*, *modulus of tensile elasticity*, *modulus of rupture (MoR)* dan *modulus of bending elasticity*. Selain itu diteliti juga biaya produksi lambung kapal ikan FRP yang menggunakan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu.

#### 3.2.1. Studi Literatur

Studi literatur adalah langkah awal yang dilakukan untuk mengetahui teori-teori dasar yang menunjang dalam penulisan tugas akhir ini dan sebagai acuan dalam menyusun hipotesis dan kesimpulan yang akan diambil. Dengan mengetahui teori-teori dasar dalam permasalahan-permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini, diharapkan arah pengerjaan dan pengambilan kesimpulan dapat dilakukan dengan baik. Adapun literatur yang dibutuhkan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi kapal ikan FRP
2. *Material Fiberglass*
3. *Core material*
4. Karakteristik kayu Waru dan bilah Bambu
5. Metode laminasi kapal FRP
6. Standar *mechanical properties* FRP sesuai Biro Klasifikasi Indonesia
7. Prosedur pengujian material menurut BKI *for* FRP edisi 2016
8. Teori biaya produksi

Studi literatur dilakukan untuk menunjang dalam penulisan tugas akhir ini dan digunakan untuk acuan pada saat proses penelitian material yang diuji. Prosedur yang dilakukan adalah mengacu pada peraturan Biro Klasifikasi Indonesia. Metode pembuatan material uji yang digunakan adalah menggunakan metode *hand lay up*.

### 3.2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari survey lapangan tentang data apa yang diperlukan untuk menunjang dalam penulisan tugas akhir ini. Berikut ini adalah data yang diperlukan untuk menunjang tugas akhir :

1. Data ukuran kapal ikan 10 GT
2. Populasi kayu pinus dan bilah Bambu
3. Harga kayu Waru dan bilah Bambu
4. Harga material penyusun komposit *fiberglass reinforced plastic*

### 3.3. Pembuatan Desain Eksperimen

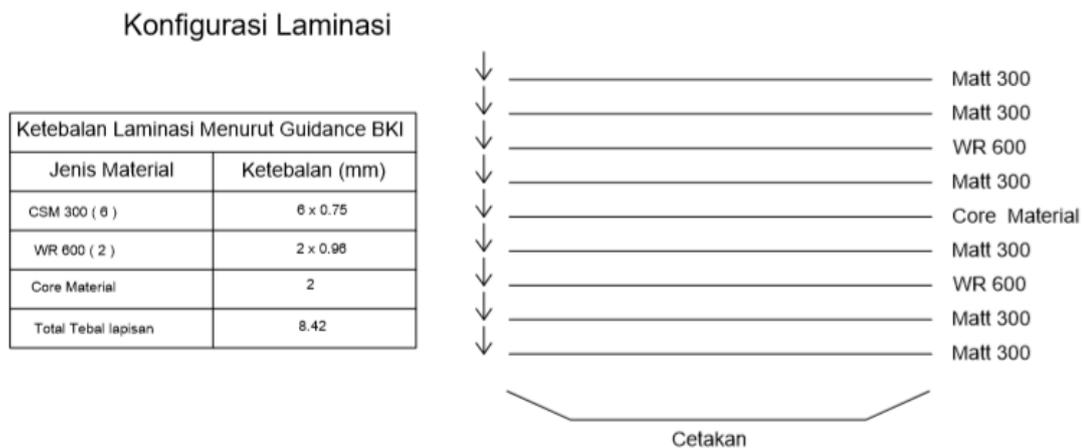
Sebelum melakukan eksperimen, harus dilakukan sebuah rencana desain eksperimen. Desain eksperimen yang terlihat pada Gambar 3.2 akan digunakan untuk menjelaskan bagaimana eksperimen ini dilakukan. Desain eksperimen harus dijelaskan secara detail dan rinci sehingga apa saja yang akan dilakukan tidak membuat bingung peneliti maupun pembaca. Desain eksperimen pada penelitian dimulai dengan perencanaan variasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Variasi yang direncanakan seperti pada Tabel 3.1 yaitu variasi jenis *core material* dan ketebalan *core material*. Jenis *core material* yang digunakan adalah bilah Waru dan bilah Bambu sedangkan untuk ketebalan *core material* yang digunakan adalah 2 mm, 4 mm, 6 mm dan 8 mm.

Tabel 3.1 Variasi Eksperimen

No	Variasi	Kode Spesimen
1	Bilah Waru 2 mm	W.2
	Bilah Waru 4 mm	W.4
	Bilah Waru 6 mm	W.6
	Bilah Waru 8 mm	W.8
2	Bilah Bambu 2 mm	B.2
	Bilah Bambu 4 mm	B.4
	Bilah Bambu 6 mm	B.6
	Bilah Bambu 8 mm	B.8

Pada Tabel 3.1 telah ditentukan bahwa variasi yang akan digunakan adalah berjumlah total 8 variasi yaitu 2 jenis *core material* dan 4 jenis ketebalan *core material*. Selanjutnya menentukan *schedule laminasi* dan ketebalan laminasi tiap layer untuk material *Fiberglass Chopped Strand Matt* (CSM) dan *Woven Roving* (WR). Pada desain eksperimen tugas akhir ini telah ditentukan *schedule laminasi* dengan jumlah CSM 300 sebanyak 6 layer dan WR600

sebanyak 2 layer dan 1 layer *core material*. Perhitungan ketebalan laminasi tiap layer untuk material CSM 300 dan WR 600 telah diatur dalam rumus di BKI *for Fiberglass Reinforced Plastic* 2016. Pada peraturan BKI *for FRP* 2016 telah dijelaskan bahwa tiap 100 gr/m<sup>2</sup> CSM memiliki ketebalan 0,25 mm. Jadi untuk tebal CSM 300 saat dilaminasi adalah 0,75 mm. Sedangkan tiap 100 gr/m<sup>2</sup> WR memiliki ketebalan 0,16. Jadi ketebalan WR 600 saat dilaminasi adalah 0,96 mm. Setelah diketahui ketebalan CSM dan WR tiap layer maka dilakukan pembuatan gambar desain eksperimen menggunakan *Autocad*.



Gambar 3.2 *Schedule Laminasi* Eksperimen

Konfigurasi laminasi pada eksperimen tugas akhir ini telah disusun seperti pada Gambar 3.2 Setiap variasi jenis *core material* memiliki konfigurasi dan jumlah material penyusun yang sama. Perbedaannya terletak pada variasi ketebalan *core material*. Total tebal susunan antara CSM 300 dan WR 600 pada desain eksperimen adalah 6,42 mm. Jadi total tebal untuk konfigurasi laminasi pada *core material* 2 mm adalah 8,42 mm, total tebal untuk konfigurasi laminasi pada *core material* 4 mm adalah 10,42 mm, total tebal untuk konfigurasi laminasi pada *core material* 6 mm adalah 12,42 mm dan total tebal untuk konfigurasi laminasi pada *core material* 8 mm adalah 14,42 mm.

### 3.4. Eksperimen

Proses pengerjaan dimulai dengan pemilihan kayu Waru dan Bambu serta pengolahan saMPai menjadi spesimen uji. Kemudian spesimen yang telah dibuat diuji tarik dan diuji tekuk untuk mengetahui *mechanical properties* dari masing-masing variasi yang telah direncanakan. Karakteristik material ini kemudian dibandingkan dengan standar klasifikasi yang digunakan

yaitu BKI 2016 *Rules for Fibreglass Reinforced Plastic* sehingga diketahui variasi laminasi *FRP core sandwich* yang memenuhi standar atau tidak. Setelah itu dilakukan analisa terhadap biaya pembuatan kulit kapal ikan FRP menggunakan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu kemudian dibandingkan dengan kapal ikan FRP tanpa *core*.

#### **3.4.1. Peralatan dan Bahan**

Untuk melakukan pengujian material diperlukan bahan-bahan sebagai berikut :

1. *Chopped Strand Mat* 300 dan 450 gr/ m<sup>2</sup>
2. *Woven Roving* 600 gr/m<sup>2</sup>
3. *Core material* kayu Waru dan bilah Bambu
4. Resin Yukalac 157 BQTN-E (*marine use*)
5. PVA, Katalis dan *Wax*

Untuk peralatan yang diperlukan dalam pembuatan spesimen adalah sebagai berikut :

1. Cetakan berupa pelat dengan ukuran 630 mm x 400 mm
2. Gelas ukur 500 ml, alat pengaduk kue
3. Timbangan digital
4. Kuas, kapi, roller, gerinda
5. Mesin *planer*
6. Jangka sorong, penggaris dan spidol
7. Sarung tangan dan masker

#### **3.4.2. Pemilihan Kayu Waru dan Bambu**

Material yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah *core* kayu Waru (*hibiscus tiliaceus*) dan Bambu (*Bambusa Arundinacea*). Kayu Waru didapatkan di teMPat jasa gergaji selendang di desa Lojejer, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. Kayu Waru memiliki ukuran panjang 1 meter dengan diameter 15 cm. Sedangkan Kayu Bambu didapatkan dengan membeli di toko Bambu di Keputih, Kecamatan Sukolilo Kota Surabaya. Ukuran dari Bambu adalah 5 meter dengan diameter 10 cm. Setelah kayu didapatkan kemudian dilakukan pemotongan menggunakan gergaji delendang seperti pada Gambar 3.3. Kayu dipotong hingga menjadi papan atau bilah dengan ukuran yang masih random. Setelah proses ini, material akan diolah

lagi hingga menjadi *core material* yang siap digunakan untuk laminasi *sandwich*. Untuk material Bambu dikerjakan oleh toko Bambu untuk dipotong hingga menjadi bilah dengan ukuran 100 cm x 4 cm. Dan kemudian dilakukan proses pemipihan material pada tahap selanjutnya.



Gambar 3.3 Pemotongan Kayu Menggunakan Gergaji Selendang

### 3.4.3. Pengolahan Material Menjadi Bilah

Material kayu yang sudah dipotong menggunakan gergaji selendang, perlu proses pemipihan ketebalan dan penyesuaian panjang material sesuai dengan cetakan laminasi. Penyesuaian panjang material dilakukan dengan cara memotong material menggunakan gergaji sedangkan untuk proses pemipihan ketebalan dilakukan menggunakan mesin *planner*. Proses ini dilakukan untuk meratakan dan menghaluskan material sebelum dilakukan proses laminasi dengan fiberglass. Pemotongan material panjangnya disesuaikan dengan cetakan yang ada yaitu berukuran 63 cm. Sedangkan untuk proses pemipihan seperti pada Gambar 3.4. Ketebalan disesuaikan dengan variasi pengujian yaitu 2 mm, 4mm, 6mm dan 8 mm. Untuk material Bambu juga sama dilakukan seperti proses persiapan kayu Waru. Hanya saja Bambu di haluskan dengan mesin *planner* yang berbeda.



Gambar 3.4 Proses Pemipihan Material

### 3.4.4. Proses Pengawetan Material Bilah Waru dan Bilah Bambu

Material yang sudah diolah menjadi papan atau bilah kayu yang sesuai dengan ukuran cetakan laminasi, kemudian dilakukan proses pengawetan kayu dengan cara merendam menggunakan campuran belerang dan boraks (*natrium biborat*). Namun, karena bahan boraks sulit didapatkan, sehingga boraks diganti menggunakan garam bleng. Bleng merupakan bentuk tidak murni dari boraks yang juga mengandung garam mineral konsentrasi yang tinggi. Bahan belerang dan bleng dapat dilihat pada Gambar 3.5. Bleng didapatkan ditoko yang telah direkomendasikan dari perusahaan pembuatan krupuk puli yang ada di Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. Sedangkan untuk bahan belerang didapatkan dari pendakian ke Gunung Ijen Kabupaten Banyuwangi dan membeli langsung ke penambang belerang dengan harga yang cukup murah. Bongkahan belerang yang didapatkan harus diolah dulu dengan cara ditumbuk hingga menjadi serbuk belerang. Sebelum dicampur, belerang dan bleng harus ditimbang terlebih dahulu karena pencampuran bahan harus sesuai dengan rasio tertentu. Adapun rasio pencampuran bleng dengan belerang adalah 1 : 1,5 atau 2 : 3. Artinya, dalam 1 liter air jumlah bleng yang dilarutkan adalah 100 gr sedangkan belerang yang dilarutkan adalah sebesar 150 gr. Dalam tugas akhir ini diperlukan 20 liter air untuk merendam. Sehingga bahan yang dibutuhkan adalah 1 kg bleng dan 1.5 kg belerang.



Gambar 3.5 Proses Penimbangan Berat Belerang dan Bleng

Setelah dilakukan penimbangan berat sesuai rasio, maka belerang dan bleng dilarutkan ke dalam air. Untuk melarutkan bleng dan belerang harus menggunakan air yang telah direbus sampai mendidih agar cepat larut ke dalam air. Belerang dan bleng yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam ember yang berisi air panas seperti pada Gambar 3.6. Kemudian diaduk selama beberapa menit hingga belerang dan bleng larut ke dalam air. Lalu dipindah ke bak mandi dan ditambah dengan air hingga air terisi 20 liter. Sebelum kayu direndam, material kayu

harus ditimbang beratnya terlebih dahulu. Tujuannya adalah untuk mengetahui kadar air yang meresap ke material kayu setelah dilakukan perendaman. Lalu material kayu direndam ke dalam bak mandi yang sudah berisi campuran larutan belerang dan bleng . Saat proses perendaman, semua bilah kayu Waru dan Bambu dipastikan agar air meresap ke dalam bilah kayu dan bilah Bambu agar tidak ada bilah Bambu dan kayu yang kering. Setelah perendaman material kayu juga akan ditimbang beratnya. Penimbangan dilakukan bergantian untuk masing masing bilah. Jumlah bilah yang ditimbang adalah jumlah yang sesuai sama jumlah yang akan dilaminasi dan luasnya sesuai pada cetakan material laminasi *sandwich*.



Gambar 3.6 Proses Melarutkan Belerang dan Bleng dengan Air Panas

Proses perendaman kayu pada Gambar 3.7 dilakukan selama kurang lebih 4 jam. Dari pukul 09.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB. Setelah itu kayu di angkat dari bak mandi kemudian ditimbang beberapa jumlah bilah kayu. Lalu dibandingkan dengan berat sebelum ditimbang. Dari perbandingan berat, dilihat apakah ada penambahan berat setelah direndam atau tidak. Sebelum direndam menggunakan air belerang dan bleng, bilah kayu total seluas  $0,25 \text{ m}^2$  ditimbang terlebih dahulu. Bilah kayu Waru dengan tebal 2 mm ditimbang seberat 600 gram. Untuk bilah kayu Waru dengan tebal 4 mm ditimbang seberat 800 gram. Kemudian bilah Waru yang mempunyai tebal 6 mm ditimbang seberat 1000 gram. Dan yang terakhir bilah kayu Waru dengan tebal 8 mm ditimbang seberat 1200 gram. Setelah direndam masing masing bilah kayu Waru dengan ketebalan seperti yang disebutkan di atas mengalami penambahan berat. Rata-rata penambahan beratnya adalah 200 – 300 gram. Kemudian perlakuan yang telah disebutkan di atas juga dilakukan pada bilah Bambu.



Gambar 3.7 Proses Perendaman Kayu

Setelah dilakukan proses penimbangan, kayu harus di proses pengeringan hingga kadar air kayu memenuhi jumlah yang diizinkan. Kadar air maksimal yang diizinkan adalah 17.3% – 18 %. Proses pengeringan dilakukan selama kurang lebih 3-5 hari dengan cara dijemur. Kemudian kayu yang sudah kering akan diukur kadar airnya menggunakan alat *moisture meter* lihat Gambar 3.8. Pengukuran dilakukan untuk beberapa sampel kayu. Apabila hasil dari pengukuran sudah memenuhi kriteria yang diizinkan maka material akan diproses pada tahap selanjutnya. Namun, jika saat diukur masih ada material yang tidak memenuhi kadar air yang diizinkan maka harus dijemur lagi terlebih dahulu. Sehingga semua material yang sudah kering akan diproses untuk pembuatan pelat fiber dengan laminasi *sandwich*.



Gambar 3.8 Proses Pengukuran Kadar Air Material Kayu

#### 3.4.5. Pembuatan Material Uji

Proses selanjutnya setelah pengukuran kadar air adalah pembuatan material laminasi *sandwich*. Pembuatan dilakukan pada cetakan *stainless steel* yang berukuran 62 cm x 40 cm. Pembuatan pelat fiber dengan laminasi *sandwich* dimulai dengan melapisi cetakan menggunakan *mirror wax*. Setelah beberapa menit cetakan dilapisi menggunakan *polivinyl alcohol* (PVA). Tujuan pelapisan menggunakan PVA dan *wax* pada Gambar 3.9 adalah untuk

memudahkan saat pelepasan material fiber laminasi *sandwich* pada cetakan agar tidak merusak material dan cetakan. Setelah cetakan dilapisi PVA, kemudian di diamkan selama kurang lebih 10 menit agar kering. Lalu CSM 300, WR 600 dan resin disiapkan. Jumlah dan berat CSM, WR dan resin di timbang sesuai dengan perhitungan kebutuhan jumlah dan berat laminasi. Setelah itu baru dilakukan pelapisan.



Gambar 3.9 Pengolesan Wax dan PVA

Setelah proses pelapisan *release agent/ waxing* hingga kering, kemudian dilakukan pelapisan resin terlebih dahulu kemudian pelapisan layer pertama dimulai dari CSM 300 seperti pada Gambar 3.10. Resin yang digunakan adalah resin yukalac 157. Jumlah resin dihitung dengan menggunakan ketentuan yang ada di *rules BKI for FRP 2016*. Perbandingan resin dengan CSM adalah 70 : 30. Sedangkan untuk perbandingan antara resin dengan *woven roving* (WR) adalah 55 : 45. Resin yang dituangkan harus ditambahkan katalis terlebih dahulu sebesar 1% dari berat resin kemudian diaduk hingga kurang lebih 2 menit. Kemudian Resin yang dituangkan harus merata dan sedikit ditekan menggunakan kuas atau *roller*. Hal ini bertujuan untuk menghindari gelembung udara yang masuk pada saat laminasi. Karena hal tersebut akan mengurangi dari kekuatan laminasi.



Gambar 3.10 Proses Pelapisan Resin Pada CSM 300

Setelah lapisan CSM 300 sebanyak 2 layer, lapisan berikutnya adalah WR 600. Proses yang dilakukan sama seperti pada saat pelapisan CSM 300. Hal ini dilakukan berulang sesuai dengan desain eksperimen. Pada saat pelapisan layer ke 5 yaitu pelapisan *core material* seperti pada Gambar 3.11. Sebelum *core material* dimasukkan pada cetakan, sisi *core material* harus dilapisi menggunakan resin terlebih dahulu tujuannya agar kayu merekat sempurna pada layer sebelumnya. Selain itu agar tidak terjadi rongga udara karena hal tersebut akan mengurangi kekuatan laminasi *fiberglass*.



Gambar 3.11 Proses meratakan resin menggunakan *roller*

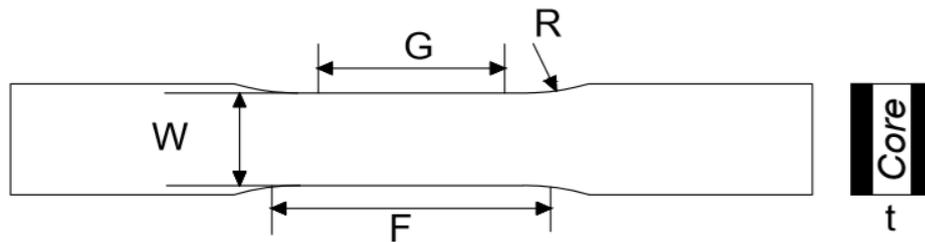
Pelapisan dilakukan hingga ke layer 9 sesuai dengan *schedule laminasi* pada desain eksperimen. Proses *curing* dilakukan selama kurang lebih 6 jam. Setelah proses *curing* atau pengeringan, pelat fiber dengan laminasi *sandwich* dilepaskan dari cetakan seperti pada Gambar 3.12. Untuk melepaskan dari cetakan adalah dengan cara di palu pada bagian bawah cetakan. Lalu dengan sendirinya akan terlepas dari cetakan. Setelah itu, digerinda tepi pelatnya. Tujuannya untuk merapikan dan meratakan pelat. Karena setelah kering ada sisa material *matt* maupun *woven roving* yang tidak tercampur dengan resin.



Gambar 3.12 Hasil laminasi

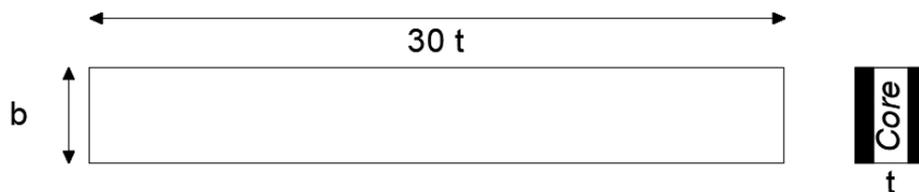
### 3.4.6. Pembuatan Spesimen Uji

Langkah selanjutnya adalah proses pembuatan spesimen uji. Papan laminasi *sandwich* yang sudah selesai akan dipotong hingga membentuk spesimen uji sesuai dengan ukuran standar BKI 2016 tentang *Fiberglass Reinforced Plastic*. Pada spesimen uji tarik spesimen dibuat seperti pada Gambar 3.13, dimana panjang spesimen 25 mm, lebar 30 mm dan ketebalan sesuai dengan variasi susunan laminasi. Kemudian pada tengah spesimen diberikan cekungan atau kurva dengan dimensinya masing-masing.



Gambar 3.13 Spesimen Uji Tarik  
[Sumber : BKI, 2016]

Sedangkan pada spesimen uji tekuk spesimen dibuat berupa balok laminasi *sandwich* dengan dimensi panjang 30 kali tebal laminasi *sandwich* atau lebih, lebar 30 mm dan ketebalan sesuai dengan variasi susunan laminasi pada desain eksperimen spesimen seperti yang terlihat pada Gambar 3.14



Gambar 3.14 Spesimen Uji Tekuk  
[Sumber : BKI, 2016]

### 3.5. Pengujian

Pada langkah berikutnya adalah proses pengujian material. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik dan tekuk menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kekuatan masing-masing material dengan variasi jenis *core material* dan ketebalan *core material* penyusun komposit *fiberglass*. Dari hasil pengujian dapat diketahui apakah material laminasi *sandwich* tersebut dapat digunakan sebagai komponen kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT atau tidak. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

### 3.5.1. Pengujian Tarik (*Tensile Strength*)

Sebelum dilakukan proses pengujian tarik, yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah mempersiapkan material uji. Material uji diberi nomor sesuai dengan variasi agar memudahkan dalam proses pencatatan hasil pengujian. Dalam pengujian tarik mesin yang digunakan adalah *Universal Testing Machine* MFL/UFD 2.0. seperti pada Gambar 3.15 Hal ini bertujuan agar grafik load mudah untuk dibaca. Setelah itu dilakukan kalibrasi pada mesin ini agar jarum menunjukkan angka 0 (nol). Selama proses pengujian spesimen uji harus tetap dijaga atau dikontrol agar tidak terjadi selip dapat dilihat pada sehingga besarnya nilai uji tarik dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada kertas millimeter blok dapat terbaca dengan baik.

Pada pengujian ini spesimen dijepit pada kedua sisi. Penjepit bagian bawah tidak bergerak (statis) sedangkan penjepit bagian atas bergerak ke atas sehingga memberikan tegangan pada spesimen hingga spesimen mengalami kegagalan. Berikut ini adalah tahap-tahap pada pengujian tarik:

- a) Pemberian kode spesimen
- b) Melakukan pendataan dimensi spesimen
- c) Mempersiapkan mesin uji dan melakukan penyesuaian skala pembebanan
- d) Mempersiapkan kertas grafik untuk mencatat hasil pengujian
- e) Memasang spesimen uji pada mesin uji
- f) Pemberian beban secara terus menerus pada spesimen uji dengan *tensile speed* sebesar 5 mm/menit hingga spesimen mengalami kegagalan
- g) Melakukan tahap a hingga f untuk menguji spesimen uji lainnya



Gambar 3.15 Pengujian Tarik

*Output* dari pengujian tarik ini berupa grafik yang menunjukkan *ultimate stress* dan *elongation* yang digambarkan pada kertas *milimeter block* selama proses pengujian

berlangsung. *Ultimate stress (breaking load)* serta gradien dari grafik tersebut nantinya dapat digunakan untuk menghitung *tensile strength* dan *modulus of tensile elasticity (MOE)* dari spesimen uji.

### 3.5.2. Pengujian Tekuk (*Modulus of rupture (MoR)*)

Hal pertama yang harus dilakukan pada pengujian tekuk hampir sama dengan uji tarik, yaitu persiapan material uji, penomoran spesimen uji, pengaturan skala beban dan kalibrasi *Universal Testing Machine (UTM)*. Selain beberapa langkah tersebut dalam uji tekuk perlu juga diatur diameter *mandle* yang akan digunakan dan pemosisian tumpuan agar sesuai dengan L span dari tiap-tiap spesimen uji. *Mandle* yang digunakan dalam pengujian tekuk ini memiliki diameter sebesar 20 mm, sedangkan L span-nya adalah 15-17 kali tebal. Selanjutnya material diposisikan sedemikian rupa seperti pada Gambar 3.16. Bunyi patahan pertama kali dari material uji tekuk merupakan titik dimana material tersebut sudah mengalami defleksi. Oleh karena itu, selama proses pengujian, material harus diamati dengan seksama. Pada pengujian tekuk ini dilakukan metode *three point bending* dimana spesimen diletakkan secara horizontal dan bagian bawahnya ditumpu pada dua titik dengan jarak 15 hingga 17 kali tebal spesimen. Bagian tengah spesimen diletakkan *mandle* yang memberikan tekanan pada spesimen dengan *loading rate*  $t/2$  mm/menit.



Gambar 3.16 Pengujian Tekuk

*Output* dari pengujian tekuk ini berupa grafik yang menunjukkan *ultimate stress* dan *deflection* yang digambarkan pada kertas *milimeter block* selama proses pengujian berlangsung. *Ultimate stress (breaking load)* serta gradien dari grafik tersebut nantinya dapat digunakan untuk menghitung *modulus of rupture (MoR)* dan *modulus of bending elasticity (MOR)* dari spesimen uji.

### **3.6. Analisa Teknis**

Analisa teknis dilakukan untuk mengetahui kekuatan material yang telah diuji apakah memenuhi dengan persyaratan BKI *Rules for FRP* atau tidak. Hasil dari pengujian ini akan menjadi parameter secara teknis untuk pembangunan kapal ikan FRP yang menggunakan *core material* sebagai bahan komposit konstruksi *sandwich*.

### **3.7. Analisa Ekonomis**

Analisis ekonomis dalam penelitian dilakukan untuk menghitung biaya material yang dibutuhkan untuk pembangunan kapal ikan FRP 10 GT, biaya proses produksi dan biaya tenaga kerja serta biaya lain lain yang diperlukan untuk pembangunan kapal ikan FRP 10 GT yang menggunakan *core material* sebagai bahan komposit kapal ikan FRP. Dari hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan biaya pembangunan kapal ikan FRP tanpa menggunakan *core material*.

### **3.8. Kesimpulan dan Saran**

Hasil dari analisa teknis dan ekonomis dalam penelitian tugas akhir ini akan disimpulkan apakah penelitian ini bisa diterapkan pada galangan kapal ikan FRP atau tidak. Kemudian akan diberikan saran yang sesuai dengan hasil tugas akhir ini yang kemudian akan dilanjutkan untuk penelitian selanjutnya.

### **3.9. Lokasi Pengerjaan**

Pembuatan spesimen dilakukan di area yang teduh dan memiliki sistem ventilasi yang baik. Untuk uji tarik dan uji lentur, pengujian dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.

## **BAB 4**

### **HASIL PENGUJIAN**

#### **4.1. Pendahuluan**

Pada bab ini akan dijelaskan data hasil pengujian laminasi *sandwich fiberglass* yang menggunakan *core material* bilah Waru dan bilah Bambu. Tujuan dari pengujian ini untuk mendapatkan karakteristik material laminasi sebagai bahan konstruksi *sandwich* pembuatan kulit lambung Kapal Ikan 10 GT. Beberapa pengujian yang terkait dengan sifat mekanik yang penting dalam penentuan kekuatan kapal ikan perlu dilakukan. Pengujian yang akan dilakukan seperti yang telah dijelaskan pada Bab 3 akan dilakukan secara bertahap dan kemudian akan menghasilkan data karakteristik mekanik material laminasi yang menggunakan *core material* bilah Waru dan bilah Bambu

Pada bab ini akan menjelaskan tentang hasil pengujian yang akan digunakan sebagai besaran dalam menghitung kekuatan kulit kapal ikan FRP 10 GT dengan konstruksi *sandwich*. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data valid yang nantinya akan digunakan sebagai bahan bahasan yang lebih lanjut.

#### **4.2. Massa Jenis Laminasi *Sandwich***

Pada bab ini akan menjelaskan tentang sifat fisik yang berupa perhitungan massa jenis material *fiberglass* dengan laminasi *sandwich*. Hal ini dilakukan dengan cara menimbang berat jenis material yang telah dibuat dengan sesuai desain eksperimen pada tugas akhir ini seperti pada Gambar 4.1. Kemudian hasil berat dibagi dengan volume dari material itu sendiri.



Gambar 4.1 Pengukuran berat laminasi *sandwich*

Volume dari papan laminasi *sandwich* yang akan dibuat spesimen dan diuji memiliki dimensi panjang 63 cm, lebar 40 cm dan berbagai tebal sesuai dengan desain eksperimen. Papan laminasi memiliki 4 variasi ketebalan *core material* yaitu 2 mm, 4 mm, 6 mm dan 8 mm. Berdasarkan pada Tabel 4.1 massa jenis dari laminasi yang menggunakan *core material* bilah Bambu lebih besar dari pada yang menggunakan *core material* kayu Waru.

Tabel 4.1 Perhitungan massa jenis material

No	Jenis <i>core material</i>	Tebal <i>core material</i> (mm)	Massa (gr)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )
1	Kayu Waru	2	2889	2121,84	1,36
		4	3523	2625,84	1,34
		6	3960	3129,84	1,27
		8	4520	3633,84	1,24
2	Bilah Bambu	2	3051	2121,84	1,44
		4	3880	2625,84	1,48
		6	4535	3129,84	1,45
		8	5066	3633,84	1,39

### 4.3. Hasil Pengujian Tarik

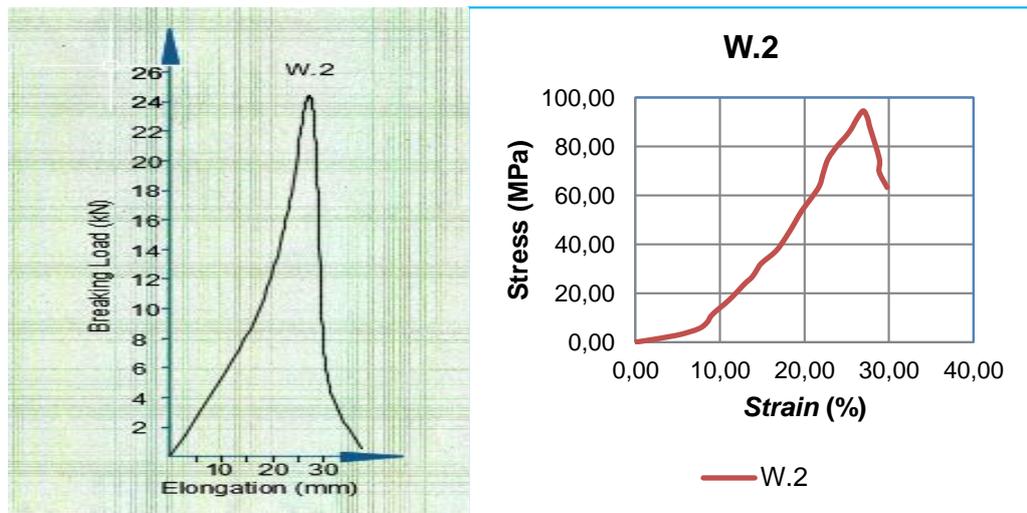
Prosedur pengujian tarik dilakukan dengan mengikuti peraturan yang terdapat pada BKI *for FRP* 2016. Pengujian tarik dilakukan pada 2 variasi jenis *core material* dan 4 variasi ketebalan *core material*. Pada setiap variasi terdiri dari 5 spesimen. Hasil uji tarik didapatkan dari pembacaan jarum ukur pada mesin *Universal Testing Machine (UTM)*.

#### 4.3.1. Hasil Pengujian Tarik Menggunakan *Core material* Kayu Waru

Hasil dari pengujian tarik adalah nilai *breaking load* (P) atau *F ultimate* dan *elongation* yang dicatatkan dalam bentuk grafik. Nilai-nilai tersebut kemudian dituliskan ke dalam bentuk tabel yang berisikan nilai *breaking load* dan *elongation*. Nilai-nilai tersebut nantinya digunakan untuk menghitung besarnya nilai *tensile strength* dan *modulus of tensile elasticity*. Kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan Nilai yang diizinkan pada BKI *for FRP* 2016. Berikut ini adalah dari pengujian tarik yang menggunakan *core material* kayu Waru :

**a. Variasi Ketebalan Core material Kayu Waru 2 mm**

Pada variasi W.2, laminasi *sandwich fiberglass* dibuat dengan *schedule* laminasi sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal spesimen adalah 8,42 mm. Hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4. 2. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *elongation* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *elongation*. Kemudian dari setiap variasi dibuat kurva *stress – strain* seperti pada Gambar 4. 2.



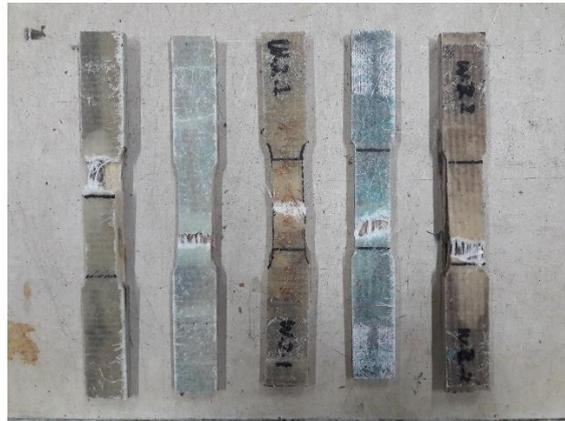
Gambar 4. 2 Grafik *load – elongation* dan *stress-strain core material* kayu Waru 2 mm

Dari semua grafik *load – elongation* dan pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 2 mm, kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *elongation* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah W.2. Rekapitulasi nilai *breaking load* dapat dilihat pada Tabel 4.2 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.2 Hasil uji tarik variasi ketebalan *core material* kayu Waru 2 mm

Code : W.2						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	W.2.1	24.25	9.30	225.53	20.60	26
2	W.2.2	24.36	10.21	248.72	22.20	31
3	W.2.3	24.86	10.30	256.06	24.20	27
4	W.2.4	25.15	9.58	240.94	22.20	29
5	W.2.5	24.23	10.65	258.05	23.40	21

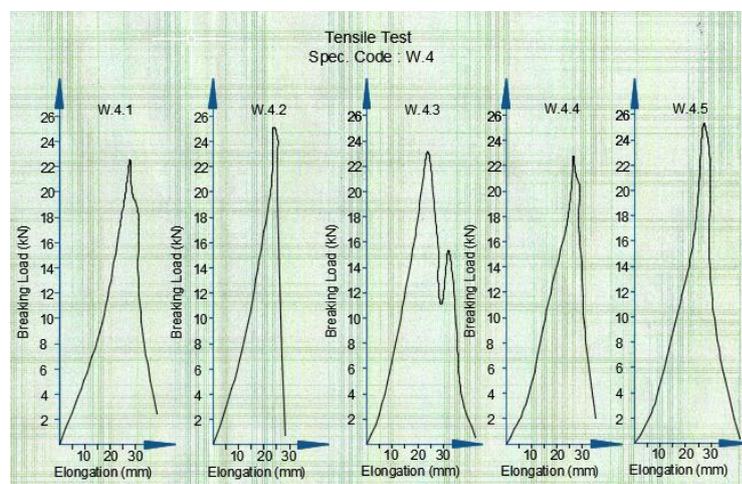
Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 24,2 kN pada spesimen W.2.3 dan nilai terendah adalah 20,60 kN pada spesimen W.2.2. Nilai *elongation* tertinggi adalah 31 mm pada spesimen W.2.3 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 21 mm pada spesimen W.2.5. Gambar 4.3 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *single sided scharf repair* untuk lokasi geladak.



Gambar 4.3 Dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* kayu Waru 2 mm

#### b. Variasi Ketebalan *Core material* Kayu Waru 4 mm

Variasi ketebalan *core material* kayu Waru 4 mm, laminasi *sandwich fiberglass* dibuat dengan *schedule* laminasi sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 4 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 10,42 mm. Hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.4. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *elongation* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *elongation*.



Gambar 4.4 Grafik *load – elongation* variasi ketebalan *core material* kayu Waru 4 mm

Rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *elongation* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji dibuat dari grafik *load – elongation* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 4 mm. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah W.4. Rekapitulasi nilai *breaking load* dapat dilihat pada Tabel 4.3 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.3 Hasil uji tarik variasi ketebalan *core material* kayu Waru 4 mm

Code : W.4						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	W.4.1	24.28	11.65	282.86	22.8	28
2	W.4.2	25.07	10.61	265.99	25.2	24
3	W.4.3	23.7	11.26	266.86	23.4	24
4	W.4.4	23.87	10.58	252.54	20.2	26
5	W.4.5	24.77	11.16	276.43	22.8	27

Hasil dari pengujian tarik adalah nilai *breaking load* dan *elongation*. Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 25,2 kN pada spesimen W.4.2 dan nilai terendah adalah 20,2 kN pada spesimen W.4.5. Nilai *elongation* tertinggi adalah 28 mm pada spesimen W.4.1 dan W.4.4 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 24 mm pada spesimen W.4.2. dan W.4.3 Gambar 4.5 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* kayu Waru 4 mm.

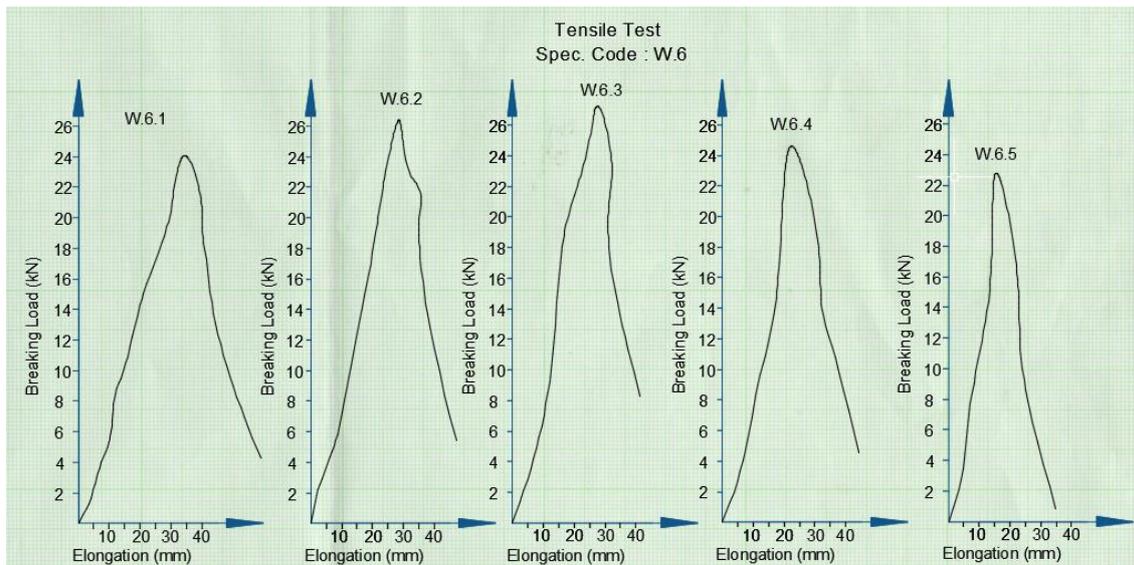


Gambar 4.5 Dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* kayu Waru 4 mm

### c. Variasi Ketebalan *Core material* Kayu Waru 6 mm

Laminasi *sandwich fiberglass* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 6 mm, dibuat dengan *schedule* laminasi yang sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada

eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 6 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 12,42 mm. Hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.6. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *elongation* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *elongation*.



Gambar 4.6 Grafik *load – elongation* variasi ketebalan *core material* kayu Waru 6 mm

Pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 6 mm, semua grafik *load – elongation* kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *elongation* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah W.6. Rekapitulasi nilai *breaking load* dapat dilihat pada Tabel 4.4 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.4 Hasil uji tarik variasi ketebalan *core material* kayu Waru 6 mm

Code : W.6						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	W.6.1	23.41	12.67	296.60	23.80	31
2	W.6.2	24.64	12.99	320.07	26.40	29
3	W.6.3	25.03	12.82	320.88	27.20	26
4	W.6.4	24.21	13.35	323.20	24.60	23
5	W.6.5	25.14	13.06	328.33	22.40	25

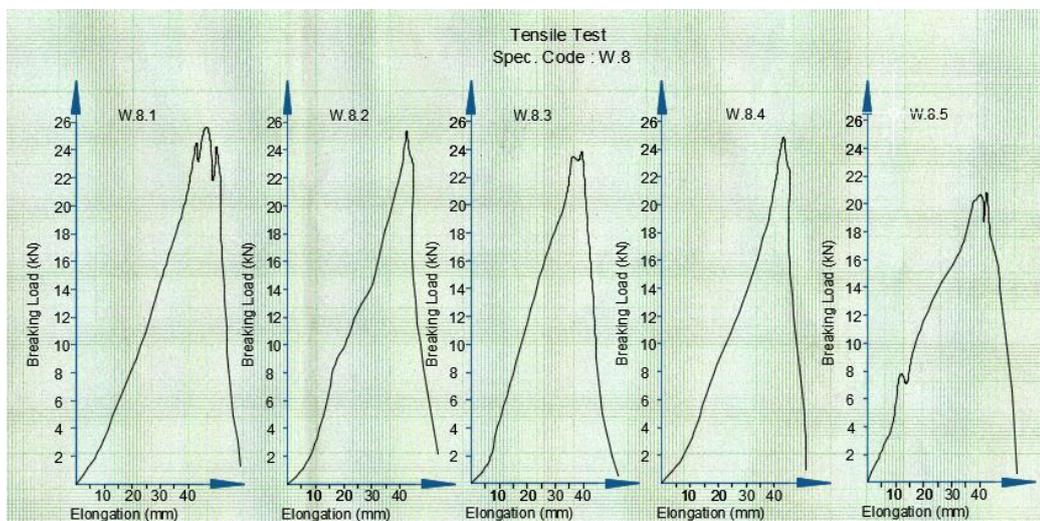
Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 27,20 kN pada spesimen W.6.3 dan nilai terendah adalah 22,40 kN pada spesimen W.6.5. Nilai *elongation* tertinggi adalah 31 mm pada spesimen W.6.1 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 23 mm pada spesimen W.6.4. Gambar 4.7 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* kayu Waru 6 mm.



Gambar 4.7 Dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* kayu Waru 6 mm

#### d. Variasi Ketebalan *Core material* Kayu Waru 8 mm

Variasi ketebalan *core material* kayu Waru 6 mm, laminasi *sandwich fiberglass* dibuat dengan *schedule* laminasi sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 8 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 14,42 mm. Hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.8. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *elongation* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *elongation*.



Gambar 4.8 Grafik *load – elongation* variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm

Semua grafik *load – elongation* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm, kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *elongation* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah W.8. Rekapitulasi nilai *breaking load* dapat dilihat pada Tabel 4.5 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.5 Hasil uji tarik variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm

Code : W.8						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	W.8.1	25.01	14.02	350.64	25.60	36
2	W.8.2	24.75	13.39	331.40	25.40	41
3	W.8.3	23.54	13.66	321.56	24.00	39
4	W.8.4	24.38	13.20	321.82	25.00	42
5	W.8.5	23.83	13.77	328.14	20.80	42

Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 25,60 kN pada spesimen W.8.1 dan nilai terendah adalah 20,80 kN pada spesimen W.8.5. Nilai *elongation* tertinggi adalah 44 mm pada spesimen W.8.3 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 39 mm pada spesimen W.8.2 Gambar 4.9 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* kayu Waru 8 mm.



Gambar 4.9 Dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* kayu Waru 6 mm

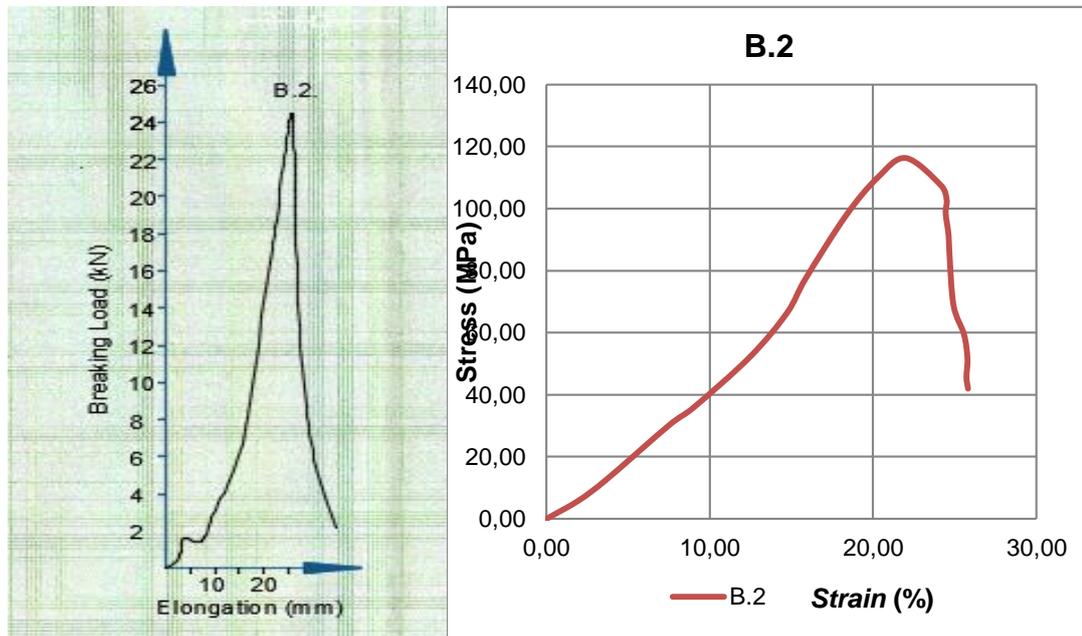
#### 4.3.2. Hasil Pengujian Tarik Menggunakan *Core material* Bilah Bambu

Hasil dari pengujian tarik adalah nilai *breaking load* (P) atau *F ultimate* dan *elongation* yang dicatatkan dalam bentuk grafik. Nilai-nilai tersebut kemudian dituliskan ke dalam bentuk

tabel yang berisikan nilai *breaking load* dan *elongation*. Nilai-nilai tersebut nantinya digunakan untuk menghitung besarnya nilai *tensile strength* dan *modulus of tensile elasticity*. Kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan Nilai yang diizinkan pada BKI for FRP 2016. Berikut ini adalah dari pengujian tarik yang menggunakan *core material* bilah Bambu :

**a. Variasi Ketebalan Core material Bilah Bambu 2 mm**

Variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm, dibuat dengan *schedule* laminasi yang sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 2 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 8,42 mm. Hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.10. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *elongation* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *elongation*. Kemudian dari grafik *load – elongation* dikonversi menjadi kurva *stress – strain* seperti pada Gambar 4.10.



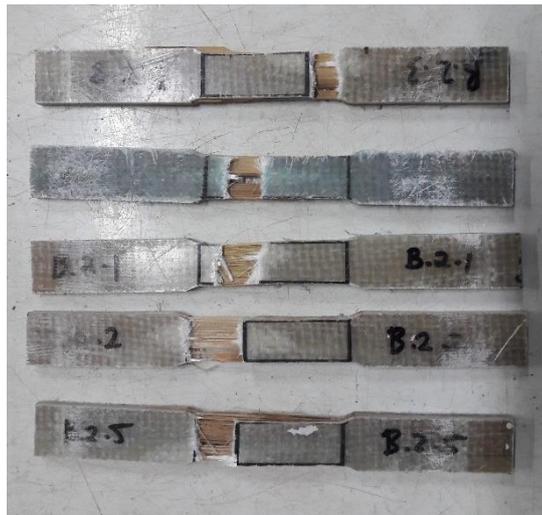
Gambar 4.10 Grafik *load – elongation* variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm

Nilai grafik *load – elongation* pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *elongation* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji . Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah B.2. Rekapitulasi nilai *breaking load* dapat dilihat pada Tabel 4.6 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.6 Hasil uji tarik variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm

Code : B.2						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	B.2.1	24.61	8.36	205.74	34.00	29
2	B.2.2	24.21	8.56	207.24	20.60	17
3	B.2.3	24.34	8.99	218.82	21.60	19
4	B.2.4	24.50	8.49	208.01	24.20	20
5	B.2.5	24.53	9.49	232.79	34.00	22

Pada variasi ini nilai *breaking load* tertinggi adalah 34 kN pada spesimen B.2.1 dan B.2.5 sedangkan nilai terendah adalah 20,60 kN pada spesimen B.2.2. Nilai *elongation* tertinggi adalah 29 mm pada spesimen B.2.1 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 17 mm pada spesimen B.2.2. Gambar 4.11 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 2 mm.

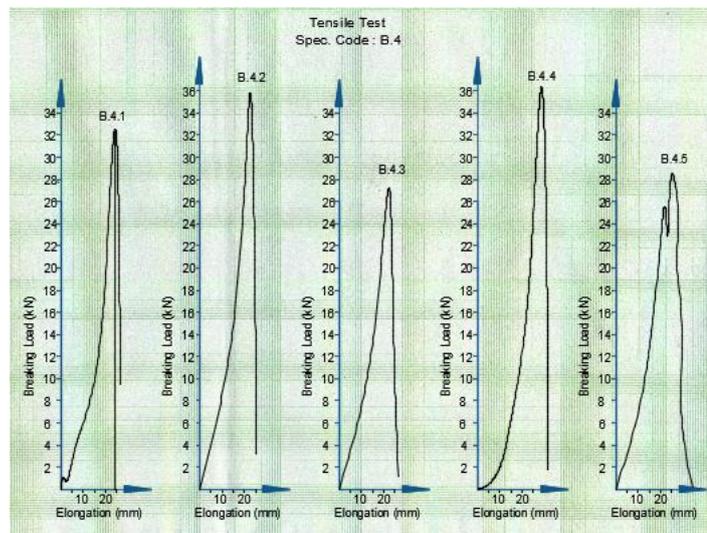


Gambar 4.11 Dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 2 mm

**b. Variasi Ketebalan *Core material* Bilah Bambu 4 mm**

Laminasi *sandwich fiberglass* pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 4 mm, dibuat dengan *schedule* laminasi yang sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 4 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 10,42 mm. Hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.12. Setiap grafik

menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *elongation* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *elongation*.



Gambar 4.12 Grafik *load – elongation* variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 4 mm

Variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 4 mm yang telah diuji, menghasilkan grafik *load – elongation*. Kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *elongation* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah B.4. Rekapitulasi nilai *breaking load* dapat dilihat pada Tabel 4.7 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.7 Hasil uji tarik variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 4 mm

Code : B.4						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	B.4.1	23.87	11.16	266.39	31.80	25
2	B.4.2	25.05	10.68	267.53	35.60	20
3	B.4.3	24.11	10.63	256.29	27.90	17
4	B.4.4	24.57	10.14	249.14	36.40	25
5	B.4.5	25.12	10.95	275.06	28.30	22

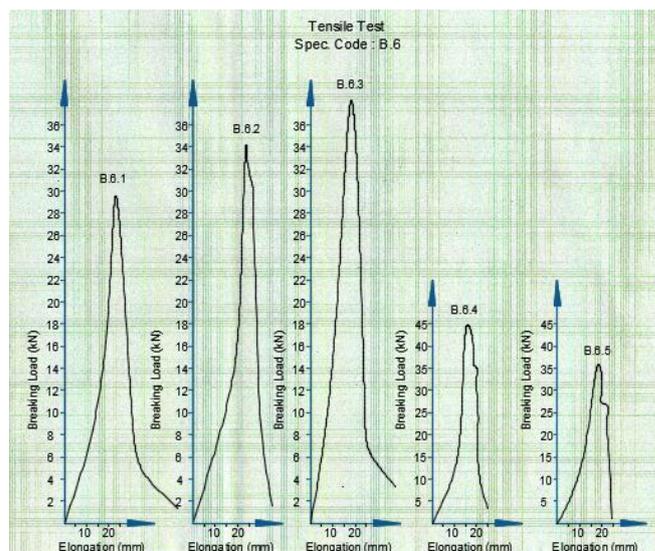
Pengujian tarik menghasilkan nilai *breaking load* dan *elongation*. Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 36,40 kN pada spesimen B.4.4 dan nilai terendah adalah 28,40 kN pada spesimen B.4.2 Nilai *elongation* tertinggi adalah 25 mm pada spesimen B.4.1 dan B.4.4 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 15 mm pada spesimen B.4.1 Gambar 4.13 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 4 mm.



Gambar 4.13 Dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 4 mm

**c. Variasi Ketebalan *Core material* Bilah Bambu 6 mm**

Jumlah total lapisan pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 6 mm adalah 9 lapisan. Laminasi *sandwich fiberglass* dibuat dengan *schedule* laminasi yang sesuai pada desain eksperimen. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 6 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 12,42 mm. Hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.14. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *elongation* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *elongation*.



Gambar 4.14 Grafik *load – elongation* variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 6 mm

Pengujian tarik kode B.6 memiliki pembebanan pengujian yang lebih tinggi dari pada pengujian tarik sebelumnya. Dari semua grafik *load – elongation* pada variasi ketebalan *core*

*material* bilah Bambu 2mm mm, kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *elongation* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah B.6. Rekapitulasi nilai *breaking load* dapat dilihat pada Tabel 4.8 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut

Tabel 4.8 Hasil uji tarik variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 6 mm

Code : B.6						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	B.6.1	23.58	12.9	304.182	30	22
2	B.6.2	24.12	13.49	325.3788	34.2	19
3	B.6.3	24.03	13.45	323.2035	38.4	26
4	B.6.4	25.03	13.78	344.9134	44.5	27
5	B.6.5	25.29	12.25	309.8025	36	18

Nilai *breaking load* tertinggi yang dihasilkan dari pengujian tarik pada variasi ini adalah 44,5 kN pada spesimen B.6.4 dan nilai terendah adalah 30 kN pada spesimen B.6.1 Nilai *elongation* tertinggi adalah 27 mm pada spesimen B.6.4 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 18 mm pada spesimen B.6.5 Gambar 4.15 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 6 mm.

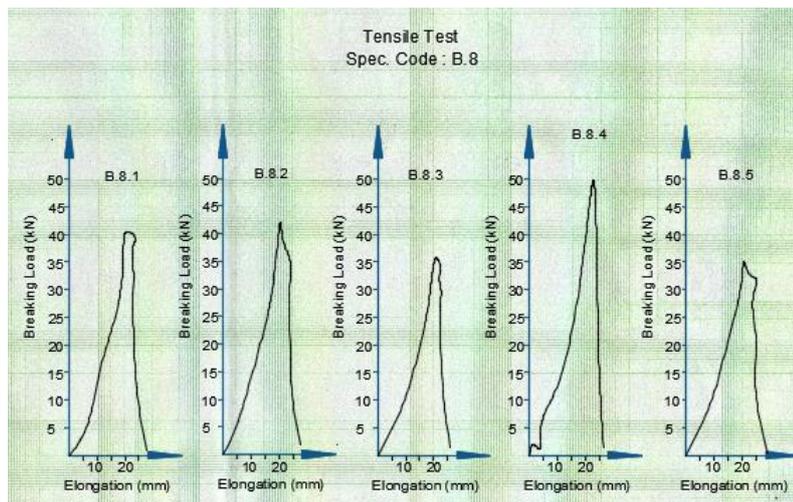


Gambar 4.15 Dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 6 mm

#### d. Variasi Ketebalan *Core material* Bilah Bambu 8 mm

Variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 4 mm dibuat dengan *schedule* laminasi sesuai pada desain eksperimen. Laminasi *sandwich fiberglass* yang dibuat pada variasi ini memiliki jumlah total 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core*

material sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 8 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 14,42 mm. Hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.16. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *elongation* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *elongation*.



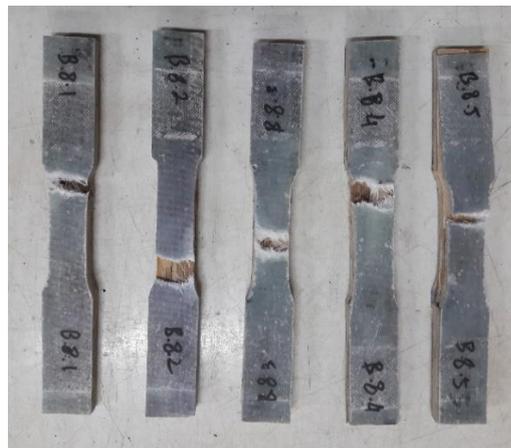
Gambar 4.16 Grafik *load – elongation* variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 8 mm

Hasil grafik *load – elongation* yang diperoleh dari pengujian tarik pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 8 mm, kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *elongation* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah B.8. Rekapitulasi nilai *breaking load* dapat dilihat pada Tabel 4.9 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut. Dari rekapitulasi kemudian dijelaskan hasil dari pengujian manakah nilai *breaking load* yang tertinggi dan terendah dan pada spesimen manakah nilai *elongation* dan terendah.

Tabel 4.9 Hasil uji tarik variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 8 mm

Code : B.8						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	B.8.1	25	14.09	352.25	41	21
2	B.8.2	25	15.46	386.5	42	20
3	B.8.3	25	14.26	356.5	35.5	21
4	B.8.4	25	15.69	392.25	59	23
5	B.8.5	25	14.09	352.25	35.5	20

Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 59 kN pada spesimen B.8.4 dan nilai terendah adalah 35,5 kN pada spesimen B.8.3 dan B.8.5 Nilai *elongation* tertinggi adalah 23 mm pada spesimen B.8.4 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 20 mm pada spesimen B.8.2 dan B.8.5. Gambar 4. 17 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 8mm.



Gambar 4. 17 Dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 4 mm

#### 4.4. Hasil Pengujian Tekuk

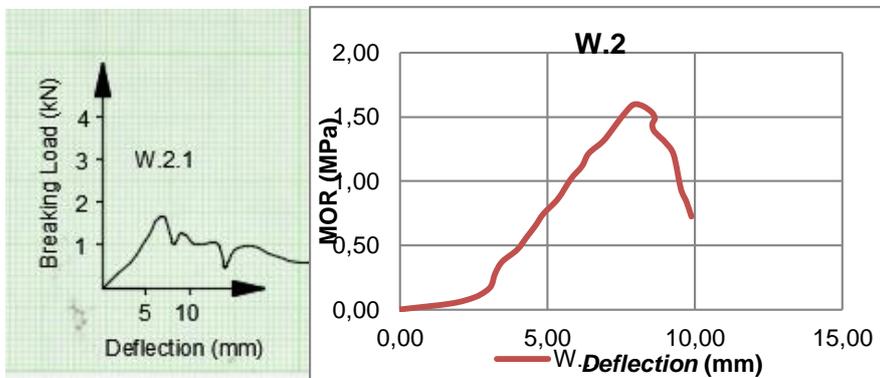
Prosedur pengujian tekuk dilakukan dengan mengikuti peraturan yang terdapat pada BKI for FRP 2016. Pengujian tekuk dilakukan pada 2 variasi jenis *core material* dan 4 variasi ketebalan *core material*. Pada setiap variasi terdiri dari 5 spesimen dengan kode sesuai dengan desain eksperimen. Hasil uji tekuk didapatkan dari pembacaan jarum ukur pada mesin *Universal Testing Machine (UTM)*. *Output* dari pengujian tekuk ini berupa grafik yang menunjukkan *ultimate stress* dan *deflection* yang digambarkan pada kertas *milimeter block* selama proses pengujian berlangsung. *Ultimate stress (breaking load)* serta gradien dari grafik tersebut nantinya dapat digunakan untuk menghitung *modulus of rupture (MoR)* dan *modulus of bending elasticity (MOR)* dari spesimen uji.

##### 4.4.1. Hasil Pengujian Tekuk Menggunakan *Core material* Kayu Waru

Hasil dari pengujian tekuk adalah nilai *breaking load (P)* atau *F ultimate* dan *deflection* yang dicatatkan dalam bentuk grafik. Nilai-nilai tersebut kemudian dituliskan ke dalam bentuk tabel yang berisikan dimensi spesimen, seperti panjang, lebar dan tebal spesimen, serta nilai *breaking load* dan *deflection*. Nilai-nilai tersebut nantinya digunakan untuk menghitung besarnya nilai *modulus of rupture (MoR)* dan *modulus of bending elasticity*. Kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan Nilai yang diizinkan pada BKI for FRP 2016. Berikut ini adalah dari pengujian tarik yang menggunakan *core material* kayu Waru :

**a. Variasi Ketebalan Core material Kayu Waru 2 mm**

Variasi ketebalan *core material* kayu Waru 2 mm, laminasi *sandwich fiberglass* dibuat dengan *schedule* laminasi yang sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 2 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 8,42 mm. Hasil dari pengujian tekuk dapat dilihat pada Gambar 4.18. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *deflection* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *deflection*. Kemudian dikonversikan menjadi kurva *MOR-deflection* seperti pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Grafik *load – deflection* variasi ketebalan *core material* kayu Waru 2 mm

Dari hasil grafik *load – deflection* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 2 mm, kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *deflection* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah W.2. Rekapitulasi nilai *breaking load* dan *deflection* dapat dilihat pada Tabel 4.10 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.10 Hasil uji tekuk variasi ketebalan *core material* kayu Waru 2 mm

Code : W.2						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	W.2.1	31.11	10.46	325.41	1.60	8
2	W.2.2	30.24	9.72	293.93	1.20	7
3	W.2.3	31.66	10.59	335.28	1.60	8
4	W.2.4	30.83	9.93	306.14	1.60	7
5	W.2.5	31.39	9.89	310.45	1.40	7

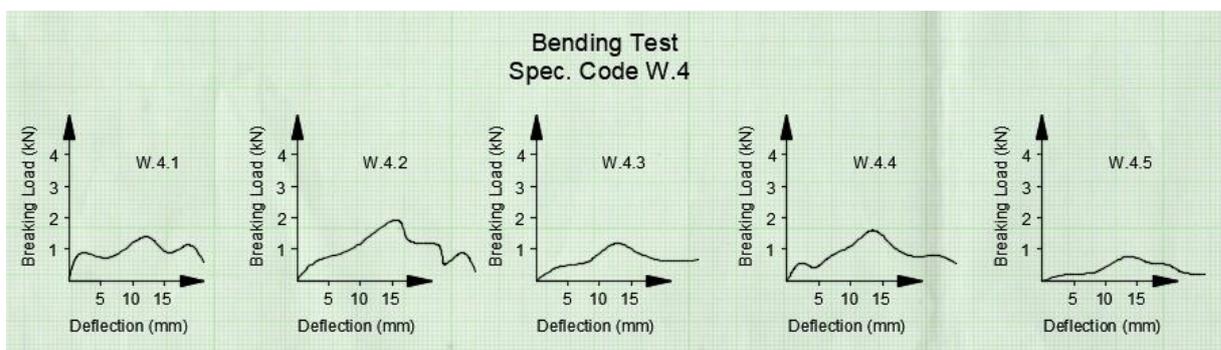
Hasil dari pengujian tekuk adalah nilai *breaking load* dan *deflection*. Nilai yang telah didapatkan dari pengujian material pada variasi ini akan dicatat dan direkapitulasi dan disajikan dalam bentuk tabel. Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 1,6 kN pada spesimen W.2.1, W.2.3 dan W.2.4 sedangkan nilai terendah adalah 1,4 kN pada spesimen W.2.2. Nilai *elongation* tertinggi adalah 8 mm pada spesimen W.2.1 dan W.2.3 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 7 mm pada spesimen W.2.2, W.2.4 dan W.2.5 Gambar 4.19 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* kayu Waru 2 mm.



Gambar 4.19 Dokumentasi pengujian tekuk variasi *core material* kayu Waru 2 mm

#### b. Variasi Ketebalan *Core material* Kayu Waru 4 mm

Laminasi *sandwich fiberglass* pada variasi ini, dibuat dengan *schedule* laminasi sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 4 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 10,42 mm. Hasil dari pengujian tekuk dapat dilihat pada Gambar 4. 20. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *deflection* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *deflection*.



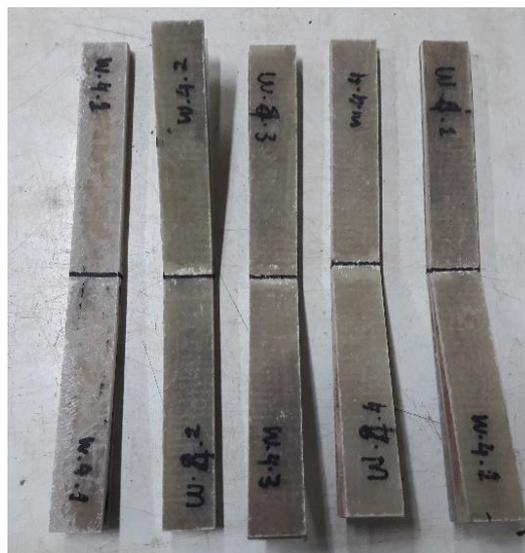
Gambar 4. 20 Grafik *load – deflection* variasi ketebalan *core material* kayu Waru 4 mm

Pengujian tekuk pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 4 mm menghasilkan grafik *load – deflection* , kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *deflection* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji dan disajikan dalam bentuk tabel. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah W.4. Rekapitulasi nilai *breaking load* dan *deflection* dapat dilihat pada Tabel 4.11 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.11 Hasil uji tekuk variasi ketebalan *core material* kayu Waru 4 mm

Code : W.4						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	W.4.1	31.08	11.21	348.41	1.40	13
2	W.4.2	31.15	11.92	371.31	2.00	16
3	W.4.3	30.11	10.88	327.60	1.00	14
4	W.4.4	30.21	10.98	331.71	1.00	14
5	W.4.5	30.09	10.35	311.43	0.80	12

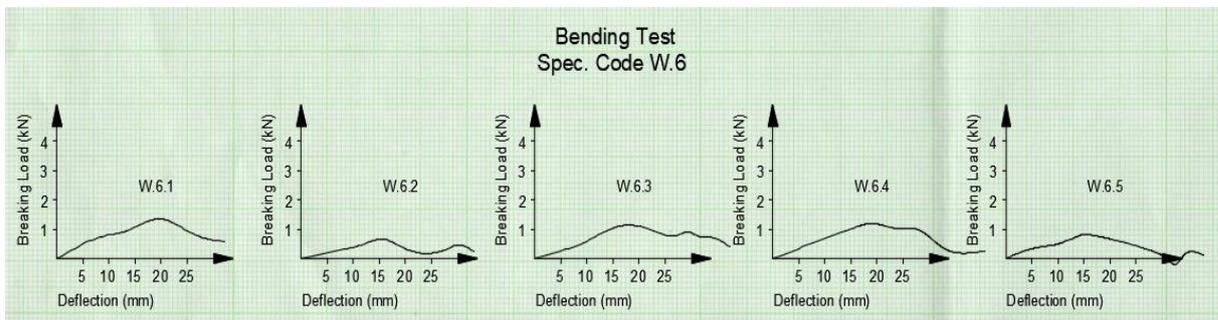
Nilai yang telah didapatkan dari pengujian material pada variasi ini akan dicatat dan direkapitulasi dan disajikan dalam bentuk tabel. Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 2 kN pada spesimen W.4.2 sedangkan nilai terendah adalah 0,8 kN pada spesimen W.4.1 Nilai *elongation* tertinggi adalah 16 mm pada spesimen W.4.2 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 12 mm pada spesimen W.4.5 Gambar 4.21 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* kayu Waru 4 mm.



Gambar 4.21 Dokumentasi pengujian tekuk variasi *core material* kayu Waru 4 mm

### c. Variasi Ketebalan *Core material* Kayu Waru 6 mm

*Schedule* laminasi pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 6 mm, dibuat dengan laminasi *sandwich fiberglass* yang sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 6 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 12,42 mm. Hasil dari pengujian tekuk dapat dilihat pada Gambar 4.22. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *deflection* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *deflection*.



Gambar 4.22 Grafik *load – deflection* variasi ketebalan *core material* kayu Waru 6 mm

Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah W.6. Hasil pengujian tekuk pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 6 mm adalah grafik *load – deflection*, kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *deflection* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Rekapitulasi nilai *breaking load* dan *deflection* dapat dilihat pada Tabel 4.12 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.12 Hasil uji tekuk variasi ketebalan *core material* kayu Waru 6 mm

Code : W.6						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	W.6.1	30.12	12.74	383.73	1.20	20
2	W.6.2	30.05	12.84	385.84	0.80	14
3	W.6.3	30.87	12.55	387.42	1.20	17
4	W.6.4	31.96	12.57	401.74	1.20	19
5	W.6.5	32.00	12.27	392.64	0.80	14

Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 1,2 kN pada spesimen dan W.6.1, W.6.3 dan W.6.4 sedangkan nilai terendah adalah 0,8 kN pada spesimen W.6.2 dan W.6.5. Nilai

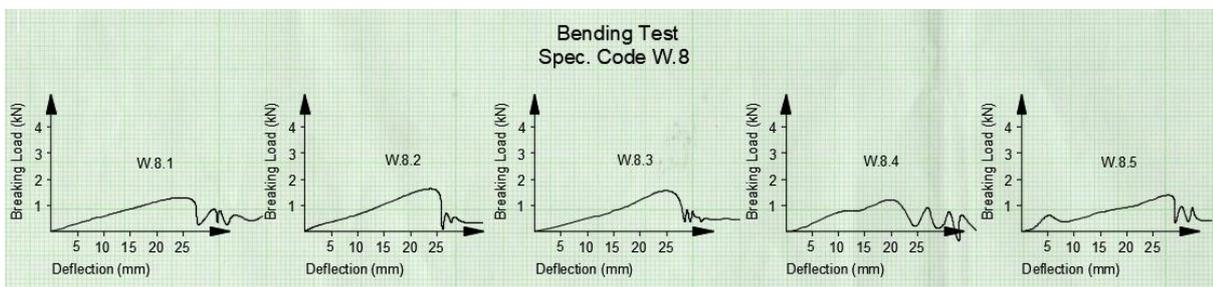
*elongation* tertinggi adalah 20 mm pada spesimen W.6.1 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 14 mm pada spesimen W.6.2 dan W.6.4 Gambar 4.23 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* kayu Waru 6 mm.



Gambar 4.23 Dokumentasi pengujian tekuk variasi *core material* kayu Waru 6 mm

#### d. Variasi Ketebalan *Core material* Kayu Waru 8 mm

Laminasi *sandwich fiberglass* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm, dibuat dengan *schedule* laminasi sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 8 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 14,42 mm. Hasil dari pengujian tekuk dapat dilihat pada Gambar 4. 24. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *deflection* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *deflection*.



Gambar 4. 24 Grafik *load – deflection* variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm

Hasil grafik *load – deflection* dari pengujian tekuk pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm, kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *deflection* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Pada variasi ini kode

spesimen pengujian adalah W.8. Rekapitulasi nilai *breaking load* dan *deflection* dapat dilihat pada Tabel 4. 13 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4. 13 Hasil uji tekuk variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm

Code : W.8						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	W.8.1	32.05	15.87	508.63	1.40	28
2	W.8.2	32.25	16.69	538.25	1.60	24
3	W.8.3	31.24	15.78	492.97	1.60	26
4	W.8.4	31.06	15.93	494.79	1.20	20
5	W.8.5	30.58	16.39	501.21	1.40	28

Pengujian tekuk yang dilakukan pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm adalah menghasilkan nilai *breaking load* dan *deflection*. Nilai yang telah didapatkan dari pengujian material pada variasi ini kemudian akan dicatat, direkapitulasi dan disajikan dalam bentuk tabel. Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 2,6 kN pada spesimen W.8.3 dan W.8.4 sedangkan nilai terendah adalah 1,6 kN pada spesimen W.8.2. Nilai *elongation* tertinggi adalah 18 mm pada spesimen W.8.5 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 9 mm pada spesimen W.8.5 Gambar 4.25 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* kayu Waru 8 mm.



Gambar 4.25 Dokumentasi pengujian tekuk variasi *core material* kayu Waru 8 mm

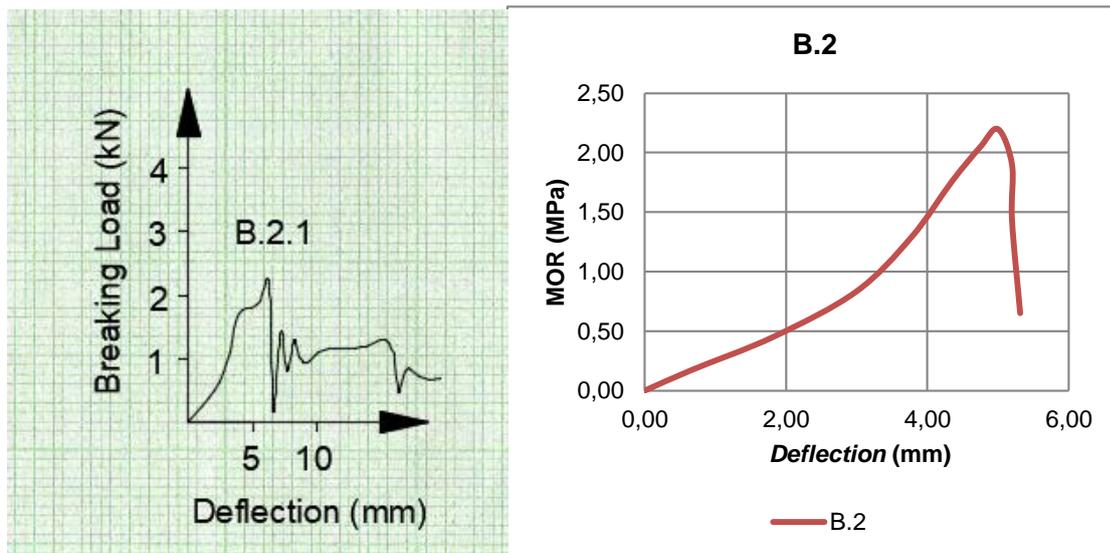
#### 4.4.2. Hasil Pengujian Tekuk Menggunakan *Core material* Bilah Bambu

Hasil dari pengujian tekuk adalah nilai *breaking load* (P) atau *F ultimate* dan *deflection* yang dicatatkan dalam bentuk grafik. Nilai-nilai tersebut kemudian dituliskan ke dalam bentuk

tabel yang berisikan dimensi spesimen. Nilai-nilai tersebut nantinya digunakan untuk menghitung besarnya nilai *modulus of rupture (MoR)* dan *modulus of bending elasticity*. Kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan Nilai yang diizinkan pada BKI for FRP 2016. Berikut ini adalah dari pengujian tarik yang menggunakan *core material* bilah Bambu :

**a. Variasi Ketebalan Core material Bilah Bambu 2 mm**

Pada variasi ini laminasi *sandwich fiberglass* dibuat dengan *schedule* laminasi sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 2 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 8,42 mm. Hasil dari pengujian tekuk dapat dilihat pada Gambar 4.26. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *deflection* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *deflection*. Kemudian dari grafik *load-deflection* dikonversikan menjadi kurva *MOR – deflection* seperti pada Gambar 4.26.



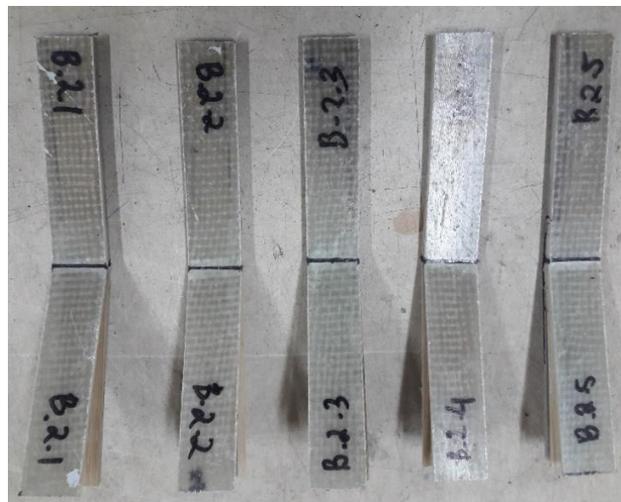
Gambar 4.26 Grafik *load – deflection* variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm

Hasil pengujian tekuk pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm adalah grafik *load – deflection*, kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *deflection* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Selain itu pada spesimen ini juga dibuat kurva *modulus of rupture – deflection*. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah B.2. Rekapitulasi nilai *breaking load* dan *deflection* dapat dilihat pada Tabel 4.14 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.14 Hasil uji tekuk variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm

Code : B.2						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	B.2.1	10.41	332.70	332.70	2.20	5
2	B.2.2	9.18	278.89	278.89	1.60	5
3	B.2.3	8.42	253.27	253.27	1.40	5
4	B.2.4	8.32	257.92	257.92	1.40	6
5	B.2.5	9.85	315.10	315.10	2.00	6

Nilai *breaking load* dan *deflection* yang telah didapatkan dari pengujian material pada variasi ini akan dicatat dan direkapitulasi dan disajikan dalam bentuk tabel. Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 2,2 kN pada spesimen B.2.1 sedangkan nilai terendah adalah 1,4 kN pada spesimen B.2.3 dan B.2.4. Nilai *elongation* tertinggi adalah 6 mm pada spesimen B.2.4 dan B.2.5 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 5 mm pada spesimen B.2.1, B.2.2 dan B.2.3 Gambar 4.27 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 2 mm.

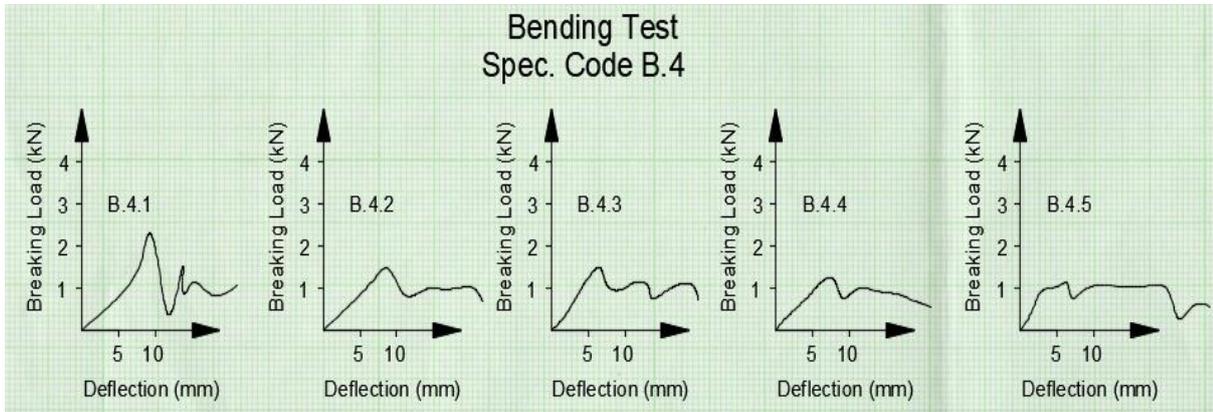


Gambar 4.27 Dokumentasi pengujian tekuk variasi *core material* Bambu 2 mm

#### b. Variasi Ketebalan *Core material* Bilah Bambu 4 mm

Laminasi *sandwich fiberglass* pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 4 mm dibuat dengan *schedule* laminasi yang sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 4 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi

ini adalah 10,42 mm. Hasil dari pengujian tekuk dapat dilihat pada Gambar 4. 28. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *deflection* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *deflection*.



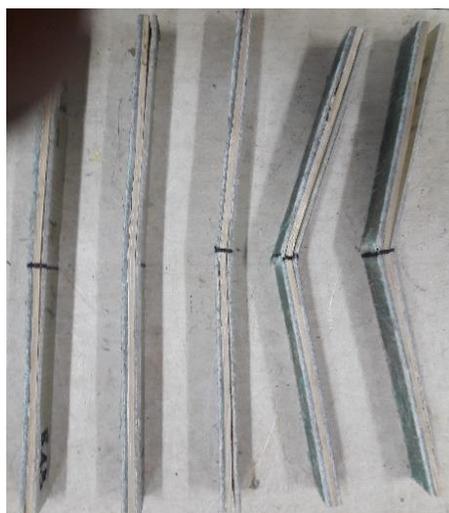
Gambar 4. 28 Grafik *load – deflection* variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 4 mm

Pengujian tekuk yang dilakukan pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 4 mm adalah menghasilkan grafik *load – deflection*, kemudian dibuat rekapitulasi dan disajikan dalam bentuk tabel untuk nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *deflection* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 4 mm kode spesimen pengujian adalah B.4. Rekapitulasi nilai *breaking load* dan *deflection* dapat dilihat pada Tabel 4.15 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.15 Hasil uji tekuk variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 4 mm

Code : B.4						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	B.4.1	31.60	11.53	364.35	2.40	9
2	B.4.2	30.00	10.67	320.10	1.60	8
3	B.4.3	30.12	10.29	309.93	1.60	7
4	B.4.4	30.54	10.15	309.98	1.20	8
5	B.4.5	30.14	10.42	314.06	1.20	7

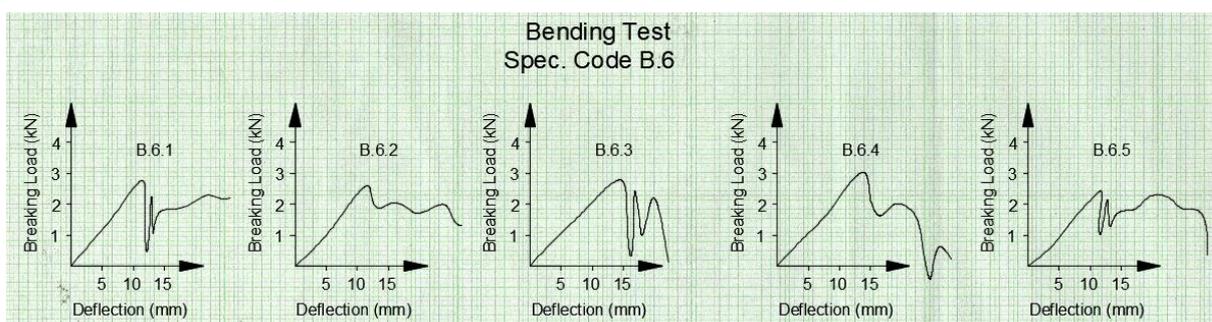
Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 2,4 kN pada spesimen B.4.1 sedangkan nilai terendah adalah 1,2 kN pada spesimen B.4.4 dan B.4.5. Nilai *elongation* tertinggi adalah 9 mm pada spesimen B.4.1 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 7 mm pada spesimen B.4.3 dan B.4.5 Gambar 4.29 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 4 mm.



Gambar 4.29 Dokumentasi pengujian tekuk variasi *core material* bilah Bambu 4 mm

### c. Variasi Ketebalan *Core material* Bilah Bambu 6 mm

Jumlah total lapisan pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 6 mm adalah 9 lapisan. Pada variasi ini, laminasi dibuat dengan *schedule* laminasi sesuai pada desain eksprimen. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 6 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 12,42 mm. Hasil dari pengujian tekuk dapat dilihat pada Gambar 4.30. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *deflection* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *deflection*.



Gambar 4.30 Grafik *load – deflection* variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 6 mm

Dari semua grafik *load – deflection* pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 6 mm, kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *deflection* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah B.6. Rekapitulasi nilai *breaking load* dan *deflection* dapat dilihat pada Tabel 4.16 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.16 Hasil uji tekuk variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 6 mm

Code : B.6						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	B.6.1	31.98	15.00	479.70	3.00	12
2	B.6.2	31.68	14.74	466.96	2.80	12
3	B.6.3	32.48	15.20	493.70	3.00	15
4	B.6.4	32.54	15.40	501.12	2.40	13
5	B.6.5	31.32	14.67	459.46	2.40	12

Hasil yang telah didapatkan dari pengujian material pada variasi ini akan dicatat, direkapitulasi dan disajikan dalam bentuk tabel. Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 3 kN pada spesimen B.6.1 sedangkan nilai terendah adalah 2,4 kN pada spesimen B.6.4 dan B.6.5. Nilai *elongation* tertinggi adalah 15 mm pada spesimen B.6.3 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 12 mm pada spesimen B.6.1, B.6.2 dan B.6.5 Gambar 4. 31 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 6 mm.

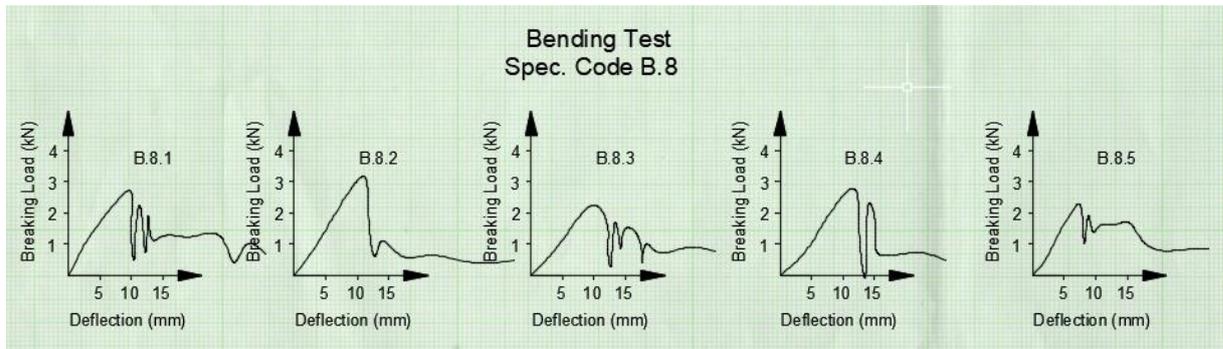


Gambar 4. 31 Dokumentasi pengujian tekuk variasi *core material* bilah Bambu 6 mm

#### d. Variasi Ketebalan *Core material* Bilah Bambu 8 mm

*Schedule* laminasi pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 6 mm dibuat sesuai pada desain eksperimen. Jumlah total lapisan pada eksperimen ini adalah 9 lapisan. Di mana lapisan CSM 300 sebanyak 6, WR 600 sebanyak 2 dan *core material* sebanyak 1 lapisan. Total tebal dari 8 lapisan antara CSM 300 dan WR 600 adalah 6,42 mm, tebal *core material* sebesar 6 mm. Sehingga total tebal lapisan untuk variasi ini adalah 12,42 mm. Hasil dari pengujian

tekuk dapat dilihat pada Gambar 4. 32. Setiap grafik menunjukkan nilai *breaking load* (kN) dan *deflection* (mm), di mana sumbu y adalah *breaking load* dan sumbu x adalah *deflection*.



Gambar 4. 32 Grafik *load – deflection* variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 8 mm

Grafik *load – deflection* pada variasi ketebelan *core material* bilah Bambu 8 mm, kemudian dibuat rekapitulasi nilai dari *breaking load* (P) dengan satuan kN dan *deflection* dengan satuan mm dari setiap spesimen yang diuji. Pada variasi ini kode spesimen pengujian adalah B.8. Rekapitulasi nilai *breaking load* dan *deflection* dapat dilihat pada Tabel 4.17 di mana ukuran panjang, lebar, tebal dan CSA serta hasil pengujian tarik dicantumkan pada tabel tersebut.

Tabel 4.17 Hasil uji tekuk variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 8 mm

Code : B.8						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	B.8.1	32.25	16.61	535.67	2.80	14
2	B.8.2	32.29	16.59	535.69	3.20	13
3	B.8.3	31.88	16.47	525.06	2.20	13
4	B.8.4	31.74	16.76	531.96	2.80	18
5	B.8.5	31.49	16.66	524.62	2.40	16

Pengujian tekuk yang dilakukan menghasilkan nilai *breaking load* dan *deflection*. Nilai yang telah didapatkan dari pengujian material pada variasi ini akan dicatat, direkapitulasi dan disajikan dalam bentuk tabel. Nilai *breaking load* tertinggi pada variasi ini adalah 3,2 kN pada spesimen B.8.2 sedangkan nilai terendah adalah 2,6 kN pada spesimen B.8.5. Nilai *elongation* tertinggi adalah 13 mm pada spesimen B.8.2 dan B.8.3 sedangkan nilai *elongation* terendah adalah 9 mm pada spesimen B.8.5. Tabel 4.17 menunjukkan dokumentasi pengujian tarik variasi *core material* bilah Bambu 8 mm.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB 5**

### **ANALISA TEKNIS**

#### **5.1. Pendahuluan**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai analisa teknis, yaitu analisa yang didasarkan pada hasil pengujian material laminasi *sandwich* yang telah dilakukan. Setelah dilakukan uji terhadap sifat mekanik laminasi *sandwich*, maka diperlukan adanya analisa kekuatan dari laminasi tersebut. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi laminasi *sandwich* dengan pembebanan yang terjadi, sehingga dapat memenuhi unsur kualitas dan juga untuk mengetahui apakah laminasi *sandwich* ini memenuhi standar minimum terhadap kuat tarik dan kuat tekuk yang telah disyaratkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia tentang kapal FRP. Nilai minimal dari *tensile strength* adalah sebesar  $98 \text{ N/mm}^2$  dan nilai minimal untuk *modulus of elasticity* adalah sebesar  $6,86 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ .

#### **5.2. Analisa Teknis Hasil Pengujian Tarik**

Analisa teknis hasil pengujian tarik yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah menghitung nilai *tensile strength* dan *modulus of elasticity* (MoE). Analisa pengujian tarik dilakukan berdasarkan data yang didapatkan dari pengujian tarik di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal FTK ITS. Data yang didapat berupa *breaking load* (P) dan grafik *load-elongation*. Dengan data tersebut kemudian dapat dihitung besarnya nilai *tensile strength* dengan cara membagi nilai *breaking load* (P) dengan luas area pada titik tengah spesimen uji seperti pada rumus (2.4). Setelah dihitung nilai *tensile strength* pada tiap spesimen kemudian dilakukan perhitungan nilai rata – rata dari setiap variasi. Setelah itu menghitung MoE seperti pada rumus (2.5). Kemudian dari nilai *tensile strength* dan *modulus of elasticity* akan dibandingkan dengan nilai minimal yang diizinkan oleh BKI for FRP tahun 2016. Nilai minimal dari *tensile strength* adalah sebesar 98 MPa dan nilai minimal untuk *modulus of elasticity* adalah sebesar  $6,86 \times 10^3 \text{ GPa}$ .

Berdasarkan Tabel 5.1 dapat dilihat rata-rata tertinggi nilai *tensile strength* untuk laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* kayu Waru adalah laminasi yang menggunakan *core material* kayu Waru 2 mm yaitu memiliki nilai *tensile strength* 91,59 MPa. Sedangkan yang memiliki nilai *tensile strength* terendah adalah laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* kayu Waru 8 mm yaitu 73,07 MPa.

Tabel 5.1 Perhitungan *mechanical properties* hasil pengujian tarik variasi jenis *core material* kayu Waru

Jenis	Kode	Stress (MPa)	Strain (%)	MOE (GPa)	Rata - rata Stress (Mpa)	Rata - rata Strain (%)	Rata - rata MOE (GPa)
Core material Kayu Waru 2 mm	W.2.1	91,34	19,81	5,27	91,59	21,42	5,22
	W.2.2	89,26	17,90	4,32			
	W.2.3	94,51	22,41	5,25			
	W.2.4	92,14	19,14	4,77			
	W.2.5	90,68	27,86	6,48			
Core material Kayu Waru 4 mm	W.4.1	80,60	20,36	4,32	85,10	22,30	4,98
	W.4.2	94,74	26,25	5,92			
	W.4.3	87,69	24,38	5,48			
	W.4.4	79,99	19,42	4,61			
	W.4.5	82,48	21,11	4,58			
Core material Kayu Waru 6 mm	W.6.1	80,24	19,19	3,88	78,37	23,69	4,46
	W.6.2	82,48	22,76	4,27			
	W.6.3	84,77	26,15	4,89			
	W.6.4	76,11	27,95	5,19			
	W.6.5	68,22	22,40	4,09			
Core material Kayu Waru 8 mm	W.8.1	73,01	28,44	4,87	73,07	24,17	4,38
	W.8.2	76,64	24,78	4,49			
	W.8.3	74,64	21,54	4,02			
	W.8.4	77,68	23,81	4,44			
	W.8.5	63,39	22,29	4,07			

Untuk laminasi *sandwich* variasi ketebalan *core material* 4 mm memiliki nilai *tensile strength* sebesar 85,10 MPa. Dan laminasi *sandwich* variasi ketebalan *core material* 6 mm memiliki nilai *tensile strength* sebesar 78,37 MPa. Kemudian nilai MoE tertinggi pada pengujian tarik adalah sebesar 5,22 GPa yaitu pada laminasi *sandwich* yang menggunakan variasi ketebalan *core material* kayu Waru 2 mm. Sedangkan nilai MoE terendah pada pengujian tarik adalah sebesar 4,38 GPa yaitu pada laminasi *sandwich* yang menggunakan variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm. Untuk nilai MoE pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 4 mm dan 6 mm adalah sebesar 4,98 GPa dan 4,46 GPa.

Dapat disimpulkan bahwa pada pengujian tarik laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 2 mm memiliki nilai *tensile strength* dan *modulus of elasticity* yang lebih tinggi dibandingkan dengan laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 4 mm , 6 mm dan 8 mm.

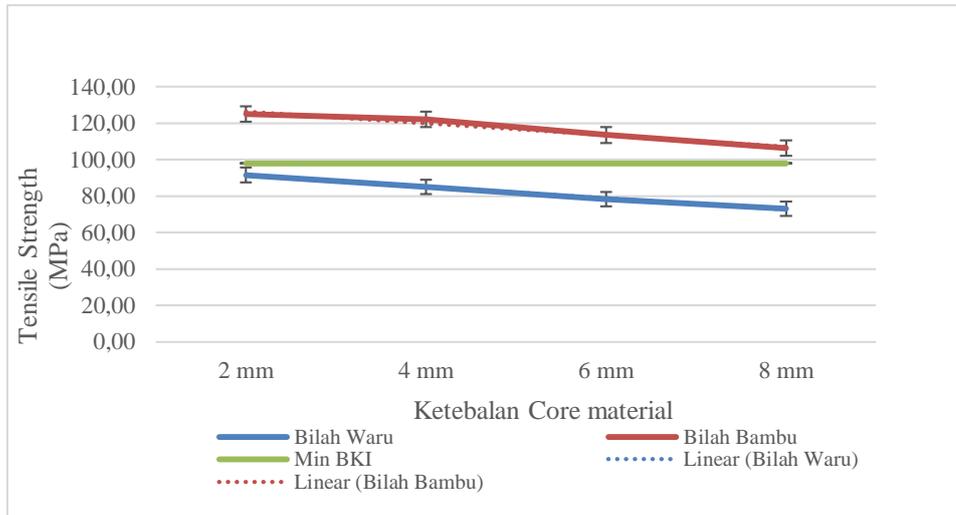
Rata-rata tertinggi nilai *tensile strength* untuk laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* bilah Bambu adalah laminasi yang menggunakan *core material* bilah Bambu 2 mm yaitu memiliki nilai *tensile strength* 125,15 MPa seperti yang terlihat pada Tabel 5.2. Sedangkan yang memiliki nilai *tensile strength* terendah adalah laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* bilah Bambu 6 mm yaitu 113,55 MPa.

Tabel 5.2 Perhitungan *mechanical properties* hasil pengujian tarik variasi jenis *core material* bilah Bambu

Jenis	Kode Spesimen	Stress (MPa)	Strain (%)	MOE (GPa)	Rata - rata Stress (Mpa)	Rata - rata Strain (%)	Rata - rata MOE (GPa)
Core material Bilah Bambu 2 mm	B.2.1	165,26	35,42	10,33	125,15	32,60	9,12
	B.2.2	99,40	30,29	8,77			
	B.2.3	98,71	28,42	7,79			
	B.2.4	116,34	30,25	8,73			
	B.2.5	146,05	38,64	9,96			
Core material Bilah Bambu 4 mm	B.4.1	119,37	31,80	7,16	122,06	37,18	8,51
	B.4.2	133,07	44,50	9,98			
	B.4.3	108,86	41,03	9,61			
	B.4.4	146,10	36,40	8,77			
	B.4.5	102,89	32,16	7,01			
Core material Bilah Bambu 6 mm	B.6.1	98,63	35,71	7,04	113,55	43,07	8,03
	B.6.2	105,11	35,63	6,57			
	B.6.3	118,81	48,00	8,91			
	B.6.4	129,02	48,65	8,46			
	B.6.5	116,20	47,37	9,17			
Core material Bilah Bambu 8 mm	B.8.1	116,39	48,81	8,31	115,17	50,42	8,19
	B.8.2	108,67	52,50	8,15			
	B.8.3	99,58	42,26	7,11			
	B.8.4	150,41	64,13	9,81			
	B.8.5	100,78	44,38	7,56			

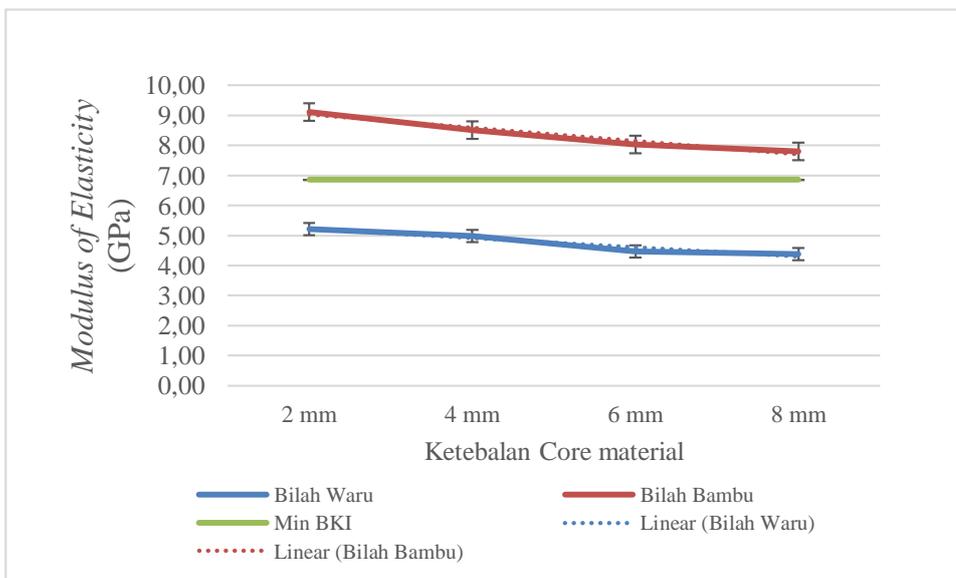
Berdasarkan Tabel 5.2 laminasi *sandwich* variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 4 mm memiliki nilai *tensile strength* sebesar 122,6 MPa. Dan laminasi *sandwich* variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 8 mm memiliki nilai *tensile strength* sebesar 115,17 MPa. Kemudian untuk rata- rata nilai MoE tertinggi pada pengujian tarik adalah sebesar 9,12 GPa yaitu pada laminasi *sandwich* yang menggunakan variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm . Sedangkan rata – rata nilai MoE terendah pada pengujian tarik adalah sebesar 8,03 GPa yaitu pada laminasi *sandwich* yang menggunakan variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 6 mm. Untuk rata - rata nilai MoE pada variasi ketebalan *core material* bilah

Bambu 4 mm dan 8 mm adalah sebesar 8,51 GPa dan 8,19 GPa. Grafikl rata-rata nilai *tensile strength* semua variasi dapat dilihat pada Gambar 5.1



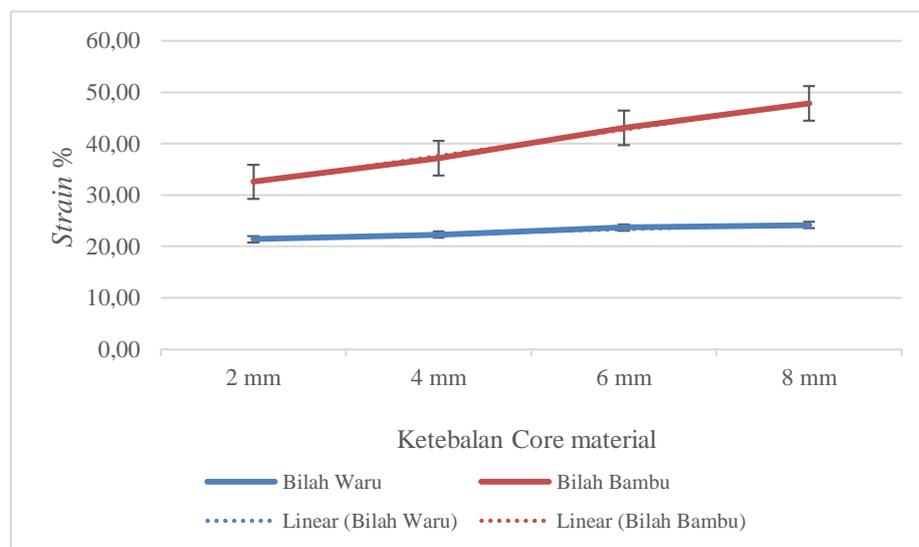
Gambar 5.1 Grafik perbandingan nilai *tensile strength* antar variasi

Hasil perhitungan rata rata nilai *tensile strength* dari semua variasi dapat dilihat pada Gambar 5.1. Rata – rata nilai *tensile strength* tertinggi adalah laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm yaitu 125,15 MPa. sedangkan rata – rata nilai *tensile strength* terendah adalah laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm yaitu sebesar 73,07 MPa. Kemudian dapat dilihat bahwa nilai *tensile strength* dari variasi yang menggunakan *core material* bilah Bambu memenuhi tegangan izin Biro Klasifikasi Indonesia sedangkan untuk *tensile strength* dari variasi yang menggunakan *core material* kayu Waru tidak memenuhi tegangan izin Biro Klasifikasi Indonesia.



Gambar 5.2 Grafik perbandingan nilai *modulus of tensile elasticity* antar variasi

Nilai *modulus of elasticity* dari semua variasi pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.2 Rata – rata nilai *modulus of elasticity* tertinggi adalah laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm yaitu sebesar 9,12 GPa. Sedangkan rata – rata nilai *modulus of elasticity* terendah adalah laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm yaitu sebesar 4,38 GPa. Kemudian dapat dilihat bahwa nilai *tensile strength* dari variasi yang menggunakan *core material* bilah Bambu memenuhi *modulus of elasticity* Biro Klasifikasi Indonesia sedangkan untuk *tensile strength* dari variasi yang menggunakan *core material* kayu Waru tidak memenuhi tegangan izin Biro Klasifikasi Indonesia.



Gambar 5.3 Grafik perbandingan nilai *strain* antar variasi

Berdasarkan Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa rata-rata nilai *strain* pada laminasi *sandwich* variasi ketebalan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu 2 mm adalah sebesar 21,42 % dan 32,60 %. Rata – rata nilai *strain* pada laminasi *sandwich* variasi ketebalan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu 4 mm adalah sebesar 22,30 % dan 37,18 %. Rata – rata nilai *strain* pada laminasi *sandwich* variasi ketebalan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu 6 mm adalah sebesar 23,69 % dan 43,07 %. Rata – rata nilai *strain* pada laminasi *sandwich* variasi ketebalan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu 8 mm adalah sebesar 24,17 % dan 50,42 %. Pada semua variasi, rata-rata nilai *strain* tertinggi adalah pada laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* bilah Bambu 8 mm yaitu sebesar 50,42 %. Sedangkan rata-rata nilai *strain* terendah adalah pada laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* bilah Waru 2 mm yaitu sebesar 21,42%. Kemudian dapat disimpulkan semakin tinggi ketebalan *core material* maka *strainnya* semakin besar.

### 5.3. Analisa Teknis Hasil Pengujian Tekuk

Analisa teknis hasil pengujian tekuk yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah menghitung nilai *modulus of rupture (MoR)* dan *modulus of bending elasticity*. Data yang didapat berupa *breaking load (P)* dan grafik *load-deflection*. Dengan data tersebut kemudian dapat dihitung besarnya nilai *modulus of rupture (MoR)* seperti pada rumus (2.3). Setelah dihitung nilai *modulus of rupture (MoR)* pada tiap spesimen kemudian dilakukan perhitungan nilai rata – rata dari setiap variasi. Setelah itu menghitung *modulus of bending elasticity* seperti pada rumus (2.4). Kemudian dari nilai *modulus of rupture (MoR)* dan *modulus of bending elasticity* akan dibandingkan dengan nilai minimal yang diizinkan oleh BKI for FRP tahun 2016. Nilai minimal dari *modulus of rupture (MoR)* adalah sebesar 150 MPa dan nilai minimal untuk *modulus of bending elasticity* adalah sebesar  $6,86 \times 10^3$  GPa. Perhitungan *mechanical properties* hasil pengujian tekuk variasi jenis *core material* kayu Waru dan bilah Bambu dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Perhitungan *mechanical properties* hasil pengujian tekuk variasi jenis *core material* kayu Waru

Jenis	Kode Spesimen	MOR (MPa)	Deflection (mm)	MOE(GPa)	Rata - rata MOR (MPa)	Rata - rata Deflection (mm)	Rata - rata MOE (GPa)
Core material Kayu Waru 2 mm	W.2.1	178.11	8.00	4.46	176.04	7.40	4.97
	W.2.2	159.14	7.00	4.90			
	W.2.3	170.74	8.00	4.22			
	W.2.4	199.42	7.00	6.01			
	W.2.5	172.77	7.00	5.23			
Core material Kayu Waru 4 mm	W.4.1	168.08	13.00	4.02	151.33	13.80	3.42
	W.4.2	211.88	16.00	3.87			
	W.4.3	131.56	14.00	3.01			
	W.4.4	128.74	14.00	2.92			
	W.4.5	116.38	12.00	3.27			
Core material Kayu Waru 6 mm	W.6.1	137.19	20.00	2.58	122.71	16.80	2.90
	W.6.2	112.81	14.00	3.16			
	W.6.3	137.94	17.00	3.25			
	W.6.4	132.81	19.00	2.80			
	W.6.5	92.81	14.00	2.72			
Core material Kayu Waru 8 mm	W.8.1	112.54	28.00	1.64	114.19	25.20	1.83
	W.8.2	115.57	24.00	1.86			
	W.8.3	133.47	26.00	2.10			
	W.8.4	98.79	20.00	2.00			
	W.8.5	110.59	28.00	1.56			

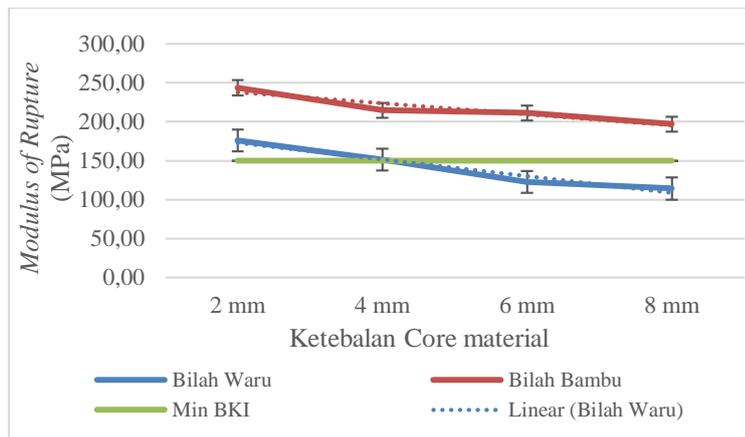
Dapat dilihat pada Tabel 5.3 rata-rata nilai *modulus of rupture* (MoR), MoE dan *deflection* untuk laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* kayu Waru. Rata – rata tertinggi nilai *modulus of rupture* (MoR) dari variasi ini adalah yang menggunakan *core material* kayu Waru 2 mm yaitu sebesar 176,04 MPa, *deflection* sebesar 7,40 mm dan nilai MOE sebesar 4,97 GPa. Sedangkan Rata – rata terendah nilai *modulus of rupture* (MoR) dari variasi ini adalah yang menggunakan *core material* kayu Waru 8 mm yaitu sebesar 114,19 MPa, *deflection* sebesar 25,20 mm dan nilai MoR sebesar 1,83 GPa.

Tabel 5.4 Perhitungan *mechanical properties* hasil pengujian tekuk variasi jenis *core material* bilah Bambu

Jenis	Kode Spesimen	MOR (MPa)	Deflection (mm)	MOE(GPa)	Rata - rata MOR (MPa)	Rata - rata Deflection (mm)	Rata - rata MOE (GPa)
<i>Core material</i> Bilah Bambu 2 mm	B.2.1	240.68	5.00	9.69	243.51	5.40	10.38
	B.2.2	236.79	5.00	10.81			
	B.2.3	248.74	5.00	12.38			
	B.2.4	247.20	6.00	10.38			
	B.2.5	244.16	6.00	8.66			
<i>Core material</i> Bilah Bambu 4 mm	B.4.1	267.88	9.00	8.71	214.71	7.80	8.81
	B.4.2	219.66	8.00	8.69			
	B.4.3	235.24	7.00	9.33			
	B.4.4	178.84	8.00	8.71			
	B.4.5	171.94	7.00	8.62			
<i>Core material</i> Bilah Bambu 6 mm	B.6.1	233.02	12.00	8.08	211.33	12.80	8.25
	B.6.2	227.36	12.00	8.98			
	B.6.3	223.44	15.00	8.63			
	B.6.4	173.81	13.00	7.64			
	B.6.5	199.00	12.00	7.90			
<i>Core material</i> Bilah Bambu 8 mm	B.8.1	204.21	14.00	7.43	196.98	16.00	7.62
	B.8.2	233.65	13.00	8.22			
	B.8.3	165.08	19.00	6.98			
	B.8.4	203.79	18.00	7.03			
	B.8.5	178.18	16.00	8.44			

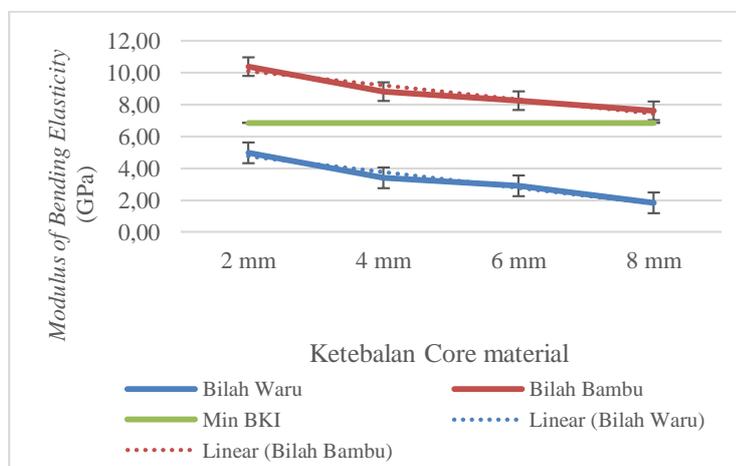
Tabel 5.3 menunjukkan rata-rata nilai *modulus of rupture* (MoR), MOE dan *deflection* untuk laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* bilah Bambu. Rata – rata tertinggi nilai *modulus of rupture* (MoR) dari variasi ini adalah yang menggunakan *core material* bilah Bambu 2 mm yaitu sebesar 243,31 MPa, *deflection* sebesar 5,4 mm dan nilai MOE sebesar 10,38 GPa. Sedangkan rata – rata tertinggi nilai *modulus of rupture* (MoR) terendah dari variasi ini adalah yang menggunakan *core material* bilah Bambu 8 mm yaitu sebesar 196,98 MPa,

*deflection* sebesar 16 mm dan nilai MOE sebesar 7,62 GPa. Gambar 5.4 menunjukkan grafik rata-rata nilai *modulus of rupture (MoR)* dari semua variasi pengujian tekuk. Dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai *modulus of rupture (MoR)* pada variasi yang menggunakan *core material* bilah Bambu lebih tinggi dibandingkan variasi yang menggunakan *core material* kayu Waru.



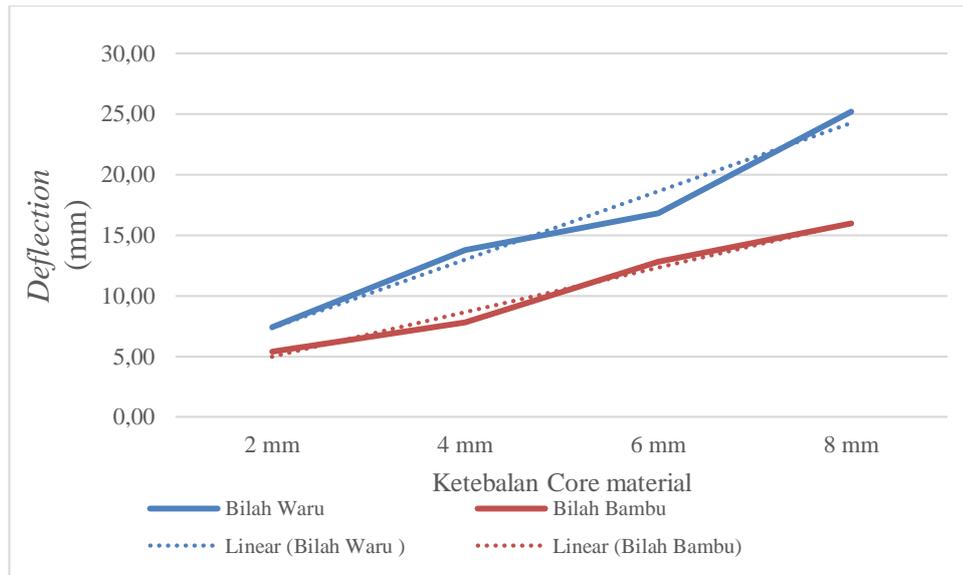
Gambar 5.4 Grafik perbandingan nilai *modulus of rupture (MoR)* antar variasi

Hasil perhitungan rata-rata nilai *modulus of rupture (MoR)* dari semua variasi dapat dilihat pada Gambar 5.4. Rata-rata nilai *modulus of rupture (MoR)* tertinggi adalah laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm yaitu 243,51 MPa. Sedangkan rata-rata nilai *modulus of rupture (MoR)* terendah adalah laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm yaitu sebesar 114,19 MPa. Kemudian dapat dilihat bahwa nilai *modulus of rupture (MoR)* dari variasi yang menggunakan *core material* bilah Bambu memenuhi tegangan izin Biro Klasifikasi Indonesia sedangkan untuk *modulus of rupture (MoR)* dari variasi yang menggunakan *core material* kayu Waru untuk *core material* 6 mm dan 8 mm tidak memenuhi tegangan izin Biro Klasifikasi Indonesia.



Gambar 5.5 Grafik perbandingan nilai *modulus of bending elasticity* antar variasi

Rata – rata nilai MOE semua variasi dapat dilihat pada Gambar 5.5. Rata – rata nilai MOE tertinggi adalah laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm yaitu 10,38 GPa. Sedangkan rata – rata nilai MOE terendah adalah laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm yaitu sebesar 1,83 GPa. Kemudian dapat disimpulkan bahwa nilai MOE dari variasi yang menggunakan *core material* bilah Bambu memenuhi MOE izin Biro Klasifikasi Indonesia sedangkan kayu Waru tidak memenuhi.



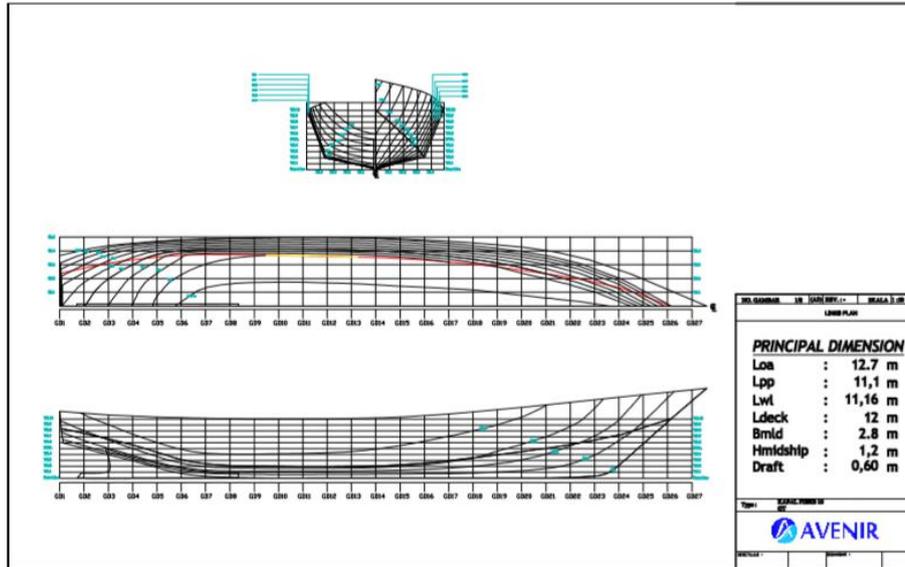
Gambar 5.6 Grafik perbandingan nilai *deflection* antar variasi

Gambar 5.6 menunjukkan nilai rata – rata *deflection* dari semua variasi . Rata – rata nilai *deflection* tertinggi adalah laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* kayu Waru 8 mm yaitu 25,20 mm. Sedangkan rata – rata nilai *deflection* terendah adalah laminasi *sandwich* pada variasi ketebalan *core material* bilah Bambu 2 mm yaitu sebesar 5,4 mm. Kemudian nilai *deflection* dari variasi yang menggunakan *core material* bilah Bambu dan kayu Waru 4 mm adalah sebesar 7,8 mm dan 13,8 mm. Untuk nilai *deflection* dari variasi yang menggunakan *core material* bilah Bambu dan kayu Waru 6 mm adalah sebesar 12,8 mm dan 16,8 mm. dan nilai *deflection* dari variasi yang menggunakan *core material* bilah Bambu 8 mm adalah sebesar 16 mm. Kemudian dapat disimpulkan bahwa semakin tebal *core material* maka *deflection* akan semakin tinggi.

#### 5.4. Data Kapal Ikan FRP

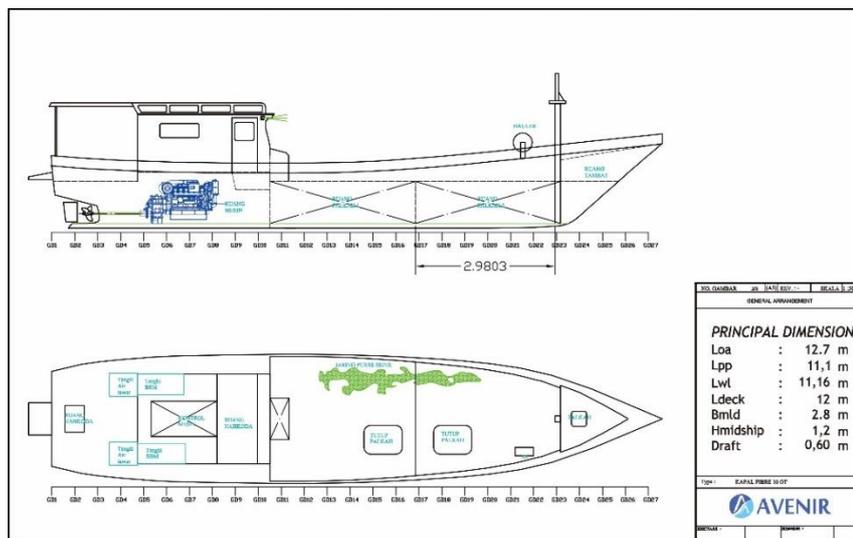
Data kapal ikan yang didapatkan adalah sebuah gambar rencana garis (*lines plan*) dan rencana umum (*general arrangement*). Dimensi kapal yang didapatkan L = 12 m, Hm = 1,2 m, Bm = 2,8 m dan T = 0,6 m. Rencana garis (*Lines Plan*) merupakan gambar garis – garis yang menunjukkan bentuk lambung sebuah kapal (taMPak depan, taMPak samping dan taMPak

atas). Bentuk lambung sebuah kapal dapat mempengaruhi performa kapal seperti *maneuvering*, *seakeeping*, stabilitas kapal dan kecepatan kapal serta daya muat kapal. Gambar 5.7 adalah gambar *Lines Plan* dari kapal ikan 10 GT Kabupaten Lobar.



Gambar 5.7 Rencana Garis kapal ikan FRP Kabupaten Lobar

Rencana Umum (*General Arrangement*) merupakan gambaran kapal secara umum yang menunjukkan keseluruhan kapal seperti tata letak sebuah ruangan akomodasi, perlengkapan dan premesinan pada kapal. Pada prinsipnya *General Arrangement* dibuat untuk menunjukkan gambar kapal dalam bentuk yang sebenarnya. Perencanaan ruangan pada rencana umum dibuat agar dapat menentukan stabilitas kapal. Rencana umum dari kapal ikan 10 GT Lobar dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Rencana Umum kapal ikan FRP Kabupaten Lobar

### 5.5. Perhitungan Ukuran Konstruksi

Dalam melakukan perhitungan ukuran konstruksi, *rules* yang digunakan adalah *rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Volume V tahun 2016 tentang ”*Rules for Fiberglass Reinforce Plastic*”. Untuk menghitung ketebalan kulit dan geladak kapal ikan untuk bagian konstruksi alas, kulit sisi dan geladak digunakan persamaan rumus pada BKI 2016 seperti pada rumus (2.2), rumus (2.3), rumus (2.4) dan (2.5). Dari data dimensi kapal ikan yang telah didapatkan, maka dapat dihitung tebal minimal laminasi FRP konstruksi alas, sisi dan geladak. Nilai minimal laminasi FRP dan laminasi *sandwich* dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Tebal minimal BKI, laminasi FRP dan laminasi *sandwich core material* Bambu

No	Bagian Kapal	Min. BKI (mm)	Tebal FRP (mm)	MOR (MPa)	Tebal Laminasi Sandwich (mm)	MOR (MPa)
1	Alas	7.15	9.75	179	9.83	176.04
2					10.60	151.33
3					11.78	122.71
4					12.21	114.19
5	Sisi	7.54	9.75	179	9.83	176.04
6					10.60	151.33
7					11.78	122.71
8					12.21	114.19
9	Geladak	7.63	9.75	179	9.83	176.04
10					10.60	151.33
11					11.78	122.71
12					12.21	114.19

Perhitungan konstruksi untuk kapal ikan FRP ukuran 10 GT sesuai *rules* Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Volume V tahun 2016 tentang *Rules for Fiberglass Reinforce Plastic* yang ditunjukkan pada Tabel 5.5. Dalam tabel tersebut telah tertera ketebalan minimum untuk masing-masing bagian konstruksi yang menggunakan laminasi FRP. Tebal sisi laminasi FRP adalah sebesar 7,16 mm, konstruksi alas sebesar 7,54 mm dan untuk konstruksi geladak sebesar 7,63 mm. Data yang digunakan untuk ketebalan FRP adalah data kapal dengan ketebalan 9,75 mm yang memiliki nilai kuat tekuk sebesar MPa. Data tersebut akan digunakan untuk menghitung ketebalan laminasi *sandwich*. Sedangkan untuk menentukan ketebalan laminasi *sandwich* menggunakan rumus :

$$t_1^2 \cdot \sigma_{Rm1} = t_2^2 \cdot \sigma_{Rm2}.$$

Di mana,

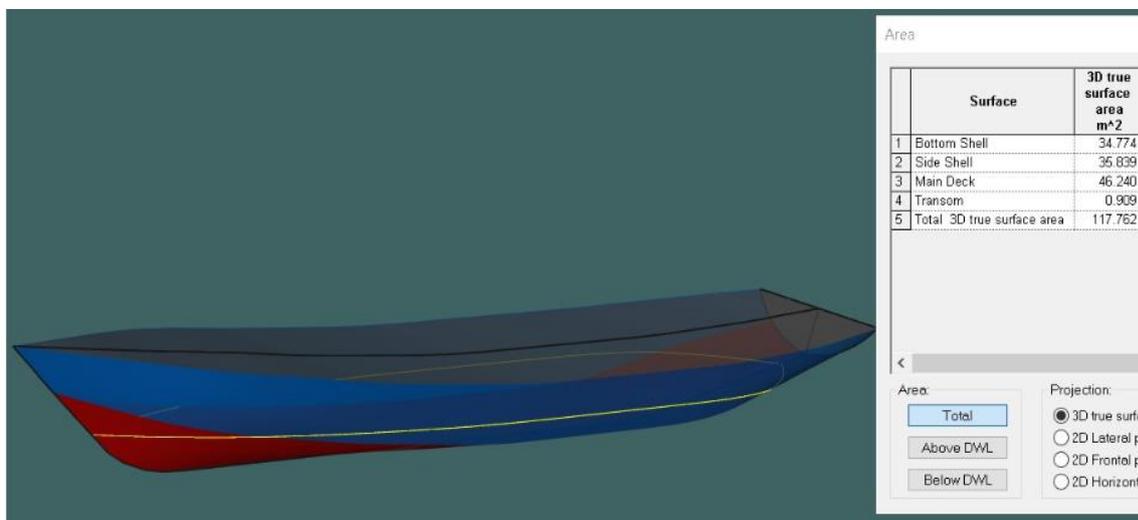
$t_1$  = Tebal FRP                       $\sigma_{Rm1}$  = Kuat tekuk FRP

$t_2$  = Tebal *Sandwich*               $\sigma_{Rm2}$  = Kuat tekuk *sandwich*

Tabel 5.6 Tebal minimal BKI, laminasi FRP dan laminasi *sandwich core material* Bambu

No	Bagian Kapal	Min. BKI (mm)	Tebal FRP (mm)	MOR (MPa)	Tebal Laminasi <i>Sandwich</i> (mm)	MOR (MPa)
1	Alas	7.15	9.75	179	8.36	243.51
2					8.90	214.71
3					8.97	211.33
4					9.29	196.98
5	Sisi	7.54	9.75	179	8.36	243.51
6					8.90	214.71
7					8.97	211.33
8					9.29	196.98
9	Geladak	7.63	9.75	179	8.36	243.51
10					8.90	214.71
11					8.97	211.33
12					9.29	196.98

Ketebalan laminasi *sandwich* dihitung menggunakan rumus 2.5 pada bab 2.9. Perhitungan untuk kapal ikan FRP ukuran 10 GT sesuai rules Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Volume V tahun 2016 tentang *Rules for Fiberglass Reinforce Plastic* yang ditunjukkan pada Tabel 5.6. Dalam tabel tersebut telah tertera ketebalan masing-masing variasi. Ketebalan laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* 2 mm, 4 mm, 6 mm dan 8 mm adalah sebesar 8,36 mm, 8,90 mm, 8,97 mm dan 9,29 mm. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai kekuatan tekuk laminasi *sandwich* maka ketebalan semakin menipis hal ini dikarenakan kekuatan berbanding dengan ketebalan seperti yang terlihat pada rumus 2.5.



Gambar 5.9 Maxsurf 3 D kapal ikan FRP 10 GT

Perhitungan WSA dapat dilakukan dengan cara membuat 3 D *modeler* kapal di *maxsurf*. Data yang diperlukan adalah *lines plan* kapal yang akan dihitung nilai WSAny. Nilai WSA yang dicari adalah kulit lambung dan geladak kapal. Dari Gambar 5.9 dapat dilihat nilai luasan pada alas adalah sebesar 34,774 m<sup>2</sup>, nilai luasan pada sisi sebesar 35,839 m<sup>2</sup>, nilai luasan pada geladak sebesar 46,24 m<sup>2</sup>.

### 5.6. Perhitungan Kebutuhan *Core material* Kayu Waru, Bilah Bambu dan PVC

Perhitungan kebutuhan *core material* kayu Waru dapat dihitung berdasarkan luasan pada kapal ikan FRP 10 GT. Dalam hal ini, luasan yang dihitung adalah luasan pada kulit lambung kapal dan geladak kapal. Total luasan kapal pada bagian lambung adalah sebesar 71.52 m<sup>2</sup> sedangkan luasan kapal bagian geladak adalah sebesar 46.24 m<sup>2</sup>. Jumlah kebutuhan *core material* pada lapisan ini dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Perhitungan kebutuhan *core material* kayu Waru

Kebutuhan <i>Core material</i> Kayu Waru		
Ukuran bilah		Satuan
Panjang	1.5	m
Lebar	0.1	m
Luas Lambung	71.52	m <sup>2</sup>
Luas Geladak	46.24	m <sup>2</sup>
Jumlah bilah lambung	477	bilah
Jumlah bilah geladak	309	bilah
Total bilah Waru	786	bilah

Jumlah kebutuhan *core material* kayu Waru untuk laminasi *sandwich* adalah 477 bilah untuk bagian lambung dan 309 untuk bagian geladak. Cara menghitung adalah dengan membagi antara luasan lambung dengan luasan bilah untuk mendapatkan jumlah bilah yang dibutuhkan untuk bagian lambung kapal dan luasan geladak dibagi dengan luasan bilah untuk mendapatkan jumlah bilah yang dibutuhkan pada bagian geladak. Kebutuhan *core material* pada lapisan ini dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.8 Perhitungan kebutuhan dan biaya *core material* bilah Bambu

Harga <i>Core material</i> bilah Bambu		
Ukuran bilah		Satuan
Panjang	4	m
Lebar	0.03	m
Luas Lambung	71.52	m <sup>2</sup>
Luas Geladak	46.24	m <sup>2</sup>
Jumlah bilah lambung	596	bilah
Jumlah bilah geladak	386	bilah
Total bilah Bambu	982	bilah

Total jumlah kebutuhan *core material* bilah Bambu untuk laminasi *sandwich* adalah 596 bilah untuk bagian lambung dan 386 untuk bagian geladak. Cara menghitung adalah dengan membagi antara luasan lambung dengan luasan bilah untuk mendapatkan jumlah bilah yang dibutuhkan untuk bagian lambung kapal dan luasan geladak dibagi dengan luasan bilah untuk mendapatkan jumlah bilah yang dibutuhkan pada bagian geladak seperti pada Tabel 5.8.

Tabel 5.9 Biaya material *fiberglass* untuk laminasi *sandwich* menggunakan *core material* PVC

Harga <i>Core material</i> PVC		
Ukuran bilah		Satuan
Panjang	1.22	m
Lebar	2.44	m
Luas Lambung	71.52	m <sup>2</sup>
Luas Geladak	46.24	m <sup>2</sup>
Jumlah bilah lambung	24	lembar
Jumlah bilah geladak	16	lembar
Total Lembar PVC	40	lembar

Total jumlah kebutuhan *core material* PVC untuk laminasi *sandwich* adalah 24 lembar untuk bagian lambung dan 16 lembar untuk bagian geladak. Cara menghitung adalah dengan membagi antara luasan lambung dengan luasan lembar untuk mendapatkan jumlah lembar yang dibutuhkan untuk bagian lambung kapal dan luasan geladak dibagi dengan luasan lembar untuk mendapatkan jumlah lembar yang dibutuhkan pada bagian geladak. Jadi total lembar *core material* PVC yang dibutuhkan adalah sebanyak 40 lembar seperti perhitungan pada Tabel 5.9.

### 5.7. Analisa Perbandingan *Core material* Kayu Waru, Bilah Bambu dan PVC

Dalam bab ini akan dibahas mengenai analisa teknis pada hasil pengujian material laminasi *sandwich*. Setelah dilakukan uji terhadap sifat mekanik laminasi *sandwich*, maka diperlukan adanya analisa kekuatan dari laminasi tersebut. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi laminasi *sandwich* dengan pembebanan yang terjadi, sehingga dapat memenuhi unsur kualitas dan juga untuk mengetahui apakah laminasi *sandwich* ini memenuhi standar minimum terhadap kuat tarik dan kuat tekuk yang telah disyaratkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia tentang kapal FRP.

Tabel 5.10 Perbandingan *core material* kayu Waru, Bambu dan PVC

No	Aspek	Waru	Bambu	PVC
1	Kekuatan	Kuat Tarik : 82 MPa	Kuat Tarik : 116 MPa	Kuat Tarik : 60 MPa
		Kuat Tekuk: 141 MPa	Kuat Tekuk : 211 MPa	Kuat Tekuk : 72 MPa
2	Ketersediaan	Mudah didapatkan	Mudah didapatkan	Mudah didapatkan
3	Proses Pembangunan	Perlu proses <i>planner</i>	Perlu proses <i>planner</i>	Tidak perlu diproses <i>planner</i>

Dari aspek nilai kekuatan, Bambu memiliki nilai kekuatan paling tinggi dibandingkan dengan PVC maupun dengan kayu Waru. Nilai kekuatan tarik dan kuat tekuk Bambu sebesar 116 MPa dan 211 MPa dan kayu Waru memiliki nilai kuat tarik dan kuat tekuk sebesar 82 MPa dan 141 MPa sedangkan untuk *core material* PVC memiliki nilai kuat tarik dan kuat tekuk sebesar 60 dan 72 MPa. Kemudian jika dibandingkan dari aspek ketersediaan semua *core material* ketersediaanya sama-sama mudah untuk didapatkan. Kayu Waru dan Bambu memiliki populasi yang sangat banyak di Indonesia dan material PVC juga sangat mudah didapatkan di toko-toko material. Dari aspek proses pembangunan *core material* kayu Waru dan Bambu lebih sulit dibandingkan dengan PVC karena untuk proses laminasi *sandwich*, kayu Waru dan Bambu harus di *prepare* material terlebih dahulu seperti pemotongan dan pemipihan hingga menjadi bilah dengan tebal yang diinginkan. Sedangkan untuk material PVC tidak perlu dilakukan seperti material kayu karena ketebalan sudah tersedia di toko.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 6 ANALISA EKONOMIS

### 6.1. Pendahuluan

Setelah dilakukan proses pengujian sifat mekanik laminasi *sandwich* dan perhitungan ukuran konstruksinya, selanjutnya perlu dilakukan analisa secara ekonomis. Hal ini harus diperhitungkan mengingat laminasi *sandwich* antara *fiberglass* dengan kayu Waru dan bilah Bambu merupakan material baru sebagai bahan dasar dalam pembangunan kapal ikan. Perhitungan ekonomis sangat dibutuhkan untuk mendapatkan fakta bahwa material substitusi ini mampu bersaing dengan material *fiberglass* yang menggunakan *core material* pada umumnya yang pada umumnya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan kapal ikan dalam segi ekonomis.

### 6.2. Harga Material dan Alat Penunjang untuk Kapal Ikan FRP

Dalam melakukan perhitungan biaya produksi diperlukan referensi harga material dan alat penunjang. Harga-harga referensi tersebut dapat diperoleh dari observasi lapangan sesuai dengan harga yang berlaku saat penelitian dilakukan.. Dalam pembangunan kapal ikan FRP, pembelian material umumnya dilakukan secara partai. Daftar harga material yang dibutuhkan untuk pembangunan kapal ikan FRP dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Harga Material

Harga Material		
Item	Satuan	Harga (Rp)
Resin Yukalac 157	kg	Rp 35,000
Gelcoat	kg	Rp 37,800
PVA	kg	Rp 70,000
Mirror Glaze	kaleng	Rp 100,000
Catalyst	kg	Rp 65,000
Cobalt	botol	Rp 35,000
Talc	sak	Rp 75,000
Aerosil	kg	Rp 135,000
Pigment	kg	Rp 100,000
Chopped Strand Matt 300	kg	Rp 32,000
Woven Roving 600	kg	Rp 37,000
Bambu	bilah	Rp 3,000
Kayu Waru	bilah	Rp 15,000

### 6.3. Perhitungan Biaya Material Laminasi Sandwich

Perhitungan ekonomis pada tugas akhir ini awalnya menentukan harga material pokok pembuatan kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT dengan metode laminasi *sandwich*. Kemudian, melakukan perhitungan kebutuhan material yang digunakan yang meliputi banyaknya *fiberglass chopped strand mat*, *woven roving*, resin dan katalis yang digunakan dalam proses laminasi *sandwich* pembangunan kapal ikan FRP. Perhitungan ini juga dilakukan berdasarkan variasi pada penelitian yang dilakukan. Kebutuhan material *fiberglass* dihitung dengan cara menghitung luas total pada kapal kemudian dikalikan dengan banyaknya jumlah layer. Sedangkan untuk kebutuhan resin dapat dihitung menggunakan kadar *glass content* yang telah diatur pada BKI 2016 untuk FRP. *Glass content* untuk CSM 300 dan resin adalah 30 : 70. Untuk kadar *glass content* WR 600 dan resin adalah 45 : 55.

#### 6.3.1. Perhitungan Biaya Core material Kayu Waru dan Bilah Bambu

Perhitungan kebutuhan *core material* kayu Waru dapat dihitung berdasarkan luasan pada kapal ikan FRP 10 GT. Dalam hal ini, luasan yang dihitung adalah luasan pada kulit lambung kapal dan geladak kapal. Total luasan kapal pada bagian lambung adalah sebesar 71.52 m<sup>2</sup> sedangkan luasan kapal bagian geladak adalah sebesar 46.24 m<sup>2</sup> Jumlah kebutuhan *core material* pada lapisan ini dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Perhitungan biaya *core material* kayu Waru

No	Bagian	Jumlah	Harga	Total
1	Lambung	477	Rp 15,000	Rp 7,153,500
2	Geladak	309	Rp 15,000	Rp 4,635,000
Total				Rp 11,788,500

Jumlah kebutuhan *core material* kayu Waru untuk laminasi *sandwich* adalah 477 bilah untuk bagian lambung dan 309 untuk bagian geladak. Cara menghitung adalah dengan membagi antara luasan lambung dengan luasan bilah untuk mendapatkan jumlah bilah yang dibutuhkan untuk bagian lambung kapal dan luasan geladak dibagi dengan luasan bilah untuk mendapatkan jumlah bilah yang dibutuhkan pada bagian geladak. Untuk harga *core material* kayu Waru/bilah adalah sebesar Rp15.000 sehingga didapatkan kebutuhan total harga *core material* yaitu sebesar Rp11.788.500.

Kebutuhan *core material* pada lapisan ini dapat dilihat pada Tabel 6.2. Perhitungan kebutuhan *core material* kayu Waru dapat dihitung berdasarkan luasan pada kapal ikan FRP 10 GT. Dalam hal ini, luasan yang dihitung adalah luasan pada kulit lambung kapal dan geladak

kapal. Total luasan kapal pada bagian lambung adalah sebesar 71.52 m<sup>2</sup> sedangkan luasan kapal bagian geladak adalah sebesar 46.24 m<sup>2</sup>.

Tabel 6.3 Perhitungan biaya *core material* bilah Bambu

No	Bagian	Jumlah	Harga	Total
1	Lambung	596	Rp 3,000	Rp 1,788,300
2	Geladak	386	Rp 3,000	Rp 1,158,000
Total				Rp 2,946,300

Total jumlah kebutuhan *core material* bilah Bambu untuk laminasi *sandwich* adalah 596 bilah untuk bagian lambung dan 386 untuk bagian geladak. Cara menghitung adalah dengan membagi antara luasan lambung dengan luasan bilah untuk mendapatkan jumlah bilah yang dibutuhkan untuk bagian lambung kapal dan luasan geladak dibagi dengan luasan bilah untuk mendapatkan jumlah bilah yang dibutuhkan pada bagian geladak. Untuk harga *core material* Bambu/bilah adalah sebesar Rp 3000 sehingga didapatkan kebutuhan total harga *core material* bilah Bambu yaitu sebesar Rp 2,946,300 seperti pada Tabel 6.3.

### 6.3.2. Perhitungan Kebutuhan dan Biaya Material *Fiberglass* untuk Laminasi *Sandwich*

Material *fiberglass* yang dibutuhkan dapat dihitung berdasarkan luasan pada kapal ikan FRP 10 GT. Dalam hal ini, luasan yang dihitung adalah luasan pada kulit lambung kapal dan geladak kapal. Total luasan kapal pada bagian lambung adalah sebesar 71.52 m<sup>2</sup> dan luasan kapal bagian geladak adalah sebesar 46.24 m<sup>2</sup>

Tabel 6.4 Perhitungan biaya material *fiberglass* untuk laminasi *sandwich* kulit lambung

Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i> Kulit Lambung				
Jenis Material	Total Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan (Kg)	Harga	Total Harga
CSM 300	71.522	142	Rp 32,000	Rp 4,544,000
WR 600	71.522	95	Rp 37,000	Rp 3,515,000
Resin	-	481	Rp 35,000	Rp 16,835,000
Katalis	-	5	Rp 70,000	Rp 350,000
Total Harga Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i>				Rp 25,244,000

Tabel 6.4 menunjukkan perhitungan total biaya kebutuhan material *fiberglass* untuk bagian kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT jumlah CSM 300 yang dibutuhkan adalah sebesar 142 kg, WR 600 yang dibutuhkan sebesar 95 kg, untuk kebutuhan resin adalah sebesar 481 kg dan kebutuhan katalis adalah 1 % dari kebutuhan resin yaitu 3,6 kg namun karena katalis hanya bisa dibeli per/kg maka kebutuhan katalis adalah sebesar 4 kg. Biaya yang diperlukan untuk CSM 300 adalah sebesar Rp 4,544,000, untuk WR 600 adalah sebesar Rp 3,515,000 sedangkan untuk biaya resin dan katalis adalah sebesar Rp 16,835,000 dan Rp 350,000. Sehingga

didapatkan total biaya kebutuhan material *fiberglass* untuk kulit lambung adalah sebesar Rp 25,244,000.

Tabel 6.5 Perhitungan biaya material *fiberglass* untuk laminasi *sanwich* geladak

Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i> Geladak				
Jenis Material	Total Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan (Kg)	Harga	Total Harga
CSM 300	46.24	92	Rp 32,000	Rp 2,944,000
WR 600	46.24	62	Rp 37,000	Rp 2,294,000
Resin	-	312	Rp 35,000	Rp 10,920,000
Katalis	-	4	Rp 70,000	Rp 280,000
Total Harga Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i>				Rp 16,438,000

Perhitungan total biaya kebutuhan material *fiberglass* untuk bagian geladak kapal ikan FRP 10 GT jumlah CSM 300 yang dibutuhkan adalah sebesar 92 kg, WR 600 yang dibutuhkan sebesar 62 kg, untuk kebutuhan resin adalah sebesar 312 kg dan kebutuhan katalis adalah 1 % dari kebutuhan resin yaitu 4 kg namun karena katalis hanya bisa dibeli per/kg maka kebutuhan katalis adalah sebesar 4 kg. Biaya yang diperlukan untuk CSM 300 adalah sebesar Rp2,944,000, untuk WR 600 adalah sebesar Rp2,294,000 sedangkan untuk biaya resin dan katalis adalah sebesar Rp10,920,000 dan Rp280,000. Sehingga pada Tabel 6.5 didapatkan total biaya kebutuhan material *fiberglass* untuk geladak adalah sebesar Rp16,438,000.

Tabel 6.6 Perhitungan biaya material *fiberglass* untuk laminasi *sanwich* bangunan atas

Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i> Bangunan Atas				
Jenis Material	Total Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan (Kg)	Harga	Total Harga
CSM 300	36.97	74	Rp 32,000	Rp 2,368,000
WR 600	36.97	49	Rp 37,000	Rp 1,813,000
Resin	-	250	Rp 35,000	Rp 8,750,000
Katalis	-	3	Rp 70,000	Rp 210,000
Total Harga Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i>				Rp 13,141,000

Jumlah CSM 300 yang dibutuhkan untuk kebutuhan material *fiberglass* bangunan atas adalah sebesar 74 kg, WR 600 yang dibutuhkan sebesar 49 kg, untuk kebutuhan resin adalah sebesar 250 kg dan kebutuhan katalis adalah 1 % dari kebutuhan resin yaitu 4 kg namun karena katalis hanya bisa dibeli per/kg maka kebutuhan katalis adalah sebesar 4 kg. Biaya yang diperlukan untuk CSM 300 adalah sebesar Rp2,368,000, untuk WR 600 adalah sebesar Rp 1,813,000 sedangkan untuk biaya resin dan katalis adalah sebesar Rp8,750,000 dan Rp210,000. Sehingga pada Tabel 6.6 didapatkan total biaya kebutuhan material *fiberglass* untuk bangunan atas adalah sebesar Rp13,141,000.

### 6.3.3. Perhitungan Kebutuhan dan Biaya Material *Fiberglass* Pemanding untuk Laminasi *Sandwich* yang menggunakan *Core material PVC*

Pada sub bab ini, dilakukan perhitungan material *fiberglass* untuk pemanding yaitu laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material PVC*. dihitung berdasarkan luasan pada kapal. Dalam hal ini, luasan yang dihitung adalah luasan pada kulit lambung kapal dan geladak kapal. Total luasan kapal pada bagian lambung adalah sebesar 71.52 m<sup>2</sup> sedangkan luasan kapal bagian geladak adalah sebesar 46.24 m<sup>2</sup> . Setiap lapisan memiliki luasan yang sama sehingga kebutuhan total CSM 300 dan WR 600 dapat dihitung dengan mengalikan jumlah lapisan yang digunakan pada variasi.

Tabel 6.7 Biaya material *fiberglass* untuk laminasi *sandwich* menggunakan *core material PVC*

No	Bagian	Jumlah	Harga	Total
1	Lambung	24	Rp 600,000	Rp 14,460,000
2	Geladak	16	Rp 600,000	Rp 9,600,000
Total				Rp 24,060,000

Total jumlah kebutuhan *core material PVC* untuk laminasi *sandwich* adalah 24 lembar untuk bagian lambung dan 16 lembar untuk bagian geladak. Cara menghitung adalah dengan membagi antara luasan lambung dengan luasan lembar untuk mendapatkan jumlah lembar yang dibutuhkan untuk bagian lambung kapal dan luasan geladak dibagi dengan luasan lembar untuk mendapatkan jumlah lembar yang dibutuhkan pada bagian geladak. Untuk harga *core material PVC*/lembar adalah sebesar Rp600,000 sehingga didapatkan kebutuhan total harga *core material PVC* yaitu sebesar Rp24,060,000 seperti pada Tabel 6.7. Sedangkan untuk kebutuhan material *fiberglass* seperti CSM 300, WR 600, resin dan katalis memiliki total biaya yang sama dengan variasi *core material* kayu Waru maupun bilah Bambu karena dalam penelitian tugas akhir ini memiliki *schedule laminasi* yang sama.

### 6.4. Perhitungan Biaya Tenaga Kerja

Dalam pembangunan kapal ikan konstruksi FRP perlu dilakukan perhitungan kebutuhan tenaga kerja yang disesuaikan dengan lama waktu produksi kapal. Pada umumnya jam kerja efektif dalam seminggu adalah 30-40 jam. Dari hasil survey dan wawancara di lapangan, tenaga kerja yang dibutuhkan dalam membangun kapal ikan FRP ukuran 10 GT sekitar 4 orang. Dalam perhitungan berikut ini tenaga kerja langsung berjumlah 4 orang, yang terdiri dari 1 orang mandor, 2 tukang dan 1 *helper*. Adapun dasar dari perhitungan ini adalah nilai produktivitas :

- Pekerjaan laminasi bagian lambung adalah 6 JO/m<sup>2</sup>
- Pekerjaan laminasi bagian geladak adalah 6 JO/m<sup>2</sup>

Tabel 6.8 Waktu proses produksi kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT

No	Jenis Pekerjaan	Man Power			Waktu Pengerjaan		Kebutuhan JO	
		M	T	H				
1	Pembuatan Cetakan	1	2	1	32	Jam	128	JO
2	Cetak Lambung dan Geladak	1	2	1				
	> Pembersihan Cetakan dan Pemolesan Wax				3.2	Jam	12.8	JO
	> Pengolesan gelcoat dan PVA				4.8	Jam	19.2	JO
	> Proses Laminasi <i>Sandwich</i> CSM 300, WR 600 dan <i>Core material</i>				80	Jam	320	JO
	> Pemasangan Konstruksi				5	Jam	20	JO
	> Lepas Cetakan				8	Jam	32	JO
3	Proses Assembly Geladak	1	2	1	24	Jam	96	JO
4	Finisihing	1	2	1				
	> Proses Pendempulan				24	Jam	96	JO
	> Proses Pengecatan Kapal				32	Jam	128	JO
<b>Total Lama Waktu Pengerjaan</b>					213	Jam	852	JO

Tabel 6.8 menjelaskan tentang kebutuhan jam orang dalam pekerjaan pembangunan kapal ikan FRP ukuran 10GT dengan jumlah 4 orang tenaga kerja. Dengan formasi ini dapat dihitung bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kapal ikan konstruksi FRP adalah 213 jam atau sekitar 35 hari. Dari perhitungan waktu pengerjaan kapal dapat dilakukan perhitungan biaya tenaga kerja langsung yang dibutuhkan. Biaya tenaga kerja langsung adalah biaya yang digunakan untuk membiayai upah tenaga kerja yang langsung terkait dengan proses pembangunan kapal ikan konstruksi FRP. Standar upah tenaga kerja per jam diperoleh dari wawancara dan survey lapangan. Rekapitulasi biaya tenaga kerja langsung dapat dilihat pada Tabel 6.8.

Tabel 6.9 Biaya tenaga kerja

Jabatan	Jumlah Orang	Jam	JO	Biaya/Jam	Total Biaya
Mandor	1	213	213	Rp 30,000	Rp 6,390,000
Tukang Fiberglass dan Kayu	2	213	426	Rp 25,000	Rp 10,650,000
Helper	1	213	213	Rp 20,000	Rp 4,260,000
<b>Total Biaya Tenaga Kerja</b>					<b>Rp 21,300,000</b>

Dari Tabel 6.9 dapat dilihat bahwa biaya per jam untuk mandor adalah sebesar Rp 30,000.00, untuk tukang *fiberglass* dan kayu memiliki harga per jam sebesar Rp25,000.00 dan untuk seorang *helper* atau pembantu memiliki harga per jam sebesar Rp20,000.00. Jumlah total pekerja untuk pembangunan kapal ikan FRP adalah 4 orang di mana 1 orang sebagai mandor,

2 orang sebagai tukang *fiberglass* dan kayu dan 1 orang lagi sebagai *helper* atau pembantu. Total biaya tenaga kerja langsung adalah sebesar Rp 21,300,000.00.

### 6.5. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal Ikan FRP 10 GT

Dalam Tugas Akhir ini tidak hanya membahas biaya pembangunan kulit lambung kapal ikan dengan konstruksi *sandwich* yang menggunakan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu, tetapi juga akan membahas tentang perhitungan biaya pembangunan kulit lambung kapal ikan konstruksi *sandwich* yang menggunakan *core material* PVC. Hal itu dilakukan untuk membandingkan perhitungan ekonomis dari penelitian pada Tugas Akhir ini.

Tabel 6.10 Biaya pembangunan kapal ikan FRP 10 GT menggunakan *core material* kayu Waru

Core material Kayu Waru		
No	Item	Total Sub Biaya
1	Biaya Material Cetakan	Rp 20,000,000
2	Biaya Material Utama	Rp 77,021,500
3	Biaya Tenaga Kerja	Rp 21,300,000
4	Biaya Overhead	Rp 11,832,150
Total Biaya		Rp 130,153,650

Berdasarkan Tabel 6.10 didapatkan total biaya pembangunan kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT yang menggunakan *core material* kayu Waru sebesar Rp130,153,650. Total biaya untuk material utama pada pembangunan kapal ikan FRP 10 GT adalah Sebesar Rp77,021,500. Biaya untuk membuat material cetakan adalah sebesar Rp20,000,000, untuk biaya tenaga kerja adalah sebesar Rp21,300,000 dan biaya *overhead* adalah sebesar Rp11,832,150.

Tabel 6.11 Biaya pembangunan kapal ikan FRP 10 GT menggunakan *core material* bilah Bambu

Core material Bilah Bambu		
No	Item	Total Sub Biaya
1	Biaya Material Cetakan	Rp 20,000,000
2	Biaya Material Utama	Rp 68,179,300
3	Biaya Tenaga Kerja	Rp 21,300,000
4	Biaya Overhead	Rp 10,947,930
Total Biaya		Rp 120,427,230

Total biaya pembangunan kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT yang menggunakan *core material* kayu Waru sebesar Rp120,427,230. Total biaya untuk material utama pada pembangunan kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT adalah Sebesar Rp68,179,300. Biaya untuk membuat material cetakan adalah sebesar Rp20,000,000, untuk biaya tenaga kerja adalah sebesar Rp21,300,000 dan untuk biaya *overhead* adalah sebesar Rp10,947,930. Rincian biaya dapat dilihat pada Tabel 6.11.

Tabel 6.12 Biaya pembangunan kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT menggunakan *core material* PVC

Core material PVC		
No	Item	Total Sub Biaya
1	Biaya Material Cetakan	Rp 20,000,000
2	Biaya Material Utama	Rp 89,293,000
3	Biaya Tenaga Kerja	Rp 21,300,000
4	Biaya Overhead	Rp 13,059,300
Total Biaya		Rp 143,652,300

Tabel 6.12 menunjukkan total biaya pembangunan kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT yang menggunakan *core material* PVC sebesar Rp143,652,300. Total biaya untuk material utama pada pembangunan kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT adalah sebesar Rp89,293,300. Biaya untuk membuat material cetakan adalah sebesar Rp20,000,000, untuk biaya tenaga kerja adalah sebesar Rp21,300,000 dan untuk biaya material dan alat penunjang adalah sebesar Rp13,059,300.

## 6.6. Perbandingan Ekonomis Biaya Pembangunan Kapal Ikan FRP 10 GT

Berdasarkan data dari perhitungan biaya ekonomis pembangunan kulit lambung kapal ikan FRP dengan konstruksi *sandwich* dengan variasi penggunaan *core material* kayu Waru dan bilah Bambu, kemudian perhitungan tersebut dapat dibandingkan dengan perhitungan ekonomis pembangunan kulit lambung kapal ikan yang menggunakan *core material* PVC.

Tabel 6.13 Perbandingan total biaya pembangunan kulit lambung kapal ikan FRP 10 GT

Material	Harga (Rp)	Harga Core PVC (Rp)	Selisih Harga	Presentase (%)
Core material Kayu Waru	Rp 130,153,650	Rp 143,652,300	Rp 13,498,650	9.40
Core material Bilah Bambu	Rp 120,427,230		Rp 23,225,070	16.17

Dari Tabel 6.13 dapat dilihat bahwa pembangunan kapal ikan FRP 10 GT dengan konstruksi *sandwich* yang menggunakan *core material* bilah Bambu dan kayu Waru lebih murah dibandingkan dengan *core material* yang menggunakan PVC. Selisih biaya yang menggunakan *core material* kayu Waru dengan PVC adalah sebesar 9,40 % atau sebesar Rp13,498,650. Sedangkan Selisih biaya antara *core material* bilah Bambu dengan PVC adalah sebesar 16,17 % atau sebesar Rp23,225,070.

## **BAB 7**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1. Kesimpulan**

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

1. Berdasarkan hasil pengujian tarik dan tekuk dapat disimpulkan bahwa semakin tebal *core material* yang digunakan sebagai bahan penyusun komposit *sandwich* mengalami penurunan kekuatan tarik dan kekuatan tekuk. Nilai penurunan kuat tarik dan kuat tekuk untuk laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* Kayu Waru adalah sebesar 7,25% dan 13,29%. Sedangkan nilai penurunan kuat tarik dan kuat tekuk untuk laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* bilah Bambu adalah sebesar 5,25% dan 6,73%.
2. Berdasarkan hasil pengujian laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* Bilah Bambu memenuhi persyaratan tegangan izin oleh BKI dengan nilai rata-rata kuat tarik 118,98 MPa dan nilai rata-rata kuat tekuk sebesar 216,63 MPa . Sedangkan untuk laminasi *sandwich* yang menggunakan *core material* Kayu Waru tidak memenuhi persyaratan tegangan izin oleh BKI dengan nilai rata-rata kuat tarik sebesar 82,03 MPa dan nilai rata-rata kuat tekuk sebesar 141,07 MPa .
3. Perhitungan analisa ekonomis pada Tugas Akhir ini, total biaya pembangunan kapal ikan FRP 10 GT dengan konstruksi *sandwich* lebih murah menggunakan *core material* bilah Bambu dan bilah Waru apabila dibandingkan dengan *core material* PVC. Selisih total biaya pembangunan adalah sebesar 9,40 % atau sebesar Rp13,498,650 untuk *core material* Kayu Waru. Sedangkan selisih total biaya pembangunan kapal ikan FRP 10 GT yang menggunakan *core material* bilah Bambu adalah sebesar 16,17 % atau Rp23,225,070.

#### **7.2. Saran**

1. Pada penelitian ini, *core material* yang digunakan adalah kayu Waru dan bilah Bambu. Untuk selanjutnya dapat dilakukan penelitian menggunakan *core material* PVC atau lainnya.
2. Penelitian ini menggunakan resin dengan jenis yukalac 157. Untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan eksperimen menggunakan jenis resin epoksi atau lainnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Bader, S. (2002). *Composites Handbook*. Wollaston: Scott Bader CoMPany Ltd.
- Basri, E. (2012). *Konsep Dasar Pengeringan Kayu*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2016). *Volume V Rules For Fiberglass Reinforced Plastic*. Jakarta: Biroklasifikasi Indonesia.
- Catur, A. D. (2014). *Sifat Mekanik Komposit Sandwich Berpenguat Serat Bambu Fiberglass dengan Core material Polyurethane Rigid Foam*. mataram: universitas mataram.
- Crips, D. (2015, Mei 15). *Resin Types*. Retrieved from Net Composite Now: <http://www.netcmposites.com/guide-tools/resin-system/resin-types/>
- Heyne. (1987). *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Kehutanan Indonesia.
- Menteri Kelautan dan Perikanan. (2010). *Nomor PER 05/MEN/2008*. Indoneisa: Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.
- Nayiroh, N. (2013). *Teknologi Material Komposit*. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.
- Nugroho, A. P. (2012). *Optimasi Tata Letak Area Produksi Galangan Kapal Fiberglass*. Depok: Universitas Indonesia.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2002). *No. 51 Tahun 2002 Tentang Perkapalan*. Indonesia: Pemerintah Republik Indonesia.
- Permana, R. D., & Supomo, H. (2018). Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangunan Kapal Ikan Menggunakan Laminasi Hybrid Antara Bambu Ori Dengan Kayu Sonokembang Dengan Variasi Arah Serat. *Jurnal Teknik POMITS*, 2-6.
- Picswe. (2019, Mei 15). *Sandwich Contruction*. Retrieved from [www.picswe.net](http://www.picswe.net): <https://picswe.net/pics/sandwich-construction-d7.html>
- Ship Structure Comittee. (1990). *Use of Fiber Reinforced Plastic In The Marine Industry*. Washington DC: Ship Structure Comittee.
- Supomo, H. (2016). *Studi Penggunaan Bambu sebagai Material Alternatif untuk Bahan Pembuatan Kapal Ikan dengan Metode Cold Press Planking System*. Surabaya: ITS.
- Syamsuhidayat, S. S., & Hutapea, J. R. (1991). *Inventaris Tumbuhan Obat Indonesia*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- West System. (2011). *Fibrglass Boat Repair & Maitenance*. Bay City: Gouurgeon Brothers Inc.

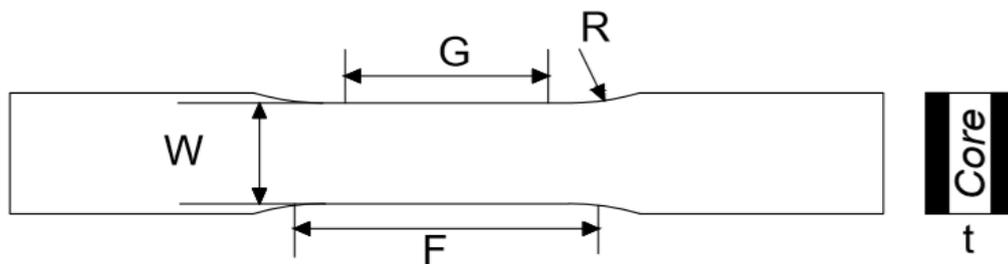
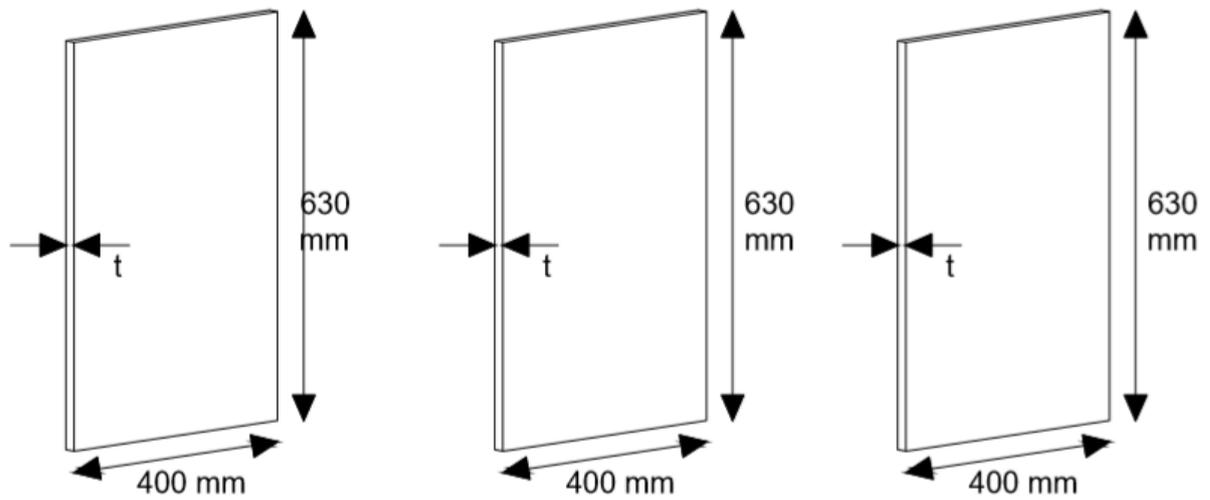


## LAMPIRAN

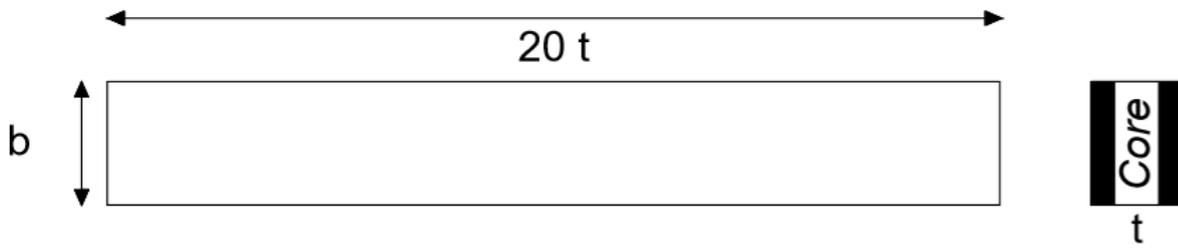
- Lampiran A Desain Eksperimen
- Lampiran B Perhitungan Konstruksi
- Lampiran C Hasil Uji Tarik Spesimen
- Lampiran D Hasil Uji Tekuk Spesimen
- Lampiran E Grafik Hasil Uji Tarik
- Lampiran F Grafik Hasil Uji Tekuk
- Lampiran G Diagram Perbandingan MOE, MOR, *Stress* dan *Strain*.
- Lampiran H Kurva *Stress – Strain*
- Lampiran I Kurva MOR - *Deflection*
- Lampiran J Perhitungan Ekonomis

**LAMPIRAN A**  
**DESAIN EKSPERIMEN**

## DESAIN EKSPERIMEN



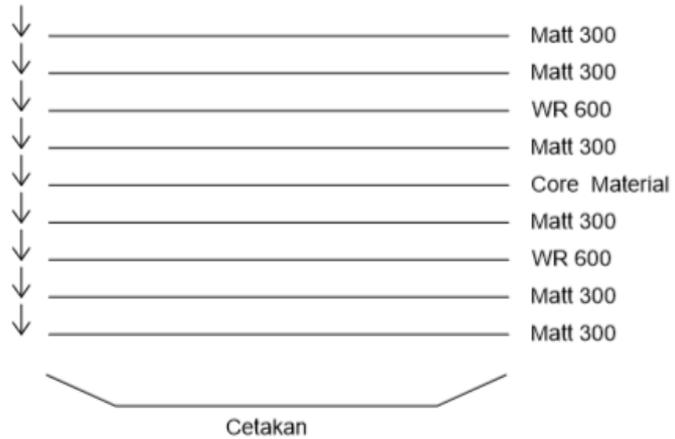
Dimensi Menurut Guidance BKI	
$t$	Original Thickness
$F$	$60 \pm 0.5$ mm
$G$	$50 \pm 0.5$ mm
$W$	25 mm or more
$R$	60 mm or more



Dimensi Menurut Guidance BKI	
t (mm)	b (mm)
Not more than 20	$30 \pm 0.5$
Over 20 but not more than 35	$50 \pm 0.5$
Over 35 but not more than 50	$80 \pm 0.5$

### Konfigurasi Laminasi

Ketebalan Laminasi Menurut Guidance BKI	
Jenis Material	Ketebalan (mm)
CSM 300 ( 6 )	$6 \times 0.75$
WR 600 ( 2 )	$2 \times 0.96$
Core Material	2
Total Tebal lapisan	8.42





**LAMPIRAN B**  
**PERHITUNGAN KONSTRUKSI**

			KAPAL IKAN KONSTRUKSI FRP 5 GT		Main Dimension															
			Nama kapal : Type kapal : KAPAL IKAN FRP Sistem konstruksi : Melintang		L = 11.00 m H = 0.95 m B = 2.60 m T = 0.60 m															
			<b>Perhitungan Konstruksi Kapal Fiber dari BKI <i>Fiberglass Reinforced Plastic</i></b>																	
Bagian			<b>DEFINISI-DEFINISI &amp; UKURAN UTAMA</b>		Halaman : 1															
BAB	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian		Hasil															
I	C	7.1	<b>Tabel Setiap Laminasi</b>  $t = \frac{W_G}{10 \cdot Y_R \cdot G} + \frac{W_G}{1000 \cdot Y_G} - \frac{W_G}{1000 \cdot Y_R} \text{ (mm)}$  Dimana : $W_G$ = Berat yang didesain per unit area dari CSM atau WR atau Multiaxial ( $gr/m^2$ ) $G$ = Glass Content dari laminasi (rasio dalam berat) (%) $Y_R$ = Berat jenis dari cured resin $Y_G$ = Berat jenis CSM atau WR atau Multiaxial																	
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Jenis Material</th> <th>Glass Content</th> <th>Specific Gravity</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CSM</td> <td>30 (%)</td> <td>1.40</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>WR</td> <td>45 (%)</td> <td>1.60</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Resin Polyester</td> <td>-</td> <td>1.28</td> </tr> </tbody> </table>	No	Jenis Material	Glass Content	Specific Gravity	1	CSM	30 (%)	1.40	2	WR	45 (%)	1.60	4	Resin Polyester	-	1.28	
No	Jenis Material	Glass Content	Specific Gravity																	
1	CSM	30 (%)	1.40																	
2	WR	45 (%)	1.60																	
4	Resin Polyester	-	1.28																	
			<b><u>Chopped Strand Matt 300</u></b>  $W_G = 300 \text{ gr/m}^2$ $t = \frac{300}{10 \cdot 1,28 \cdot 30} + \frac{300}{1000 \cdot 1,4} - \frac{300}{1000 \cdot 1,28}$ $= 0.76 \text{ mm}$ Jadi tebal tiap lapisan CSM = 0.76 mm		t CSM 0.76 mm															
			<b><u>Woven Roving 600</u></b>  $W_G = 600 \text{ gr/m}^2$ $t = \frac{600}{10 \cdot 1,28 \cdot 45} + \frac{600}{1000 \cdot 1,6} - \frac{600}{1000 \cdot 1,28}$ $= 0.95 \text{ mm}$ Jadi tebal tiap lapisan WR 6 = 0,95 mm		t WR :0.95 mm															
5	A	9	<b><u>Gelcoat</u></b> Standart ketebalan dari gelcoat adalah 0.5 mm																	



Bagian			Perhitungan / Uraian				Hasil																								
BAB Ps Ayat			Perhitungan / Uraian				Hasil																								
8 B 1			<p style="text-align: center;"><b>Perhitungan Konstruksi Geladak</b></p> <p><b>Tebal Geladak</b> Tebal laminasi geladak tidak boleh kurang dari :</p> $t_D = 4,8 \cdot a \cdot \sqrt{p}$ <p style="text-align: right;">di mana :</p> <p style="text-align: center;">a : Frame spacing  </p> $p = 0,5 \cdot L + 4,6$ $p = 0,5 \cdot 12 + 4,6$ $p = 10,60$ $t_D = 4,8 \cdot a \cdot \sqrt{10,1}$ $t_D = 7,63 \text{ mm}$				$t_D = 7,63 \text{ mm}$																								
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Jenis Serat</th> <th>Tebal Tiap Lapis</th> <th>Banyak Lapisan</th> <th>Total Tebal Tiap Lapis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gelcoat</td> <td>0.50 mm</td> <td>1 Lapisan</td> <td>0.50 mm</td> </tr> <tr> <td>CSM 300</td> <td>0.75 mm</td> <td>2 Lapisan</td> <td>1.50 mm</td> </tr> <tr> <td>WR 600</td> <td>0.96 mm</td> <td>2 Lapisan</td> <td>1.92 mm</td> </tr> <tr> <td>Core Mat</td> <td>4.00 mm</td> <td>1 Lapisan</td> <td>4.00 mm</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td></td> <td><b>6 Lapisan</b></td> <td><b>7.92 mm</b></td> </tr> </tbody> </table>				Jenis Serat	Tebal Tiap Lapis	Banyak Lapisan	Total Tebal Tiap Lapis	Gelcoat	0.50 mm	1 Lapisan	0.50 mm	CSM 300	0.75 mm	2 Lapisan	1.50 mm	WR 600	0.96 mm	2 Lapisan	1.92 mm	Core Mat	4.00 mm	1 Lapisan	4.00 mm	<b>Total</b>		<b>6 Lapisan</b>	<b>7.92 mm</b>	
Jenis Serat	Tebal Tiap Lapis	Banyak Lapisan	Total Tebal Tiap Lapis																												
Gelcoat	0.50 mm	1 Lapisan	0.50 mm																												
CSM 300	0.75 mm	2 Lapisan	1.50 mm																												
WR 600	0.96 mm	2 Lapisan	1.92 mm																												
Core Mat	4.00 mm	1 Lapisan	4.00 mm																												
<b>Total</b>		<b>6 Lapisan</b>	<b>7.92 mm</b>																												
I C 5			<p style="text-align: center;"><b>Perhitungan Konstruksi Gading, Balok dan Pembujur</b></p> <p><b>Tebal Gading</b> Tebal Web dan Face tidak boleh kurang dari :</p> $\text{Tebal Web} = 0.034 \cdot h \cdot k \quad h = \text{Tinggi Web} = 60 \text{ mm}$ $\text{Tebal Face} = 0.034 \cdot b \cdot k \quad b = \text{Lebar Web} = 80 \text{ mm}$ $k = 1$ $\text{Tebal Web} = 0.034 \cdot h \cdot k$ $\text{Tebal Web} = 2.04 \text{ mm}$ $\text{Tebal Face} = 0.05 \cdot b \cdot k$ $\text{Tebal Face} = 4 \text{ mm}$ <p>Jadi tebal gading diambil yang terbesar yaitu 4 mm</p> <p>Susunan Laminasi</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Jenis Serat</th> <th>Tebal Tiap Lapis</th> <th>Banyak Lapisan</th> <th>Total Tebal Tiap Lapis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CSM 300</td> <td>0.75 mm</td> <td>3 Lapisan</td> <td>2.25 mm</td> </tr> <tr> <td>WR 600</td> <td>0.96 mm</td> <td>2 Lapisan</td> <td>1.92 mm</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td></td> <td><b>5 Lapisan</b></td> <td><b>4.17 mm</b></td> </tr> </tbody> </table>				Jenis Serat	Tebal Tiap Lapis	Banyak Lapisan	Total Tebal Tiap Lapis	CSM 300	0.75 mm	3 Lapisan	2.25 mm	WR 600	0.96 mm	2 Lapisan	1.92 mm	<b>Total</b>		<b>5 Lapisan</b>	<b>4.17 mm</b>	$t_G = 4 \text{ mm}$								
Jenis Serat	Tebal Tiap Lapis	Banyak Lapisan	Total Tebal Tiap Lapis																												
CSM 300	0.75 mm	3 Lapisan	2.25 mm																												
WR 600	0.96 mm	2 Lapisan	1.92 mm																												
<b>Total</b>		<b>5 Lapisan</b>	<b>4.17 mm</b>																												
			<p><b>Tebal Balok Geladak</b> Tebal Web dan Face tidak boleh kurang dari :</p> $\text{Tebal Web} = 0.034 \cdot h \cdot k \quad h = \text{Tinggi Web} = 60 \text{ mm}$ $\text{Tebal Face} = 0.034 \cdot b \cdot k \quad b = \text{Lebar Web} = 80 \text{ mm}$ $k = 1$ $\text{Tebal Web} = 0.034 \cdot h \cdot k$ $\text{Tebal Web} = 2.04 \text{ mm}$ $\text{Tebal Face} = 0.05 \cdot b \cdot k$ $\text{Tebal Face} = 4 \text{ mm}$ <p>Jadi tebal balok geladak diambil yang terbesar yaitu 4 mm</p> <p>Susunan Laminasi</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Jenis Serat</th> <th>Tebal Tiap Lapis</th> <th>Banyak Lapisan</th> <th>Total Tebal Tiap Lapis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CSM 300</td> <td>0.75 mm</td> <td>3 Lapisan</td> <td>2.25 mm</td> </tr> <tr> <td>WR 600</td> <td>0.96 mm</td> <td>2 Lapisan</td> <td>1.92 mm</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td></td> <td><b>5 Lapisan</b></td> <td><b>4.17 mm</b></td> </tr> </tbody> </table>				Jenis Serat	Tebal Tiap Lapis	Banyak Lapisan	Total Tebal Tiap Lapis	CSM 300	0.75 mm	3 Lapisan	2.25 mm	WR 600	0.96 mm	2 Lapisan	1.92 mm	<b>Total</b>		<b>5 Lapisan</b>	<b>4.17 mm</b>									
Jenis Serat	Tebal Tiap Lapis	Banyak Lapisan	Total Tebal Tiap Lapis																												
CSM 300	0.75 mm	3 Lapisan	2.25 mm																												
WR 600	0.96 mm	2 Lapisan	1.92 mm																												
<b>Total</b>		<b>5 Lapisan</b>	<b>4.17 mm</b>																												



			KAPAL IKAN KONSTRUKSI FRP 5 GT				Main Dimension			
			Nama kapal :				L = 12.00 m			
			Type kapal :		KAPAL IKAN FRP		H = 1.20 m			
			Sistem konstruksi :		Melintang		B = 2.80 m			
			<b>Perhitungan Konstruksi Kapal Fiber dari BKI <i>Fiberglass Reinforced Plastic</i></b>				T = 0.60 m			
Bagian			<b>DEFINISI-DEFINISI &amp; UKURAN UTAMA</b>				Halaman : 5			
BAB	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian				Hasil			
			<b><u>Perhitungan Konstruksi Sekat, Floor dan Girder</u></b>							
13	B	1	<b>Tebal Sekat</b>							
			$t_f = 12 \cdot a \cdot \sqrt{h}$							
			Di mana : a = jarak penumpu							
			h = jarak vertikal dasar sekat hingga geladak							
			h = 1.2 m							
			$t_f = 12 \cdot 0.25 \cdot \sqrt{1.2}$							
			$t_f = 3.29 \text{ mm}$					$t_f = 3.29 \text{ mm}$		
			Susunan Laminasi							
					<b>Jenis Serat</b>	<b>Tebal Tiap Lapis</b>	<b>Banyak Lapisan</b>	<b>Total Tebal Tiap Lapis</b>		
					CSM 300	0.75 mm	2 Lapisan	1.50 mm		
					WR 600	0.96 mm	2 Lapisan	1.92 mm		
					Total		4 Lapisan	3.42 mm		
			I	C	5	<b><u>Tebal Penegar Sekat</u></b>				
Tebal Web dan Face tidak boleh kurang dari :										
Tebal Web = 0.034.h.k		h = Tinggi Web = 60 mm								
Tebal Face = 0.034.b.k		b = Lebar Web = 80 mm								
						k = 1				
Tebal Web = 0.034.h.k										
Tebal Web = 2.04 mm										
Tebal Face = 0.05.b.k										
Tebal Face = 4 mm										
Jadi tebal penegar sekat diambil yang terbesar yaitu 4 mm						$t = 4 \text{ mm}$				
		<b>Jenis Serat</b>				<b>Tebal Tiap Lapis</b>	<b>Banyak Lapisan</b>	<b>Total Tebal Tiap Lapis</b>		
		CSM 300				0.75 mm	3 Lapisan	2.25 mm		
		WR 600				0.96 mm	2 Lapisan	1.92 mm		
		Total		5 Lapisan	4.17 mm					
10	B	1	<b><u>Tebal Side girder</u></b>							
			Tebal Web Side Girder tidak boleh kurang dari :							
			$t = 0.3.L + 3.5$							
			$t = 0.3 \times 12 + 3.5$							
			$t = 7.1 \text{ mm}$							
			Tebal Face Side Girder tidak boleh kurang dari :							
			$t = 0.3.L + 3.5$							
			$t = 0.3 \times 12 + 3.5$							
			$t = 7.1 \text{ mm}$							
			Jadi tebal side girder adalah 7.1 mm					$t = 7.1 \text{ mm}$		
			Susunan Laminasi							
					<b>Jenis Serat</b>	<b>Tebal Tiap Lapis</b>	<b>Banyak Lapisan</b>	<b>Total Tebal Tiap Lapis</b>		
					CSM 300	0.75 mm	8 Lapisan	6.00 mm		
		WR 600	0.96 mm	2 Lapisan	1.92 mm					
		Total		10 Lapisan	7.92 mm					

	<b>KAPAL IKAN KONSTRUKSI FRP 5 GT</b>		<b>Main Dimension</b>																																
	Nama kapal :		L = 12.00 m																																
	Type kapal : KAPAL IKAN FRP		H = 1.20 m																																
	Sistem konstruksi : Melintang		B = 2.80 m																																
<b>Perhitungan Konstruksi Kapal Fiber dari BKI <i>Fiberglass Reinforced Plastic</i></b>		T = 0.60 m																																	
<b>DEFINISI-DEFINISI &amp; UKURAN UTAMA</b>			Halaman : 6																																
Bagian																																			
BAB	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian																																
10	B	2	Hasil																																
<p><b><u>Tebal Center Girder</u></b></p> <p>Tebal Web Side Girder tidak boleh kurang dari :</p> $t = 0.4.L + 5$ $t = 0.4 \times 12 + 5$ $t = 9.8 \text{ mm}$ <p>Tebal Face Side Girder tidak boleh kurang dari :</p> $t = 0.4.L + 5$ $t = 0.4 \times 12 + 5$ $t = 9.8 \text{ mm}$ <p>Jadi tebal side girder adalah 9.8 mm</p> <p>Susunan Laminasi</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Jenis Serat</th> <th>Tebal Tiap Lapis</th> <th>Banyak Lapisan</th> <th>Total Tebal Tiap Lapis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CSM 300</td> <td>0.75 mm</td> <td>8 Lapisan</td> <td>6.00 mm</td> </tr> <tr> <td>WR 600</td> <td>0.96 mm</td> <td>4 Lapisan</td> <td>3.84 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Total</td> <td>12 Lapisan</td> <td>9.84 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p><b><u>Tebal Floor</u></b></p> $t = 0.4 \times L$ $t = 0.4 \times 12$ $t = 4.8 \text{ mm}$ <p>Jadi tebal floor adalah 4.8 mm</p> <p>Susunan Laminasi</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Jenis Serat</th> <th>Tebal Tiap Lapis</th> <th>Banyak Lapisan</th> <th>Total Tebal Tiap Lapis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CSM 300</td> <td>0.75 mm</td> <td>4 Lapisan</td> <td>3.00 mm</td> </tr> <tr> <td>WR 600</td> <td>0.96 mm</td> <td>2 Lapisan</td> <td>1.92 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Total</td> <td>6 Lapisan</td> <td>4.92 mm</td> </tr> </tbody> </table>			Jenis Serat	Tebal Tiap Lapis	Banyak Lapisan	Total Tebal Tiap Lapis	CSM 300	0.75 mm	8 Lapisan	6.00 mm	WR 600	0.96 mm	4 Lapisan	3.84 mm	Total		12 Lapisan	9.84 mm	Jenis Serat	Tebal Tiap Lapis	Banyak Lapisan	Total Tebal Tiap Lapis	CSM 300	0.75 mm	4 Lapisan	3.00 mm	WR 600	0.96 mm	2 Lapisan	1.92 mm	Total		6 Lapisan	4.92 mm	<p><math>t_f = 9.80 \text{ mm}</math></p> <p><math>t_f = 4.80 \text{ mm}</math></p>
Jenis Serat	Tebal Tiap Lapis	Banyak Lapisan	Total Tebal Tiap Lapis																																
CSM 300	0.75 mm	8 Lapisan	6.00 mm																																
WR 600	0.96 mm	4 Lapisan	3.84 mm																																
Total		12 Lapisan	9.84 mm																																
Jenis Serat	Tebal Tiap Lapis	Banyak Lapisan	Total Tebal Tiap Lapis																																
CSM 300	0.75 mm	4 Lapisan	3.00 mm																																
WR 600	0.96 mm	2 Lapisan	1.92 mm																																
Total		6 Lapisan	4.92 mm																																

**LAMPIRAN C**  
**DATA HASIL UJI TARIK SPESIMEN**

Code : W.2						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	W.2.1	24.25	9.30	225.53	20.60	26
2	W.2.2	24.36	10.21	248.72	22.20	31
3	W.2.3	24.86	10.30	256.06	24.20	27
4	W.2.4	25.15	9.58	240.94	22.20	29
5	W.2.5	24.23	10.65	258.05	23.40	21

Code : W.4						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	W.4.1	24.28	11.65	282.86	22.8	28
2	W.4.2	25.07	10.61	265.99	25.2	24
3	W.4.3	23.7	11.26	266.86	23.4	24
4	W.4.4	23.87	10.58	252.54	20.2	26
5	W.4.5	24.77	11.16	276.43	22.8	27

Code : W.6						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	W.6.1	23.41	12.67	296.60	23.80	31
2	W.6.2	24.64	12.99	320.07	26.40	29
3	W.6.3	25.03	12.82	320.88	27.20	26
4	W.6.4	24.21	13.35	323.20	24.60	23
5	W.6.5	25.14	13.06	328.33	22.40	25

Code : W.8						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	W.8.1	25.01	14.02	350.64	25.60	36
2	W.8.2	24.75	13.39	331.40	25.40	41
3	W.8.3	23.54	13.66	321.56	24.00	39
4	W.8.4	24.38	13.20	321.82	25.00	42
5	W.8.5	23.83	13.77	328.14	20.80	42

Code : B.2						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	B.2.1	24.61	8.36	205.74	34.00	29
2	B.2.2	24.21	8.56	207.24	20.60	17
3	B.2.3	24.34	8.99	218.82	21.60	19
4	B.2.4	24.50	8.49	208.01	24.20	20
5	B.2.5	24.53	9.49	232.79	34.00	22

Code : B.4						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	B.4.1	23.87	11.16	266.39	31.80	25
2	B.4.2	25.05	10.68	267.53	35.60	20
3	B.4.3	24.11	10.63	256.29	27.90	17
4	B.4.4	24.57	10.14	249.14	36.40	25
5	B.4.5	25.12	10.95	275.06	28.30	22

Code : B.6						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	B.6.1	23.58	12.9	304.182	30	22
2	B.6.2	24.12	13.49	325.3788	34.2	19
3	B.6.3	24.03	13.45	323.2035	38.4	26
4	B.6.4	25.03	13.78	344.9134	44.5	27
5	B.6.5	25.29	12.25	309.8025	36	18

Code : B.8						
No.	Code Material	Specification Sample			Tensile Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Elongation (mm)
1	B.8.1	25	14.09	352.25	41	21
2	B.8.2	25	15.46	386.5	42	20
3	B.8.3	25	14.26	356.5	35.5	21
4	B.8.4	25	15.69	392.25	59	23
5	B.8.5	25	14.09	352.25	35.5	20

**LAMPIRAN D**  
**DATA HASIL UJI TEKUK SPESIMEN**

Code : W.2						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	W.2.1	31.11	10.46	325.41	1.60	8
2	W.2.2	30.24	9.72	293.93	1.20	7
3	W.2.3	31.66	10.59	335.28	1.60	8
4	W.2.4	30.83	9.93	306.14	1.60	7
5	W.2.5	31.39	9.89	310.45	1.40	7

Code : W.4						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	W.4.1	31.08	11.21	348.41	1.40	13
2	W.4.2	31.15	11.92	371.31	2.00	16
3	W.4.3	30.11	10.88	327.60	1.00	14
4	W.4.4	30.21	10.98	331.71	1.00	14
5	W.4.5	30.09	10.35	311.43	0.80	12

Code : W.6						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	W.6.1	30.12	12.74	383.73	1.20	20
2	W.6.2	30.05	12.84	385.84	0.80	14
3	W.6.3	30.87	12.55	387.42	1.20	17
4	W.6.4	31.96	12.57	401.74	1.20	19
5	W.6.5	32.00	12.27	392.64	0.80	14

Code : W.8						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	W.8.1	32.05	15.87	508.63	1.40	28
2	W.8.2	32.25	16.69	538.25	1.60	24
3	W.8.3	31.24	15.78	492.97	1.60	26
4	W.8.4	31.06	15.93	494.79	1.20	20
5	W.8.5	30.58	16.39	501.21	1.40	28

Code : B.2						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	B.2.1	10.41	332.70	332.70	2.20	5
2	B.2.2	9.18	278.89	278.89	1.60	5
3	B.2.3	8.42	253.27	253.27	1.40	5
4	B.2.4	8.32	257.92	257.92	1.40	6
5	B.2.5	9.85	315.10	315.10	2.00	6

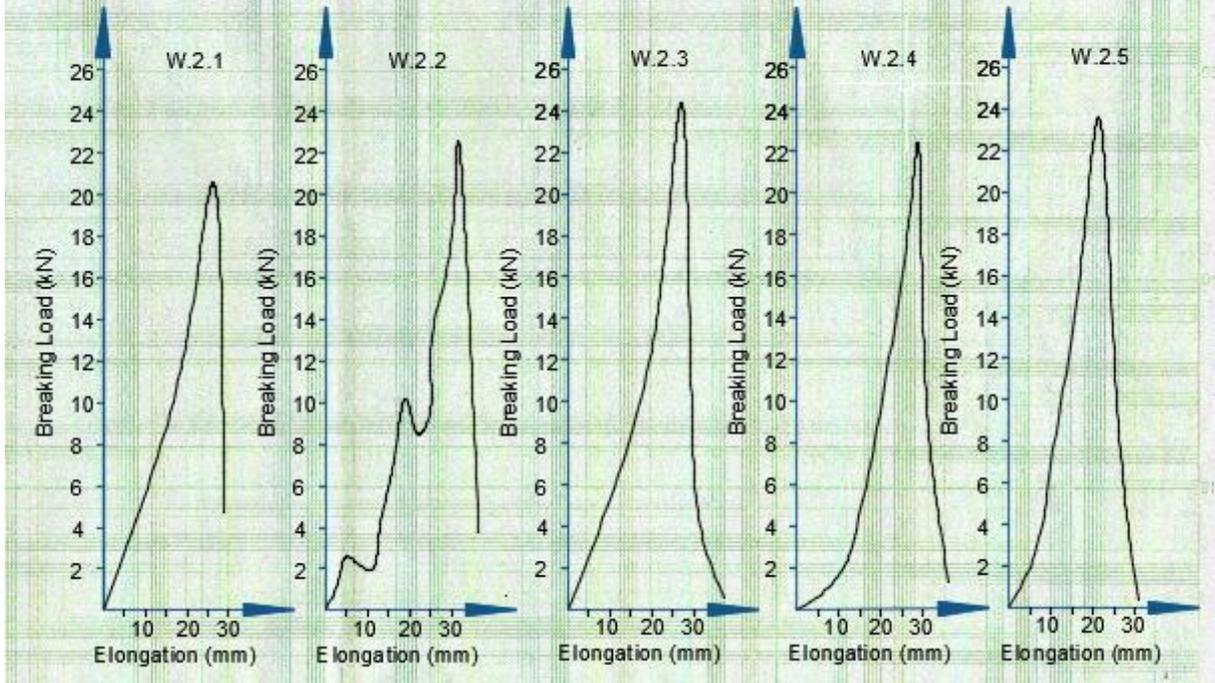
Code : B.4						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	B.4.1	31.60	11.53	364.35	2.40	9
2	B.4.2	30.00	10.67	320.10	1.60	8
3	B.4.3	30.12	10.29	309.93	1.60	7
4	B.4.4	30.54	10.15	309.98	1.20	8
5	B.4.5	30.14	10.42	314.06	1.20	7

Code : B.6						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	B.6.1	31.98	15.00	479.70	3.00	12
2	B.6.2	31.68	14.74	466.96	2.80	12
3	B.6.3	32.48	15.20	493.70	3.00	15
4	B.6.4	32.54	15.40	501.12	2.40	13
5	B.6.5	31.32	14.67	459.46	2.40	12

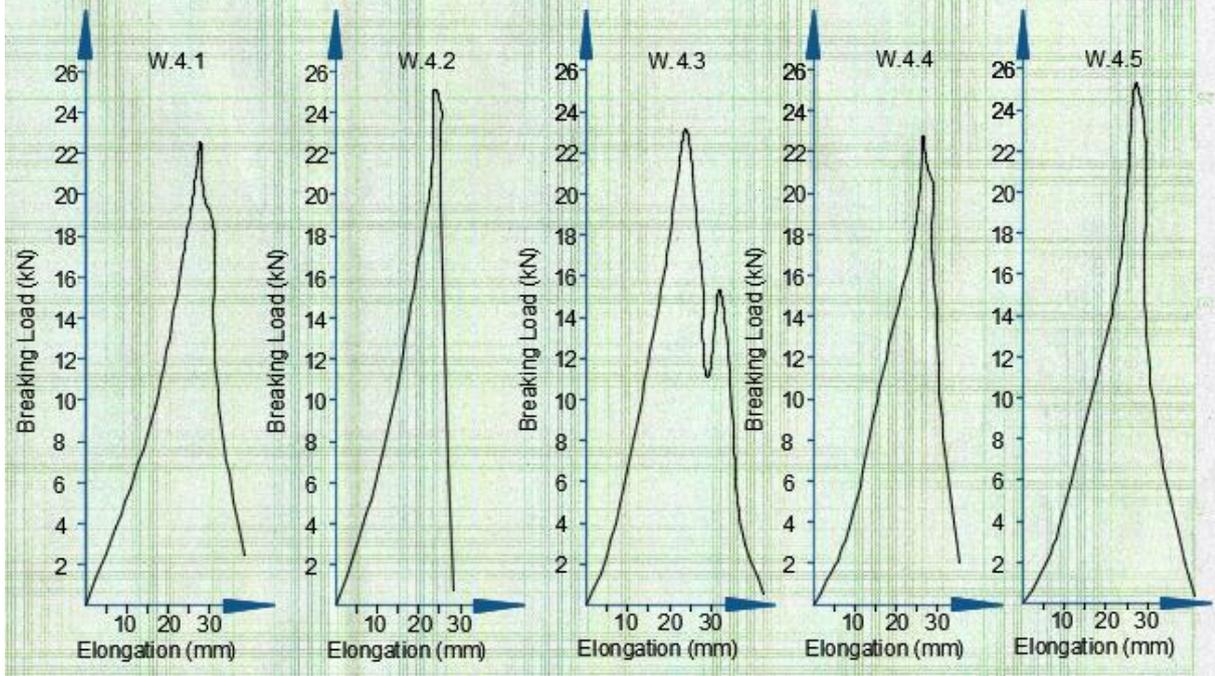
Code : B.8						
No.	Code Material	Specification Sample			Bending Test Result	
		Width (mm)	Thickness (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	Breaking Load (kN)	Deflection (mm)
1	B.8.1	32.25	16.61	535.67	2.80	14
2	B.8.2	32.29	16.59	535.69	3.20	13
3	B.8.3	31.88	16.47	525.06	2.20	13
4	B.8.4	31.74	16.76	531.96	2.80	18
5	B.8.5	31.49	16.66	524.62	2.40	16

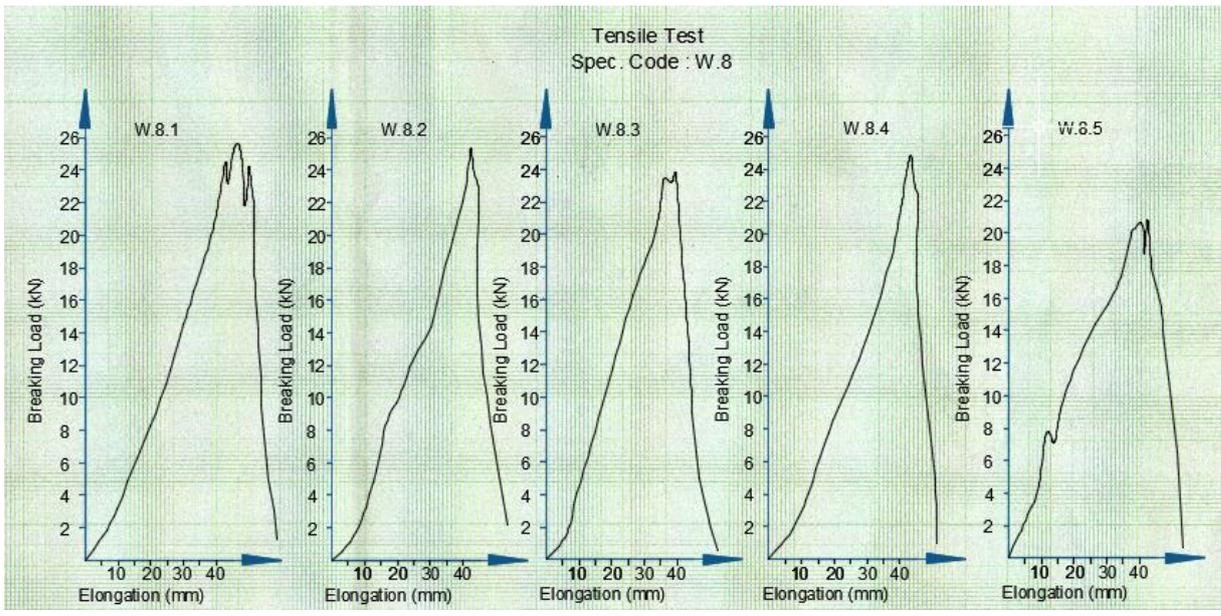
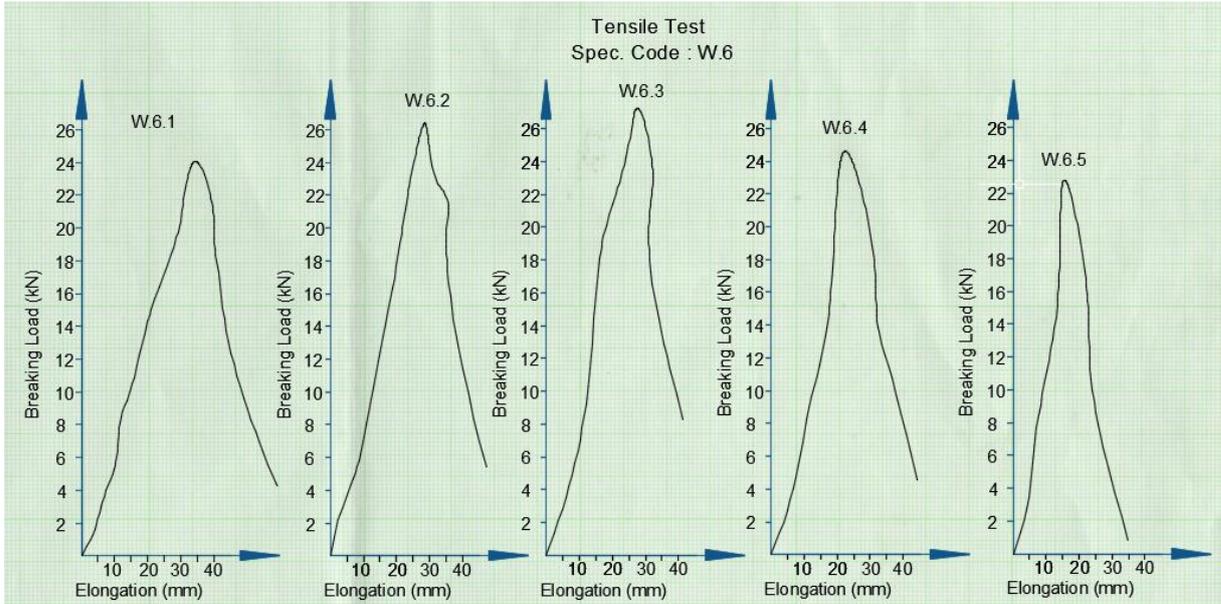
**LAMPIRAN E**  
**GRAFIK HASIL PENGUJIAN TARIK**

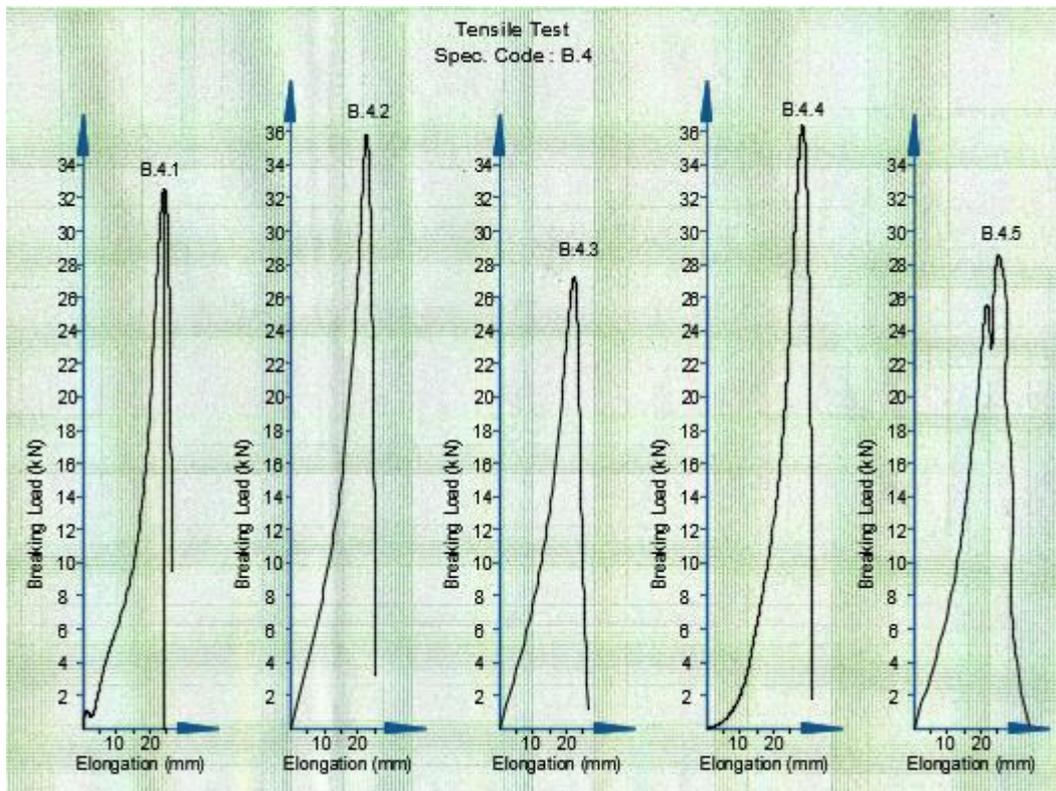
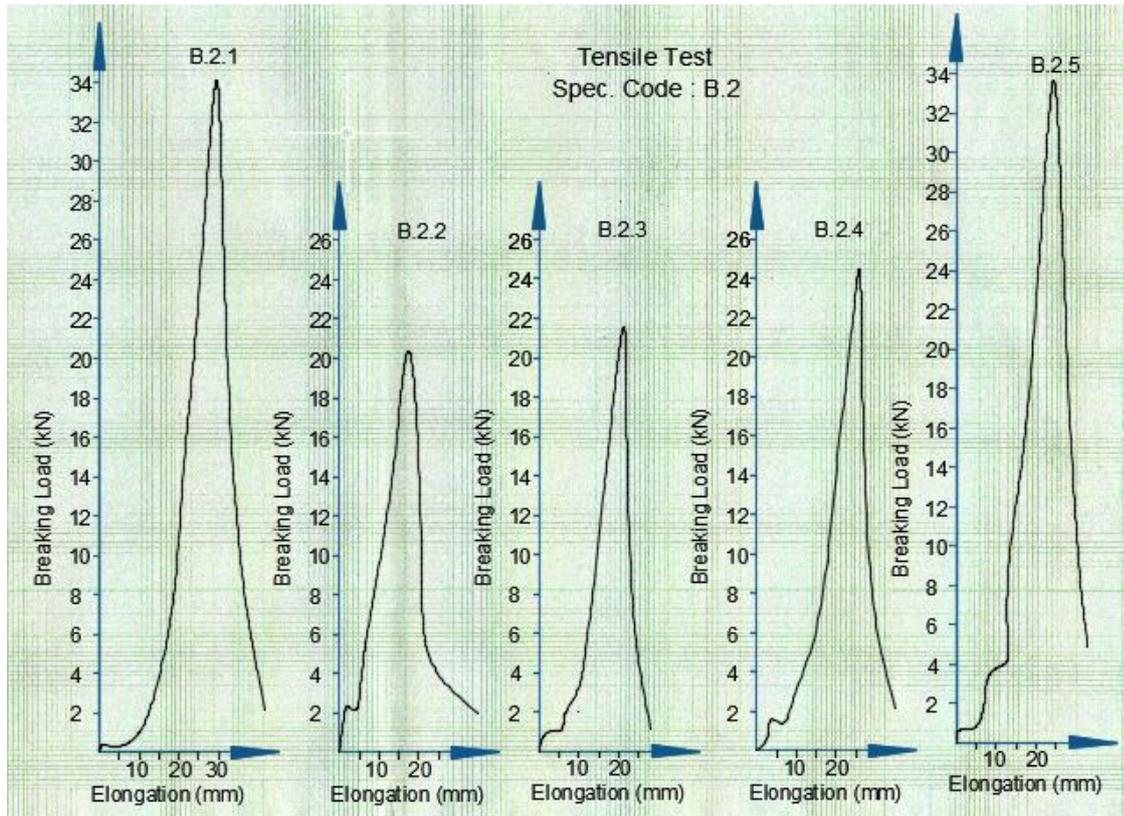
Tensile Test  
Spec. Code : W.2

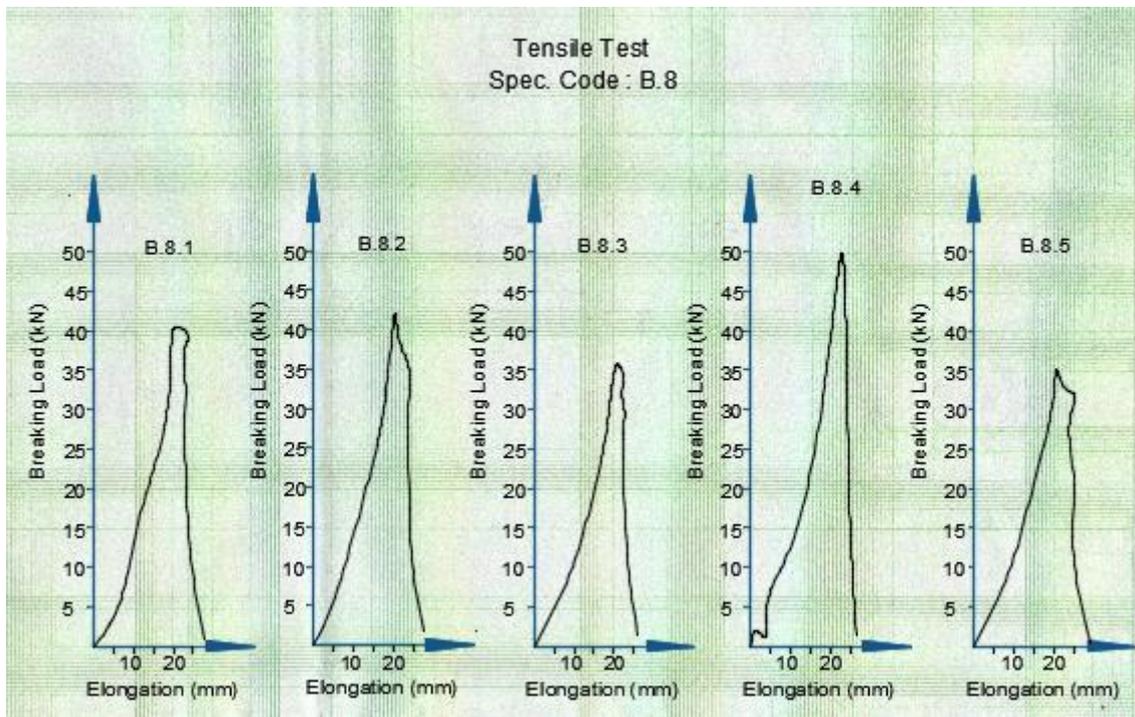
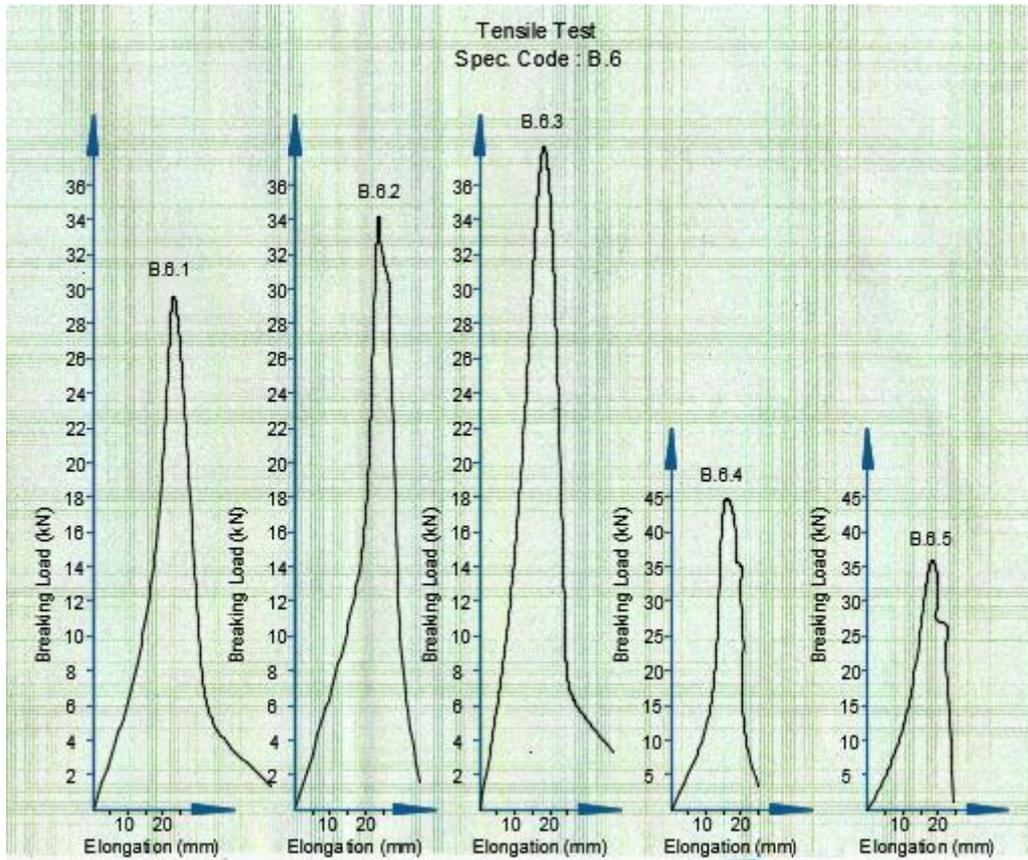


Tensile Test  
Spec. Code : W.4



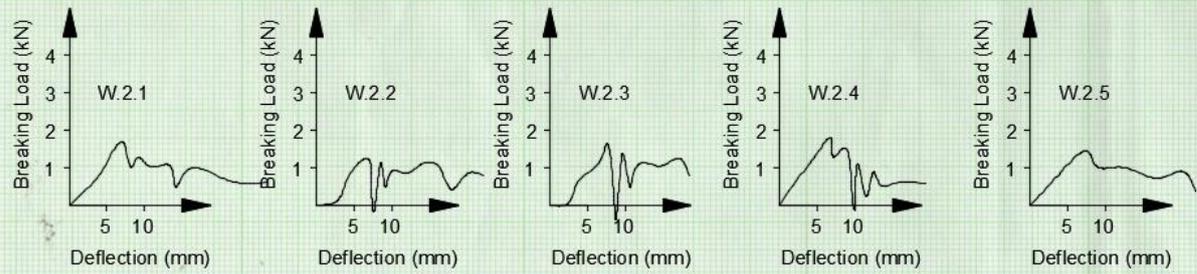




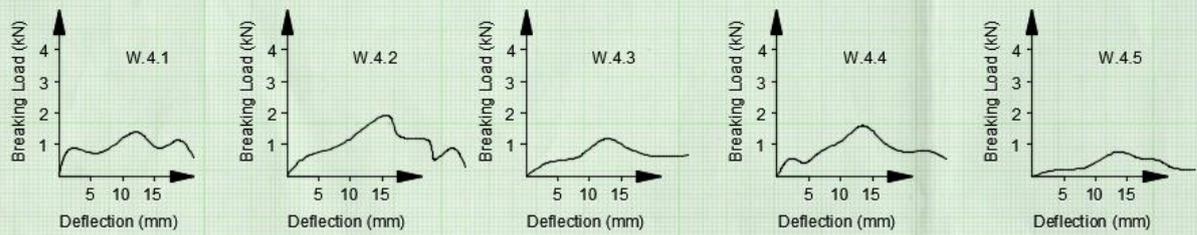


**LAMPIRAN F**  
**GRAFIK HASIL PENGUJIAN TEKUK**

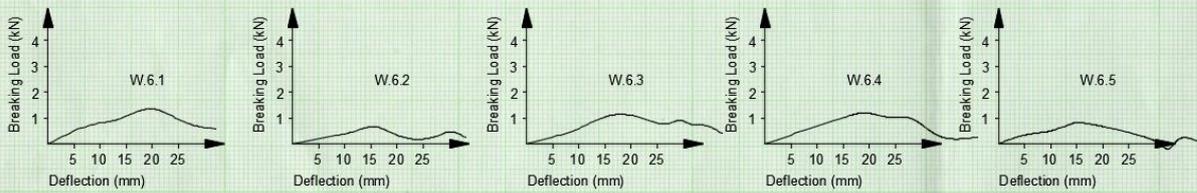
### Bending Test Spec. Code W.2



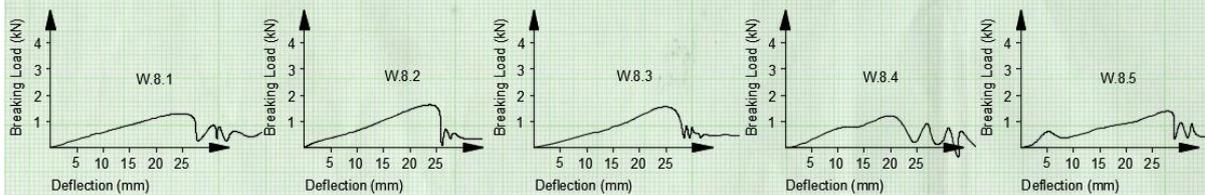
### Bending Test Spec. Code W.4



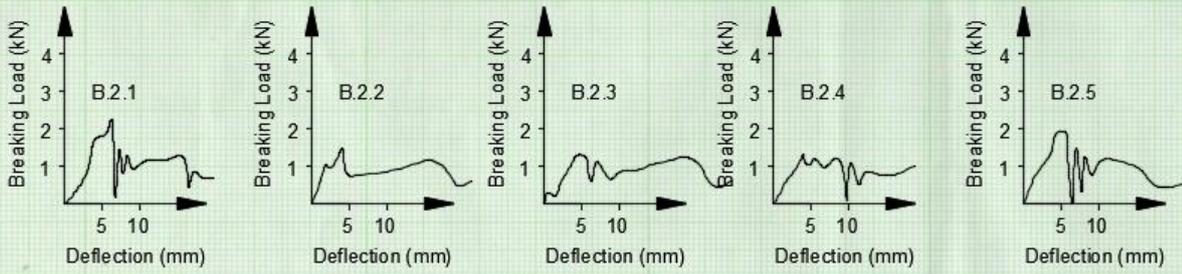
### Bending Test Spec. Code W.6



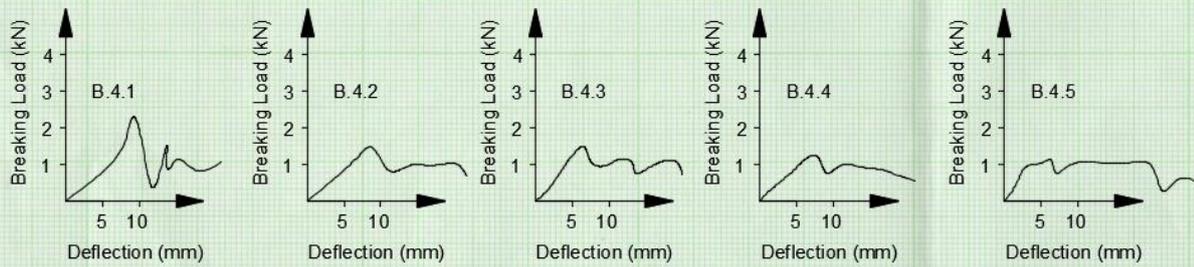
### Bending Test Spec. Code W.8



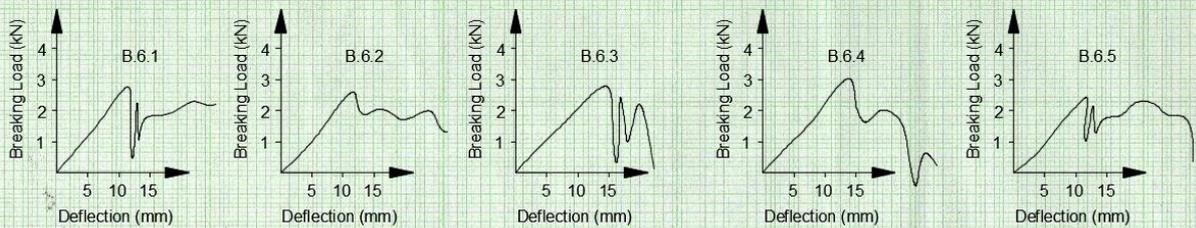
### Bending Test Spec. Code B.2



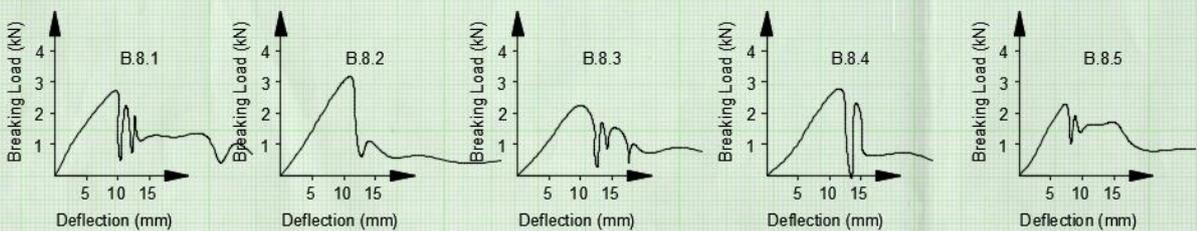
### Bending Test Spec. Code B.4



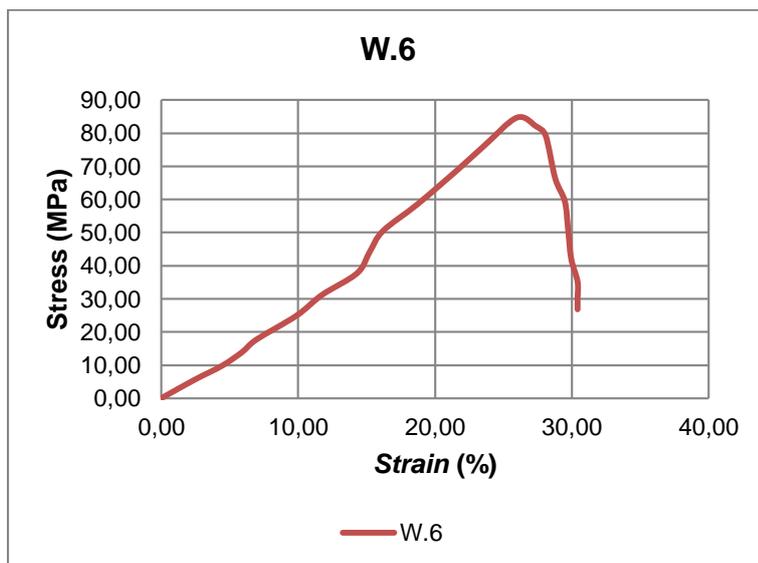
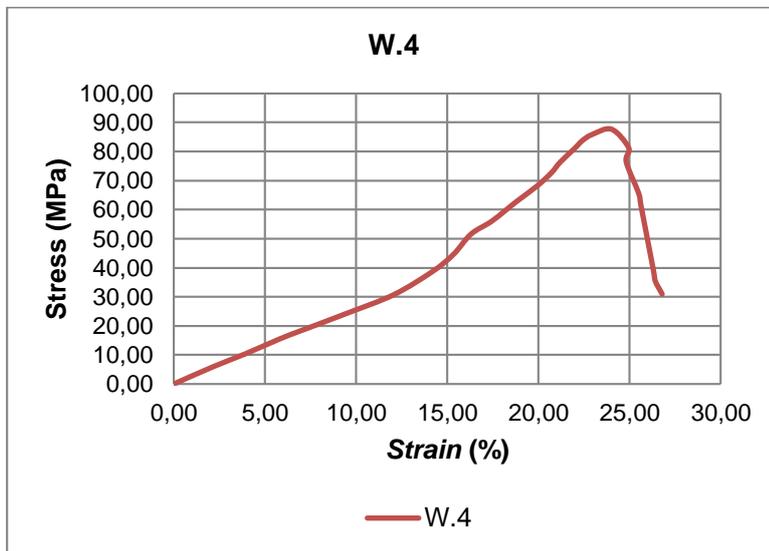
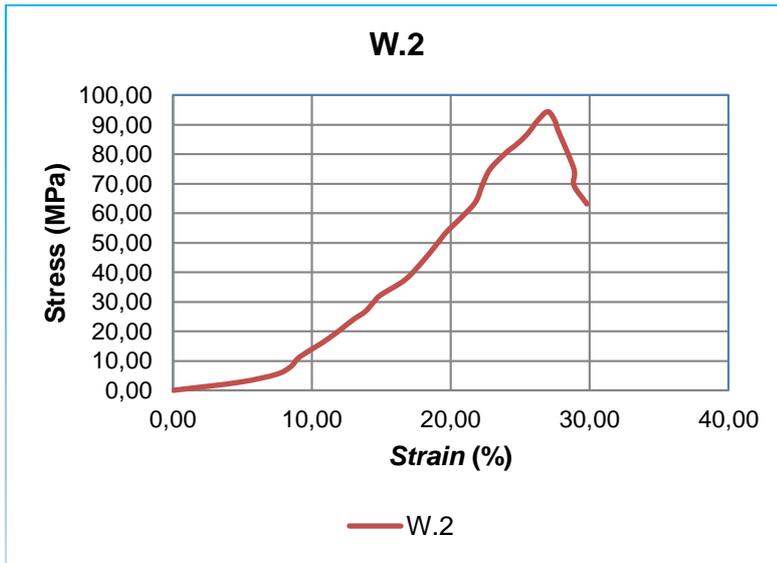
### Bending Test Spec. Code B.6

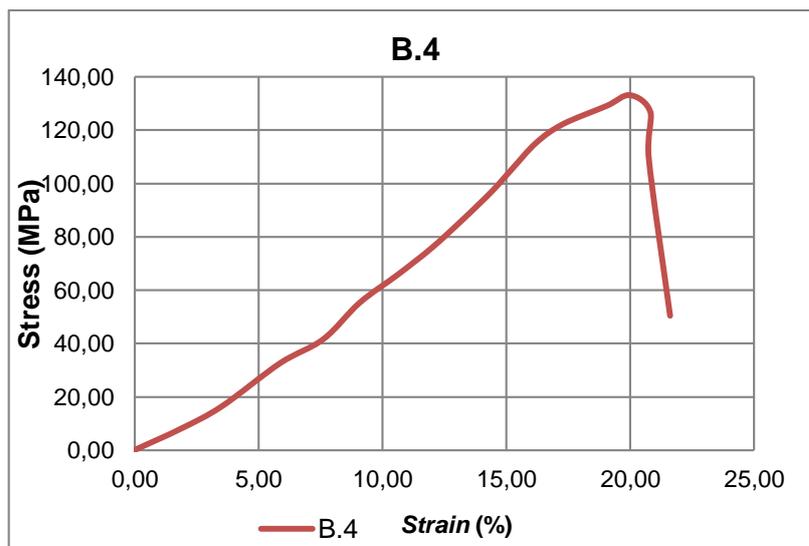
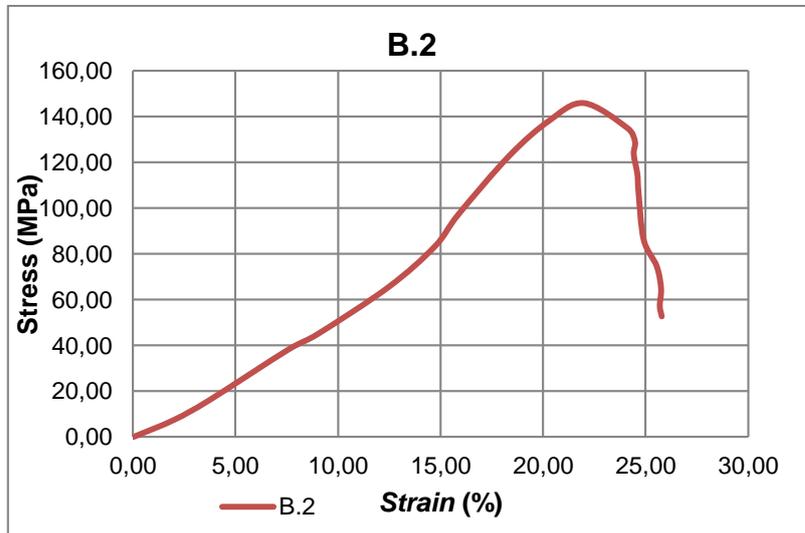
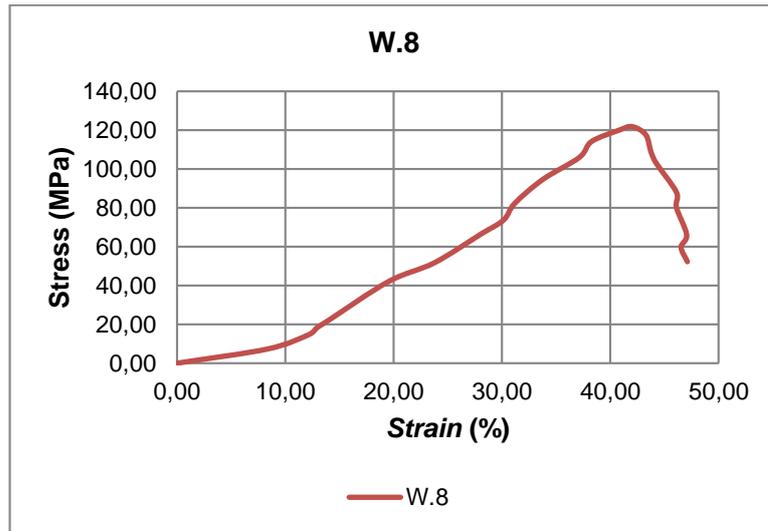


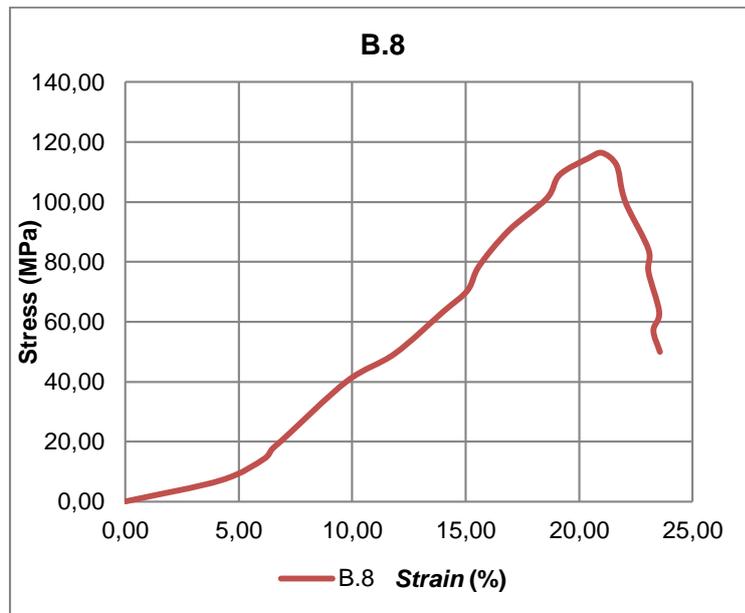
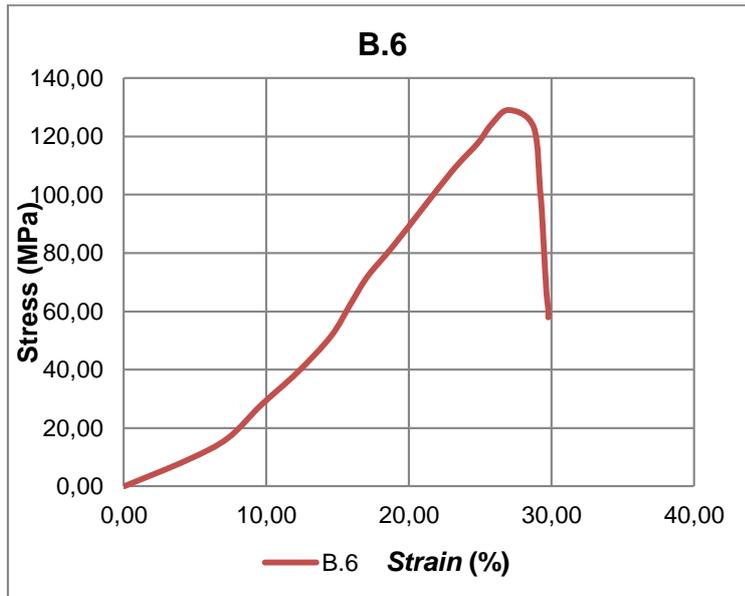
### Bending Test Spec. Code B.8



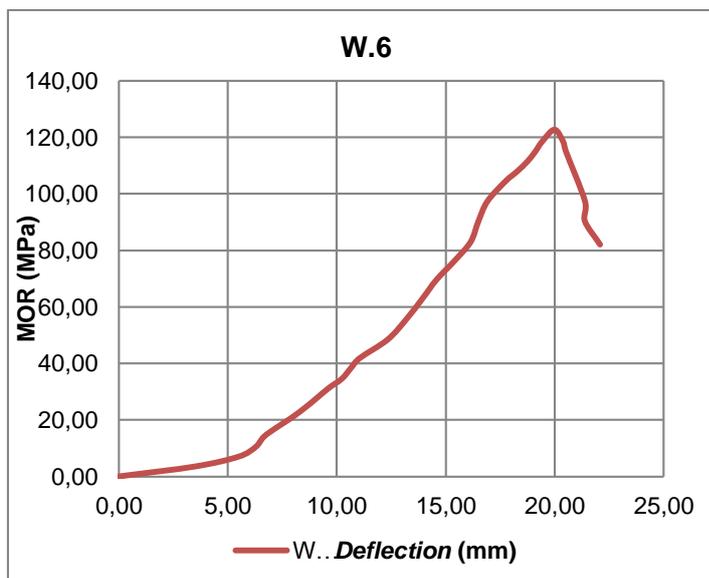
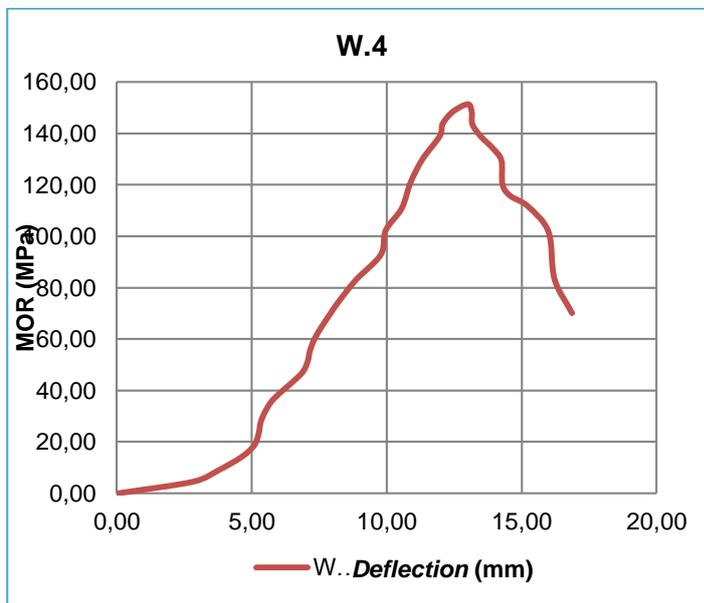
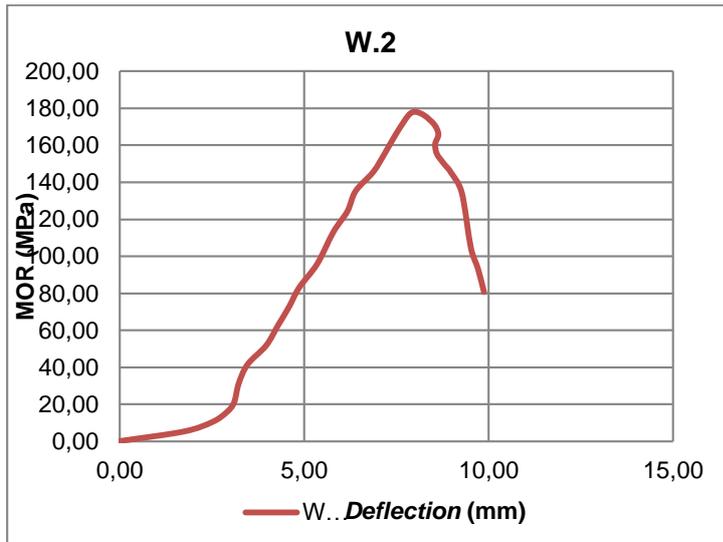
**LAMPIRAN G**  
**KURVA *STRESS* – *STRAIN***

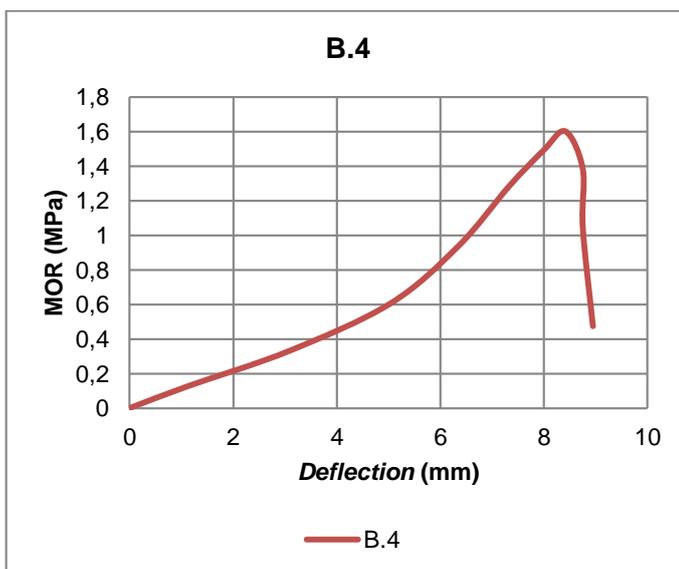
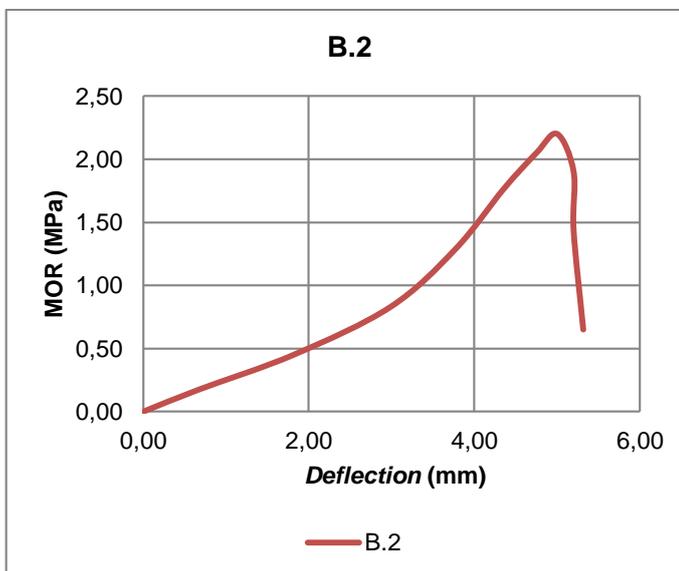
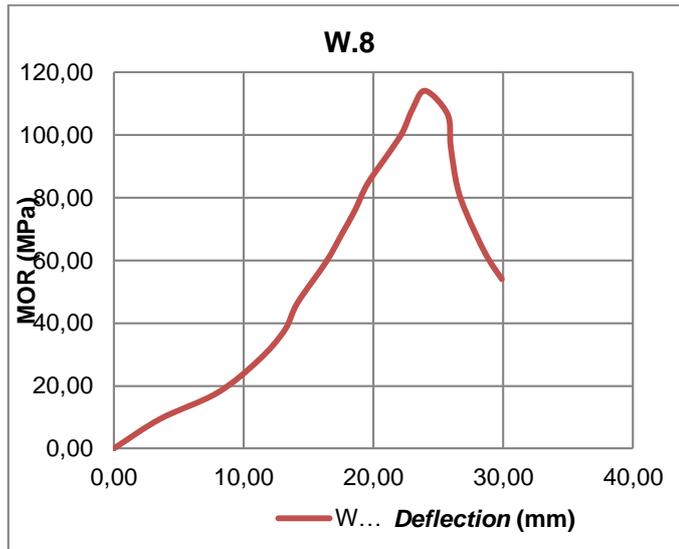




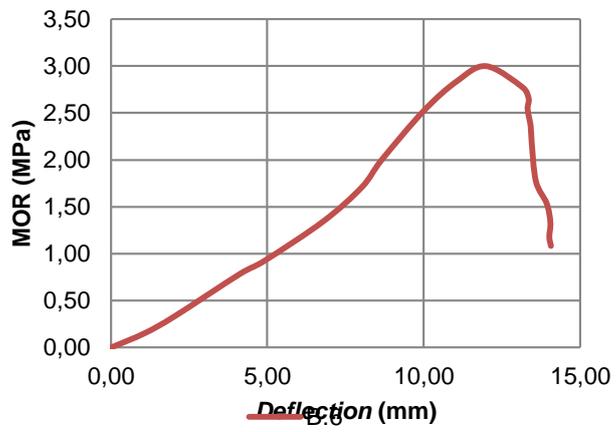


**LAMPIRAN H**  
**KURVA MOR – *DEFLECTION***

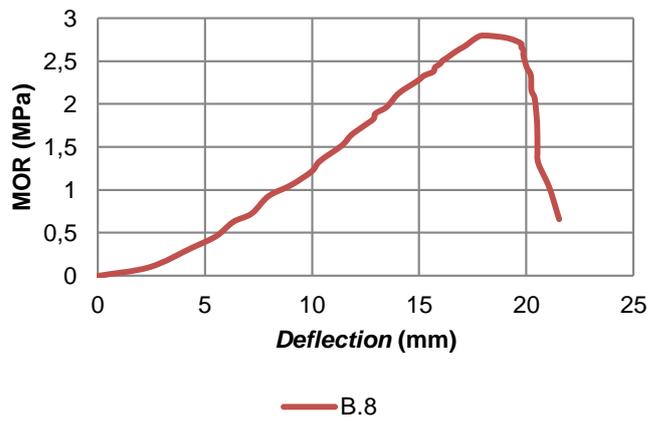




**B.6**



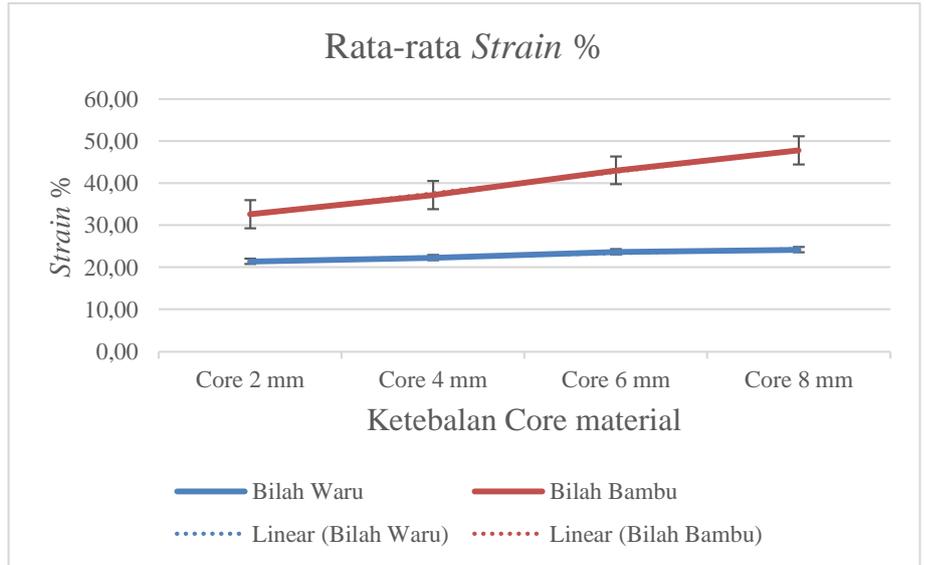
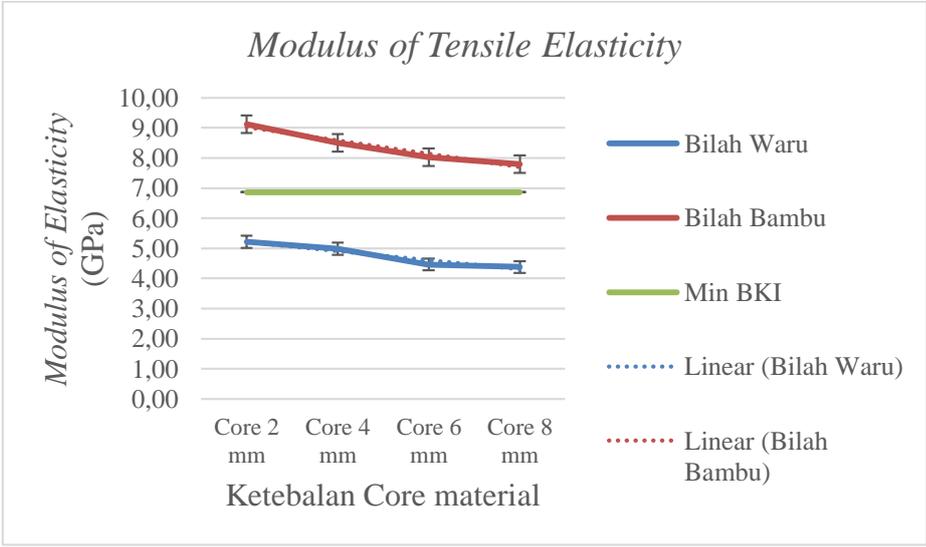
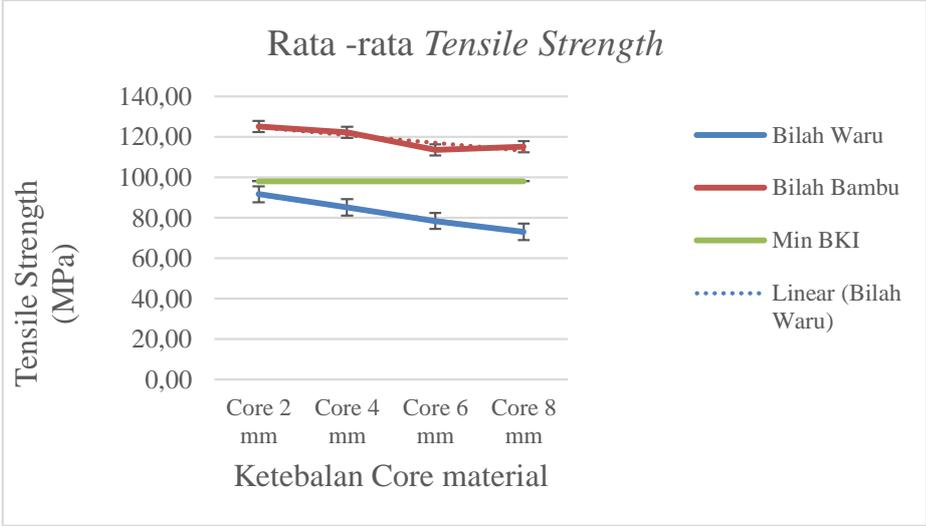
**B.8**



**LAMPIRAN I**  
**DIAGRAM PERBANDINGAN MOE, MOR, STRESS DAN STRAIN**

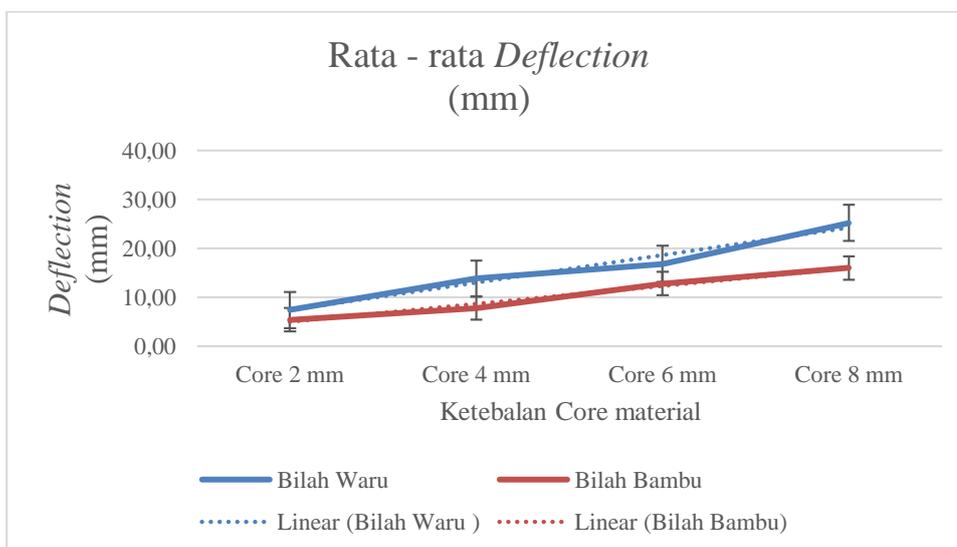
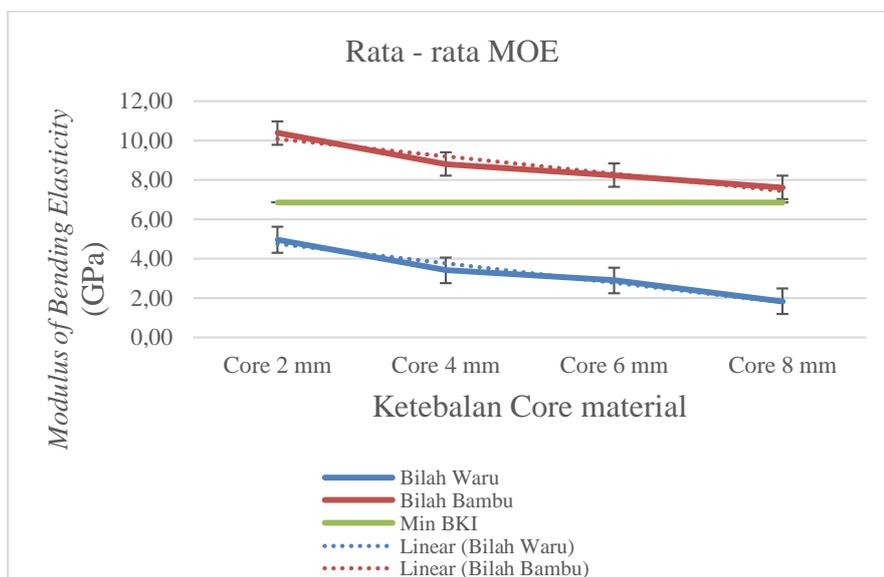
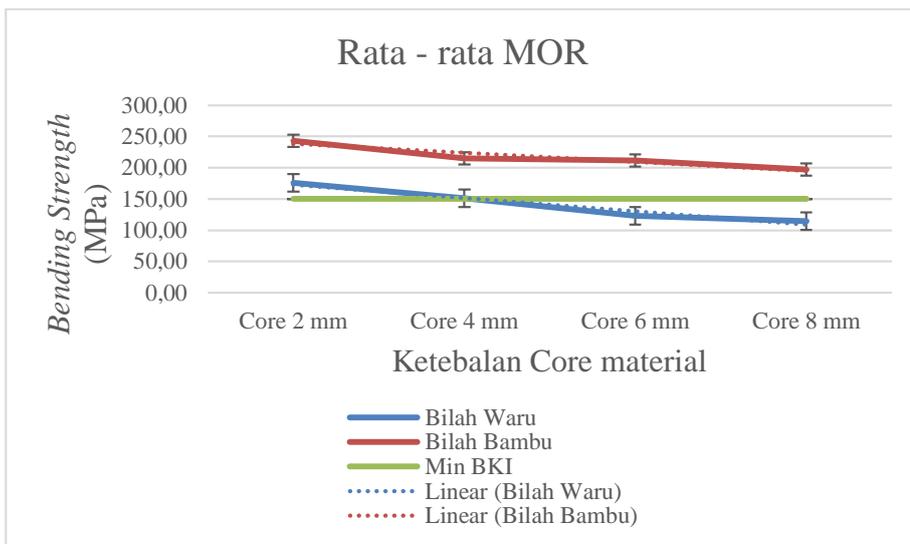
Jenis	Kode	Stress (MPa)	Strain (%)	MOE (GPa)	Rata - rata Stress (Mpa)	Rata - rata Strain (%)	Rata - rata MOE (GPa)
<i>Core material</i> Kayu Waru 2 mm	W.2.1	91,34	19,81	5,27	91,59	21,42	5,22
	W.2.2	89,26	17,90	4,32			
	W.2.3	94,51	22,41	5,25			
	W.2.4	92,14	19,14	4,77			
	W.2.5	90,68	27,86	6,48			
<i>Core material</i> Kayu Waru 4 mm	W.4.1	80,60	20,36	4,32	85,10	22,30	4,98
	W.4.2	94,74	26,25	5,92			
	W.4.3	87,69	24,38	5,48			
	W.4.4	79,99	19,42	4,61			
	W.4.5	82,48	21,11	4,58			
<i>Core material</i> Kayu Waru 6 mm	W.6.1	80,24	19,19	3,88	78,37	23,69	4,46
	W.6.2	82,48	22,76	4,27			
	W.6.3	84,77	26,15	4,89			
	W.6.4	76,11	27,95	5,19			
	W.6.5	68,22	22,40	4,09			
<i>Core material</i> Kayu Waru 8 mm	W.8.1	73,01	28,44	4,87	73,07	24,17	4,38
	W.8.2	76,64	24,78	4,49			
	W.8.3	74,64	21,54	4,02			
	W.8.4	77,68	23,81	4,44			
	W.8.5	63,39	22,29	4,07			

Jenis	Kode Spesimen	Stress (MPa)	Strain (%)	MOE (GPa)	Rata - rata Stress (Mpa)	Rata - rata Strain (%)	Rata - rata MOE (GPa)
<i>Core material</i> Bilah Bambu 2 mm	B.2.1	165,26	35,42	10,33	125,15	32,60	9,12
	B.2.2	99,40	30,29	8,77			
	B.2.3	98,71	28,42	7,79			
	B.2.4	116,34	30,25	8,73			
	B.2.5	146,05	38,64	9,96			
<i>Core material</i> Bilah Bambu 4 mm	B.4.1	119,37	31,80	7,16	122,06	37,18	8,51
	B.4.2	133,07	44,50	9,98			
	B.4.3	108,86	41,03	9,61			
	B.4.4	146,10	36,40	8,77			
	B.4.5	102,89	32,16	7,01			
<i>Core material</i> Bilah Bambu 6 mm	B.6.1	98,63	35,71	7,04	113,55	43,07	8,03
	B.6.2	105,11	35,63	6,57			
	B.6.3	118,81	48,00	8,91			
	B.6.4	129,02	48,65	8,46			
	B.6.5	116,20	47,37	9,17			
<i>Core material</i> Bilah Bambu 8 mm	B.8.1	116,39	48,81	8,31	115,17	50,42	8,19
	B.8.2	108,67	52,50	8,15			
	B.8.3	99,58	42,26	7,11			
	B.8.4	150,41	64,13	9,81			
	B.8.5	100,78	44,38	7,56			



Jenis	Kode Spesimen	MOR (MPa)	Deflection (mm)	MOE(GPa)	Rata - rata MOR (MPa)	Rata - rata Deflection (mm)	Rata - rata MOE (GPa)
<i>Core material</i> Kayu Waru 2 mm	W.2.1	178.11	8.00	4.46	176.04	7.40	4.97
	W.2.2	159.14	7.00	4.90			
	W.2.3	170.74	8.00	4.22			
	W.2.4	199.42	7.00	6.01			
	W.2.5	172.77	7.00	5.23			
<i>Core material</i> Kayu Waru 4 mm	W.4.1	168.08	13.00	4.02	151.33	13.80	3.42
	W.4.2	211.88	16.00	3.87			
	W.4.3	131.56	14.00	3.01			
	W.4.4	128.74	14.00	2.92			
	W.4.5	116.38	12.00	3.27			
<i>Core material</i> Kayu Waru 6 mm	W.6.1	137.19	20.00	2.58	122.71	16.80	2.90
	W.6.2	112.81	14.00	3.16			
	W.6.3	137.94	17.00	3.25			
	W.6.4	132.81	19.00	2.80			
	W.6.5	92.81	14.00	2.72			
<i>Core material</i> Kayu Waru 8 mm	W.8.1	112.54	28.00	1.64	114.19	25.20	1.83
	W.8.2	115.57	24.00	1.86			
	W.8.3	133.47	26.00	2.10			
	W.8.4	98.79	20.00	2.00			
	W.8.5	110.59	28.00	1.56			

Jenis	Kode Spesimen	MOR (MPa)	Deflection (mm)	MOE(GPa)	Rata - rata MOR (MPa)	Rata - rata Deflection (mm)	Rata - rata MOE (GPa)
<i>Core material</i> Bilah Bambu 2 mm	B.2.1	240.68	5.00	9.69	243.51	5.40	10.38
	B.2.2	236.79	5.00	10.81			
	B.2.3	248.74	5.00	12.38			
	B.2.4	247.20	6.00	10.38			
	B.2.5	244.16	6.00	8.66			
<i>Core material</i> Bilah Bambu 4 mm	B.4.1	267.88	9.00	8.71	214.71	7.80	8.81
	B.4.2	219.66	8.00	8.69			
	B.4.3	235.24	7.00	9.33			
	B.4.4	178.84	8.00	8.71			
	B.4.5	171.94	7.00	8.62			
<i>Core material</i> Bilah Bambu 6 mm	B.6.1	233.02	12.00	8.08	211.33	12.80	8.25
	B.6.2	227.36	12.00	8.98			
	B.6.3	223.44	15.00	8.63			
	B.6.4	173.81	13.00	7.64			
	B.6.5	199.00	12.00	7.90			
<i>Core material</i> Bilah Bambu 8 mm	B.8.1	204.21	14.00	7.43	196.98	16.00	7.62
	B.8.2	233.65	13.00	8.22			
	B.8.3	165.08	19.00	6.98			
	B.8.4	203.79	18.00	7.03			
	B.8.5	178.18	16.00	8.44			



**LAMPIRAN J**  
**PERHITUNGAN EKONOMIS**

Harga Material		
Item	Satuan	Harga (Rp)
Resin Yukalac 157	kg	Rp 35,000
Gelcoat	kg	Rp 37,800
PVA	kg	Rp 70,000
Mirror Glaze	kaleng	Rp 100,000
Catalyst	kg	Rp 70,000
Cobalt	botol	Rp 35,000
Talc	sak	Rp 75,000
Aerosil	kg	Rp 135,000
Pigment	kg	Rp 100,000
Chopped Strand Matt 300	kg	Rp 32,000
Woven Roving 600	kg	Rp 37,000
Bambu	bilah	Rp 3,000
Kayu Waru	bilah	Rp 15,000

Harga Alat dan Material Penunjang		
Item	Satuan	Harga (Rp)
Timba	buah	Rp 15,000
Kuas 2"	buah	Rp 8,000
Kuas 3"	buah	Rp 12,000
Roll Bulu	buah	Rp 25,000
Mata Gerinda Amplas	buah	Rp 8,900
Gayung	buah	Rp 5,000
Gunting	buah	Rp 18,000
Cutter	buah	Rp 6,000
Majun	Kg	Rp 20,000
Sarung Tangan	pasang	Rp 15,000
Masker	bungkus	Rp 8,000
Mata Gerinda Potong	buah	Rp 10,000
Selotip kertas	roll	Rp 12,000

Nama Bagian	Luas Total (m <sup>2</sup> )
Alas	34.774
Sisi	35.839
Transom	0.909
Geladak	46.24
Bangunan Atas	36.97

Harga Core material Kayu Waru		
Ukuran bilah		Satuan
Panjang	1.5	m
Lebar	0.1	m
Luas Lambung	71.52	m <sup>2</sup>
Luas Geladak	46.24	m <sup>2</sup>
Jumlah bilah lambung	477	bilah
Jumlah bilah geladak	309	bilah
Total bilah Waru	786	bilah
Harga/bilah	Rp	15,000
Total Harga	Rp	11,788,500

Harga Core material bilah Bambu		
Ukuran bilah		Satuan
Panjang	4	m
Lebar	0.03	m
Luas Lambung	71.52	m <sup>2</sup>
Luas Geladak	46.24	m <sup>2</sup>
Jumlah bilah lambung	596	bilah
Jumlah bilah geladak	386	bilah
Total bilah Bambu	982	bilah
Harga/bilah	Rp	3,000
Total Harga	Rp	2,946,300

Harga Core material PVC		
Ukuran bilah		Satuan
Panjang	1.22	m
Lebar	2.44	m
Luas Lambung	71.52	m <sup>2</sup>
Luas Geladak	46.24	m <sup>2</sup>
Jumlah bilah lambung	24	lembar
Jumlah bilah geladak	16	lembar
Total Lembar PVC	40	lembar
Harga/bilah	Rp	600,000
Total Harga	Rp	24,060,000

Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i> Kulit Lambung				
Jenis Material	Total Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan (Kg)	Harga	Total Harga
CSM 300	71.522	142	Rp 32,000	Rp 4,544,000
WR 600	71.522	95	Rp 37,000	Rp 3,515,000
Resin	-	481	Rp 35,000	Rp 16,835,000
Katalis	-	5	Rp 70,000	Rp 350,000
Total Harga Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i>				Rp 25,244,000

Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i> Geladak				
Jenis Material	Total Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan (Kg)	Harga	Total Harga
CSM 300	46.24	92	Rp 32,000	Rp 2,944,000
WR 600	46.24	62	Rp 37,000	Rp 2,294,000
Resin	-	312	Rp 35,000	Rp 10,920,000
Katalis	-	4	Rp 70,000	Rp 280,000
Total Harga Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i>				Rp 16,438,000

Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i> Bangunan Atas				
Jenis Material	Total Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan (Kg)	Harga	Total Harga
CSM 300	36.97	74	Rp 32,000	Rp 2,368,000
WR 600	36.97	49	Rp 37,000	Rp 1,813,000
Resin	-	250	Rp 35,000	Rp 8,750,000
Katalis	-	3	Rp 70,000	Rp 210,000
Total Harga Kebutuhan Material <i>Fiberglass</i>				Rp 13,141,000

Kebutuhan Material Utama				
Item	Jumlah	Satuan	Harga	Harga Total
Resin Yukalac 157	595	kg	Rp 35,000	Rp 20,825,000
Gelcoat (1 drum 100 Kg)	100	kg	Rp 37,800	Rp 3,780,000.00
PVA	6	kg	Rp 70,000	Rp 420,000
Mirror Glaze	30	kaleng	Rp 100,000	Rp 3,000,000
Catalyst	7	kg	Rp 70,000	Rp 490,000
Cobalt	9	botol	Rp 35,000	Rp 315,000
Talc (1 sak 25 Kg)	1	sak	Rp 75,000	Rp 75,000
Aerosil	12	kg	Rp 135,000	Rp 1,620,000
Pigment	12	kg	Rp 100,000	Rp 1,200,000
Chopped Strand Matt 300	157	kg	Rp 32,000	Rp 5,024,000
Woven Roving 600	157	kg	Rp 37,000	Rp 5,809,000
Core material Bambu	982	bilah	Rp 3,000	Rp 2,946,300
Total				Rp 45,504,300

Kebutuhan Material Utama				
Item	Jumlah	Satuan	Harga	Harga Total
Resin Yukalac 157	595	kg	Rp 35,000	Rp 20,825,000
Gelcoat (1 drum 100 Kg)	100	drum	Rp 37,800	Rp 3,780,000
PVA	6	kg	Rp 70,000	Rp 420,000
Mirror Glaze	30	kaleng	Rp 100,000	Rp 3,000,000
Catalyst	7	kg	Rp 70,000	Rp 490,000
Cobalt	9	botol	Rp 35,000	Rp 315,000
Talc (1 sak 25 Kg)	1	sak	Rp 75,000	Rp 75,000
Aerosil	12	kg	Rp 135,000	Rp 1,620,000
Pigment	12	kg	Rp 100,000	Rp 1,200,000
Chopped Strand Matt 300	157	kg	Rp 32,000	Rp 5,024,000
Woven Roving 600	157	kg	Rp 37,000	Rp 5,809,000
Core material Kayu Waru	786	bilah	Rp 15,000	Rp 11,788,500
Total				Rp 54,346,500

Kebutuhan Material Utama				
Item	Jumlah	Satuan	Harga	Harga Total
Resin Yukalac 157	595	kg	Rp 35,000	Rp 20,825,000
Gelcoat (1 drum 100 Kg)	100	kg	Rp 37,800	Rp 3,780,000
PVA	6	kg	Rp 70,000	Rp 420,000
Mirror Glaze	30	kaleng	Rp 100,000	Rp 3,000,000
Catalyst	7	kg	Rp 70,000	Rp 490,000
Cobalt	9	botol	Rp 35,000	Rp 315,000
Talc (1 sak 25 Kg)	1	sak	Rp 75,000	Rp 75,000
Aerosil	12	kg	Rp 135,000	Rp 1,620,000
Pigment	12	kg	Rp 100,000	Rp 1,200,000
Chopped Strand Matt 300	157	kg	Rp 32,000	Rp 5,024,000
Woven Roving 600	157	kg	Rp 37,000	Rp 5,809,000
PVC Foam	40	Lembar	Rp 600,000	Rp 24,060,000
Total				Rp 66,618,000

Jabatan	Jumlah Orang	Jam	JO	Biaya/Jam	Total Biaya
Mandor	1	213	213	Rp 30,000	Rp 6,390,000
Tukang Fiberglass dan Kayu	2	213	426	Rp 25,000	Rp 10,650,000
Helper	1	213	213	Rp 20,000	Rp 4,260,000
Total Biaya Tenaga Kerja					Rp 21,300,000

No	Jenis Pekerjaan	Man Power			Waktu Pengerjaan		Kebutuhan JO	
		M	T	H				
1	Pembuatan Cetakan	1	2	1	32	Jam	128	JO
2	Cetak Lambung dan Geladak	1	2	1				
	> Pembersihan Cetakan dan Pemolesan Wax				3.2	Jam	12.8	JO
	> Pengolesan gelcoat dan PVA				4.8	Jam	19.2	JO
	> Proses Laminasi Sandwich CSM 300, WR 600 dan Core material				80	Jam	320	JO
	> Pemasangan Konstruksi				5	Jam	20	JO
	> Lepas Cetakan				8	Jam	32	JO
3	Proses Assembly Geladak	1	2	1	24	Jam	96	JO
4	Finishing	1	2	1				
	> Proses Pendempulan				24	Jam	96	JO
	> Proses Pengecatan Kapal				32	Jam	128	JO
<b>Total Lama Waktu Pengerjaan</b>					213	Jam	852	JO

Core material Bilah Bambu		
No	Item	Total Sub Biaya
1	Biaya Material Cetakan	Rp 20,000,000
2	Biaya Material Utama	Rp 68,179,300
3	Biaya Tenaga Kerja	Rp 21,300,000
4	Biaya Overhead	Rp 10,947,930
Total Biaya		Rp 120,427,230

Core material Kayu Waru		
No	Item	Total Sub Biaya
1	Biaya Material Cetakan	Rp 20,000,000
2	Biaya Material Utama	Rp 77,021,500
3	Biaya Tenaga Kerja	Rp 21,300,000
4	Biaya Overhead	Rp 11,832,150
Total Biaya		Rp 130,153,650

Core material PVC		
No	Item	Total Sub Biaya
1	Biaya Material Cetakan	Rp 20,000,000
2	Biaya Material Utama	Rp 89,293,000
3	Biaya Tenaga Kerja	Rp 21,300,000
4	Biaya Overhead	Rp 13,059,300
Total Biaya		Rp 143,652,300

Material	Harga (Rp)	Harga Core PVC (Rp)	Selisih Harga	Presentase (%)
Core material Kayu Waru	Rp 130,153,650	Rp 143,652,300	Rp13,498,650	9.40
Core material Bilah Bambu	Rp 120,427,230		Rp23,225,070	16.17

## BIODATA PENULIS



Mohamad Hafif Iqbal, itulah nama lengkap penulis. Nama panggilan penulis adalah Iqbal. Dilahirkan di Jember pada 1 Januari 1996 silam, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Al Khoiriyah, kemudian melanjutkan ke SDN Puger Kulon 3, SMPN 1 Puger dan SMAN 2 Jember. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2014 melalui jalur SNMPTN undangan.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Industri Perkapalan – Produksi Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi Kepala Departemen Kewirausahaan Himatekpal FTK ITS 2016/2017 serta *staff* Departemen Sosial dan Budaya UKM *Maritime Challenge* ITS 2015/2016. Selan itu, Penulis juga pernah menjadi Runner Up IBL 2k15 di ITS.

Penulis tercatat pernah menjadi *grader* untuk mata kuliah TMM, Teknologi Las dan Perencanaan Produksi Kapal.

Email: [haviviqbal19@gmail.com](mailto:haviviqbal19@gmail.com)