



TUGAS AKHIR - MN184802

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBUATAN LUNAS
KAPAL WISATA PANJANG \leq 24 METER DENGAN
MENGUNAKAN MATERIAL LAMINASI BILAH BAMBU
HYBRID ALUMINIUM**

**Galih Wahyu Pratama
NRP 0411154000042**

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

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



TUGAS AKHIR - MN184802

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBUATAN LUNAS
KAPAL WISATA PANJANG \leq 24 METER DENGAN
MENGUNAKAN MATERIAL LAMINASI BILAH BAMBU
HYBRID ALUMINIUM**

**Galih Wahyu Pratama
NRP 0411154000042**

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

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



FINAL PROJECT - MN184802

**TECHNICAL AND ECONOMICAL ANALISYS
MANUFACTURE OF KEEL CONSTRUCTION OF TOUR SHIP
≤ 24 METERS USING ALUMINUM HYBRID BAMBOO
LAMINATE MATERIALS**

**Galih Wahyu Pratama
NRP 0411154000042**

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBUATAN LUNAS KAPAL WISATA PANJANG ≤ 24 METER DENGAN MENGUNAKAN MATERIAL LAMINASI BAMBU *HYBRID* ALUMINIUM

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:

GALIH WAHYU PRATAMA
NRP 0411154000042

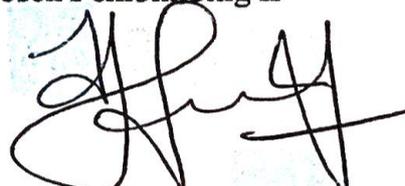
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



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

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



T. Wasid Dwi Angawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 198903 1 001

SURABAYA, 30 JULI 2019

LEMBAR REVISI

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBUATAN LUNAS KAPAL WISATA PANJANG ≤ 24 METER DENGAN MENGUNAKAN MATERIAL LAMINASI BAMBU *HYBRID* ALUMINIUM

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 03 Juli 2019

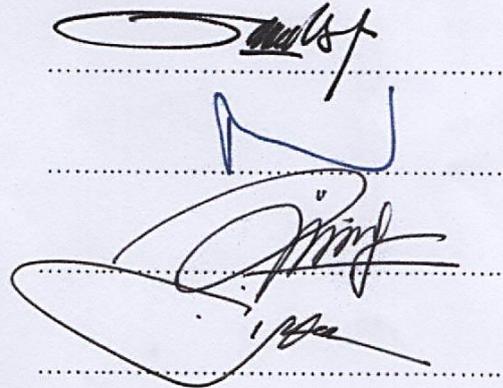
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

GALIH WAHYU PRATAMA
NRP 0411154000042

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

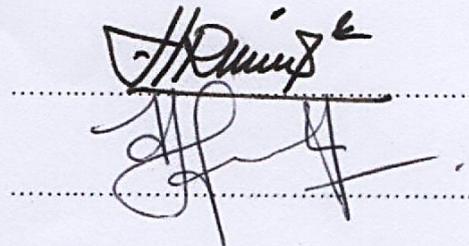
1. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.
2. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.
3. M. Sholikhhan Arif, S.T., M.T.
4. Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc.



Four handwritten signatures in black ink, each positioned above a horizontal dotted line. The signatures are: 1. Dedi Budi Purwanto, 2. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, 3. M. Sholikhhan Arif, and 4. Sufian Imam Wahidi.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



Two handwritten signatures in black ink, each positioned above a horizontal dotted line. The signatures are: 1. Dr. Ir. Heri Supomo and 2. Imam Baihaqi.

SURABAYA, JULI 2019

Dipersembahkan kepada kedua orang tua, kedua adik tercinta, bangsa dan negara atas segala dukungan dan doanya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan, ilmu, dan nasihat yang diberikan kepada Penulis selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini sehingga terselesaikan dengan baik;
2. Bapak Imam Baihaqi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II atas kesabaran, waktu, serta ilmu yang telah diberikan kepada Penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik;
3. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku Kepala Laboratorium Teknologi dan Manajemen Produksi Kapal, Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya dalam perizinan pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T., Bapak Mohammad Sholikhhan Arif, S.T., M.T. dan Bapak Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc selaku dosen bidang Industri Perkapalan yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir ini;
5. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK-ITS;
6. Kedua orang tua terus memberikan nasihat, motivasi, dan dukungan moril maupun materiil.
7. Bapak Pardi dan Mas Joko, dan Abdul Rahman atas waktu, ilmu, dan bantuannya dalam proses pembuatan material uji yang digunakan pada Tugas Akhir ini;
8. Bapak Didik, Mas Agil, dan Bapak Fairil yang telah membantu Penulis dalam pelaksanaan pengujian di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan;
9. Rekan-Rekan P 55 Samudraraksa atas dukungan dan bantuan menyelesaikan pendidikan serta berjuang bersama – sama;
10. Sahabat terbaik “The Gambelis” Aji, Luthfi, Ozy, dan Septiardhi yang selalu siap membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
11. Triya Devi selaku teman dekat yang setia memberikan semangat dan menemani penyusunan Tugas Akhir ini hingga akhir;

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, 30 Mei 2019

Galih Wahyu Pratama

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBUATAN LUNAS KAPAL WISATA PANJANG ≤ 24 METER DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL LAMINASI BILAH BAMBU *HYBRID* ALUMINIUM

Nama Mahasiswa : Galih Wahyu Pratama
NRP : 0411154000042
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.
2. Imam Baihaqi, S.T., M.T.

ABSTRAK

Bagian konstruksi lunas merupakan salah satu konstruksi vital yang harus memiliki kekuatan yang baik dan memenuhi standar biro klasifikasi. Kekuatan yang baik terbentuk dari material yang tepat. Saat ini lunas kapal wisata banyak menggunakan kayu Jati dan kayu Ulin, namun seiring berjalannya waktu jenis kayu tersebut kini mengalami kelangkaan. Material bambu laminasi berpotensi untuk dibuat sebagai lunas kapal kayu. Laminasi bambu perlu diperkuat dengan material lain. Aluminium adalah salah satu bahan konstruksi secara umum atau yang memiliki tingkat rasio kekuatan dan berat yang sangat baik dibanding material lain. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan tujuan membuat lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium. Pengujian dilakukan dengan menganalisa teknis dan ekonomis lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium. Analisa teknis dengan uji kekuatan tarik sesuai standar ASTM D3500 dan uji kekuatan tekuk sesuai standar ASTM D3043 terhadap variasi spesimen A1, A2, dan A3. Nilai massa jenis dari laminasi *hybrid* aluminium variasi A1, A2, dan A3 berturut-turut sebesar 0,89 gram/cm³, 1,09 gram/cm³, dan 1,2 gram/cm³. Berdasarkan perhitungan hasil pengujian, didapatkan nilai kuat tarik sebesar 127,296 MPa, 148,363 MPa, dan 176,386 MPa berturut-turut. Didapatkan hasil uji kuat tekuk sebesar 102,684 MPa, 131,291 MPa, dan 136,790 MPa dengan persyaratan nilai kuat tarik dan tekuk sesuai *rules* BKI vol VII 2013 sebesar 42,169 MPa, dan 71,098 MPa, maka material laminasi bambu *hybrid* aluminium memenuhi syarat minimal material pembentuk lunas kapal kayu sesuai *rules* BKI vol VII 2013. Lunas kapal wisata KM.GAYYAS dengan panjang keseluruhan kapal sebesar 15,77 meter menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium lebih ekonomis dibandingkan lunas kapal menggunakan material kayu Ulin *solid*. Biaya pembuatan lunas kapal wisata mengacu pada BKI vol VII 2013 variasi A1, A2, dan A3 berturut-turut sebesar Rp 1.379.790, Rp 2.656.827, dan Rp 3.011.968. Persentase nilai ekonomis tiap variasi sebesar 15%, 29%, dan 33%. Biaya pembuatan kapal wisata panjang ≤ 24 meter antara *full* laminasi bambu Ori sebesar Rp 142.208.923. Persentase pengurangan biaya pembuatan kapal wisata berbahan dasar bambu Ori ketika bagian lunas diganti dengan laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1, A2, dan A3 sebesar 1 – 2%.

Kata kunci: Lunas, Kapal wisata, bambu Ori, aluminium

TECHINCAL AND ECONOMICAL ANALISYS MANUFACTURE OF KEEL CONSTRUCTION OF TOUR SHIP \leq 24 METERS USING ALUMINUM HYBRID BAMBOO LAMINATE MATERIALS

Author : Galih Wahyu Pratama
Student Number : 041154000042
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : 1. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.
2. Imam Baihaqi, S.T., M.T.

ABSTRACT

The full part of keel construction is one of the vital construction that must possess good strength and meet the standards of the classification Bureau. Good strength is formed from the right material. Nowadays, many tourist ships use teak wood and Ulin wood, but over time the type of wood is now experiencing scarcity. Laminated Bamboo Material has the potential to be made as a timber vessel. Bamboo laminate needs to be reinforced with other materials. Aluminium is either a construction material in general or that has a very good level of strength and weight ratio compared to other materials. Therefore, a study with the purpose of making the tour ship using aluminum hybrid bamboo laminate material. The test was conducted by analyzing the technical and economical of the tour ship using aluminum hybrid bamboo laminate material. Technical analysis with tensile strength test is according to ASTM D3500 standards and test force bending as per ASTM standard D3043 on specimen variations of A1, A2, and A3. The density value of the aluminium hybrid laminated variations of A1, A2, and A3 respectively amounted to 0.89 grams/cm³, 1.09 grams/cm³, and 1.2 gram/cm³. Based on the calculation of the test results, a strong tensile value of 124.101 MPa, 117.234 MPa and 176.386 MPa in a row is obtained. Obtained strong bend test result of 102.684. MPa, 131.291 MPa, and 136.790 MPa with strong value requirements drag and bend according to BKI rules amounting to 42.169 MPa, and 71.098 MPa, the aluminium hybrid bamboo laminate material qualifies as minimal wood vessel material as per BKI rules. Full KM Tour ship. GAYYAS with a total ship length of 15.77 meters using aluminum hybrid bamboo laminate material is more economical than the keel vessel using Ulin solid wood material. The cost of making the keel of tour ship refers to BKI volume VII 2013 Variations A1, A2, and A3 in a row of Rp 1,379,790, Rp 2,656,827, and Rp 3,011,968. The percentage of economical value per variation is 15%, 29%, and 33%. The cost of making a long tourist vessel \leq 24 meters between full laminated bamboo Ori of Rp 142,208,923. Percentage reduction of the cost of making tourism vessels based on bamboo Ori when the keel is replaced with aluminum laminated bamboo laminate variations A1, A2, and A3 amounted to 1 – 2%.

Keywords: Keel, Tourist Ship, Bamboo Ori, Aluminum

DAFTAR ISI

LEMBAR REVISI.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Hipotesis.....	4
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	5
2.1. Kapal Wisata	5
2.2. Konstruksi Kapal Kayu	7
2.3. Kayu Ulin.....	8
2.3.1. Sifat Fisik Kayu Ulin.....	8
2.3.2. Sifat Mekanik Kayu Ulin.....	9
2.3.3. Sifat Biologis Kayu Ulin	10
2.4. Bambu Secara Umum	10
2.5. Bambu Ori.....	11
2.5.1. Sifat Fisik Bambu Ori.....	12
2.5.2. Sifat Mekanik Bambu Ori.....	13
2.5.3. Sifat Biologis Bambu Ori	15
2.6. Potensi Bambu Sebagai Konstruksi	16
2.7. TekNologi Bambu Laminasi	18
2.8. Aluminium Tipe 5083.....	19
2.8.1. Sifat Fisik Aluminium Tipe 5083.....	20
2.8.2. Sifat Mekanik Aluminium Tipe 5083.....	20
2.8.3. Sifat Biologis Aluminium Tipe 5083	21
2.9. Standar Uji Tarik dan Tekuk Bambu Laminasi	22
2.10. Peraturan Konstruksi Kapal Kayu.....	24
2.10.1. Biro Klasifikasi Indonesia 2013	24
2.10.2. Perhitungan Lunas dan Linggi.....	26
BAB 3 METODOLOGI.....	31
3.1. Metode	31
3.2. Proses Pembuatan Spesimen Uji.....	31
3.2.1. Bahan dan Peralatan	32
3.2.2. Pemilihan Bambu	32

3.2.3. Pengukuran Kadar Air	33
3.2.4. Pembuatan Bilah Bambu.....	34
3.2.5. Pemilihan Aluminium.....	35
3.2.6. Pembuatan Bilah Aluminium.....	36
3.2.7. Pembuatan Spesimen Uji	37
3.3. Pengukuran Massa Jenis.....	39
3.4. Pengujian Spesimen	40
3.4.1. Tahapan Pengujian Kuat Tarik	40
3.4.2. Tahapan Pengujian Kuat Tekuk.....	41
3.5. Pengolahan Data dan Analisis Hasil Pengujian	42
3.6. Perhitungan Ukuran Lunas Kapal	43
3.7. Analisis Ekonomis.....	43
3.8. Diagram Alir Penelitian.....	43
BAB 4 DATA HASIL PENGUJIAN DAN SURVEI.....	47
4.1. Pendahuluan	47
4.2. Data Hasil Pengukuran Massa Jenis.....	48
4.3. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik.....	49
4.3.1. Pengujian Kuat Tarik laminasi Bambu <i>hybrid</i> Aluminium variasi satu (TR.A1)	50
4.3.2. Pengujian Kuat Tarik laminasi Bambu <i>hybrid</i> Aluminium variasi dua (TR.A2).....	51
4.3.3. Pengujian Kuat Tarik laminasi Bambu <i>hybrid</i> Aluminium variasi tiga (TR.A3).....	53
4.3.4. Rekapitulasi Data Pengujian Kuat Tarik.....	55
4.4. Data Hasil Pengujian Kuat Tekuk	56
4.4.1. Pengujian Kuat Tekuk laminasi Bambu <i>hybrid</i> Aluminium Variasi Satu (TK.A1)	56
4.4.2. Pengujian Kuat Tekuk laminasi Bambu <i>hybrid</i> Aluminium Variasi Dua (TK.A2)	58
4.4.3. Pengujian Kuat Tekuk laminasi Bambu <i>hybrid</i> Aluminium Variasi Tiga (TK.A3)	59
4.4.4. Rekapitulasi Data Pengujian Kuat Tekuk	61
4.5. Data Hasil Survei Kapal Wisata Panjang ≤ 24 Meter	63
BAB 5 ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS.....	65
5.1. Analisa Teknis.....	65
5.1.1. Analisis Hasil Pengukuran Massa Jenis.....	65
5.1.2. Analisis Hasil Pengujian Tarik	66
5.1.3. Analisis Hasil Pengujian Tekuk.....	68
5.2. Pengaruh Penambahan Luasan Aluminium Terhadap Kuat Tarik dan Tekuk Laminasi <i>hybrid</i> aluminium	70
5.3. Perbandingan Teknis Lunas Kapal Berbahan Kayu <i>Solid</i> dan Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium	71
5.4. Desain Kapal Wisata panjang ≤ 24 Meter.....	73
5.5. Ukuran Konstruksi Kapal Wisata.....	75
5.6. Analisis Ekonomis.....	80
5.7. Biaya Pembuatan Lunas Kapal wisata	80
5.7.1. Biaya Pembuatan Lunas Kapal Wisata per Variasi	84
5.7.2. Biaya Pengadaan Material Lunas Kapal Wisata per Variasi	85
5.7.3. Perhitungan Biaya Produksi.....	87
5.7.4. Total Biaya Pembuatan Lunas Kapal Wisata.....	89
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	93

6.1. Kesimpulan	93
6.2. Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A <i>Lines Plan</i> KM. GAYYAS	
LAMPIRAN B <i>General arrangement</i> KM. GAYYAS	
LAMPIRAN C Desain Spesimen Uji Tarik dan Tekuk	
LAMPIRAN D Hasil Uji Tarik dan Tekuk	
LAMPIRAN E Data Perhitungan Kuat Tarik	
LAMPIRAN F Data Perhitungan Kuat Tekuk	
LAMPIRAN G Data Perhitungan Ukuran Lunas Kapal Wisata	
LAMPIRAN H Data Perhitungan Ekonomis	
LAMPIRAN I Tabel Kayu yang Diperbolehkan Untuk Bahan Konstruksi Kapal Kayu	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal <i>Cruise</i> Pribadi	5
Gambar 2.2 Contoh Kapal <i>Yacht</i>	6
Gambar 2.3 Konstruksi Kapal Kayu	7
Gambar 2.4 Contoh Balok Kayu Ulin.....	8
Gambar 2.5 Diagram Perbandingan Tegangan Regangan Bambu Dan Baja	17
Gambar 2.6 Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM D3500 (Satuan Dalam Milimeter).....	22
Gambar 2.7 Dimensi Spesimen Uji Tekuk ASTM D3043 (Satuan Dalam Milimeter)	23
Gambar 3.1 Proses Pemilihan Bambu Ori	32
Gambar 3. 2 Bilah Bambu Dengan Panjang 1,5 Meter.....	33
Gambar 3.3 Proses Pengukuran Kadar Air	33
Gambar 3.4 Proses Penipisan Bilah Bambu Menggunakan Mesin <i>Planar</i>	34
Gambar 3.5 Hasil Potongan Bilah Sepanjang 50 Cm Dan 70 Cm.....	34
Gambar 3.6 Proses Pemerataan Bilah	35
Gambar 3.7 Aluminium <i>Marine Use</i> Tipe 5083	35
Gambar 3.8 Proses Pemotongan Aluminium Menggunakan <i>Power Shearing Machine</i>	36
Gambar 3.9 Hasil Akhir Potongan Bilah Aluminium (A) 500x30x3mm dan (B) 700x30x3mm	37
Gambar 3.10 Penyusunan Dan Penomoran Bilah Bambu	37
Gambar 3.11 Proses Pencampuran Lem <i>Epoxy</i> Antara <i>Resin-Hardener</i>	38
Gambar 3.12 Proses Perekatan Bilah Bambu	38
Gambar 3.13 Proses Pengepresan Papan Laminasi	39
Gambar 3.14 Papan Spesimen Uji Tarik.....	39
Gambar 3.15 Proses Pengukuran Berat Spesimen (TK.A3.3)	40
Gambar 3.16 Proses Pengujian Kuat Tarik.....	41
Gambar 3.17 Hasil Pengujian Kuat Tarik (TR.A2)	41
Gambar 3.18 Spesimen Uji Kuat Tekuk	42
Gambar 3.19 Patahan Pada Spesimen Kuat Tekuk.....	42
Gambar 3.20 Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 4.1 Contoh Spesimen Uji Tarik.....	47
Gambar 4.2 Contoh Spesimen Uji Tekuk	48
Gambar 4.3 Patahan Spesimen Uji Tarik Variasi Satu (TR.A1)	50
Gambar 4.4 (A) Grafik <i>Load</i> (B) Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Satu (TR.A1).....	51
Gambar 4.5 Patahan Spesimen Uji Tarik Variasi Dua (TR.A2).....	52
Gambar 4.6 (A) Grafik <i>Load</i> (B) Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Dua (TR.A2)	53
Gambar 4.7 Patahan Spesimen Uji Tarik Variasi Tiga (TR.A3)	54
Gambar 4.8 (A) Grafik <i>Load</i> (B) Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Tiga (TR.A3)	54
Gambar 4.9 Patahan Pada Spesimen Pengujian Kuat Tekuk Variasi Satu (TK.A1)	57
Gambar 4.10 (A) Grafik <i>Load</i> (B) Grafik <i>Bending Stress-Deflection</i> Variasi Satu (TR.A1)	58
Gambar 4.11 Patahan Pada Spesimen Pengujian Kuat Tekuk Variasi Dua (TK.A2).....	59
Gambar 4.12 (A) Grafik <i>Load</i> (B) Grafik <i>Bending Stress-Deflection</i> Variasi Dua (TR.A2)	59
Gambar 4.13 (A) Grafik <i>Load</i> (B) Grafik <i>Bending Stress-Deflection</i> Variasi Tiga (TR.A3)	60
Gambar 4.13 Patahan Pada Spesimen Pengujian Kuat Tekuk Variasi Tiga (TK.A3).....	61
Gambar 4.15 Proses Pengukuran Konstruksi Kapal	61

Gambar 4.16 KM. GAYYAS	62
Gambar 5.1 Grafik Nilai Rata-rata <i>Tensile Strength</i> Uji Tarik	65
Gambar 5.2 Grafik Nilai Rata-rata MoE Uji Tarik	65
Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata Kuat Tarik.....	66
Gambar 5.4 Grafik Nilai Rata-rata MoE Uji Tekuk.....	67
Gambar 5.5 Grafik Nilai Rata-rata MoR Uji Tekuk.....	67
Gambar 5.6 <i>Lines plan</i> kapal wisata panjang ≤ 24 meter.....	72
Gambar 5.7 <i>General Arrangement</i> KM. GAYYAS	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kadar Air Kayu.....	9
Tabel 2.2 Kuat Tarik Rata-Rata Bambu Ori	12
Tabel 2.3 Kuat Tekuk Rata-Rata Bambu Ori.....	12
Tabel 2.4 Jenis Bambu Dengan Berat Jenisnya	12
Tabel 2.5 Standar Nasional Indonesia Untuk Keawetan Bambu	15
Tabel 2.6 <i>Tensile Strength And Modulus Of Elasticity</i> Antara Bambu dengan Buku dan Tanpa Buku.....	17
Tabel 2.5 Beban yang Bekerja Pada Kapal.....	26
Tabel 2.6 Beban Dengan Koreksi Faktor Kecepatan Kapal	26
Tabel 2.8 Tabel Penentuan Ukuran Lunas	27
Tabel 2.9 Tabel Penentuan Ukuran Linggi	28
Tabel 2.10 Pembagian Komponen Struktur Berdasarkan Berat Jenis Minimal	29
Tabel 2.11 Kelas Kuat Kayu Berdasarkan Berat Jenisnya	29
Tabel 4.1 Perhitungan Massa Jenis Tiap Variasi	48
Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik Variasi Satu (TR.A1).....	50
Tabel 4.3 Hasil Uji Tarik Variasi Dua (TR.A2)	51
Tabel 4.4 Hasil Uji Tarik Variasi Tiga (TR.A3).....	53
Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Uji Tarik (<i>Tensile Strenght</i>)	55
Tabel 4.7 Hasil Uji Tekuk Variasi Dua (TK.A2).....	58
Tabel 4.8 Hasil Uji Tekuk Variasi Tiga (TK.A3).....	60
Tabel 4.9 Analisis Hasil Uji Tekuk (<i>Flexure</i>)	61
Tabel 5.1 Nilai Massa Jenis Dari Material Uji	66
Tabel 5.2 Perbandingan Kuat Tarik Akibat Penambahan Luasan Aluminium.....	70
Tabel 5.3 Perbandingan Kuat Tekuk Akibat Penambahan Luasan Aluminium	71
Tabel 5.4 Perbandingan Teknis Material Lunas Kapal.....	72
Tabel 5.5 Ukuran Konstruksi Lunas Kapal Wisata Panjang ≤ 24 Meter.....	77
Tabel 5.6 Rekapitulasi Ukuran Konstruksi Lunas Menggunakan Persamaan Momen	78
Tabel 5.7 Perbandingan Ukuran Konstruksi Lunas Kapal Wisata Panjang ≤ 24 Meter.....	79
Tabel 5.8 Rekapitulasi Ukuran Konstruksi KM.GAYYAS.....	80
Tabel 5.8 Perhitungan Harga Material Bambu	80
Tabel 5.9 Perhitungan Harga Kebutuhan Lem	81
Tabel 5.10 Perhitungan Total Harga Kebutuhan Bilah Aluminium	82
Tabel 5.11 Perhitungan Harga Kayu Ulin.....	82
Tabel 5.12 Rekap Biaya Material Per 1 m ³	83
Tabel 5.13 Rekap Total Biaya Per Variasi.....	84
Tabel 5.14 Total Biaya Pembuatan Lunas Kapal Wisata	85
Tabel 5.15 Waktu Pembuatan Lunas Kapal Per Variasi.....	87
Tabel 5.16 Total Biaya Jasa Pembuatan Lunas Kapal Wisata.....	88
Tabel 5.17 Total Biaya Pembuatan Lunas Kapal Wisata	90
Tabel 5.18 Perbandingan Total Biaya dengan Variasi Material Pembentuk Lunas	91

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kapal kayu merupakan sarana transportasi tradisional yang sampai saat ini masih diperuntukkan untuk kehidupan sehari-hari, baik untuk niaga maupun sarana rekreasi. Kondisi geografis Indonesia yang kaya akan obyek wisata pantai dapat menjadi peluang baru dalam rangka pertumbuhan ekonomi masyarakat luas. Kapal kayu merupakan salah satu moda transportasi yang dapat menampung dan mendukung segala bentuk pariwisata khususnya di daerah pantai.

Pada proses produksi konstruksi kapal kayu, bagian konstruksi lunas merupakan salah satu konstruksi yang vital dan harus memenuhi persyaratan kekuatan mekanik dan karakteristik fisik klasifikasi. Kekuatan yang baik terbentuk dari material yang tepat. Saat ini lunas kapal wisata banyak menggunakan kayu jati dan kayu ulin, namun seiring berjalannya waktu jenis kayu tersebut kini mengalami kelangkaan. Dari faktor kelangkaan tersebut berkembanglah material baru yang memiliki kekuatan yang baik, salah satunya menggunakan laminasi bambu. Laminasi bambu saat ini sudah menjadi alternatif terbaru material pembuatan kapal wisata. Selain dari bahan bakunya yang mudah didapat dan cepat pertumbuhannya, laminasi bambu juga lebih murah dibandingkan dengan kayu sehingga mempunyai nilai ekonomis yang lebih baik dari kayu.

Kecenderungan material bambu yang tidak tahan terhadap jamur dan kumbang bubuk dapat merusak struktur bambu yang berdampak pada berkurangnya kekuatan mekanik dari bambu. Ketahanan material bambu terhadap air cukup rendah dibandingkan dengan ketahanan jenis kayu lain seperti kayu Jati dan Ulin dan memerlukan biaya ekstra untuk proses pengawetan agar material bambu tahan lama. Kekuatan antar sambungan dari bambu tergolong rendah sehingga perlu dipadukan dengan material lain untuk meningkatkan kekuatan dari bambu tanpa merusak sifat fisik dan mekanik dari bambu.

Aluminium adalah salah satu bahan konstruksi secara umum atau yang memiliki tingkat rasio kekuatan dan beratnya sangat baik dibanding material lain yang sering digunakan untuk pembuatan konstruksi kapal. Dalam bidang konstruksi khususnya perkapalan, aluminium yang digunakan untuk membangun kapal adalah *marine use* dengan tipe 5052 dan 5083 yang sudah

disetujui oleh biro klasifikasi. Material aluminium memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik, hal tersebut menunjukkan bahwa konstruksi lunas kapal yang menggunakan aluminium sebagai bahan dasarnya akan memiliki ketahanan yang baik dibandingkan dengan dengan material lain

Metode laminasi pada kapal merupakan pembuatan suatu bentuk pada kapal di mana bagian konstruksinya dibuat dari susunan beberapa papan atau bilah kayu yang dipadukan satu sama lain dengan menggunakan perekatan khusus yang bertujuan menciptakan suatu konstruksi yang mudah dibentuk dengan ketebalan lebih tipis sehingga menciptakan kekuatan yang baik. Metode laminasi dapat dilakukan dengan memadukan beberapa jenis material yang berbeda untuk memperoleh sifat fisik dan mekanik yang baik untuk material tersebut. Penggabungan beberapa jenis material menjadi sebuah material baru disebut juga material *hybrid*. *Hybrid* adalah suatu hal, benda, atau teknologi yang menggabungkan dua buah hal, benda, atau teknologi yang berbeda, namun dengan tetap mempertahankan baik sifat, maupun karakteristik dari kedua unsur tersebut.

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan sebuah inovasi yakni dengan memadukan bambu dan aluminium untuk bahan dasar pembuatan lunas kapal menjadi sebuah komposisi material *hybrid*. Lunas kapal merupakan konstruksi penguat memanjang kapal yang berada di bawah dan tepat di tengah-tengah kapal. Maka dari itu bahan dasar pembuatan lunas kapal haruslah terbuat dari bahan yang mempunyai kekuatan yang sangat baik. Selain memiliki kekuatan yang baik, material pembentuk lunas kapal juga harus memiliki ketahanan yang baik terhadap air laut dan memiliki laju korosi yang rendah. Penggabungan antara material aluminium dan bambu menjadi bahan dasar yang tepat. Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan analisis teknis dan ekonomis terkait dengan pembuatan lunas kapal dengan menggunakan metode laminasi berbahan dasar bambu dan aluminium.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai massa jenis material laminasi bilah bambu *hybrid* aluminium ?
2. Bagaimana hasil uji kuat tarik dan kuat tekuk dari material laminasi bilah bambu *hybrid* aluminium ?
3. Bagaimana perbandingan teknis dan ekonomis dari lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter menggunakan material laminasi bilah bambu *hybrid* aluminium ?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis nilai massa jenis dari lunas kapal wisata menggunakan laminasi bilah bambu *hybrid* aluminium.
2. Melakukan analisis secara teknis terkait dengan kekuatan tarik dan tekuk lunas kapal wisata menggunakan laminasi bilah bambu *hybrid* aluminium.
3. Melakukan analisis secara ekonomis pembuatan lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter menggunakan laminasi bilah bambu *hybrid* aluminium.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Dilakukan identifikasi langkah dan penentuan biaya pembuatan lunas kapal wisata dengan ukuran panjang kapal ≤ 24 meter.
2. Bambu yang digunakan jenis bambu Ori (*Bambusa Blumeana*) dan aluminium yang digunakan adalah aluminium *marine use* tipe 5083.
3. Standar pengujian menggunakan ASTM D 3500 untuk pengujian kuat tarik dan ASTM D 3043 untuk pengujian kuat tekuk

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

a. Bagi Akademisi:

1. Mampu menganalisa sifat teknis dari lunas kapal wisata menggunakan laminasi bilah bambu *hybrid* aluminium
2. Mampu menganalisa biaya pembuatan lunas kapal wisata menggunakan bilah bambu *hybrid* aluminium
3. Memberikan inspirasi kepada pembaca untuk melakukan penelitian lanjutan mengenai pembuatan lunas kapal atau bagian kapal lainnya dari bahan laminasi bambu dan aluminium.

b. Bagi praktisi:

1. Mendapatkan bahan lunas kapal yang kuat dan ramah lingkungan dari material laminasi bambu *hybrid* aluminium
2. Memberikan informasi pada industri perkapalan yang memproduksi lunas kapal tentang pembuatan lunas kapal dari laminasi antara bambu dan aluminium yang kuat dan ekonomis.

1.6. Hipotesis

Dengan penelitian ini, pembuatan lunas kapal wisata dari bahan laminasi bambu dan aluminium akan menjadi sebuah inovasi baru bahan dasar lunas kapal. Lunas kapal dari bahan laminasi bambu dan aluminium akan dilakukan analisa terhadap sifat mekanisnya dan perhitungan biaya yang ekonomis. Lunas kapal berbahan dasar laminasi antara bambu dan aluminium akan memiliki kuat tarik dan tekuk yang baik.

BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1. Kapal Wisata

Kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut, sungai, dan sebagainya seperti halnya sampan atau perahu yang lebih kecil. Secara umum kapal kayu dapat didefinisikan sebagai kapal yang berbahan kayu baik dari lambung maupun bangunan atas. Kapal kayu merupakan salah satu jenis kapal tradisional yang banyak diperuntukkan untuk berbagai hal contohnya untuk kapal ikan dan kapal wisata.

Kapal wisata merupakan salah satu jenis kapal yang banyak berkembang pada saat ini di Indonesia. Kapal wisata sendiri terbagi atas beberapa jenis sesuai dengan fungsinya. Jenis kapal wisata meliputi kapal pesiar, kapal penyeberangan, *yacht* dan lain sebagainya. Jenis-jenis kapal wisata tersebut umumnya terbuat dari material serat kaca dan kayu seperti kapal pinisi.



Gambar 2.1 Kapal *Cruise* Pribadi
Sumber : indonetnetwork.com

Kapal pesiar merupakan salah satu jenis dari kapal wisata yang banyak di kembangkan di dunia perkapalan saat ini. Kapal pesiar difungsikan sebagai kapal wisata yang memperhitungkan faktor kenyamanan dalam rangka mencapai tujuan tertentu sesuai rencana dari penumpang kapal itu sendiri. Pada peraturan menteri keuangan nomor 261/PMK.04/2015 tentang impor sementara kapal wisata asing, kapal pesiar itu sendiri adalah alat angkut yang digunakan untuk pelayaran pesiar atau wisata yang sekaligus berfungsi sebagai akomodasi (hotel terapung) dan dilengkapi dengan berbagai fasilitas penunjang wisata (Menteri Keuangan, 2015). Kapal pesiar memiliki dimensi ukuran utama yang bervariasi, akan tetapi kapal pesiar

ini pada umumnya memiliki ukuran panjang lebih dari 24 m. kapal ini memiliki fasilitas yang berbeda pada masing-masing kapal bergantung pada dimensi dan rencana kemewahan yang nantinya ada dalam kapal. Salah satu contoh kapal *cruise* yang ada di Indonesia ditunjukkan pada Gambar 2.1

Kapal *yacht* merupakan salah satu jenis kapal wisata yang pada umumnya dimiliki oleh pribadi-pribadi yang memiliki hobi berwisata laut dan kemampuan finansial lebih dari kebanyakan orang. Kapal *yacht* tidak dipergunakan untuk kepentingan komersil, namun saat ini di Indonesia banyak pebisnis yang menyediakan jasa sewa kapal *yacht*. Bagi para pelaku bisnis ini merupakan salah satu terobosan bisnis yang menjanjikan untuk menyasar pasar kelas menengah ke atas. Salah satu contoh kapal *yacht* dapat dilihat pada Gambar 2.2



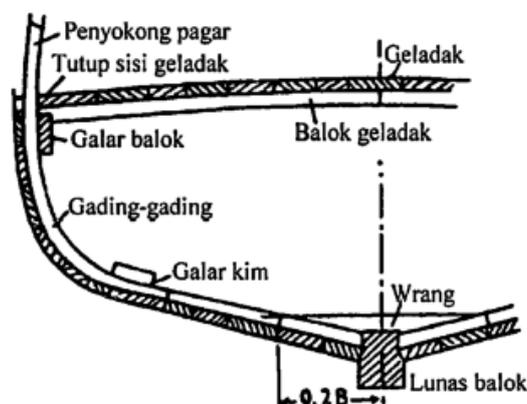
Gambar 2.2 Contoh Kapal *Yacht*
Sumber : moneysmart.id

Pengertian kapal *yacht* menurut peraturan menteri keuangan nomor 261/PMK.04/2015 tentang impor sementara kapal wisata asing adalah alat angkut yang digunakan sendiri oleh wisatawan untuk berwisata atau melakukan perlombaan–perlombaan di perairan, baik yang digerakkan dengan tenaga angin dan/atau tenaga mekanik dan digunakan hanya untuk kegiatan selain niaga (Menteri Keuangan, 2015). Kapal *yacht* juga memiliki fungsi lain yaitu sebagai kapal *sport*, salah satunya sebagai kapal olahraga pancing. Desain kapal *yacht* bermacam-macam dan mengarah ke futuristik yang bertujuan tidak lain untuk menarik perhatian dari orang-orang yang akan berwisata menggunakan kapal *yacht*. Dalam rangka menunjang kebutuhan bahasa desain dari kapal *yacht*, maka pada umumnya kapal *yacht* dibuat dari material *fiberglass* yang memiliki keunggulan murah, dan material *fiberglass* ini sangat mudah dibentuk menjadi desain yang direncanakan pada proses perencanaan pembangunan kapal *yacht* itu sendiri. Ukuran utama dari kapal *yacht* beragam, dengan kisaran panjang mulai dari ± 10 m

hingga lebih besar. Kapal *yacht* memiliki dimensi yang lebih kecil dibandingkan dari kapal *cruise* karena seperti yang telah dijelaskan di atas kapal *yacht* difungsikan untuk kepentingan pribadi.

2.2. Konstruksi Kapal Kayu

Secara umum konstruksi kapal ikan sama seperti konstruksi kapal kayu lainnya. Di dalam (BKI, 1996) dijelaskan terkait dengan bagian-bagian konstruksi kapal kayu. Karakteristik konstruksi kapal kayu tradisional Indonesia berbeda dengan konstruksi kapal kayu luar negeri terutama Eropa. Beberapa bagian konstruksi kapal kayu terdiri dari lunas yang merupakan komponen konstruksi bagian bawah kapal. Beban kapal sebagian besar bermuara pada konstruksi ini. Lunas dibuat menerus dari linggi buritan sampai ke linggi haluan. Dimensi lunas ditentukan oleh besaran kapal. Selanjutnya adalah konstruksi linggi haluan dan buritan yang merupakan lanjutan konstruksi dari lunas. Pada konstruksi kapal kayu terdapat gading yang berfungsi untuk menghubungkan papan kulit antara satu papan dengan papan lainnya, secara struktur konstruksi gading berfungsi memperkuat kulit luar pada arah melintang untuk menahan beban eksternal (air) dan muatan di atas palka. Galar adalah salah satu komponen konstruksi yang dipasang memanjang dari linggi haluan hingga linggi buritan. Letaknya bersilangan antara gading dan balok geladak. Komponen galar terdiri atas 2 bagian yaitu galar balok dan galar kim. Galar balok terletak (dilekatkan) di bawah balok geladak dan di samping gading. Sedangkan galar kim terletak (dilekatkan) di daerah lajur bilga yang dipasang secara memanjang mulai dari linggi haluan hingga linggi buritan. Konstruksi kapal kayu secara melintang terdiri atas bagian-bagian konstruksi utama seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Konstruksi Kapal Kayu
Sumber : BKI Kapal Kayu 1996

Keterangan Gambar:

- Lunas / keel

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

2.3. Kayu Ulin

Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) yang sering disebut kayu besi karena sifat kayunya yang kuat dan awet, termasuk dalam famili *Lauraceaea*. Kayu ini tumbuh secara alami di hutan Kalimantan, Jambi, Sumatera Selatan, dan Bangka & Belitung. Tinggi pohon kayu Ulin dapat mencapai 35 m dengan panjang batang bebas cabang 5 - 20 m, lingkaran diameter kayu sebesar 100 cm hingga 150 cm. Keistimewaan kayu Ulin, selain kuat dan awet (termasuk dalam kelas kuat I dan kelas awet I) adalah tahan terhadap serangan rayap dan serangga penggerek. Kayu Ulin juga tahan terhadap perubahan suhu, kelembaban, dan pengaruh air laut. Jenis kayu ini banyak digunakan untuk konstruksi jembatan, dermaga, bangunan yang terendam air, bantalan rel kereta api, perkapalan (Palapessy, 2014).



Gambar 2.4 Contoh Balok Kayu Ulin
Sumber : [flooringdeckingbali - WordPress.com](http://flooringdeckingbali.wordpress.com)

2.3.1. Sifat Fisik Kayu Ulin

Kayu ulin merupakan salah satu jenis kayu indah yang memiliki sifat fisik sangat kuat dan awet. Kayu ulin termasuk kelas kuat I atau sangat kuat dengan berat jenis 1,04 gram/cm³ (Hidayat, 2003). Kadar air kayu dapat beragam antar jenis kayu dalam satu jenis dan

dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (Tsoumis, 1991). Kadar air kayu basah dipengaruhi oleh kerapatan kayu, sedangkan kadar air kering udara dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, khususnya kelembaban udara. Kadar air kondisi kering udara dari kayu berkisar 6.64 - 11.09%. Kayu mahoni memiliki kadar air tertinggi (11.09%) dan kayu jati memiliki kadar air terendah (6.64%). Pada tabel 2.1 merupakan kadar air dari beberapa jenis kayu.

Tabel 2.1 Kadar Air Kayu

Jenis kayu	Kadar Air (%)
Balsa	8,22
Jabon	11,06
Mahoni	11,09
Jati	6,64
Merbau	6,76
Ulin	7,18

Sumber : (Tsoumis, *Science of Technology of Wood Structure, Properties, Utilization*,1991)

Penyusutan atau kembang susut kayu mempunyai arah tertentu karena adanya perbedaan struktur pOri-pOri kayu atau *trakeida* pada kayu yang berdaun jarum. Pada umumnya terdapat 3 arah pengembangan/penyusutan utama pada kayu, yaitu penyusutan arah tangensial, penyusutan searah dengan arah lingkaran tahun, besarnya penyusutan berkisar 4,3% – 14%. Penyusutan arah radial, penyusutan searah dengan jari-jari kayu atau memotong tegak lurus lingkaran tahun, besarnya penyusutan berkisar 2,1% – 8,5%. Penyusutan arah tangensial, penyusutan searah dengan panjang kayu, besarnya penyusutan berkisar antara 0,1% – 0,3%. Kayu Ulin mengalami penyusutan dari basah ke kering tanur sebesar 4,22% untuk arah radial dan 8,32% untuk arah tangensial (Palapessy, 2014).

2.3.2. Sifat Mekanik Kayu Ulin

Sifat mekanika material kayu bisa dilihat dan dianalisis berdasarkan kekuatan tarik dua arah. Kekuatan tarik kayu adalah bagaimana reaksi bahan kayu terhadap gaya-gaya yang menarik kayu. Pada umumnya kayu memiliki kekuatan tarik lebih besar searah serat kayu. Kekuatan tekan adalah daya tahan kayu terhadap tekanan pada searah serat kayu atau melintang serat kayu. Kekuatan tekan kayu lebih lemah pada arah melintang serat. Kelenturan (kekuatan lengkung) adalah ketahanan kayu terhadap gaya yang berusaha melengkungkan kayu dengan satu kali tekanan secara terus menerus atau berkali-kali (secara mendadak, seperti pukulan) (Pranata & Suryoatmono, 2014).

Berdasarkan tinjauan literatur Atlas Kayu Indonesia (PTHH, 2004), massa jenis kayu Ulin adalah 1,04 gram/cm³. Kekuatan lentur kayu Ulin adalah sebesar 109,19 MPa (MoR

atau pada kondisi beban batas *ultimate*/patah). Sedangkan untuk kekuatan tekan sejajar serat kayu Ulin adalah sebesar 65,24 MPa. Kekuatan tarik kayu Ulin adalah sebesar 120,62 MPa (arah radial) dan sebesar 160,19 MPa (arah tangensial) (PTHH, 2004). Penelitian tentang kekuatan tekan kayu Ulin telah dilakukan pula sebelumnya oleh (Pranata & Suryoatmono, 2014). Hasil yang diperoleh yaitu kekuatan tekan sejajar serat sebesar 50,53 MPa (beban batas proporsional), kekuatan tekan sejajar serat 55,64 MPa (beban batas *ultimate*), dan kekuatan tekan tegak lurus serat sebesar 20,26 MPa (beban batas proporsional).

2.3.3. Sifat Biologis Kayu Ulin

Keawetan kayu adalah ketahanan kayu terhadap serangan dari unsur-unsur perusak kayu dari luar seperti jamur, rayap, bubuk, dan penggerek di laut. Ketahanan kayu terhadap organisme perusak disebabkan oleh adanya zat ekstraktif yang terkandung dalam kayu yang merupakan unsur racun bagi perusak kayu. Kayu Ulin tahan terhadap serangan rayap dan serangga penggerek, karena mempunyai zat ekstraktif *eusiderin* turunan dari *phenolic* yang beracun (Syafii W, 1987). Nilai rata-rata kehilangan berat contoh uji kayu Ulin umur 26 tahun adalah $2,03\% \pm 0,15\%$ sedangkan contoh uji kayu Ulin umur 39 tahun adalah $1,09\% \pm 0,32\%$. Nilai rata-rata mortalitas rayap tanah pada contoh uji kayu Ulin umur 26 tahun adalah $95,3\% \pm 1,8\%$ dan untuk contoh uji kayu Ulin umur 39 tahun sebesar $98,6\% \pm 1,3\%$. Seperti pada indikator kehilangan berat, mortalitas rayap juga memberikan pola yang sama yaitu semakin tinggi umur kayu, maka mortalitas rayap akan semakin meningkat (Syafii W, 1987).

2.4. Bambu Secara Umum

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

Bambu termasuk ke dalam keluarga rumput-rumputan *Graminae*, suku *Bambuceace*, dan *sub family Bambusoideade*. Bambu terdiri dari batang, akar *rhizome* yang kompleks, dan

mempunyai sistem percabangan dan tangkai daun yang menyelubungi batang. Tanaman bambu tumbuh dengan subur di daerah *tropic* dari benua Asia hingga Amerika, beberapa spesies ditemukan di benua Australia. Dari sekitar 1250 jenis bambu di dunia, sekitar 200 jenis ditemukan di Asia Tenggara, sedangkan di Indonesia hanya terdapat sekitar 154 jenis bambu. Dengan luas hutan bambu mencapai 22 juta hektar yang tersebar di seluruh dunia dapat dihasilkan 200 juta ton bambu setiap tahunnya (Dransfield & Widjaya, E.A., 1995).

Bambu biasanya memiliki batang yang berlubang, akar yang kompleks, daun berbentuk pedang, dan pelepah yang menonjol. Jaringan bambu terdiri dari 50% sel-sel *parenkim*, 40% sel *skelenkim*, 10% pori sel pembuluh. Gugus *vascular* ini kaya akan buluh-buluh, serta serat berdinding tebal, dan pipa-pipa ayakan. Pergerakan air melalui buluh-buluh, sedangkan serat akan memberikan kekuatan pada bambu. Bambu tidak memiliki sel-sel *radial* seperti sel jari-jari pada kayu. Pada bagian ruas orientasi sel adalah aksial. Bambu ditutupi lapisan kutikula yang keras pada sisi luar dan dalamnya (Dransfield & Widjaya, E.A., 1995).

Berdasarkan pertumbuhannya, bambu dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

a. Bambu *Simpodial* (berumpun)

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

b. Bambu *Sonopodial* (menjalar)

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

2.5. Bambu Ori

Bambu Ori dalam bahasa latin disebut *bambusa blumeana*. Bentuk dari bambu Ori yaitu mempunyai cabang yang berduri. Karakteristik buluh bambu Ori adalah berbentuk tegak, berwarna gelap, dan tanpa kuping pelepah. Bambu Ori memiliki karakteristik yang hampir sama dengan bambu duri.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Rohman & Supomo, 2013) didapatkan nilai kuat tarik dari bambu Ori dengan variasi umur bambu. Variasi umur bambu pada penelitian tersebut mulai 1 – 5 tahun. Pada penelitian tersebut dilakukan dengan mengacu pada ASTM D-3500 untuk kekuatan tarik dan ASTM D-3043 untuk standar kekuatan tekuk. Data hasil pengujian tarik tersebut dapat dilihat dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kuat Tarik Rata-Rata Bambu Ori

Umur	Pmaks (N)	A (mm ²)	Σmaks (MPa)
1	9200	114,7	65,645
2	12300	112,9	103,241
3	18600	119,7	138,171
4	21600	109,8	180,719
5	26300	112,2	213,275

Sumber: (Rohman & Supomo, 2013)

Data dari Tabel 2.1 menunjukkan kuat tarik rata-rata laminasi bambu Ori pada masing-masing variasi umur. Mulai variasi umur satu tahun hingga lima tahun mengalami peningkatan nilai tegangan. Variasi umur satu tahun memiliki nilai kuat tarik terkecil yaitu 65,645 MPa. Variasi umur lima tahun memiliki nilai kuat tarik terbesar yaitu 213,275 Mpa. Sedangkan untuk kuat tekuk rata-rata tersaji dalam Tabel 2.3

Tabel 2.3 Kuat Tekuk Rata-Rata Bambu Ori

Umur	L (mm)	B (mm)	d (mm)	P (kN)	Tegangan (MPa)
1	450	25,6	25,5	1,5	60,48
2	450	25,7	25,5	1,9	76,68
3	450	25,75	25,74	2,4	97,2
4	450	25,6	25,5	2,8	115,56
5	450	25,7	25,7	3,2	127,44

Sumber : (Rohman & Supomo, 2013)

2.5.1. Sifat Fisik Bambu Ori

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

a. Berat Jenis

Salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap kekuatan bambu adalah berat jenis bambu. Berat jenis bambu dihitung sebagai nilai perbandingan berat bambu terhadap volume bambu tersebut. Bambu jenis Ori dan Betung memiliki berat jenis yang paling besar di antara bambu yang lainnya sebesar 0.744 ton/m³ untuk bambu Ori. Berat jenis bambu tersebut tertera pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Jenis Bambu Dengan Berat Jenisnya

Jenis Bambu	Berat Jenis
Apus	0,590
Jati	0,790
Wulung	0,685
Betung	0,717
Ori	0,744

Sumber: Morisco, Bambu Sebagai Bahan Rekayasa, 1996

b. Kadar Air

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

c. Pengembangan dan Penyusutan

Berbeda dengan kayu, penyusutan bambu dimulai secara langsung setelah panen, tetapi tidak berlangsung seragam. Penyusutan dapat mempengaruhi baik ketebalan dinding maupun diameter batang. Pengeringan bambu dewasa untuk kadar air sekitar 20% menyebabkan penyusutan 4 - 14% dalam ketebalan dinding dan 3 - 12% untuk diameter (Dransfield & Widjaya, E.A., 1995).

2.5.2. Sifat Mekanik Bambu Ori

Menurut (Frick, 2004) di dalam bukunya *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*, secara teoritis sifat mekanik material bambu bergantung pada:

- a. Jenis bambu yang berkaitan dengan tumbuh-tumbuhan.
- b. Umur bambu dan waktu penebangannya.
- c. Kelembapan (kadar air keseimbangan) pada batang bambu.
- d. Bagian batang bambu yang digunakan (bagian kaki, pertengahan, atau kepala).
- e. Letak dan jarak ruasnya masing-masing (bagian ruas kurang tahan terhadap gaya tekan dan lentur).

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

a. Berat Jenis

Berat jenis berbeda-beda menurut jenis bambu ($\rho = 670 - 720 \text{ kg/m}^3$) dan pada bagian ruas mana yang diperhatikan ($\rho = 570 - 760 \text{ kg/m}^3$) serta pada bagian dinding dalam ($\rho = 370 - 830 \text{ kg/m}^3$) atau bagian luar ($\rho = 700 - 850 \text{ kg/m}^3$). Namun, untuk konstruksi

bangunan bambu (bahan bangunan dengan kadar air $\leq 14\%$), berat jenis bambu di Indonesia dianggap rata-rata sebagai 700 kg/m^3 .

b. Kuat Tarik

Kuat tarik dibedakan menjadi tiga macam. Kekuatan tarik sejajar serat merupakan kekuatan tarik yang terbesar pada bambu. Kekuatan bambu untuk menahan gaya tarik tergantung pada bagian batang mana yang digunakan. Bagian kepala atau ujung memiliki kekuatan 12% lebih rendah daripada pangkal. Kuat tarik bambu akan menurun seiring dengan meningkatnya kadar air, di mana kuat tarik bagian luar bambu adalah yang terbesar dibandingkan dengan bagian lainnya (Handayani, 2007). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Morisco pada tahun 1994 - 1999, dilaporkan bahwa kuat tarik kulit bambu bernilai cukup tinggi, yaitu sekitar dua kali lebih besar dari kayu. Berdasarkan data tersebut dapat menjadi acuan bahwa bambu dapat menjadi bahan lunas kapal yang berkualitas baik.

c. Kuat Tekan

Kekuatan bambu untuk menahan gaya tekan tergantung pada bagian lurus dan bagian antar ruas batang bambu. Kuat tekuk statis menunjukkan kekuatan bambu dalam menahan beban yang mengenainya secara perlahan-lahan, sedangkan kuat tekuk pukul adalah kekuatan bambu dalam menahan beban yang mengenainya secara mendadak (Handayani, 2007). Bagian batang tanpa ruas memiliki kuat tekan 8 - 45% lebih tinggi daripada batang bambu yang beruas. Menurut (Morisco, 1996), bambu mempunyai kuat tekan 10% lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan kayu. Balok bambu yang terletak pada dua tumpuan atau lebih, bila menerima beban berlebihan akan melengkung/melentur. Akibat tegangan tarik yang melampaui batas kemampuan bambu, maka terjadi deformasi/defleksi yang mengakibatkan kegagalan berupa retakan (*crack*).

d. Kekuatan Geser

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

e. Kekuatan Lentur

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

f. Modulus Elastisitas

Batang bambu (tanpa laminasi) yang terbentuk pipa dan pipih lebih menguntungkan dibandingkan batang yang utuh pejal karena nilai kekuatannya atau satuan volume lebih tinggi. Kepadatan serat kokoh pada bagian dinding luar batang bambu meningkatkan kekuatan maupun elastisitas. (Purnomo, 2014)

2.5.3. Sifat Biologis Bambu Ori

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Pojoeh, 2017). Tujuan penelitian tersebut adalah untuk menguji perbedaan ketahanan tulangan bambu dengan perlakuan tanpa perendaman, direndam di dalam air sungai, dan air laut. Penelitian dilakukan dengan percobaan lapangan untuk melihat daya tahan tulangan bambu terhadap serangan jamur dengan cara memaparkan tulangan bambu terhadap jamur dan mengamatinya selama dua bulan, dan daya tahan tulangan bambu terhadap serangan rayap menggunakan metode *graveyard test* selama empat bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan perendaman di dalam air sungai dan di dalam air laut menurunkan tingkat serangan jamur pada tulangan bambu, di mana tulangan bambu dengan perlakuan tanpa perendaman “banyak ditumbuhi jamur”, sedangkan tulangan bambu yang direndam di dalam air laut dan direndam di dalam air sungai “cukup ditumbuhi jamur. Tulangan bambu yang dipendam di dalam tanah selama empat bulan menunjukkan ketahanan terhadap serangan rayap tanah yang berkisar antara “tahan” sampai “agak tahan”. Hasil dari penelitian tersebut mengacu pada Standar Nasional Indonesia dan dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Standar Nasional Indonesia Untuk Keawetan Bambu

Kelas (Class)	Intensitas serangan (<i>Attack intensity</i>)	Ketahanan (<i>Resistance</i>)
I	<7%	Sangat tahan (<i>Very resistant</i>)
II	7% – 27%	Tahan (<i>Resistant</i>)
III	27,1% – 55%	Agak tahan (<i>Moderately resistant</i>)
IV	55,1% – 80%	Tidak tahan (<i>Not resistant</i>)
V	>80%	Sangat tidak tahan (<i>Perishable</i>)

Sumber : (BSN, 2014)

2.6. Potensi Bambu Sebagai Konstruksi

Sebagai bahan konstruksi bambu memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan material bangunan lainnya. Selain murah, sifat bambu yang ringan dan lentur mempunyai kekuatan tinggi. Seratnya yang liat dan elastis sangat baik dalam menahan beban (tekan, tarik, maupun geser).

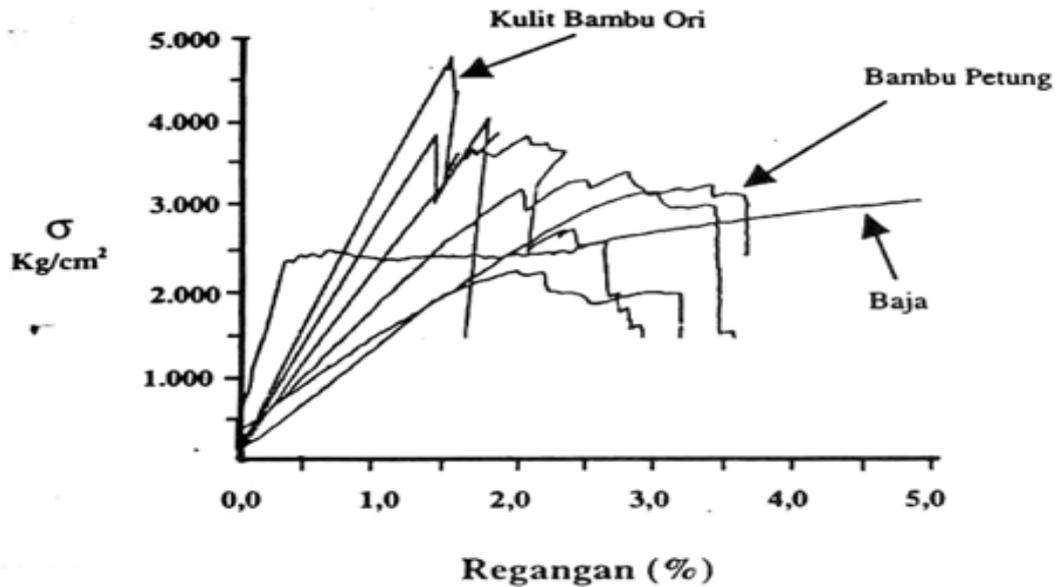
Keistimewaan karakteristik bambu sehingga dapat digunakan sebagai bahan material konstruksi antara lain adalah sebagai berikut :

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

Bambu memiliki kuat tarik yang lebih baik daripada baja tulangan beton. Pada gambar di bawah ditunjukkan bahwa kekuatan tarik bambu Ori hampir mencapai 5000 kg/cm^2 atau dua kali lipat dibandingkan dengan kekuatan tarik baja tulangan beton yang hanya 2400 kg/cm^2 . Sedangkan jenis bambu lainnya yaitu bambu betung mempunyai kekuatan tarik antara $3000 - 3500 \text{ kg/cm}^2$, di mana kekuatan tersebut masih lebih baik dibandingkan dengan kekuatan beton tulangan baja (Centre, 2001).

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

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



Gambar 2.5 Diagram Perbandingan Tegangan Regangan Bambu dan Baja
 Sumber: Morisco, 1996

Buku bambu mempunyai pengaruh terhadap sifat dan mekanik bambu. Bambu dengan buku mempunyai kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tarik bambu tanpa buku. Besaran penurunan kekuatan tarik tersebut kurang lebih 25%. Pada tabel di bawah ini digambarkan perbedaan *tensile strength* dan *modulus of elasticity* (MOE) antara yang mengandung buku dan tanpa buku serta posisi buku dalam batang bambu.

Tabel 2.6 *Tensile Strength and Modulus Of Elasticity* Antara Bambu Dengan Buku Dan Tanpa Buku

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

Sumber: Centre, 2001 dan Fangchun, 2000

Selain itu dapat dilihat juga bahwa semakin ke atas bambu, maka nilai *tensile strength and modulus elasticity* nya semakin kecil, juga dalam bambu yang tidak memiliki buku dan letaknya lebih kecil. Bambu yang paling bagus adalah bambu yang tidak memiliki buku dan yang letaknya paling dekat dengan tanah. Bambu mempunyai kuat tarik (*tensile strength*) lebih tinggi dibandingkan dengan kayu, maupun baja dalam satuan berat yang sama. Bambu juga mempunyai kembang susut yang lebih rendah dibandingkan kayu. Hal ini disebabkan oleh susunan dari serat bambu yang membentuk bambu tersebut (Centre, 2001).

Bambu juga mempunyai kekuatan tekan (*compressive strength*) 10% lebih tinggi dibandingkan dengan kayu. Baja mempunyai kekuatan tarik sebesar 2.5 - 3.0 lebih besar dibandingkan dengan bambu. Tetapi ditinjau dari berat jenisnya, baja mempunyai berat jenis 6 - 8 kali lebih besar dibandingkan dengan bambu. Sehingga bambu mempunyai kekuatan per unit beratnya 3 - 4 kali lebih besar dibandingkan dengan baja (Fangchun, 2000)

2.7. Teknologi Bambu Laminasi

Teknologi laminasi adalah teknik penggabungan material dengan bantuan perekat, bahan bangunan berukuran kecil dapat direkatkan membentuk komponen bahan sesuai keperluan. Teknik laminasi juga merupakan cara penggabungan suatu material yang tidak seragam atau dari berbagai kualitas. Sebagai contoh kayu yang berkualitas rendah digabungkan dengan kayu berkualitas tinggi disesuaikan dengan distribusi gaya beban yang akan diterima oleh produk beban tersebut. Dengan demikian teknik laminasi merupakan teknik penggabungan material yang sangat efisien untuk menghasilkan produk bahan bangunan yang efektif.

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

Pemakaian bambu sebagai bahan kayu lapis telah diperkenalkan oleh (Guisheng, 1985) serta (Subiyanto dan Subyakto, 1996). Bambu lapis mempunyai kekuatan yang tinggi terhadap abrasi serta momen lentur. Ketahanan lantai bambu terhadap abrasi adalah sekitar 130 persen dari ketahanan lantai kayu kempas (*Koompasia Malaccensis*), atau sekitar 5 kali ketahanan kayu karet. Menurut (Guisheng, 1985) kayu lapis yang dihasilkan jika diperbandingkan dengan papan partikel secara acak, mempunyai MoR 4 - 7 kali, dan MoE 4 - 6 kali. Mengingat kekuatan tersebut, bambu lapis cocok digunakan sebagai lantai bangunan gedung, lantai truk, dan beton (Morisco, 2006).

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

- a. Dipilih bilah bambu yang lurus dengan kadar air mencapai 12 - 15%.
- b. Agar dalam satu susunan lapisan diperoleh dimensi bilah yang seragam, terlebih dahulu bambu diserut. Kemudian bilah siap di lem, pada pengeleman bilah disusun melebar sekitar 5 - 7 bilah dengan lebar setiap lapisan 30 mm.

- c. Bilah di lem dengan cara di kuas pada kedua sisi lebarnya dengan campuran perekat sesuai komposisi yang telah direncanakan. Kemudian dimasukkan ke dalam cetakan/klem untuk kemudian dikencangkan.
- d. Setelah terkumpul atau bagian susunan bilah dalam satu cetakan/klem, kemudian lapis bilah tersebut dikempa dengan tekanan 2 MPa.
- e. Dilanjutkan dengan proses pengeringan/penjemuran selama 2 - 3 jam. Setelah itu lapisan bilah dikeluarkan dari cetakan.

2.8. Aluminium Tipe 5083

Aluminium adalah logam yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, material ini dipergunakan dalam bidang yang luas seperti halnya untuk peralatan rumah tangga. Selain itu aluminium juga dipakai untuk keperluan konstruksi pada mobil, pesawat terbang dan lain-lain. Aluminium sangat menarik bagi dunia industri, karena memiliki sifat yang ringan, ketahanan korosi yang tinggi, densitasnya rendah, dapat dibentuk dengan baik, serta memiliki daya konduktivitas yang tinggi, baik konduktivitas panas maupun listrik. Namun kelemahan dari aluminium ini adalah kekuatannya yang kurang, sehingga jarang sekali dijumpai logam aluminium murni dalam pemanfaatannya (Arifin, S, 2004)

Secara umum, jenis logam yang banyak digunakan untuk pembuatan produk cor adalah aluminium. Aluminium murni mempunyai sifat mampu cor dan sifat mekanik yang buruk. Oleh karena itu dipergunakan paduan aluminium untuk memperbaiki sifat-sifat mekaniknya dengan menambahkan Silikon karbida , tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya (surdia, 2000).

Paduan aluminium-magnesium umumnya digunakan sebagai bahan pembuat badan kapal. Paduan lainnya akan mudah mengalami korosi ketika berhadapan dengan larutan alkali seperti air laut. Paduan aluminium tembaga-*lithium* digunakan sebagai bahan pembuat tangki bahan bakar pada pesawat ulang-alik milik NASA. Uang logam juga terbuat dari aluminium yang diperkeras. Hingga saat ini, sulit dicari apa bahan paduan untuk membuat uang 6 logam berwarna putih keperakan ini, kemungkinan dirahasiakan untuk mencegah pemalsuan uang logam. Piston mobil juga menggunakan bahan aluminium yang dipadu dengan magnesium, *silicon*, atau keduanya, dan dibuat dengan cara ekstrusi atau dicor. Beberapa jenis roda gigi menggunakan paduan Al-Cu. Penggunaan paduan Cu untuk mendapatkan tingkat kekerasan yang cukup dan memperpanjang usia benda akibat *fatigue*. (Chen, 2016)

Aluminium yang telah dipadukan dengan unsur lain mempunyai sifat mekanik yang baik, sehingga logam aluminium paduan banyak digunakan untuk konstruksi. Aluminium

paduan seri 5083 adalah salah satu jenis aluminium paduan dengan paduan utama magnesium (Mg) 4.5 %. Paduan seri 5000 adalah tipe paduan aluminium yang tidak dapat diperbaiki sifat mekaniknya dengan perlakuan panas sehingga dinamakan *non heat treatable alloy*. Aluminium paduan seri 5083 adalah jenis aluminium yang banyak digunakan dalam dunia industri, karena mempunyai sifat mekanik (*mechanical Properties*) dan kemampuan las (*weldability*) yang baik.

2.8.1. Sifat Fisik Aluminium Tipe 5083

Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh (Chen, 2016). Dalam keadaan murni aluminium memiliki kekuatan yang sangat rendah untuk dapat dipergunakan pada berbagai keperluan. Dengan memadukan aluminium dengan unsur magnesium maka akan dihasilkan paduan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik. Selain memiliki kemampuan las yang baik, logam aluminium dapat direkatkan menggunakan jenis perekat *epoxy* yang terdiri atas *resin* dan *hardener*. Sifat fisik dari aluminium dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Sifat Fisik Aluminium

Wujud	Padat
Massa jenis	2,70 gram/cm ³
Titik lebur	660,32 C
Modulus young	70 GPa
Modulus geser	26 GPa
Kekerasan skala Mohs	2,75
Kekerasan skala Vickers	167 MPa
Kekerasan skala Brinell	245 MPa

Sumber: <http://aluminium.matter.uk.org/>

2.8.2. Sifat Mekanik Aluminium Tipe 5083

Berikut ini merupakan sifat-sifat mekanik dari aluminium:

1. Kekuatan tarik pada aluminium murni pada berbagai perlakuan umumnya sangat rendah, yaitu sekitar 90 MPa, sehingga untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan tarik yang tinggi, aluminium perlu dipadukan. Untuk paduan aluminium seri 5083 memiliki kuat tarik sebesar 275 MPa sesuai standar BS EN 485-2:2008 untuk aluminium berbentuk lembaran dengan ketebalan 0,2 – 6,3 mm (AZO Materials, 2019).
2. Kekerasan suatu bahan dipengaruhi oleh elastisitas, plastisitas, elastisitas, kekuatan tarik, *ductility*, dan sebagainya. Kekerasan dapat diuji dan diukur dengan berbagai

metode. Yang paling umum adalah metode *Brinell*, *Vickers*, *Mohs*, dan *Rockwell*. Kekerasan bahan aluminium murni sangat kecil, yaitu sekitar 20 skala *Brinell*, sehingga dengan sedikit gaya saja dapat mengubah bentuk logam (Chen, 2016). Oleh karena itu pada penulisan Tugas Akhir ini aluminium dipilih menjadi salah satu komponen material *hybrid* karena mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan dibandingkan dengan jenis logam lain.

3. *Ductility* (kelenturan) *Ductility* didefinisikan sebagai sifat mekanis dari suatu bahan untuk menerangkan seberapa jauh bahan dapat diubah bentuknya secara plastis tanpa terjadinya retakan. Dalam hasil pengujian tarik, *ductility* diukur dengan skala yang disebut elongasi. Elongasi adalah seberapa besar pertambahan panjang suatu bahan ketika dilakukan uji kekuatan tarik. Elongasi ditulis dalam persentase pertambahan panjang per panjang awal bahan yang diujikan (Chen, 2016).

2.8.3. Sifat Biologis Aluminium Tipe 5083

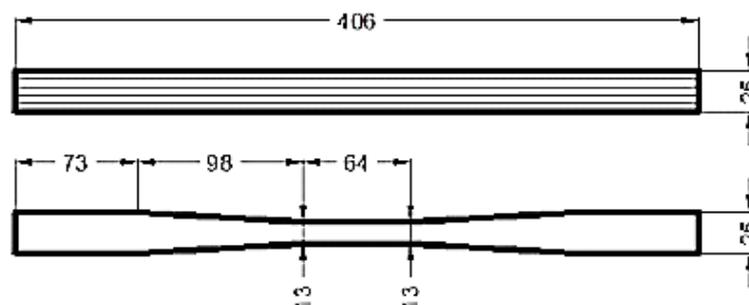
Dari beberapa logam seperti baja, tembaga, seng, aluminium dan paduannya, maka aluminium memiliki keunggulan, terutama dalam hal ketahanan terhadap korosi. Ketahanan korosi yang sangat baik oleh aluminium disebabkan oleh adanya lapisan oksida tipis yang menempel sangat kuat di permukaannya (Al_2O_3). Lapisan Al_2O_3 stabil pada lingkungan pH 4 s/d pH 9 sehingga lapisan tersebut dapat melindungi logam bagian dalam dari serangan korosi lanjutan, namun aluminium dapat juga ter-korosi dalam lingkungan yang agresif yaitu di luar kisaran pH tersebut terutama suasana asam maupun basa. Hal ini dapat diatasi dengan memberikan *coating* berupa cat logam terhadap aluminium. (Trethewey & J.Chamberlain, 1991).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Huda, 2017) diperoleh nilai laju korosi dari aluminium tipe 5083 dengan dilakukan perendaman di air laut Lamongan dengan waktu 12 jam mengalami laju korosi 0,0848 mmpy, untuk waktu 24 jam mengalami laju korosi 0,0601 mmpy, untuk waktu 48 jam mengalami laju korosi 0,0389 mmpy, dan pada waktu 168 jam mengalami laju korosi 0,0199 mmpy. Untuk air laut Gresik dengan waktu 12 jam mengalami laju korosi 0,0353 mmpy, untuk waktu 24 jam mengalami laju korosi 0,0230 mmpy, untuk waktu 48 jam mengalami laju korosi 0,0186 mmpy, dan pada waktu 168 jam mengalami laju korosi 0,0121 mmpy. Sedangkan pada air laut Kamal dengan waktu 12 jam mengalami laju korosi 0,0353 mmpy, untuk waktu 24 jam mengalami laju korosi 0,0194 mmpy, untuk waktu 48 jam mengalami laju korosi 0,0168 mmpy, dan pada waktu 168 jam mengalami laju korosi 0,0104 mmpy.

2.9. Standar Uji Tarik dan Tekuk Bambu Laminasi

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

Metode pengujian tarik dibagi menjadi dua kategori: A untuk spesimen kecil dan B untuk spesimen besar. Bambu laminasi termasuk dalam kategori A, sedangkan dimensi spesimen untuk kategori A dibagi dalam tiga tipe: A untuk tebal bilah lebih dari ¼ inci atau 6 mm, B untuk tebal bilah kurang dari ¼ inci atau 6 mm, dan C untuk *plywood* dengan sudut susunan serat selain 0° atau 90°. Jadi, spesimen uji tarik bambu Ori termasuk kategori A tipe B dengan dimensi yang disyaratkan mengacu pada Gambar 2.6, di mana panjang spesimen uji secara keseluruhan sebesar 406 mm dan panjang esensialnya (L_0) terletak di tengah sepanjang 64 mm.



Gambar 2.6 Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM D3500 (Satuan Dalam Milimeter)

Nilai kuat tarik (*stress*) dan regangan (*strain*) spesimen bambu laminasi dihitung dengan menggunakan formulasi berikut (ASTM D-3500, 2004):

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

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

Dimana:

σ = Kuat Tarik [N/mm²]

P_{maks} = Beban Maksimum [N]

A_0 = Luas Penampang Spesimen [mm²]

ϵ = Pemuluran

ΔL = $L_1 - L_0$ [mm]

L_0 = Panjang Awal [mm]

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

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

Dimana:

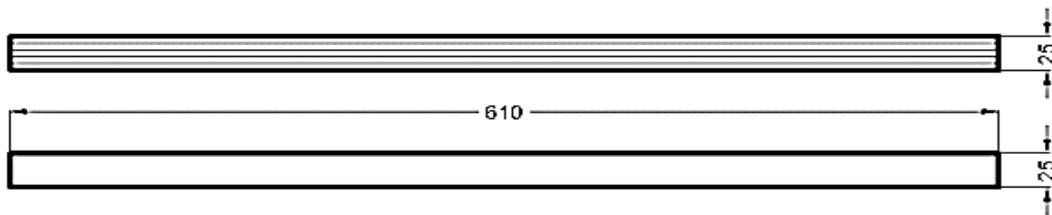
MoE = Modulus Elastisitas Tarik [N/mm²],

l = Panjang spesimen [mm]

A = Luas penampang spesimen [mm²]

Δl = Pemuluran [mm]

Metode pengujian tekuk dibagi menjadi empat kategori: A untuk pengujian tekuk di titik tengah (*center-point test*), B untuk pengujian tekuk di dua titik (*two-point test*), C untuk pengujian momen alami (*pure moment test*), dan D untuk pengujian tekuk sebagai persyaratan jaminan mutu. Bambu laminasi termasuk dalam kategori A dengan hasil pengujian yang terbaca meliputi total defleksi dan modulus elastisitas. Penampang melintang spesimen uji tekuk bambu laminasi disyaratkan harus berbentuk bujur sangkar dengan ukuran tebal = lebar, sedangkan panjang minimum spesimen adalah 24 kali tebal bilah. Bila tebal bilah lebih dari ¼ inci atau 6 mm, maka tebal dan lebar penampang melintang spesimen uji harus 2 inci atau 50 mm, sedangkan bila tebal bilah kurang dari ¼ inci atau 6 mm, maka tebal dan lebar penampang melintang spesimen uji harus 1 inci atau 25 mm. Jadi, spesimen uji tekuk bambu Betung termasuk kategori A dengan dimensi yang disyaratkan mengacu pada Gambar 2.7, di mana panjang spesimen uji secara keseluruhan sebesar 610 mm dengan tebal dan lebar sebesar 25mm.



Gambar 2.7 Dimensi Spesimen Uji Tekuk ASTM D3043 (Satuan Dalam Milimeter)

Nilai kuat tekuk spesimen bambu laminasi dihitung dengan menggunakan formulasi yang ada dalam ASTM D3043 berikut (ASTM D-3043, 2004):

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

Dimana:

MoR = Modulus patah [N/mm²],

P = Beban [N],

- L = Panjang spesimen [mm],
- b = Lebar spesimen [mm],
- t = Ketebalan spesimen [mm].

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

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

Dimana:

MoE = Modulus Elastisitas [N/mm²]

- l = Panjang spesimen [mm],
- b = Lebar spesimen [mm],
- t = Tebal spesimen [mm],
- δ = Defleksi [mm].

2.10. Peraturan Konstruksi Kapal Kayu

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

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

2.10.1. Biro Klasifikasi Indonesia 2013

Acuan *rule* yang digunakan sebagai aturan perhitungan kapal laminasi menggunakan aturan BKI 2013 tentang "*Rules for Small Vessels up to 24 m*" di dalamnya terdapat aturan yang mengkhususkan penggunaan kayu laminasi (*cold mould*) sebagai material utama dalam pembangunan kapal ikan. Penggunaan kayu laminasi sebagai bahan pembuatan kapal ikan, maka *workshop* yang digunakan untuk membangun kapal harus sepenuhnya tertutup dengan

suhu yang tepat dan memiliki ventilasi yang memadai. Apabila menggunakan kayu laminasi dalam pembangunan kapal, maka beberapa persyaratan ini harus diperhatikan :

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

Selain itu, pada aturan BKI tahun 2013 ini juga mengatur tentang pembebanan yang bekerja pada kapal, nilai besar pembebanan diperoleh dengan menggunakan rumus empiris. Berdasarkan Tabel 2.5 dapat diketahui bahwa sepanjang kapal tidak menerima beban yang sama, semakin ke depan beban yang bekerja pada kapal akan bertambah besar.

Tabel 2.5 Beban yang Bekerja pada Kapal

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

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Pada aturan BKI tahun 2013 ini juga mengatur tentang pembebanan yang bekerja pada kapal, nilai besar pembebanan diperoleh dengan menggunakan rumus empiris. Pada perhitungan pembebanan apabila kapal memiliki kecepatan melebihi kecepatan umum (10 knot), maka perlu dilakukan koreksi beban dengan cara mengalikan hasil perhitungan beban yang didapat dari rumus pada Tabel 2.5 dengan nilai perhitungan penambahan beban, dengan melakukan perhitungan seperti rumus pada Tabel 2.6. Nilai koreksi (Cf) dari hasil perhitungan ini akan ditambahkan apabila nilai $C_f > 1$, namun apabila didapatkan nilai $C_f \leq 1$ maka besar beban yang terjadi sesuai dengan perhitungan beban pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Beban dengan Koreksi Faktor Kecepatan Kapal

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

Sumber : (BKI, Rule for Small Fishing Vessels up to 24 m, 2013)

2.10.2. Perhitungan Lunas dan Linggi

Material yang digunakan sebagai lunas dan linggi harus mempunyai massa jenis 0,56 g/cm³. Massa jenis tersebut merupakan massa jenis minimal material yg disyaratkan sebagai bahan baku konstruksi lunas. Ketentuan utama yang disyaratkan oleh BKI untuk material kayu harus memenuhi beberapa persyaratan. Material kayu yang digunakan termasuk dalam Kelas Awet 1, 2 dan 3 sesuai dengan tabel A (tabel pada lampiran) digunakan sebagai struktur utama

kapal dan komponen lambung. Untuk material kayu yang tidak terdaftar pada tabel A , tetapi memiliki keawetan yang sama, maka dapat digunakan kayu dengan Kelas Awet I, II, III berdasarkan tabel A. Kayu yang digunakan sebaiknya memiliki serat yang panjang dan kualitasnya baik (bebas getah, tahan getaran, knot yang berbahaya dan cacat lainnya).

Apabila bahan material yang akan digunakan memiliki massa jenis yang berbeda, maka akan digunakan faktor k_s sebagai faktor pengali dari luas penampang member konstruksi yang telah didapatkan.

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

Keterangan :

k_s = faktor pengali

ρ = massa jenis [g/cm^3]

Dalam mendapatkan ukuran atau dimensi dari member konstruksi lunas dan linggi pada sebuah kapal kayu dapat dilakukan dengan melihat pada angka penunjuk dengan faktor acuan angka penunjuk L kapal. Ukuran lunas dan linggi kapal kayu telah di standarisasi sebagai ukuran minimal pada masing-masing bagian.

Tabel 2.8 Tabel Penentuan Ukuran Lunas

Scantling length	Keel			
	Sailing yachts amidships		Motor yachts amidships	
L	Height	width	height	cross-section ¹
[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ²]
6	75	150	70	80
8	90	185	80	130
10	110	220	90	190
12	125	225	105	250
14	140	285	115	310
16	160	320	125	380
18	175	355	140	450
20	195	385	150	520
22	210	410	165	600
24	230	435	180	690
26	245	455	190	770
28	260	470	205	800
30	280	480	220	950

¹ Applies to internal and external keels

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

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

kapal) pada Tabel 2.9. Sama halnya dengan lunas, linggi pada kapal terletak pada bagian luar dan bagian dalam kapal. Panjang linggi dalam kondisi aktual dihitung mulai adanya lengkungan pada lunas kapal kayu. Hal tersebut berlaku untuk linggi haluan maupun buritan kapal.

Tabel 2.9 Tabel Penentuan Ukuran Linggi

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

¹ widths are to be measured halfway up the profil

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Berdasarkan Tabel 2.8 dan Tabel 2.9 ukuran-ukuran yang akan didapatkan dikelompokkan menjadi dua bagian utama, yaitu kapal bermesin dan kapal layar. Ukuran kapal layar lebih besar daripada ukuran konstruksi kapal mesin, hal ini dikarenakan gaya yang bekerja pada kapal layar lebih *fluktuatif*. Dengan demikian terdapat penambahan yang lebih besar terhadap ukuran konstruksi pada kapal layar. Persyaratan yang ditetapkan oleh BKI juga mengatur bahwa ukuran lunas maupun linggi tidak diperbolehkan lebih kecil daripada ukuran tinggi yang diperoleh dari perhitungan yang sebelumnya dilakukan. Pada penulisan Tugas Akhir ini akan dilakukan perhitungan ukuran lunas dan linggi mengacu sepenuhnya pada peraturan BKI mulai dari standar minimal kekuatan tarik yaitu sebesar 42,169 MPa dan standar minimal dari kekuatan tekuk yaitu sebesar 71,098 MPa. Jarak antar sambungan memanjang dari laminasi maksimal 10 kali ketebalan material laminasi (Supomo, Manfaat, & Zubaydi, 2015).

Berat jenis berlaku untuk kayu dengan kelembapan sebesar 12%. Karena berat jenis kayu berhubungan erat dengan kekuatan kayu, maka pemilihan kayu dapat juga didasarkan pada kuat tarik kayu tersebut. Bila kayu yang digunakan lebih ringan dari Tabel 2.10 maka ukuran konstruksi masing-masing harus diperbesar (untuk lunas luas penampangnya) sesuai

dengan perbandingan berat jenis minimum kayu menurut peraturan, terhadap berat jenis kayu sebenarnya.

Tabel 2.10 Pembagian Komponen Struktur Berdasarkan Berat Jenis Minimal

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

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

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

Tabel 2.11 Kelas Kuat Kayu Berdasarkan Berat Jenisnya

Kelas Kuat	Berat Jenis	Kokoh lentur mutlak MPa	Kokoh tekan mutlak MPa
I	≥ 0,90	≥ 107,91	≥ 63,77
II	0,90 – 0,60	107,91 – 71,12	63,77 – 41,69
III	0,60 – 0,40	71,12 – 49,05	41,69 – 29,45
IV	0,40 – 0,30	49,05 – 35,32	29,43 – 21,09
V	≥ 0,30	≥ 35,32	≥ 21,09

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Pada penulisan Tugas Akhir ini juga dilakukan perhitungan ukuran konstruksi lunas kapal wisata menggunakan persamaan momen guna mengetahui ukuran konstruksi kapal yang disyaratkan mengacu pada kuat tarik yang dihasilkan oleh masing-masing material. Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan ukuran *web* dan *face* dari konstruksi tertentu pada kapal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Supomo, Manfaat, & Zubaydi, 2015) didapatkan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_1 \cdot W_1 = \sigma_2 \cdot W_2 \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

σ_1	= <i>Tensile strength</i> kayu Ulin	[MPa]
w_1	= Modulus kayu Ulin	[m ³]
σ_2	= <i>Tensile strength</i> Bambu Ori	[MPa]
w_2	= Modulus bambu Ori	[m ³]

BAB 3

METODOLOGI

3.1. Metode

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini penulis akan melakukan penelitian tentang pembuatan lunas kapal wisata berbahan dasar bambu *hybrid* aluminium. Penelitian dalam Tugas Akhir ini menggunakan metode eksperimen. Eksperimen yang dimaksud adalah suatu penelitian yang dilakukan untuk mengetahui suatu akibat yang timbul dari suatu perlakuan yang diberikan ke bahan uji secara sengaja terhadap laminasi bambu *hybrid* aluminium dalam pembebanan yang menghasilkan data pendukung guna selesainya Tugas Akhir ini. Penulis akan melakukan pengujian kuat tarik dan kuat tekuk, arah untuk pengujian dilakukan sejajar serat bambu laminasi dibagi dalam tiga variasi. Masing-masing variasi memiliki perbedaan dalam penyusunan bilah bambu dan aluminium. Varietas bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu Ori (*Bambusa Blumeana*) dan aluminium *marine use* tipe 5083.

Data dari hasil pengujian selanjutnya dilakukan analisis apakah memenuhi standar minimum dari peraturan Biro Klasifikasi Indonesia untuk dapat menyimpulkan apakah dari masing-masing variasi spesimen memenuhi kekuatan minimum konstruksi kapal wisata yaitu bagian lunas. Selanjutnya akan diperoleh ukuran lunas kapal berbahan dasar laminasi bambu *hybrid* aluminium sesuai dengan perhitungan kekuatan yang tertera dalam peraturan Biro Klasifikasi Indonesia.

Studi kasus yang diteliti dalam penelitian ini adalah sebuah kapal wisata penyeberangan daerah pulau Gili Genting yang berbahan dasar kayu. Data dari kapal tersebut digunakan sebagai data pembanding guna membantu penulis dalam melakukan analisa ekonomis, yang pada akhir penulisan Tugas Akhir ini akan disimpulkan nilai ekonomis dari lunas kapal berbahan dasar bambu laminasi *hybrid* aluminium.

3.2. Proses Pembuatan Spesimen Uji

Dalam menunjang proses pengujian, terlebih dahulu penulis membuat spesimen uji. Spesimen uji dibagi dalam tiga variasi, masing-masing variasi terdiri dari empat spesimen uji untuk pengujian kuat tarik dan kuat tekuk. Dalam membuat spesimen uji, ada beberapa hal yang diperhatikan penulis dalam memilih bambu dan aluminium yang akan digunakan. Hal ini

dimaksudkan untuk menghasilkan produk spesimen yang diharapkan memiliki kekuatan minimum sesuai dengan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia. Tahapan persiapan material spesimen akan dijelaskan selanjutnya pada sub bab di bawah ini mengenai, pemilihan bambu, pemilihan aluminium, peralatan dan pembuatan bilah.

3.2.1. Bahan dan Peralatan

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

Alat :

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

Bahan :

1. Batang bambu Ori (*Bambusa Blumeana*) dengan dimensi 500x25x3 mm dan 700x25x3 mm
2. Alumium *marine use* tipe 5083 dengan dimensi 500x25x3 mm dan 700x25x3 mm
3. Lem "*Propan Epoxy Bond EWA-135*

3.2.2. Pemilihan Bambu

Material dasar yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah Bambu Ori (*Bambusa Blumeana*). Bambu diperoleh dari pembelian di sebuah toko yang menjual berbagai macam produk bambu di daerah Keputih-Sukolilo. Bambu yang dipilih merupakan bambu yang berusia lebih dari tiga tahun dengan dimensi yang berbeda-beda.



Gambar 3.1 Proses Pemilihan Bambu Ori

Bambu dipilih dengan kriteria batang bambu harus selurus mungkin tanpa ada lengkungan yang ekstrem. Selanjutnya bambu yang diambil berbentuk bilah dengan ukuran panjang satu setengah meter dan lebar bilah kurang lebih tiga centimeter. Kemudian dilakukan pembersihan kuku yang masih terdapat pada bilah bambu untuk mempermudah proses *planner* yang akan dilakukan guna menghasilkan tebal bambu sesuai dengan penelitian ini.



Gambar 3. 2 Bilah Bambu dengan Panjang 1,5 Meter

3.2.3. Pengukuran Kadar Air

Pengukuran kadar air dengan maksud untuk mengetahui kadar air pada bilah bambu yang akan digunakan untuk spesimen. Pengukuran dilakukan mengacu pada *rules* BKI di mana material penyusun lunas kapal kayu dengan metode laminasi harus memiliki kelembapan sekitar 8% - 14%. Pengukuran ini dilakukan menggunakan alat *digital moisture meter*. Tahapan pengukuran dilakukan dengan cara pengambilan *sampling* bilah bambu yang telah dipilih pada tahapan sebelumnya. Selanjutnya pada masing-masing bilah tersebut ditancapkan alat *digital moisture meter* untuk mengetahui tingkat kelembapan dari bilah tersebut. Salah satu proses pengukuran kadar air dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Proses Pengukuran Kadar Air

3.2.4. Pembuatan Bilah Bambu

Setelah melewati proses pembersihan kuku-kuku bambu, tiap bilah bambu sepanjang 1,5 meter ditipiskan dengan menggunakan mesin *planar* dengan ketebalan rata-rata 3 milimeter. Proses penipisan bilah bambu dengan menggunakan mesin *planar* dilakukan secara bertahap yaitu pada satu kali proses penipisan masing-masing dari bilah bambu mengalami pengurangan tebal sebesar 1 milimeter. Proses penipisan bilah bambu dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Proses Penipisan Bilah Bambu Menggunakan Mesin *Planar*

Bilah bambu yang telah di *planar* selanjutnya dipotong secara melintang menggunakan *jigsaw* dan menghasilkan ukuran panjang lima puluh dan tujuh puluh centimeter. Hal ini dimaksudkan karena akan dilakukannya dua pengujian yang berbeda. Bilah dengan ukuran lima puluh centimeter digunakan untuk spesimen pengujian kuat tarik sedangkan bilah dengan ukuran tujuh puluh centimeter digunakan untuk spesimen pengujian kuat tekuk. hasil pemotongan bilah dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Hasil Bilah Sepanjang 50 cm dan 70 cm

Penipisan bilah bambu dengan mesin *planar* menghasilkan ketebalan bilah bambu menjadi seragam, akan tetapi untuk bagian tepi bilah bambu masih belum rata. Maka dilakukan pemerataan bagian tepi bilah dengan cara diratakan dengan mesin serut (*handplanar*). Hasil dari proses tersebut bertujuan untuk mendapatkan lebar bilah yang seragam. Lebar bilah yang dimaksud adalah sebesar 2,5 cm – 3 cm. Sehingga diperoleh dimensi akhir bilah dengan ukuran 500x30x3 mm dan 700x30 x3 mm. Proses pemerataan bilah dan dengan mesin *hand planar* dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Proses Pemerataan Bilah

3.2.5. Pemilihan Aluminium

Pada penulisan Tugas Akhir ini dilakukan variasi bahan lunas kapal menggunakan bahan dasar laminasi bambu *hybrid* aluminium. Maka dari itu bahan dasar dari spesimen yang akan dibuat bukan hanya menggunakan bambu melainkan juga menggunakan aluminium. Aluminium yang digunakan merupakan aluminium *marine use* tipe 5083 dengan ketebalan 3 mm yang diperoleh dari sebuah distributor logam di daerah Dupak, Surabaya. Berikut ini merupakan aluminium yang dipilih, dapat dilihat di Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Aluminium *Marine Use* Tipe 5083

Aluminium yang digunakan adalah aluminium berdasarkan beberapa kategori di antaranya tidak ditemukan korosi pada permukaan dan tidak ada kelengkungan pada permukaan aluminium. Hal tersebut dilihat untuk mempermudah proses selanjutnya yaitu pembuatan bilah aluminium di mana untuk menjadikan sebuah material komposit yang baik nantinya. Dimensi awal dari aluminium di atas adalah 1000x1200x3 mm dan akan dipotong menjadi bilah-bilah aluminium yang memiliki dimensi tertentu. Proses pembentukan aluminium menjadi bilah aluminium akan dijelaskan pada sub bab di bawah ini.

3.2.6. Pembuatan Bilah Aluminium

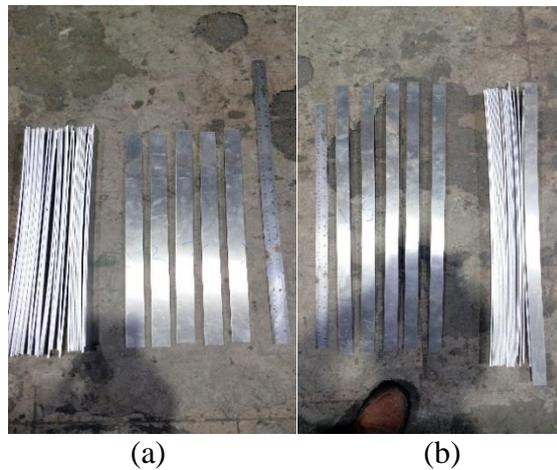
Aluminium yang akan digunakan pada penelitian ini adalah aluminium *marine use* tipe 5083 yang nantinya akan dibentuk menjadi bilah dan akan berdimensi sama dengan bilah bambu yang sebelumnya sudah jadi yaitu 500x30x3 mm dan 700x30x3 mm. Lebar dari bilah aluminium disesuaikan dengan rata-rata lebar dari bilah bambu yaitu 3 centimeter. Proses pemotongan aluminium ini menggunakan bantuan mesin *power shearing machine* yang secara otomatis akan memotong aluminium sesuai dengan keinginan. Pengerjaan pembuatan bilah aluminium sepenuhnya dilakukan oleh teknisi Laboratorium Teknologi dan Manajemen Produksi Kapal FTK-ITS. Proses pemotongan aluminium menjadi bentuk bilah dapat dilihat di Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Proses Pemotongan Aluminium Menggunakan *Power Shearing Machine*

Pemotongan aluminium diawali dengan proses kalibrasi mesin *power shearing* dimana untuk menentukan dimensi potongan aluminium yang akan dihasilkan oleh mesin. Selanjutnya aluminium dilakukan pengurangan lebar sebesar 3 cm pada satu kali proses potong untuk menghasilkan aluminium dengan dimensi 500x30x3 mm dan 700x30x3 mm sesuai dengan lebar bilah dan ukuran spesimen yang akan dibuat. Proses pemotongan lembaran aluminium ini

dilakukan secara bertahap untuk menjaga suhu aluminium tetap normal. Hasil dari proses pemotongan aluminium dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Hasil Akhir Potongan Bilah Aluminium (A) 500x30x3 mm dan (B) 700x30x3 mm

3.2.7. Pembuatan Spesimen Uji

Spesimen uji dibentuk menjadi papan laminasi utuh, di mana bahan bakunya berupa bilah-bilah bambu dan bilah-bilah aluminium yang telah mengalami proses sesuai pada penjelasan di atas. Spesimen uji dibedakan menjadi dua pengujian, yaitu pengujian kuat tarik dan pengujian kuat tekuk. Pengujian tarik sendiri terdapat tiga variasi, yaitu variasi satu dengan lapisan *sandwich* antara bambu dan aluminium, variasi dua dengan dua lapisan bilah bambu berbanding dengan satu lapis bilah aluminium, dan variasi tiga dengan tiga lapisan bambu berbanding satu lapisan bilah aluminium. Variasi yang sama akan diterapkan pada bahan uji untuk pengujian kuat tekuk. Pada penelitian ini akan dibuat masing-masing 4 buah bahan uji pada setiap variasi material laminasi. Adapun urutan langkah-langkah pembuatan papan laminasi dijelaskan sebagai berikut:

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



Gambar 3.10 Penyusunan dan Penomoran Bilah Bambu

- b. Sesuai aturan susunan metode tumpuk bata, bilah disusun satu persatu dengan ukuran 450x300x3 mm untuk spesimen uji tarik dan ukuran 700x300x3 mm untuk spesimen uji tekuk,

- c. Perekat *epoxy* tipe *EWA-135* dipersiapkan dengan rasio *resin-hardener* adalah 1:1 dan berat total kedua senyawa tersebut 600 gram untuk satu papan laminasi uji tarik dan 700 gram untuk satu papan laminasi spesimen uji tekuk.



Gambar 3.11 Proses Pencampuran Lem *Epoxy* antara *Resin-Hardener*

Pada saat proses pencampuran antara *resin* dan *hardener* ditambahkan cairan *thinner* untuk mempermudah proses pencampuran antara kedua senyawa tersebut. Cairan *thinner* yang digunakan merupakan jenis *thinner A-Special* yang ditambahkan secara perlahan dan secukupnya.

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



Gambar 3.12 Proses Perekatan Bilah Bambu

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

- f. Proses pengeringan perekat membutuhkan waktu kurang lebih selama 12 jam, hal tersebut dilakukan untuk memastikan lem yang diberikan mampu merekatkan kedua komponen penyusun material yaitu bilah bambu dan bilah aluminium secara baik.



Gambar 3.13 Proses Pengepresan Papan Laminasi

- g. Papan laminasi yang telah kering dibersihkan dari sisa kertas yang menempel dan perekat yang berlebih menggunakan mesin *planar* dan amplas, di mana hasil dari pembersihannya dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.14 Papan Spesimen Uji Tarik

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

3.3. Pengukuran Massa Jenis

Pengukuran massa jenis dilakukan dengan cara sederhana dengan melakukan pengukuran berat dan volume material. Proses tersebut dilakukan terhadap masing-masing

spesimen tiap variasi. Proses pengukuran massa jenis diawali dengan pengukuran berat spesimen menggunakan timbangan dengan skala kilogram. Selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi panjang, lebar, dan tebal masing-masing spesimen untuk mendapatkan nilai volume dari spesimen tersebut. Proses pengukuran berat salah satu spesimen dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Proses Pengukuran Berat Spesimen (TK.A3.3)

3.4. Pengujian Spesimen

Pada tahapan ini dilaksanakan pengujian kuat tarik dan kuat tekuk spesimen laminasi bambu *hybrid* aluminium menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Dari pengujian kuat tarik akan dihasilkan grafik beban - regangan, sedangkan pada pengujian kuat tekuk akan dihasilkan grafik beban-defleksi. Pengujian kuat tarik dan tekuk seluruhnya dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Departemen Teknik Perkapalan ITS.

3.4.1. Tahapan Pengujian Kuat Tarik

Pengujian tarik dibagi menjadi tiga variasi, di mana yang membedakan antar variasi adalah perbandingan lapisan bilah bambu dan bilah aluminium. Tiap spesimen uji diberikan kode dan nomor berdasarkan variasi dan jumlahnya, guna mempermudah pengumpulan data. Pemberian kode huruf TR untuk spesimen uji tarik dan untuk uji tekuk diberikan kode huruf TK pada masing-masing spesimen. Kode A1 digunakan untuk spesimen uji dengan jumlah lapisan aluminiumnya satu lapis, A2 untuk spesimen yang mempunyai dua lapisan aluminium, dan A3 untuk spesimen yang memiliki tiga lapis aluminium. Pemberian kode dilakukan pada setiap spesimen pengujian variasi tarik maupun tekuk yang terdiri atas masing-masing 4 spesimen uji.

Spesimen uji tarik sebelumnya diukur luas penampang melintang (A0) di bagian tengah tiap spesimen, di mana nilai A0 tersebut nantinya digunakan untuk melakukan perhitungan kuat tarik laminasi bambu *hybrid* aluminium. Pengukuran dilakukan dengan bantuan jangka sorong

dengan menentukan 3 titik pengukuran dan di akhir diambil nilai terkecil dari ke-tiga titik tersebut. Setelah pencatatan A0, kedua ujung spesimen di masukan pada klem mesin tarik, klem yang digunakan untuk melakukan pengujian disesuaikan dengan dimensi spesimen uji.



Gambar 3.16 Proses Pengujian Kuat Tarik

Pengujian tarik spesimen laminasi bambu *hybrid* aluminium menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Skala beban 40 diatur agar grafik beban pemuluran mudah dibaca. Jarum penunjuk beban pada UTM harus berada pada angka 0 sebelum diberikan pembebanan. Pembebanan diberikan secara kontinu dengan laju pembebanan konstan dan dilakukan hingga spesimen uji patah di bagian tengah. Besarnya beban dan pemuluran tiap spesimen yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada kertas *milimeter block* dapat terbaca dengan baik. Prosedur pengujian berlaku untuk semua spesimen uji tarik. Berikut ini merupakan contoh hasil pengujian kuat tarik pada variasi dua (TR.A2)



Gambar 3.17 Hasil Pengujian Kuat Tarik (TR.A2)

3.4.2. Tahapan Pengujian Kuat Tekuk

Spesimen uji tekuk sebelumnya dilalukan penandaan pada titik tengah tiap spesimen yang ditandai dengan garis, di mana garis ini merupakan acuan pusat beban. Setelah pemberian

garis acuan pusat beban, dilakukan penyesuaian *mandrill* yang digunakan pengujian ini yaitu *mandrill* dengan diameter sebesar dua kali ketebalan spesimen uji tekuk. Selanjutnya panjang *Lspan* yang digunakan pada pengujian ini sepanjang 480 mm sesuai dengan yang disyaratkan pada ASTM D3043. Selanjutnya pada spesimen diletakkan pada tumpuan mesin UTM.



Gambar 3.18 Spesimen Uji Kuat Tekuk

Sama halnya dengan pengujian kuat tarik, pengujian kuat tekuk juga menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Untuk pengujian tekuk spesimen laminasi bambu *hybrid* aluminium diatur menggunakan skala beban 40 agar grafik beban-defleksi lebih mudah dibaca. Pembebanan diberikan secara kontinu dengan laju pembebanan konstan dan dilakukan hingga spesimen uji patah di bagian tengah, patahan pada spesimen uji tekuk ditunjukkan pada Gambar 3.19. Selama proses pengujian, besarnya beban dan defleksi tiap spesimen ditampilkan dalam bentuk grafik pada kertas *milimeter block*. Prosedur pengujian di atas berlaku untuk semua spesimen uji tekuk.



Gambar 3.19 Patahan Pada Spesimen Kuat Tekuk

3.5. Pengolahan Data dan Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan grafik beban-pemuluran pada pengujian tarik, diperoleh nilai beban maksimum dan total pemuluran tiap spesimen uji. Nilai beban dan pemuluran selanjutnya diolah secara matematis dengan menggunakan formulasi yang telah dijelaskan pada Bab 2, yaitu menggunakan formulasi 2.1, 2.2, dan 2.3, di mana secara berurutan dihasilkan nilai kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitas tarik. Sedangkan berdasarkan grafik beban-defleksi

pada pengujian tekuk, diperoleh nilai beban maksimum dan total defleksi tiap spesimen uji. Nilai beban dan defleksi selanjutnya diolah secara matematis dengan menggunakan formulasi 2.4 dan 2.5, di mana secara berurutan dihasilkan nilai kuat tekuk dan modulus elastisitas tekuk spesimen uji. Hasil akhir nilai regangan/defleksi, kuat tarik/kuat tekuk, dan modulus elastisitas tiap spesimen uji diperoleh dari nilai rata-rata pada empat kali pengujian per variasi. Proses pengolahan data berlaku untuk semua spesimen uji tarik dan tekuk.

Seluruh hasil pengujian spesimen laminasi bambu *hybrid* aluminium, masing-masing variasi spesimen kuat tarik dan tekuk akan ditampilkan dalam grafik nilai regangan/defleksi, kuat tarik/kuat tekuk, dan modulus elastisitas. Selanjutnya pembahasan dilakukan dengan mengidentifikasi nilai kuat tarik dan kuat tekuk seluruh hasil pengujian dibandingkan dengan batas tegangan izin BKI tahun 2013 tentang Kapal Kecil ≤ 24 meter sebagai persyaratan material konstruksi kapal khususnya untuk lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter.

3.6. Perhitungan Ukuran Lunas Kapal

Regulasi yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah *rules* BKI 1996, dan BKI 2013, sehingga aturan yang berkaitan dengan semua perhitungan yang ada mengacu pada regulasi tersebut. Pada penulisan Tugas Akhir ini akan ditentukan ukuran lunas, dan linggi dari kapal pembanding yang telah dilakukan survei sebelumnya. Perhitungan ukuran lunas diawali dengan menghitung ukuran lunas ketika lunas tersebut menggunakan material kayu Ulin dan selanjutnya akan dilakukan perhitungan lunas kapal tersebut dengan menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium.

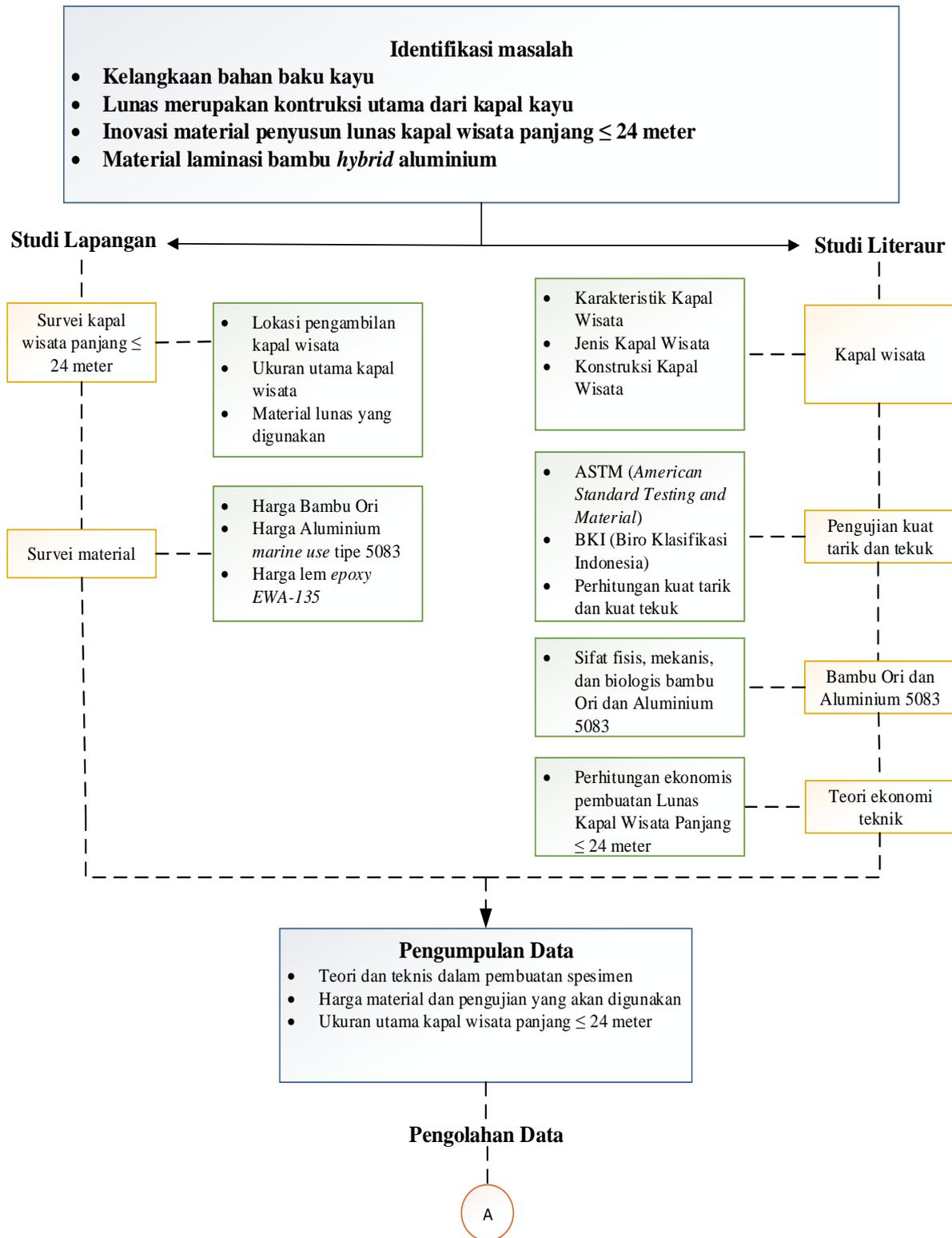
3.7. Analisis Ekonomis

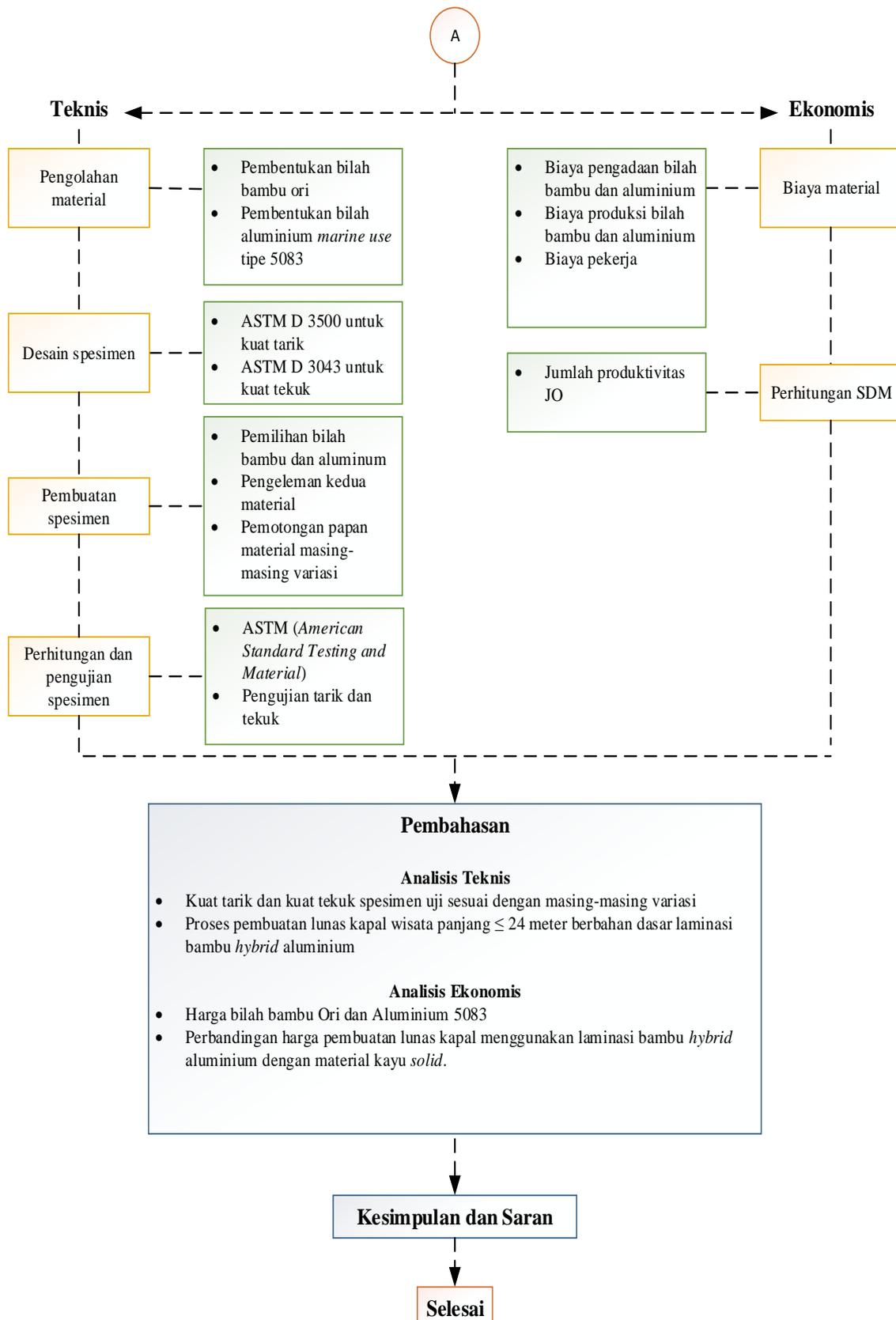
Pada penulisan Tugas Akhir ini akan dilakukan perhitungan ekonomis yaitu menghitung biaya pembuatan dari lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter berbahan dasar laminasi bambu *hybrid* aluminium. Perhitungan ekonomis dilakukan pada setiap variasi mengacu pada spesimen yang dibuat di mana akan dilakukan perbandingan biaya material pada masing-masing variasi untuk mendapatkan biaya pembuatan lunas yang ekonomis. Pada penulisan Tugas Akhir ini juga akan dilakukan perbandingan biaya pembuatan lunas kapal wisata berbahan dasar kayu Ulin. Pada Tugas Akhir ini kapal yang dipilih adalah salah satu kapal wisata penyeberangan di daerah pulau Gili Genting Madura.

3.8. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ini di latar belakang oleh ketersediaan bahan baku kapal kayu yang semakin menipis ketersediaannya dan memiliki harga

yang tidak ekonomis. Sebelumnya telah dilakukan pengujian terhadap bambu laminasi yang pada akhirnya mendorong penulis untuk melakukan inovasi dengan menggabungkan sifat aluminium yang kuat dan ringan dengan sifat bambu yang kuat dan ekonomis dibandingkan dengan kayu jenis lain menjadi material komposit untuk lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter.





Gambar 3.20 Diagram Alir Penelitian

Halaman sengaja dikosongkan

BAB 4

DATA HASIL PENGUJIAN DAN SURVEI

4.1. Pendahuluan

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tarik dan tekuk pada laminasi bambu *hybrid* aluminium guna memperoleh sifat mekanik dari material komposit tersebut. Beberapa pengujian yang terkait dengan sifat mekanik perlu dilakukan untuk menentukan kekuatan dari ukuran konstruksi lunas kapal. Kapal yang digunakan dalam pembahasan Tugas Akhir ini adalah kapal wisata panjang ≤ 24 meter. Pengujian yang akan dilakukan seperti yang telah dijelaskan secara rinci pada bab 3 akan dilakukan secara bertahap dan akan menghasilkan data sifat mekanik material laminasi bambu *hybrid* aluminium.

Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tarik dan uji kuat tekuk. Hal ini bermaksud untuk menganalisa pembebanan normal atau ideal yang terjadi pada lunas kapal, maka diperoleh data secara keseluruhan terkait dengan kekuatan laminasi bambu *hybrid* aluminium sebagai data awal. Selanjutnya hasil pengujian uji sifat mekanik ini akan dapat dipergunakan sebagai acuan dalam memperhitungkan ukuran bagian konstruksi kapal khususnya konstruksi lunas kapal.



Gambar 4.1 Contoh Spesimen Uji Tarik

Pada Gambar 4.1 adalah hasil dari pembuatan spesimen uji tarik variasi dua dengan perbandingan lapisan bambu dan aluminium 2 : 1 dengan ukuran dimensi yang telah sesuai dengan standar ASTM D3500. Standar dimensi spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 2.5 yaitu sama dengan kategori spesimen uji A dengan model pada jenis B, model B yang dimaksud untuk tebal bilah kurang dari $\frac{1}{4}$ inci atau 6 mm. Masing-masing variasi terdiri dari empat buah spesimen uji untuk tiap pengujian.



Gambar 4.2 Contoh Spesimen Uji Tekuk

Sedangkan pada pengujian tekuk pembuatan spesimen uji untuk semua variasi dibuat dengan ukuran dimensi yang telah sesuai dengan standar ASTM D3043, standar dimensi spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 2.6 untuk spesimen uji tekuk bambu Ori termasuk pada kategori A dengan dimensi yang disyaratkan di mana panjang spesimen uji secara keseluruhan sebesar 610 mm dengan tebal dan lebar sebesar 25 mm, kategori tersebut untuk pengujian tekuk di titik tengah (*center-point test*). Hasil dari pembuatan spesimen uji untuk pengujian tekuk variasi dapat dilihat pada Gambar 4.2.

4.2. Data Hasil Pengukuran Massa Jenis

Pengukuran massa jenis dilakukan pada masing-masing variasi. Perhitungan dimulai dengan tahapan pengukuran berat tiap variasi. Pada setiap variasi dilakukan pengambilan beberapa contoh spesimen untuk dilakukan pengukuran berat. Pada masing-masing spesimen tersebut juga dilakukan pengukuran dimensi. Selanjutnya setelah berat dan dimensi masing-masing spesimen diketahui maka tahapan selanjutnya adalah dengan membagi nilai berat dalam satuan kilogram dengan volume masing-masing spesimen pada tiap variasi dengan satuan m^3 . Data yang telah diperoleh pada masing-masing variasi tersebut diambil nilai rata-ratanya. Rata-rata dari massa jenis tiap variasi akan digunakan untuk proses perhitungan ukuran konstruksi kapal wisata panjang ≤ 24 meter. Hasil perhitungan massa jenis dikonversi menjadi satuan gr/cm^3 untuk penyesuaian dengan perhitungan ukuran konstruksi pada *rules* BKI 2013 di mana dalam BKI juga ditentukan nilai massa jenis minimal untuk bahan baku pembuatan lunas kapal kayu yaitu sebesar $0,56 gr/cm^3$. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 4.1 Perhitungan Massa Jenis Tiap Variasi

Nomor Spesimen	Berat (gr)	Volume (cm ³)	Massa Jenis (gr/cm ³)	Rata-rata (gr/cm ³)
A1.1	480	549	0.874	0.897
A1.2	490	549	0.893	
A1.3	520	549	0.947	
A1.4	480	549	0.874	

Nomor Spesimen	Berat (gr)	Volume (cm ³)	Massa Jenis (gr/cm ³)	Rata-rata (gr/cm ³)
A2.1	580	549	1.0565	1.0974
A2.2	640	549	1.1658	
A2.3	600	549	1.0929	
A2.4	590	549	1.0747	
A3.1	670	549	1.220	1.202
A3.2	630	549	1.148	
A3.3	660	549	1.202	
A3.4	680	549	1.239	

Tahapan pengukuran massa jenis dilakukan sebelum spesimen dilakukan pengujian tarik maupun tekuk. Hasil pengukuran massa jenis pada tiap variasi laminasi bambu *hybrid* aluminium telah disajikan dalam Tabel 4.1 bahwa untuk nilai massa jenis terendah didapatkan pada material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 sebesar 0,897 gr/cm³. Sedangkan untuk nilai massa jenis tertinggi didapatkan pada material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 sebesar 1,202 gr/cm³. Di antara kedua nilai massa jenis variasi A1 dan A3 diisi oleh material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A2 dengan nilai massa jenis sebesar 1,0974 gr/cm³. Data nilai massa jenis ini digunakan untuk menghitung ukuran lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter.

4.3. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik

Kuat tarik adalah merupakan sifat mekanik bahan yang perlu diketahui dengan cara melakukan pengujian karena sifat *orthotropic* bahan material bambu maka akan dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai kuat tarik. Dengan mengetahui nilai kuat tarik material maka dapat diketahui kondisi pembebanan elemen konstruksi pada bagian lunas kapal wisata. Kekuatan tarik ini merupakan indikator laminasi bambu *hybrid* aluminium apakah mampu menahan beban sesuai batas yang diizinkan dalam peraturan klasifikasi atau tidak. Pada penelitian ini pengujian tarik dilakukan dengan standar ASTM D3500.

Pada pengujian ini terdapat tiga variasi pengujian tarik, variasi tersebut berdasarkan pada perbandingan jumlah lapisan bilah bambu dengan lapisan bilah aluminium. Jumlah spesimen yang dilakukan untuk pengujian sebanyak empat buah spesimen untuk satu variasi pengujian, jadi total spesimen yang diuji adalah dua belas spesimen. Berikut akan dijabarkan mengenai hasil dari pengujian uji tarik yang telah dilakukan. Penjelasan mengenai hasil pengujian dibagi menjadi tiga bagian, yaitu hasil uji tarik variasi A1 dengan lapisan laminasi

bambu dengan aluminium 3 : 1, variasi A2 dengan perbandingan 2 : 1, dan variasi A3 dengan perbandingan 1 : 1.

4.3.1. Pengujian Kuat Tarik laminasi Bambu *hybrid* Aluminium variasi satu (TR.A1)

Spesimen uji tarik laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi satu terdiri atas tujuh lapisan di mana perbandingan antara lapisan bambu dan aluminium sebesar 3 : 1 dengan ketebalan masing-masing lapisan sama sebesar 3 mm. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK-ITS. Pengujian dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* dan skala pembebanan pada mesin tersebut menggunakan skala beban 40. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian tarik variasi satu (TR.A1) dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik Variasi Satu (TR.A1)

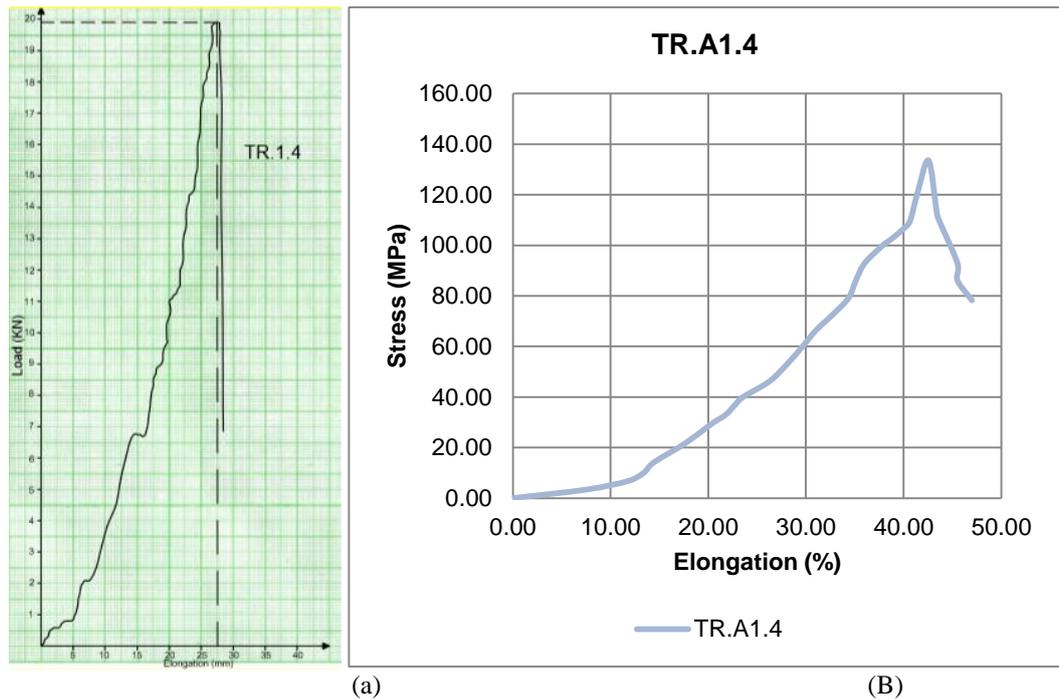
No	Kode	W (mm)	T (mm)	CSA (mm ²)	L0 (mm)	Elongation (mm)	F _{ultimate} (kN)	Stress MPa	Strain %
1	TR.A1.1	13,25	22,31	295,608	64	25	37,8	127,872	39,063
2	TR.A1.2	14,22	22,97	326,633	64	23,5	37,4	114,501	36,719
3	TR.A1.3	13,67	22,36	305,661	64	14	36,7	120,068	21,875
4	TR.A1.4	13,31	22,77	303,069	64	27,5	40,6	133,963	42,969
Rata-rata						22,5	38,125	124,101	37,891

Dari data yang disajikan pada tabel dapat diketahui hasil pengujian uji tarik laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi satu (TR.A1). Pengujian ini berdasarkan pada ketahanan dari spesimen uji dalam menahan beban tarik maksimum yang diberikan kemudian spesimen uji akan patah. Pada spesimen satu mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 37,8 kN dengan pemuluran 25 mm. Spesimen dua mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 37,4 kN dengan pemuluran 23,5 mm. Sedangkan pada spesimen tiga mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 36,7 kN dengan pemuluran 14 mm. Kemudian yang terakhir pada spesimen empat mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 40,6 kN dengan pemuluran 27,5 mm.



Gambar 4.3 Patahan Spesimen Uji Tarik Variasi Satu (TR.A1)

Data hasil pengujian ini selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas dari material laminasi ini. Hasil dari perhitungan tersebut akan dilakukan analisa secara teknis terhadap ketentuan batas minimum nilai tegangan yang diizinkan oleh BKI, karena akan mempengaruhi layak atau tidaknya material tersebut untuk dijadikan konstruksi lunas kapal. Contoh grafik hasil pengujian dari hasil uji spesimen tarik variasi satu (TR.A1) laminasi bambu *hybrid* aluminium dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan selengkapnya terdapat pada lampiran E.



Gambar 4.4 (A) Grafik Load (B) Grafik Stress-Strain Variasi Satu (TR.A1)

4.3.2. Pengujian Kuat Tarik laminasi Bambu *hybrid* Aluminium variasi dua (TR.A2)

Spesimen uji tarik laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi dua terdiri atas tujuh lapisan di mana perbandingan antara lapisan bambu dan aluminium sebesar 2 : 1 dengan ketebalan masing-masing lapisan sama sebesar 3 mm. Skala pembebanan yang diberikan sebesar 1 : 100. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian tarik variasi satu (TR.A2) dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Uji Tarik Variasi Dua (Tr.A2)

No	Kode	W (mm)	T (mm)	CSA (mm ²)	L0 (mm)	Elongation (mm)	F _{ultimate} (kN)	Stress MPa	Strain %
1	TR.A2.1	13,79	22,82	314,688	64	15	47	149,354	23,438
2	TR.A2.2	14,12	22,91	323,489	64	16,5	48	148,382	25,781
3	TR.A2.3	13,31	23,42	311,720	64	19,5	35	112,280	30,469
4	TR.A2.4	14,51	22,45	325,750	64	15	48	147,352	23,438
Rata-rata						16,5	44,5	148,363	25,781

Dari data yang disajikan pada Tabel 4.3 dapat diketahui hasil pengujian uji tarik laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi dua (TR.A2). Pengujian ini berdasarkan pada ketahanan dari spesimen uji dalam menahan beban tarik maksimum yang diberikan kemudian spesimen uji akan patah. Dari data tersebut maka dapat diketahui nilai terbesar dari ke-empat pengujian uji tarik variasi dua (TR.A2) ini yaitu pada spesimen dua dan empat dengan kemampuan dapat menahan besar beban tarik 48 kN, sedangkan dari ke-empat pengujian uji tarik variasi dua (TR.A2) nilai terkecil terdapat pada spesimen tiga dengan kemampuan menahan beban tarik hanya sebesar 35 kN

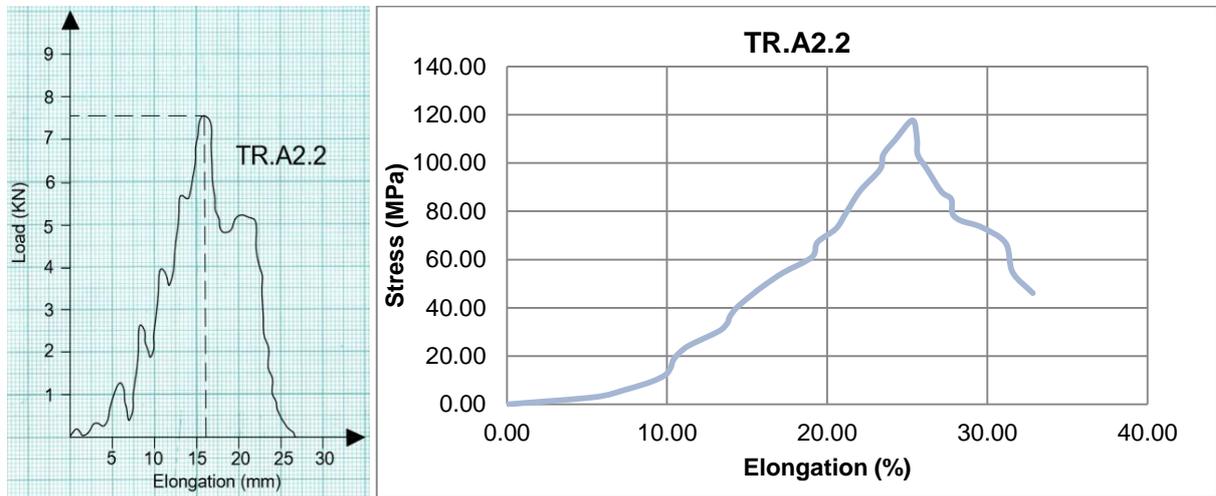
Pada spesimen satu mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 47 kN dengan pemuluran 15 mm. Spesimen dua mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 48 kN dengan pemuluran 16,5 mm. Sedangkan pada spesimen tiga mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 45 kN dengan pemuluran 19,5 mm. Kemudian pada spesimen nomor empat mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 48 kN dengan pemuluran 15 mm.



Gambar 4.5 Patahan Spesimen Uji Tarik Variasi Dua (TR.A2)

Kemudian dari empat percobaan pengujian tersebut dapat ditarik nilai rata-rata dari ketahanan beban tarik sebesar 44,5 kN dengan pemuluran rata-rata sebesar 16,5 mm. Hasil tersebut lebih kecil daripada variasi yang sebelumnya yakni variasi satu (A1).. Hipotesa yang dapat menyebabkan hasil ketahanan beban tarik dan pemuluran kecil adalah dipengaruhi oleh jumlah aluminium yang berada pada daerah L_0 (daerah dengan nilai CSA terkecil). Data hasil pengujian ini selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas dari material laminasi ini. Hasil dari perhitungan tersebut akan dilakukan analisa secara teknis terhadap ketentuan batas minimum nilai tegangan yang diizinkan oleh BKI, hal tersebut dilakukan karena akan mempengaruhi kelayakan material

tersebut untuk dijadikan konstruksi lunas kapal wisata. Pengujian kekuatan tarik diaktualisasikan oleh grafik yang terbentuk saat pengujian berlangsung. Berikut adalah contoh grafik hasil pengujian dari hasil uji spesimen tarik variasi dua (TR.A2) laminasi bambu *hybrid* aluminium dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan selengkapnya terdapat pada lampiran E.



Gambar 4.6 (A) Grafik Load (B) Grafik Stress-Strain Variasi Dua (TR.A2)

4.3.3. Pengujian Kuat Tarik laminasi Bambu *hybrid* Aluminium variasi tiga (TR.A3)

Spesimen uji tarik laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi dua terdiri atas tujuh lapisan di mana perbandingan antara lapisan bambu dan aluminium sebesar 1 : 1 dengan ketebalan masing-masing lapisan sama sebesar 3 mm. berikut ini merupakan hasil dari pengujian tarik variasi satu (TR.A3) dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Uji Tarik Variasi Tiga (TR.A3)

No	Kode	W (mm)	T (mm)	CSA (mm ²)	L0 (mm)	Elongation (mm)	F _{ultimate} (kN)	Stress MPa	Strain %
1	TR.A3.1	13,59	23,33	317,0547	64	31	56,5	178,203	48,438
2	TR.A3.2	13,61	22,65	308,2665	64	16,5	51,5	167,063	25,938
3	TR.A3.3	14,24	22,34	318,1216	64	17	58,5	183,892	26,563
4	TR.A3.4	13,79	22,56	311,1024	64	18	46	147,861	28,125
Rata-rata						20,65	55,5	176,386	32,266

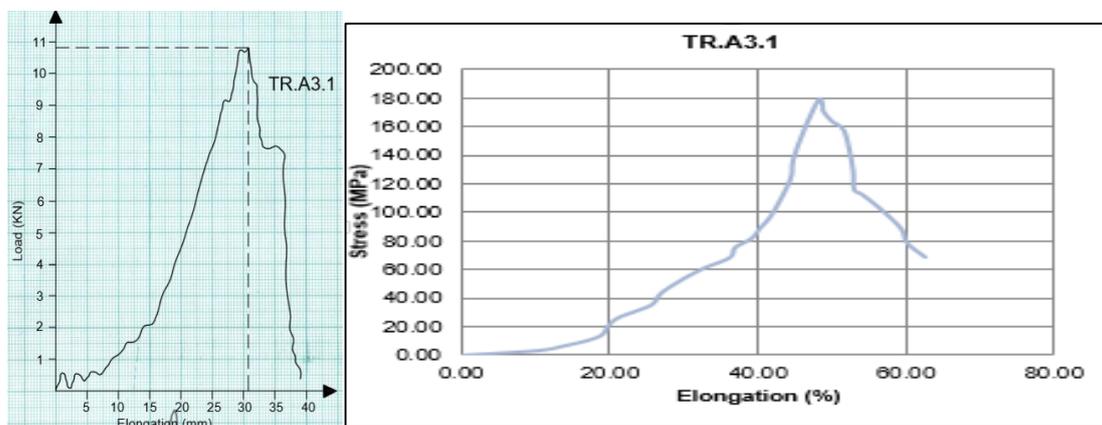
Dari data tersebut maka dapat diketahui nilai terkecil terdapat pada spesimen empat dengan kemampuan menahan beban tarik hanya sebesar 46 kN, sedangkan dari ke-empat pengujian uji tarik variasi tiga (TR.A3) nilai terbesar dari ke-empat pengujian uji tarik variasi tiga (TR.A3) ini yaitu pada spesimen tiga dengan kemampuan dapat menahan besar beban tarik 58,5 kN. Pengujian ini berdasarkan pada ketahanan dari spesimen uji dalam menahan beban tarik maksimum yang diberikan kemudian spesimen uji akan patah. Pada spesimen satu mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 56,5 kN dengan pemuluran 31 mm. Spesimen dua

mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 51,5 kN dengan pemuluran 16,5 mm. Sedangkan pada spesimen tiga mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 58,5 kN dengan pemuluran 17 mm. Kemudian yang terakhir pada spesimen empat mampu menahan beban tarik maksimum sebesar 46 kN dengan pemuluran 18 mm. Selanjutnya dari percobaan pengujian tersebut dapat ditarik nilai rata-rata dari ketahanan beban tarik sebesar 55,5 kN dengan pemuluran rata-rata sebesar 20,65 mm.



Gambar 4.7 Patahan Spesimen Uji Tarik Variasi Tiga (TR.A3)

Data hasil pengujian ini selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas dari material laminasi ini.. Hasil yang cukup tinggi dihasilkan oleh variasi tiga (A3) ini cukup tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya. Angka yang dihasilkan pada hasil ketahanan spesimen terhadap beban tarik maksimum menunjukkan angka yang terpaut lebih tinggi. Hasil dari perhitungan tersebut akan dilakukan analisa secara teknis terhadap ketentuan batas minimum nilai tegangan yang diizinkan oleh BKI. Contoh grafik hasil pengujian dari salah hasil uji spesimen tarik variasi tiga (TR.A3) laminasi bambu *hybrid* aluminium dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan selengkapnya terdapat pada lampiran E.



Gambar 4.8 (A) Grafik Load (B) Grafik Stress-Strain Variasi Tiga (TR.A3)

4.3.4. Rekapitulasi Data Pengujian Kuat Tarik

Data hasil dari uji tarik yang telah dilakukan sebelumnya maka selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitas. Perhitungan untuk mendapatkan nilai tegangan dapat dilihat pada rumus 2.1, sedangkan untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas didapatkan dengan perhitungan pada rumus 2.3. Semua perhitungan yang dilakukan mengacu pada standar ASTM D3500. Masing-masing hasil perhitungan seperti tegangan dan modulus elastisitas akan diambil nilai rata-rata. Hasil dari perhitungan tersebut akan ditampilkan dalam bentuk tabulasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Uji Tarik (*Tensile Strength*)

Kode Spesimen	Hasil Pengujian					
	Tegangan (MPa)	Rata-Rata (MPa)	Moe (GPa)	Rata-Rata (GPa)	Strain (%)	Rata-Rata (%)
TR.A1.1	127,872	127,296	20,951	23,997	39,063	37,891
TR.A1.2	114,501		19,957		36,719	
TR.A1.3	120,068		35,128		21,875	
TR.A1.4	133,963		19,953		42,969	
TR.A2.1	149,354	148,363	40,784	35,360	23,438	25,781
TR.A2.2	148,382		36,835		25,781	
TR.A2.3	112,280		23,585		30,469	
TR.A2.4	147,352		40,237		23,438	
TR.A3.1	178,203	176,383	23,546	39,725	48,438	32,266
TR.A3.2	167,063		41,222		25,938	
TR.A3.3	183,892		44,307		26,563	
TR.A4.4	147,861		33,647		28,125	

Hasil perhitungan yang telah disajikan pada Tabel 5.1 kita dapat mengetahui nilai tegangan tertinggi pada variasi satu (TR.A1) diperoleh oleh spesimen dengan kode TR.A1.4 dengan nilai tegangan 133,96 MPa, nilai modulus elastisitas 19,95 GPa, dan nilai regangan 42,96%. Kemudian untuk variasi dua (TR.A2) didapat oleh spesimen dengan kode TR.A2.1 dengan nilai tegangan 149,35 MPa, nilai modulus elastisitas 40,784 GPa, dan nilai regangan 25,78% dan untuk variasi tiga (TR.A3) didapat oleh spesimen dengan kode TR.A3.3 dengan nilai tegangan 183,89 Mpa, nilai modulus elastisitas 44,30 GPa, dan nilai regangan 26,56%.

Sedangkan untuk nilai *tensile strenght* laminasi bambu *hybrid* aluminium terendah dari variasi satu (TR.A1) didapat oleh spesimen dengan kode TR.A1.2 dengan nilai tegangan 114,50 MPa, nilai modulus elastisitas 19,95 GPa, dan nilai regangan 36,71%. Kemudian untuk variasi

dua (TR.A2) nilai *tensile strenght* terendah didapat oleh spesimen dengan kode TR.A2.3 dengan nilai tegangan 112,28 MPa, nilai modulus elastisitas 23,58 GPa, dan nilai regangan 30,46% dan untuk variasi tiga (TR.A3) nilai *tensile strenght* terendah didapat oleh spesimen berkode TR.A3.4 dengan nilai tegangan 147,86 Mpa, nilai modulus elastisitas 33,64 GPa, dan nilai regangan 28,12%

Hasil dari pengujian uji tarik dari masing-masing variasi maka dapat ditarik rata-rata nilai dari variasi satu (TR.A1) memiliki tegangan sebesar 124,10 MPa, kemudian nilai modulus elastisitas sebesar 23,99 GPa, dan nilai regangan yang didapat sebesar 37,89%. Kemudian untuk nilai rata-rata hasil uji tarik dari variasi dua (TR.A2) memiliki nilai tegangan sebesar 148,363 MPa, kemudian nilai modulus elastisitas sebesar 35,36 GPa, dan nilai regangan yang didapat sebesar 25,781%. Sedangkan untuk nilai rata-rata hasil uji tarik dari variasi tiga (TR.A3) memiliki nilai tegangan sebesar 176,38 MPa, kemudian nilai modulus elastisitas sebesar 36,35 GPa, dan nilai regangan yang didapat sebesar 33,64%.

4.4. Data Hasil Pengujian Kuat Tekuk

Dalam pengujian tekuk menggunakan ASTM D3043 sebagai standar uji yang dipakai dalam penelitian ini. Jumlah spesimen yang diwajibkan dalam pengujian minimal tiga buah dengan kriteria yang memenuhi persyaratan. Dengan demikian jika ada benda uji yang rusak atau tidak sesuai dengan kriteria sifat mekanik perlu diganti dengan spesimen yang lain, sehingga diperoleh data yang seragam. Ukuran dimensi dari spesimen uji tekuk telah dijelaskan pada Gambar 2.7.

Pengambilan data dari pengujian ini dibedakan pada masing-masing variasi yang telah ditentukan sebelumnya. Perbedaan antar variasi adalah jumlah lapisan material bilah aluminium. Pengujian yang dimaksud adalah pengujian tekuk laminasi bambu secara tegak lurus serat bambu, sama halnya pada pengujian kuat tarik sebelumnya karena material bambu laminasi *hybrid* aluminium ini akan diperuntukkan untuk lunas kapal yang menerima beban arah tegak lurus lunas yang berarti arah tegak lurus serat bambu maka perlu dilakukan pengujian pada arah tegak lurus serat agar diperoleh data secara keseluruhan beban tekuk yang disesuaikan dengan kondisi kapal.

4.4.1. Pengujian Kuat Tekuk laminasi Bambu *hybrid* Aluminium Variasi Satu (TK.A1)

Spesimen uji tekuk laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi satu terdiri atas tujuh lapisan laminasi. Perbandingan antara lapisan bambu dan aluminium sebesar 3 : 1 dengan

ketebalan masing-masing lapisan sama sebesar 3 mm. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian tarik variasi satu (TK.A1) dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Tabel 4.1 Hasil Uji Tekuk Variasi Satu (TK.A1)

No.	Kode	W (mm)	T (mm)	CSA (mm ²)	L (mm)	L span (mm)	F _{ultimate} (kN)	Defleksi (mm)
1	TK.A1.1	26,51	25,17	667,257	610	480	2	15
2	TK.A1.2	26,43	26,47	699,602	610	480	3,2	26
3	TK.A1.3	26,12	24,52	640,462	610	480	2,5	17
4	TK.A1.4	25,05	25,86	647,793	610	480	2	14
Rata-rata							2,425	18

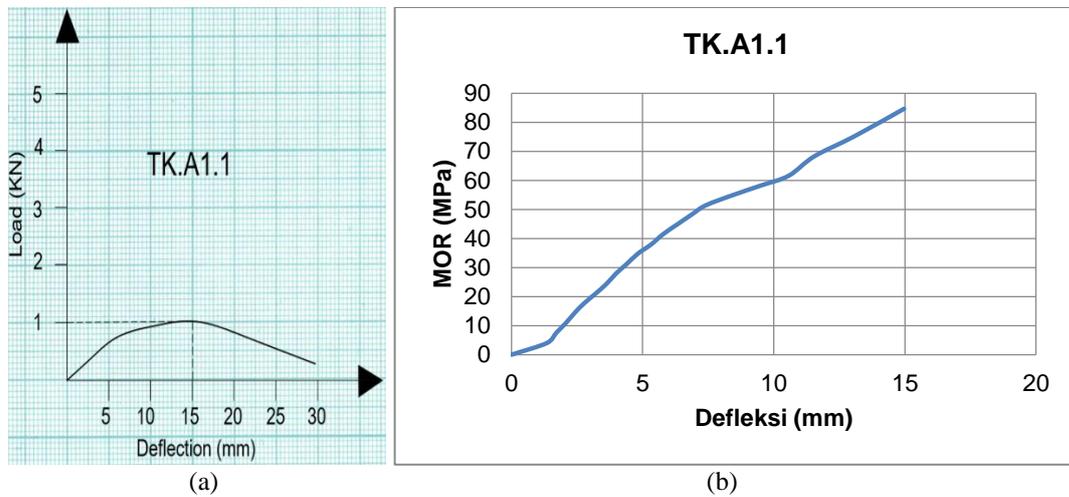
Dari data yang disajikan pada tabel dapat diketahui hasil uji tekuk di atas dapat diketahui nilai tekan maksimum hingga spesimen mengalami patah. Hasil uji tertinggi terdapat pada pengujian spesimen ke dua dengan nilai beban tekan terbesar 3,2 kN dengan defleksi pada puncak sebesar 26 mm dan dari data hasil uji spesimen yang mampu menahan beban tekan terkecil yaitu dengan nilai tekan maksimum sebesar 2 kN dengan puncak defleksi sebesar 14 mm didapat pada hasil uji spesimen ke empat. Selanjutnya pada spesimen satu mempunyai nilai beban tekan maksimum sebesar 2 kN dengan defleksi sebesar 15 mm. Kemudian pada spesimen ke tiga mempunyai nilai beban tekan sebesar 2,5 kN dengan nilai defleksi pada 17 mm. Dari empat percobaan di atas dapat ditarik rata-rata untuk nilai beban tekan maksimum sebesar 2,425 kN dengan nilai rata-rata defleksi sebesar 18 mm. Data hasil pengujian ini selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekuk, defleksi dan modulus elastisitas dari variasi satu laminasi bambu *hybrid* aluminium.



Gambar 4.9 Patahan Pada Spesimen Pengujian Kuat Tekuk Variasi Satu (TK.A1)

Hasil dari perhitungan tersebut akan dilakukan analisa secara teknis terhadap ketentuan batas minimum nilai tegangan yang diizinkan oleh BKI, karena akan mempengaruhi layak atau tidaknya material tersebut untuk dijadikan konstruksi lunas kapal wisata. Dari pengujian kuat tekuk ini menunjukkan kekuatan spesimen ketika mendapatkan beban arah tegak lurus serat

bambu. Contoh grafik hasil pengujian dari hasil uji spesimen tekuk variasi satu laminasi bambu *hybrid* aluminium dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan selengkapnya terdapat pada lampiran.



Gambar 4.10 (A) Grafik Load (B) Grafik Bending Stress-Deflection Variasi Satu (TK.A1)

4.4.2. Pengujian Kuat Tekuk laminasi Bambu *hybrid* Aluminium Variasi Dua (TK.A2)

Spesimen uji tekuk laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi dua terdiri atas tujuh lapisan laminasi di mana perbandingan antara lapisan bambu dan aluminium sebesar 2 : 1 dengan ketebalan masing-masing lapisan sama sebesar 3 mm. Metode perekatan yang diberikan berupa pengeleman menggunakan lem *epoxy EWA-135* yang merupakan salah satu jenis lem *marine use* yang berarti lem tersebut tepat ketika diaplikasikan dalam proses pembangunan kapal. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian tarik variasi dua (TK.A2) dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Uji Tekuk Variasi Dua (TK.A2)

No	Kode	W (mm)	T (mm)	CSA (mm ²)	L (mm)	L span (mm)	F _{ultimate} (kN)	Defleksi (mm)
1	TK.A2.1	26,47	25,41	672,603	610	480	3,5	18
2	TK.A2.2	25,87	24,43	632,004	610	480	2,5	18
3	TK.A2.3	26,21	25,67	672,811	610	480	3,2	23
4	TK.A2.4	26,65	25,19	671,314	610	480	3	20
Rata-rata							3,05	19,75

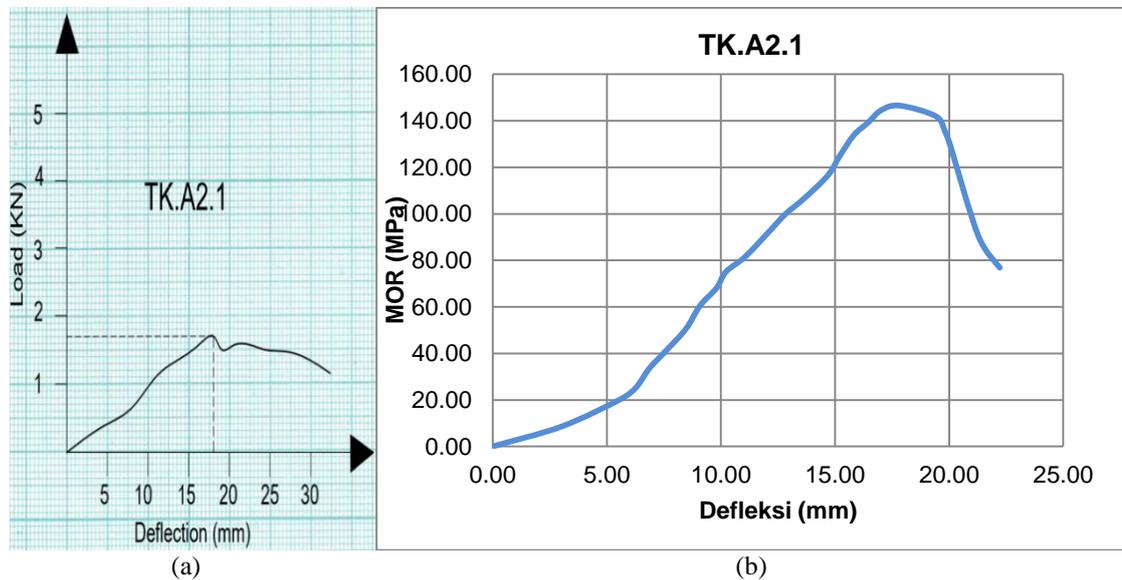
Dari data yang disajikan pada tabel dapat diketahui hasil uji tekuk di atas dapat diketahui nilai tekan maksimum hingga spesimen mengalami patah. Hasil uji terkecil terdapat pada pengujian spesimen ke dua dengan nilai beban tekan terbesar 2,5 kN dengan defleksi pada puncak sebesar 18 mm dan dari data hasil uji spesimen yang mampu menahan beban tekan terbesar yaitu 3 kN dengan puncak defleksi sebesar 20 mm diperoleh pada hasil uji spesimen ke empat. Selanjutnya pada spesimen pertama mempunyai nilai beban tekan maksimum sebesar 3,5 kN dengan defleksi sebesar 18 mm. Kemudian pada spesimen ketiga mempunyai nilai

beban tekan sebesar 3,2 kN dengan nilai defleksi pada 23 mm. Dari empat percobaan di atas dapat ditarik rata-rata untuk nilai beban tekan maksimum sebesar 3,05 kN dengan nilai rata-rata defleksi sebesar 19,75 mm. Data hasil pengujian ini selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekuk, defleksi dan modulus elastisitas dari variasi satu laminasi bambu *hybrid* aluminium.



Gambar 4.11 Patahan Pada Spesimen Pengujian Kuat Tekuk Variasi Dua (TK.A2)

Hasil dari perhitungan tersebut akan dilakukan analisa secara teknis terhadap ketentuan batas minimum nilai tegangan yang diizinkan oleh BKI, karena akan mempengaruhi layak atau tidaknya material tersebut untuk dijadikan konstruksi lunas kapal. Contoh grafik hasil pengujian dari salah satu hasil uji spesimen tekuk variasi dua laminasi bambu *hybrid* aluminium dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 (A) Grafik Load (B) Grafik Bending Stress-Deflection Variasi Dua (TK.A2)

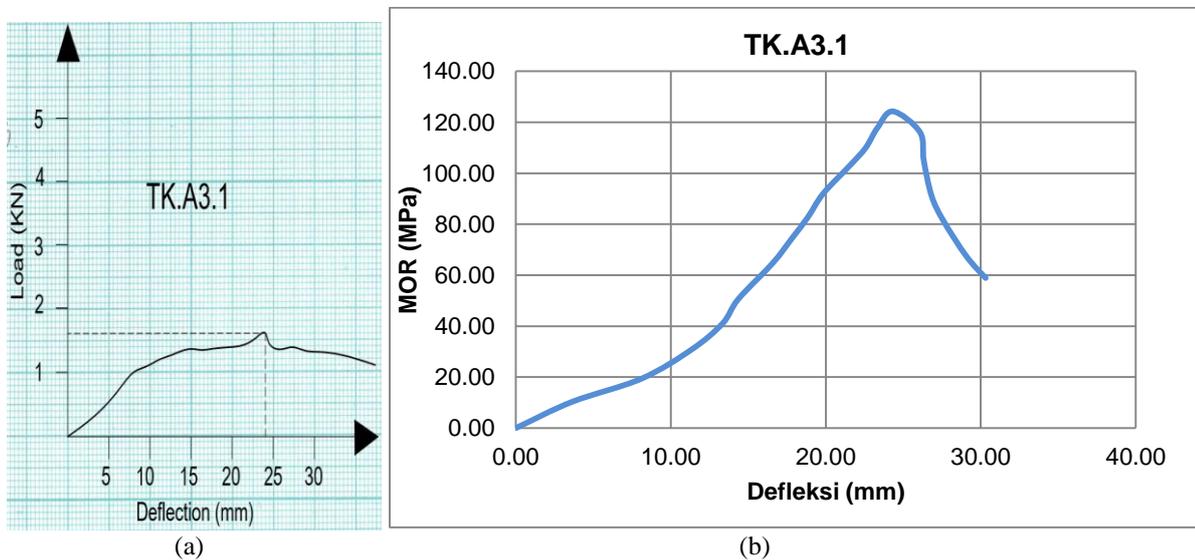
4.4.3. Pengujian Kuat Tekuk laminasi Bambu *hybrid* Aluminium Variasi Tiga (TK.A3)

Spesimen uji tekuk laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi tiga terdiri atas tujuh lapisan laminasi. Perbandingan antara lapisan bilah bambu dan bilah aluminium sebesar 1 : 1 dengan ketebalan masing-masing lapisan sama sebesar 3 mm. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian tarik variasi tiga (TK.A3) dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.8 Hasil Uji Tekuk Variasi Tiga (TK.A3)

No	Kode	W (mm)	T (mm)	CSA (mm ²)	L (mm)	L span (mm)	F _{ultimate} (kN)	Defleksi (mm)
1	TK.A3.1	25,87	26,62	688,659	610	480	3,2	24
2	TK.A3.2	26,38	24,91	657,125	610	480	3,4	18
3	TK.A3.3	25,03	26,04	651,781	610	480	3,2	17
4	TK.A3.4	25,28	25,87	653,993	610	480	3,2	20
Rata-rata							3,25	19,75

Dari data yang disajikan pada tabel dapat diketahui hasil uji tekuk di atas dapat diketahui nilai tekan maksimum hingga spesimen mengalami patah. Hasil uji yang diperoleh pada spesimen nomor satu (TK.A3.1) dengan nilai beban tekan maksimum sebesar 3,2 kN dengan defleksi pada puncak sebesar 24 mm. Spesimen nomor dua (TK.A3.1) memperoleh hasil nilai beban tekan maksimum sebesar 3,4 kN dengan defleksi pada puncak sebesar 18 mm. Nilai beban tekan maksimum sebesar 3,2 kN didapatkan oleh spesimen nomor tiga (TK.A3.3) dan spesimen nomor empat (TK.A3.4), akan tetapi ada perbedaan dalam perolehan nilai defleksi pada puncak. Untuk spesimen nomor tiga (TK.A3.3) mendapatkan nilai defleksi pada puncak sebesar 17 mm sedangkan untuk spesimen nomor empat (TK.A3.4) mendapatkan nilai defleksi pada puncak sebesar 20 mm.



Gambar 4.13 (A) Grafik Load (B) Grafik Bending Stress-Deflection Variasi Tiga (TK.A3)

Dari data hasil uji spesimen yang mampu menahan beban terbesar terdapat pada pengujian spesimen ke dua (TK.A3.2) dengan nilai beban tekan terbesar 3,4 kN dengan defleksi pada puncak sebesar 18 mm dan dari data hasil uji spesimen yang mampu menahan beban tekan terkecil yaitu 3,2 kN dengan puncak defleksi sebesar 17 mm didapat pada hasil uji spesimen ke tiga (TK.A3.3). Selanjutnya pada spesimen pertama mempunyai nilai beban tekan maksimum

sebesar 3,2 kN dengan defleksi sebesar 24 mm. Kemudian pada spesimen ke empat mempunyai nilai beban tekan sebesar 3,2 dengan nilai defleksi pada 20 mm. Dari empat percobaan di atas dapat ditarik rata-rata untuk nilai beban tekan maksimum sebesar 3,25 kN dengan nilai rata-rata defleksi sebesar 19,75 mm. Data hasil pengujian ini selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekuk, defleksi dan modulus elastisitas dari variasi satu laminasi bambu *hybrid* aluminium. Contoh grafik hasil pengujian dari hasil uji spesimen tekuk variasi satu laminasi bambu *hybrid* aluminium dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Hasil dari perhitungan tersebut akan dilakukan analisa secara teknis terhadap ketentuan batas minimum nilai tegangan yang diizinkan oleh BKI, karena akan mempengaruhi layak atau tidaknya material tersebut untuk dijadikan konstruksi kapal. Gambar 4.13 menunjukkan patahan spesimen pengujian kuat tekuk variasi tiga (TK.A3).



Gambar 4.13 Patahan Pada Spesimen Pengujian Kuat Tekuk Variasi Tiga (TK.A3)

4.4.4. Rekapitulasi Data Pengujian Kuat Tekuk

Data hasil dari uji tekuk selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan nilai kuat tekuk, defleksi dan modulus elastisitas. Perhitungan untuk mendapatkan nilai *bending strenght* dapat dilihat pada rumus 2.4, sedangkan untuk mendapatkan nilai MoE didapatkan dengan perhitungan pada 2.5. Hasil analisis tersebut akan ditampilkan dalam bentuk tabulasi. Analisis data hasil perhitungan dari pengujian tekuk pada masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Analisis Hasil Uji Tekuk (*Flexure*)

Kode Spesimen	Hasil Pengujian					
	MOR (MPa)	Rata-Rata (MPa)	Moe (GPa)	Rata-Rata (GPa)	Defleksi (Mm)	Rata-Rata (%)
TK.A1.1	85,741	124,101	8,721	9,450	15	18,00
TK.A1.2	124,416		6,942		26	
TK.A1.3	114,619		10,559		17	
TK.A1.4	85,960		9,117		14	

Kode Spesimen	Hasil Pengujian					
	MOR (MPa)	Rata-Rata (MPa)	Moe (GPa)	Rata-Rata (GPa)	Defleksi (Mm)	Rata-Rata (%)
TK.A2.1	147,447	136,190	12,379	10,764	18	19,75
TK.A2.2	116,581		10,180		18	
TK.A2.3	133,402		8,676		23	
TK.A2.4	127,732		9,736		20	
TK.A3.1	125,681	149,552	7,554	11,553	24	19,75
TK.A3.2	149,551		12,808		18	
TK.A3.3	135,750		11,776		17	
TK.A4.4	136,180		10,107		20	

Dari pengujian yang telah dilakukan, hasil sifat mekanik di tabulasikan pada Tabel 5.2. Berdasarkan Tabel 4.9 nilai kekuatan tekuk laminasi bambu *hybrid* aluminium secara berurutan adalah sebagai berikut nilai kuat tekuk tertinggi pada variasi satu (TK.A1) diperoleh spesimen berkode TK.A1.2 yaitu 124,41 MPa dengan nilai defleksi 26 mm. Kemudian pada variasi dua (TK.A2) diperoleh spesimen berkode TK.A1.1 yaitu 147,44 MPa dengan nilai defleksi 18 mm dan untuk variasi tiga (TK.A3) diperoleh spesimen berkode TK.A3.2 yaitu 149,55 MPa dengan nilai defleksi 18 mm. Selanjutnya untuk urutan kedua variasi satu (TK.A1) diperoleh spesimen berkode TK.A1.3 yaitu 114,61 MPa dengan nilai defleksi 17 mm. Kemudian pada variasi dua (TK.A2) diperoleh spesimen berkode TK.A2.3 yaitu 133,40 MPa dengan nilai defleksi 23 mm dan untuk variasi tiga (TK.A3) diperoleh spesimen berkode TK.A3.4 yaitu 136,18 MPa dengan nilai defleksi 20 mm. Pada urutan ke-tiga pada variasi satu (TK.A1) diperoleh spesimen berkode TK.A1.4 yaitu 85,96 MPa dengan nilai defleksi 14 mm. Kemudian pada variasi dua (TK.A2) diperoleh spesimen berkode TK.A2.4 yaitu 127,73 MPa dengan nilai defleksi 20 mm dan untuk variasi tiga (TK.A3) diperoleh spesimen berkode TK.A3.3 yaitu 135,75 MPa dengan nilai defleksi 17 mm. Untuk nilai kuat tekuk laminasi bambu *hybrid* aluminium terendah pada variasi satu (TK.A1) diperoleh spesimen berkode TK.A1.1 yaitu 85,741 MPa dengan nilai defleksi 15 mm. Kemudian pada variasi dua (TK.A2) diperoleh spesimen berkode TK.A2.2 yaitu 116,58 Mpa dengan nilai defleksi 18 mm dan untuk variasi tiga (TK.A3) diperoleh spesimen berkode TK.A3.1 yaitu 125,68 MPa dengan nilai defleksi 24 mm. Setelah dilakukan empat percobaan pengujian pada masing-masing variasi maka dapat ditarik nilai rata-rata uji tekuk laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi satu (TK.A1) yaitu sebesar 119,52 MPa dengan rata-rata nilai defleksi 18 mm. Untuk variasi dua (TK.A2) yaitu sebesar 131,291 MPa dengan rata-rata nilai

defleksi 19,75 mm dan variasi tiga (TK.A3) yaitu sebesar 136,79 MPa dengan rata-rata nilai defleksi 19,75 mm.

4.5. Data Hasil Survei Kapal Wisata Panjang ≤ 24 Meter

Data ukuran utama kapal yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini diperoleh dari hasil survei langsung ke lapangan. Variasi ukuran yang digunakan adalah panjang keseluruhan kapal kemudian menggunakan dasar regulasi BKI tahun 2013 tentang “*Rules for Small Vessels up to 24 m*” untuk mendapatkan ukuran konstruksi lunas kapal wisata berbahan dasar laminasi bambu *hybrid* aluminium. Lokasi pengambilan data ukuran utama kapal bertempat di pulau Gili Genting, kabupaten Sumenep Madura pada hari Selasa, 21 Februari 2019.

Pengambilan data ini diperoleh dengan melakukan pengukuran kapal secara langsung dan wawancara kepada pemilik kapal. Pengukuran kapal dilakukan dengan cara membuat tali acuan pada samping lebar kapal. Diukur panjang dari tali menuju badan kapal pada satu titik ketinggian pertama dari bawah kapal atau *baseline*, kemudian dilanjutkan pada ketinggian kedua kemudian ditarik kembali panjang dari tali menuju badan kapal. Langkah seperti diulang hingga pada titik ketinggian yang ditentukan, maka akan didapatkan data mengenai acuan dari ketinggian pada tali nantinya akan diolah menjadi WL (*waterline*) dan titik yang didapat dari tali hingga menyentuh badan kapal, titik tersebut akan diolah menjadi BL (*buttockline*). Metode atau cara pengukuran tersebut dilakukan pada satu gading atau *frame* yang terdapat pada kapal. Kemudian langkah tersebut akan diulang pada gading kapal lainnya, seluruh panjang kapal, dengan catatan ketinggian satu, dua, dan seterusnya pada tali sebagai acuan dibuat sama semua waktu melakukan pengukuran pada gading-gading yang lain. Gading pada kapal diasumsikan berjarak 500 mm agar dalam menentukan gading atau pengukuran dapat seragam karena pada kondisi lapangan, kapal yang diukur memiliki jarak gading yang berbeda-beda.



Gambar 4.15 Proses Pengukuran Konstruksi Kapal

Data hasil pengukuran tiap gading yang telah ditentukan sebelumnya jaraknya, selanjutnya akan dilakukan proses rekapitulasi pengukuran. Data koordinat hasil pengukuran

ini adalah data mentah untuk dijadikan data ukuran pada *table offset*. Kemudian dari koordinat-koordinat yang telah didapatkan ini kemudian akan di *redraw* dengan cara memasukkan koordinat-koordinat tadi ke dalam *AutoCAD* yang pada akhirnya akan diperoleh bentuk *lines plan* dari Kapal wisata panjang ≤ 24 meter ini. Berikut Salah satu dokumentasi penampakan kapal wisata dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.16 KM. GAYYAS

Pengukuran kapal juga dilakukan untuk mendapatkan data ukuran utama kapal. Pengukuran ini dilakukan dengan cara mengukur mulai dari panjang keseluruhan kapal (Loa) yaitu sebesar 15,77 meter, panjang garis air (Lwl) sebesar 12,77 meter, lebar kapal (B) sebesar 3,8 meter, dan tinggi kapal (H) sebesar 0,96 meter. Selain itu penulis melakukan wawancara kepada pemilik kapal untuk mendapatkan data seperti kecepatan kapal yaitu sebesar 7 knot dan untuk sarat kapal (T) sebesar 0,48 meter. Untuk bahan dasar lunas kapal tersebut menggunakan material kayu Ulin *solid* dengan dimensi panjang sebesar 12 meter, sedangkan untuk ukuran lebar dan tinggi lunas memiliki dimensi yang sama yaitu 15 cm dan 12 cm.

Kapal ini bernama KM. GAYYAS yang difungsikan sebagai kapal wisata penyeberangan yang mengakomodasi wisatawan yang ingin berwisata ke pulau Gili Genting ini. Pada bab selanjutnya akan dibahas mengenai perancangan rencana garis atau *lines plan* dan *general arrangement* kapal tersebut. Kemudian dilakukan perhitungan konstruksi lunas dengan didapatkan ukuran atau dimensi dari konstruksi bagian lunas kapal wisata tersebut menurut *Rules*. *Rules* yang digunakan untuk melakukan perhitungan konstruksi, yakni dengan *rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) volume VII tahun 2013.

BAB 5

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS

5.1. Analisa Teknis

Setelah didapatkan data mentah mengenai pengujian kuat tarik dan tekuk spesimen dari material laminasi bambu *hybrid* aluminium dan data ukuran utama kapal wisata panjang ≤ 24 meter, dalam hal ini diambil studi kasus pada kapal wisata penyeberangan di daerah Gili Genting, Sumenep, Madura. Selanjutnya pada bab 5 ini akan dibahas mengenai analisis data dan hasil uji dari spesimen. Dari proses analisis hasil uji spesimen akan diketahui apakah material tersebut layak atau tidak untuk digunakan sebagai konstruksi lunas kapal wisata. Analisa secara teknis akan dilakukan dengan membandingkan dari hasil pengukuran massa jenis dan pengujian uji spesimen tarik maupun tekuk terhadap nilai tegangan yang diizinkan oleh BKI. Selanjutnya dilakukan analisis terkait penambahan luasan aluminium terhadap nilai kuat tarik dan tekuk yang dihasilkan oleh material laminasi bambu *hybrid* aluminium pada variasi A1, A2, dan A3. Data yang digunakan pada analisa teknis merupakan data rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian. Kapal yang digunakan sebagai acuan ukuran utama adalah KM. GAYYAS yang merupakan salah satu kapal wisata penyeberangan daerah Gili Genting yang diperoleh dari survei di lapangan. Dari data tersebut selanjutnya akan dirancang *lines plan* kemudian akan dihitung mengenai ukuran konstruksi lunas sesuai dengan BKI Vol VII 2013 tentang "*Rules for Small Vessels up to 24m*" dan menggunakan persamaan momen *bending* sesuai dengan persamaan 2.8.

5.1.1. Analisis Hasil Pengukuran Massa Jenis

Pada perhitungan penentuan konstruksi lunas kapal kayu *rules* BKI diperlukan nilai massa jenis dari material pembentuk lunas kapal tersebut. Perhitungan nilai massa jenis terbagi atas variasi material laminasi bambu *hybrid* aluminium yang diuji pada penelitian ini. Nilai dari massa jenis material laminasi bambu *hybrid* aluminium didapatkan dengan membagi berat material dengan besar volume material. Semua nilai massa jenis dari masing-masing variasi dikonversikan terhadap satuan gram/cm^3 mengacu pada *rules* BKI. Analisis hasil pengukuran massa jenis dilakukan dengan membandingkan nilai massa jenis dari material laminasi bambu *hybrid* aluminium dengan nilai massa jenis kayu Ulin dan bambu Ori. Selanjutnya dari data-

data tersebut dibandingkan terhadap nilai minimum massa jenis yang disyaratkan oleh BKI apakah material tersebut layak untuk dijadikan material lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter atau tidak. Nilai minimum yang disyaratkan oleh BKI Volume VII 2013 untuk material lunas dan linggi kapal sebesar $0,70 \text{ gram/cm}^3$. Tabulasi nilai massa jenis dari material tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1.

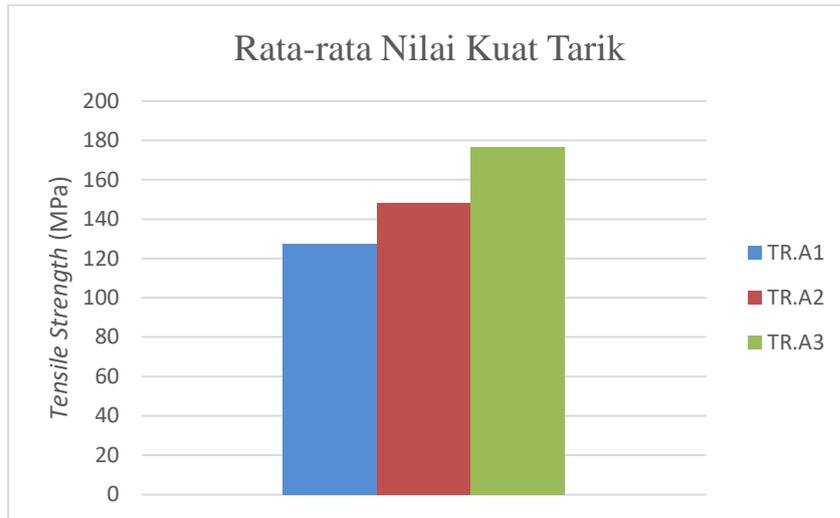
Tabel 5.1 Nilai Massa Jenis Dari Material Uji

Jenis Material	Massa Jenis (gram/cm^3)	Keterangan
Kayu Ulin <i>solid</i>	1,04	Memenuhi ketentuan BKI
Bambu Ori	0,74	Memenuhi ketentuan BKI
Laminasi bambu <i>hybrid</i> aluminium variasi A1	0,89	Memenuhi ketentuan BKI
Laminasi bambu <i>hybrid</i> aluminium variasi A2	1,09	Memenuhi ketentuan BKI
Laminasi bambu <i>hybrid</i> aluminium variasi A3	1,20	Memenuhi ketentuan BKI

Dari data tersebut nilai massa jenis tertinggi dari material *hybrid* yang diuji pada penelitian ini didapatkan oleh laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 dengan nilai $1,09 \text{ gram/cm}^3$. Pada variasi A3 jumlah lapisan aluminium pada variasi ini sebanyak tiga lapis. Nilai massa jenis terendah didapatkan oleh laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 nilai $0,89 \text{ gram/cm}^3$. Pada variasi A3 jumlah lapisan aluminium pada variasi ini sebanyak satu lapis. Penambahan lapisan aluminium terhadap masing-masing material laminasi bambu berpengaruh terhadap besar nilai massa jenis yang didapatkan. Penambahan tersebut dapat dilihat dari data nilai massa jenis bambu Ori yang semula sebesar $0,74 \text{ gram/cm}^3$ mengalami penambahan nilai massa jenis seiring dengan penambahan jumlah lapisan aluminium pada variasi tersebut.

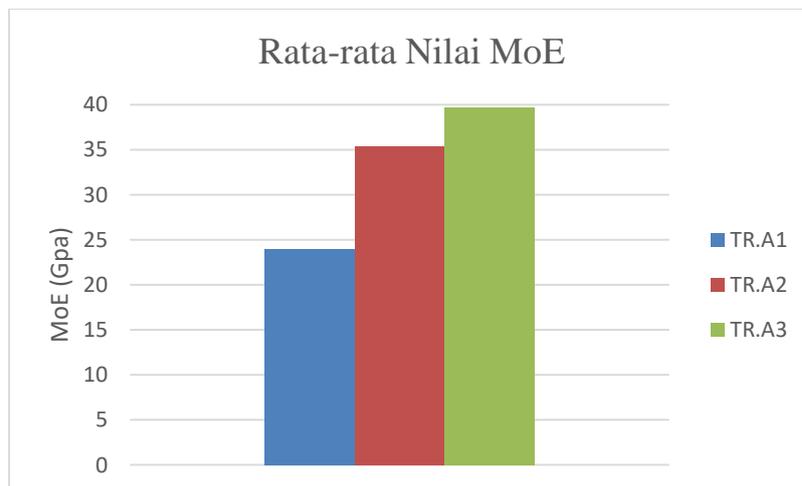
5.1.2. Analisis Hasil Pengujian Tarik

Data hasil dari uji tarik yang telah dilakukan sebelumnya maka selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitas. Perhitungan untuk mendapatkan nilai tegangan dapat dilihat pada rumus 2.1, sedangkan untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas didapatkan dengan perhitungan pada rumus 2.3. Semua perhitungan yang dilakukan mengacu pada standar ASTM D3500. Masing-masing hasil perhitungan seperti tegangan dan modulus elastisitas akan diambil nilai rata-rata. Pada analisis hasil pengujian tarik juga dilakukan perbandingan antara nilai *tensile strenght* laminasi bambu *hybrid* aluminium tiap variasi dengan nilai *tensile strenght* laminasi bambu Ori dan kayu Ulin *solid* berdasarkan data penelitian yang sebelumnya telah dilakukan. Analisis data pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mengetahui besaran nilai yang diperoleh spesimen pada tiap variasi. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan 5.2. Gambar 5.1 menjelaskan mengenai nilai dari *tensile strenght* dan Gambar 5.2 menjelaskan mengenai nilai dari MoE (*Modulus of Elasticity*).



Gambar 5.1 Grafik Nilai Rata-Rata *Tensile Strength* Uji Tarik

Pada Gambar 5.1 dapat dilihat nilai rata-rata dari tegangan berturut-turut dari yang tertinggi hingga terendah adalah sebagai berikut. Urutan pertama dihasilkan oleh variasi TR.A3 dengan rata-rata nilai kuat tarik sebesar 176,383 MPa, selanjutnya di urutan kedua diisi oleh variasi TR.A2 dengan nilai rata-rata kuat tarik sebesar 148,36 MPa, dan untuk yang terakhir variasi TR.A1 menghasilkan nilai rata-rata kuat tarik sebesar 127,296 MPa. Nilai dari kuat tarik pada tiap variasi material laminasi bambu *hybrid* aluminium ini melebihi standar kuat tarik minimum yang disyaratkan oleh BKI 2013 Vol. VII sebesar 42,169 MPa dan dapat digunakan sebagai material kapal kayu.

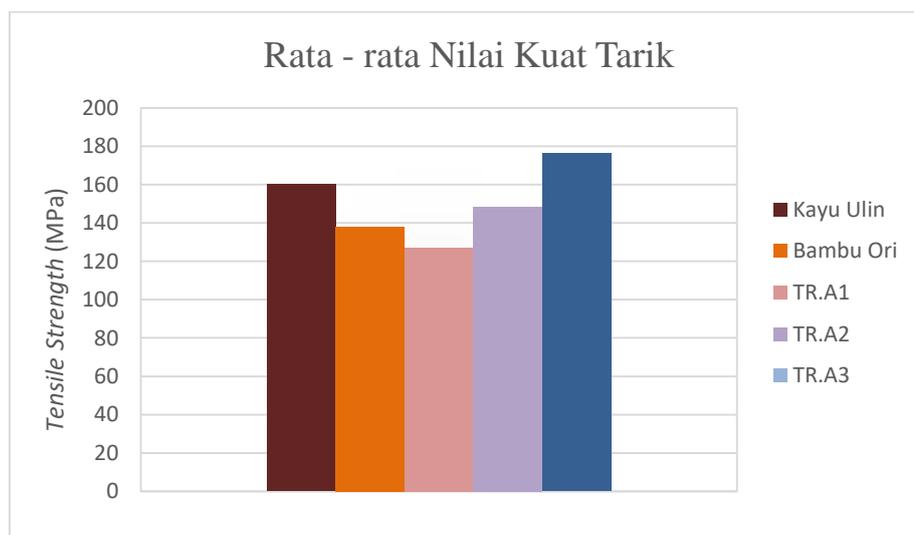


Gambar 5.2 Grafik Nilai Rata-Rata Moe Uji Tarik

Pada Gambar 5.2 ditampilkan grafik rata-rata nilai MoE dari laminasi bambu *hybrid* aluminium tiap variasi. Nilai rata-rata MoE (*Modulus of Elasticity*) dari variasi TR.A1 sebesar 23,997 GPa dan menjadi nilai MoE terendah dari semua variasi. Selanjutnya nilai rata-rata MoE dari variasi TR.A2 sebesar 35,36 GPa. Variasi TR.A3 mendapatkan nilai rata-rata MoE paling besar di antara variasi lain yaitu sebesar 39,72 GPa. Dari data nilai MoE terjadi peningkatan

nilai dari MoE mulai dari variasi TR.A1 sampai TR.A3 dan berdasarkan hasil pengujian dapat dikatakan bahwa penambahan lapisan aluminium memberikan nilai MoE yang tinggi pada material laminasi bambu *hybrid* aluminium.

Berikut ini merupakan data perbandingan nilai kuat tarik dari laminasi bambu *hybrid* aluminium dengan nilai kuat tarik yang dimiliki oleh material bambu Ori dan kayu Ulin berdasarkan data pada penelitian yang sudah dilakukan. Data perbandingan tersebut menunjukkan bahwa nilai kuat tarik yang dihasilkan oleh material laminasi bambu *hybrid* aluminium tertinggi yaitu pada variasi TR.A3 berada di atas nilai kuat tarik bambu Ori dengan selisih 38,21 MPa dan di atas nilai kuat tarik kayu Ulin dengan selisih 16,21 MPa. Data dari kelima jenis material yang ditampilkan menunjukkan bahwa semua material tersebut memenuhi standar minimal nilai kuat tarik yang disyaratkan pada *rules* BKI. Berdasarkan pada data nilai kuat tarik yang telah disajikan laminasi bambu *hybrid* aluminium dapat menjadi pilihan material pembuatan lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter. Data perbandingan nilai rata-rata kuat tarik pada material tersebut dibuat dalam bentuk grafik dan dapat dilihat pada Gambar 5.3.

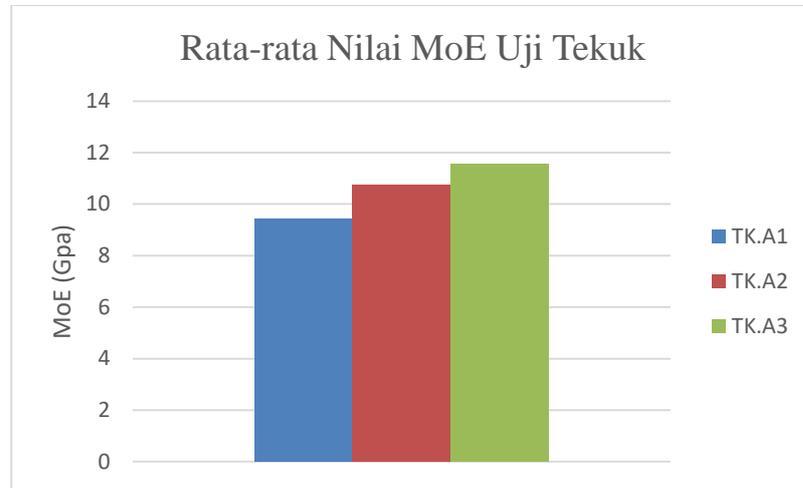


Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Nilai Rata-Rata Kuat Tarik.

5.1.3. Analisis Hasil Pengujian Tekuk

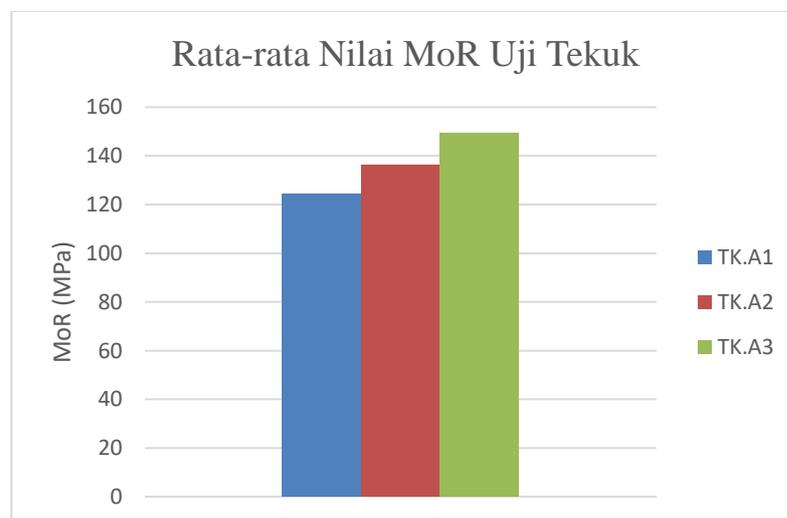
Data hasil dari uji tekuk selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan nilai kuat tekuk, defleksi dan modulus elastisitas. Perhitungan untuk mendapatkan nilai *bending strenght* dapat dilihat pada rumus 2.4, sedangkan untuk mendapatkan nilai MoE didapatkan dengan perhitungan pada 2.5. Pengolahan data hasil uji tekuk disajikan dalam bentuk grafik, grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.4 yang menjelaskan nilai dari MoE (*Modulus of Elasticity*). Data dari MoE (*Modulus of Elasticity*) digunakan untuk mengetahui seberapa elastis

material yang diuji, dalam penulisan Tugas Akhir ini material yang dimaksud adalah laminasi bambu *hybrid* aluminium. Nilai dai MoE diperoleh dari rumus 2.5.



Gambar 5.4 Grafik Nilai Rata-Rata Moe Uji Tekuk

Dari Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa nilai MoE (*Modulus of Elasticity*) yang paling besar didapat oleh variasi TK.A3 dengan nilai rata-rata dari MoE pada variasi tersebut sebesar 11,55 GPa. Nilai MoE terkecil dihasilkan oleh material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi TK.A1 dengan nilai rata-rata MoE sebesar 9,45 GPa. Pada variasi TK.A2 mendapatkan nilai rata-rata MoE sebesar 10,76 GPa. Data tersebut menunjukkan bahwa perbandingan antara lapisan aluminium dengan lapisan bambu berpengaruh terhadap MoE yang dihasilkan. Ditunjukkan dengan hasil bahwa laminasi bambu *hybrid* aluminium dengan jumlah lapisan bilah aluminium terbanyak mendapatkan *Modulus of Elasticity* paling tinggi di antara variasi lain sedangkan laminasi bambu *hybrid* aluminium dengan jumlah lapisan bilah aluminium paling sedikit mendapatkan *Modulus of Elasticity* paling rendah dibandingkan dengan variasi lain.



Gambar 5.5 Grafik Nilai Rata-Rata Mor Uji Tekuk

Pada Gambar 5.5 akan menjelaskan mengenai nilai dari kuat tekuk atau MoR (*Modulus of Rupture*). Data dari MoR (*Modulus of Rupture*) berguna untuk mengetahui sejauh mana material spesimen mampu menahan beban hingga akhirnya spesimen tersebut mengalami kerusakan berupa patahan atau lengkungan. Perhitungan MoR ini diperoleh dari perhitungan menggunakan rumus 2.4. Dari Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa nilai MoR (*Modulus of Rupture*) yang paling kecil didapatkan oleh variasi TK.A1 dengan nilai rata-rata MoR sebesar 124,41 MPa. Nilai rata-rata MoR mengalami penambahan nilai pada variasi TK.A2 dengan nilai rata-rata MoR yang didapatkan oleh variasi tersebut sebesar 136,19 MPa. Nilai rata-rata MoR tertinggi didapatkan pada variasi TK.A3 dengan nilai rata-rata MoR sebesar 149,55 MPa. Penambahan nilai *Modulus of Rupture* ini terjadi ketika pada material laminasi bambu *hybrid* aluminium berbeda antara variasi A1,A2 dan A3. Semakin banyak lapisan aluminium pada variasi tersebut maka nilai *Modulus of Rupture* akan semakin tinggi. Data dari MoR dari laminasi bambu *hybrid* aluminium semua variasi memenuhi syarat minimal nilai *bending strength* yang ditetapkan oleh *rules* BKI 2013 Vol. VII sebesar 71,098 MPa.

5.2. Pengaruh Penambahan Luasan Aluminium Terhadap Kuat Tarik dan Tekuk Laminasi *hybrid* aluminium

Pada penelitian ini material laminasi bambu *hybrid* aluminium divariasikan terhadap jumlah lapisan bilah aluminium. pada masing-masing variasi dilakukan penambahan satu lapis aluminium. Semua material laminasi pada penelitian ini terdiri atas tujuh lapisan terbagi atas dua jenis komponen penyusun. Laminasi *hybrid* aluminium variasi A1 terdiri atas enam lapis bambu Ori dan satu lapis aluminium. Pada laminasi *hybrid* aluminium variasi A2 terdiri atas lima lapis bambu Ori dan dua lapis aluminium sedangkan pada laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 terdiri atas empat lapis bambu Ori dan tiga lapis aluminium. Desain spesimen pada masing-masing variasi selengkapnya terdapat pada lampiran. Pada sub bab ini dilakukan analisis terkait dengan kenaikan nilai tegangan yang terjadi karena adanya perbedaan lapisan aluminium tiap variasi. Berikut ini merupakan tabulasi persentase luasan aluminium tiap variasi, rata-rata tegangan yang dihasilkan, dan selisih tegangan variasi A1 terhadap variasi lain dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Perbandingan Kuat Tarik Akibat Penambahan Luasan Aluminium

Variasi	Luasan (%)	CSA Aluminium (mm ²)	Kuat Tarik (MPa)	Selisih (MPa)
A1	14,29	44,789	127,296	0
A2	28,57	89,547	148,362	21,06
A3	42,86	134,336	176,383	49,08

Diasumsikan setiap lapisan komponen pada laminasi bambu *hybrid* aluminium menyumbang 14,29% dari total luasan spesimen sebesar 313,43 mm². Angka tersebut didapatkan dari total luasan spesimen dibagi tujuh lapisan. Berdasarkan data tersebut didapatkan data selisih nilai kuat tarik antara variasi A1 yang di dalamnya ada satu lapis aluminium dengan variasi A2 yang memiliki dua lapis aluminium di dalamnya sebesar 21,066 MPa. Sedangkan selisih nilai kuat tarik antara variasi A2 dengan variasi A3 yang memiliki jumlah lapisan aluminium sebanyak tiga lapisan sebesar 28,020 MPa. Data di atas menunjukkan bahwa semakin banyak lapisan aluminium pada sebuah material laminasi *hybrid* meningkatkan kuat tarik yang dihasilkan oleh material komposit tersebut. Dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan penambahan luasan aluminium sebesar 14,29% mampu meningkatkan nilai kuat tarik sebesar 21,066 – 28,020 MPa. Peningkatan nilai kekuatan akibat penambahan luasan aluminium tidak hanya terjadi pada nilai kuat tarik, hal tersebut juga terjadi dalam meningkatnya kekuatan tekuk dari masing-masing variasi. Data tabulasi perbandingan kuat tekuk akibat adanya penambahan luasan aluminium tiap variasi dapat dilihat di Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Perbandingan Kuat Tekuk Akibat Penambahan Luasan Aluminium

Variasi	Luasan (%)	CSA Aluminium (mm ²)	Kuat Tekuk (MPa)	Selisih (MPa)
A1	14,29	94,853	124,416	0
A2	28,57	189,185	136,190	11,77
A3	42,86	284,114	149,550	25,13

Berdasarkan data yang tersaji dalam Tabel 5.3 terjadi peningkatan nilai kuat tekuk yang terjadi akibat adanya penambahan luasan aluminium pada variasi tersebut. Diasumsikan setiap lapisan komponen pada laminasi bambu *hybrid* aluminium menyumbang 14,29% dari total luasan spesimen sebesar 662,95 mm². Selisih nilai kuat tekuk dari variasi A1 dengan jumlah lapisan aluminium sebanyak satu lapis dengan variasi A2 yang memiliki jumlah lapisan bambu sebanyak dua lapis sebesar 11,774 MPa. Sedangkan selisih nilai kuat tekuk dari variasi A2 dengan variasi A3 yang memiliki jumlah lapisan aluminium sebanyak tiga lapis sebesar 13,36 MPa. Dapat dikatakan bahwa dengan penambahan luasan aluminium sebesar 14,29% dapat meningkatkan nilai kuat tekuk sebesar 11,774 – 13,360 MPa.

5.3. Perbandingan Teknis Lunas Kapal Berbahan Kayu *Solid* dan Laminasi Bambu *Hybrid* Aluminium

Perbandingan teknis dilakukan dengan beberapa data yang telah dihasilkan sebelumnya. Mulai dari sifat fisis, mekanis, dan biologis pada masing-masing material penyusun lunas. Pada

penelitian ini dibandingkan material penyusun lunas dari bahan kayu Ulin *solid* dan bambu Ori dengan masing-masing variasi material laminasi bambu *hybrid* aluminium yang telah diuji sebelumnya. Perbandingan teknis dari lunas kapal berbahan kayu Ulin *solid* dengan laminasi bambu *hybrid* aluminium dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Perbandingan Teknis Material Lunas Kapal

Teknis		Jenis Material				
		Kayu Ulin	Bambu Ori	Laminasi bambu <i>hybrid</i> aluminium variasi satu (A1)	Laminasi bambu <i>hybrid</i> aluminium variasi dua (A2)	Laminasi bambu <i>hybrid</i> aluminium variasi tiga (A3)
Sifat fisis	Berat jenis (gr/cm ³)	1.04	0.74	0.8	1.09	1.2
	Kadar air (%)	7,18	12 - 18	8 - 12	8 - 12	8 - 12
	Penyusutan (%)	4,22% arah radial 8,32% arah tangensial	4 - 14	4 - 14	4 - 14	4 - 14
Sifat mekanis	Kuat tarik	184,95 MPa	138,211 MPa	124,101 MPa	148,363MPpa	176,386 MPa
	Kuat tekuk	109,19 MPa	86,92 MPa	129,101 MPa	136,190 MPa	149,552 MPa
Sifat biologis	Ketahanan jamur, rayap dan penggerek di laut	Sangat tahan karena kayu ulin mempunyai zat ekstraktif <i>eusiderin</i> turunan dari <i>phenolic</i> yang beracun bagi perusak kayu	Tahan dengan intensitas serangan 7% - 27%	Tahan dengan intensitas serangan 7% - 27%	Tahan dengan intensitas serangan 7% - 27%	Tahan dengan intensitas serangan 7% - 27%
	Ketahanan air laut	Tahan dari pengaruh air laut	Perendaman air laut merupakan salah satu metode pengawetan bambu	Perendaman air laut merupakan salah satu metode pengawetan bambu	Perendaman air laut merupakan salah satu metode pengawetan bambu	Perendaman air laut merupakan salah satu metode pengawetan bambu
	Ketahanan korosi	Tahan terhadap korosi	Tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida tipis yang menempel sangat kuat di	Tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida tipis yang menempel sangat kuat di permukaannya (Al ₂ O ₃)	Tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida tipis yang menempel sangat kuat di permukaannya (Al ₂ O ₃)	Tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida tipis yang menempel sangat kuat di permukaannya (Al ₂ O ₃)
Bahan terbarukan (<i>renewable</i>)	Ketersediaan kayu Ulin semakin langka	Ketersediaan melimpah umur panen membutuhkan 3 - 5 tahun	Ketersediaan melimpah umur panen membutuhkan 3 - 5 tahun	Ketersediaan melimpah umur panen membutuhkan 3 - 5 tahun	Ketersediaan melimpah umur panen membutuhkan 3 - 5 tahun	Ketersediaan melimpah umur panen membutuhkan 3 - 5 tahun
Kelas awet	Berdasarkan pada berat jenis dan kekuatan lentur maka termasuk kelas awet I	Berdasarkan pada berat jenis dan kekuatan lentur maka termasuk kelas awet I	Berdasarkan pada berat jenis dan kekuatan lentur maka termasuk kelas awet II	Berdasarkan pada berat jenis dan kekuatan lentur maka termasuk kelas awet I	Berdasarkan pada berat jenis dan kekuatan lentur maka termasuk kelas awet I	Berdasarkan pada berat jenis dan kekuatan lentur maka termasuk kelas awet I
Proses pembuatan	Pemotongan balok kayu, penyambungan dan pembentukan sesuai ukuran dan bentuk lunas	Pembuatan bilah bambu, pengeleman tiap lapisan, pemotongan sesuai ukuran dan bentuk lunas	Pembuatan bilah bambu, pengeleman tiap lapisan, pemotongan sesuai ukuran dan bentuk lunas	Pembuatan bilah bambu dan aluminium pengeleman tiap lapisan, pemotongan sesuai ukuran dan bentuk lunas	Pembuatan bilah bambu dan aluminium pengeleman tiap lapisan, pemotongan sesuai ukuran dan bentuk lunas	Pembuatan bilah bambu dan aluminium pengeleman tiap lapisan, pemotongan sesuai ukuran dan bentuk lunas

Nilai massa jenis tertinggi berdasarkan data perbandingan di atas dimiliki oleh material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 sebesar 1,2 gram/cm³. Semua nilai massa jenis dari laminasi bambu *hybrid* aluminium lebih tinggi daripada nilai massa jenis bambu Ori sebesar 0,74 gram/cm³. Tingkat kadar air yang dimiliki oleh laminasi bambu *hybrid* aluminium tiap variasi memiliki kadar air yang lebih rendah daripada bambu Ori. Perbandingan sifat mekanik menunjukkan bahwa nilai kuat tarik tertinggi tetap ada pada bambu Ori sebesar 184,95 MPa sedangkan untuk nilai kuat tekuk tertinggi dimiliki oleh laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 dengan nilai kuat tekuk sebesar 149,552 MPa. Data perbandingan dari sifat biologis menunjukkan bahwa material kayu Ulin memiliki ketahanan yang baik karena kayu ulin mempunyai zat ekstraktif *eusiderin* turunan dari *phenolic* yang beracun bagi perusak kayu, sedangkan untuk material lain masuk dalam kategori tahan dengan intensitas serangan jamur, rayap dan penggerek di laut sebesar 7% - 27%. Dalam segi ketahanan air laut material kayu Ulin memiliki sifat yang tahan terhadap pengaruh air laut dan untuk material bambu Perendaman air laut merupakan salah satu metode pengawetan. Material aluminium memiliki sifat tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida tipis yang menempel sangat kuat di permukaannya. Ditinjau dari ketersediaannya material kayu Ulin semakin langka karena masa tebang dari kayu Ulin membutuhkan waktu yang lama sedangkan untuk material bambu hanya membutuhkan waktu 3 - 5 tahun untuk memasuki waktu tebang. Berdasarkan pada berat jenis dan kekuatan lentur maka kayu ulin dan laminasi bambu *hybrid* aluminium termasuk kelas awet I dan untuk material bambu Ori termasuk dalam kelas awet II. Proses pembuatan lunas menggunakan kayu Ulin dilakukan dengan dilakukannya pemotongan balok kayu, penyambungan dan pembentukan sesuai ukuran dan bentuk lunas sedangkan untuk material laminasi bambu *hybrid* aluminium membutuhkan tahapan mulai dari pembuatan bilah bambu dan aluminium pengeleman tiap lapisan, dan pemotongan sesuai ukuran dan bentuk lunas.

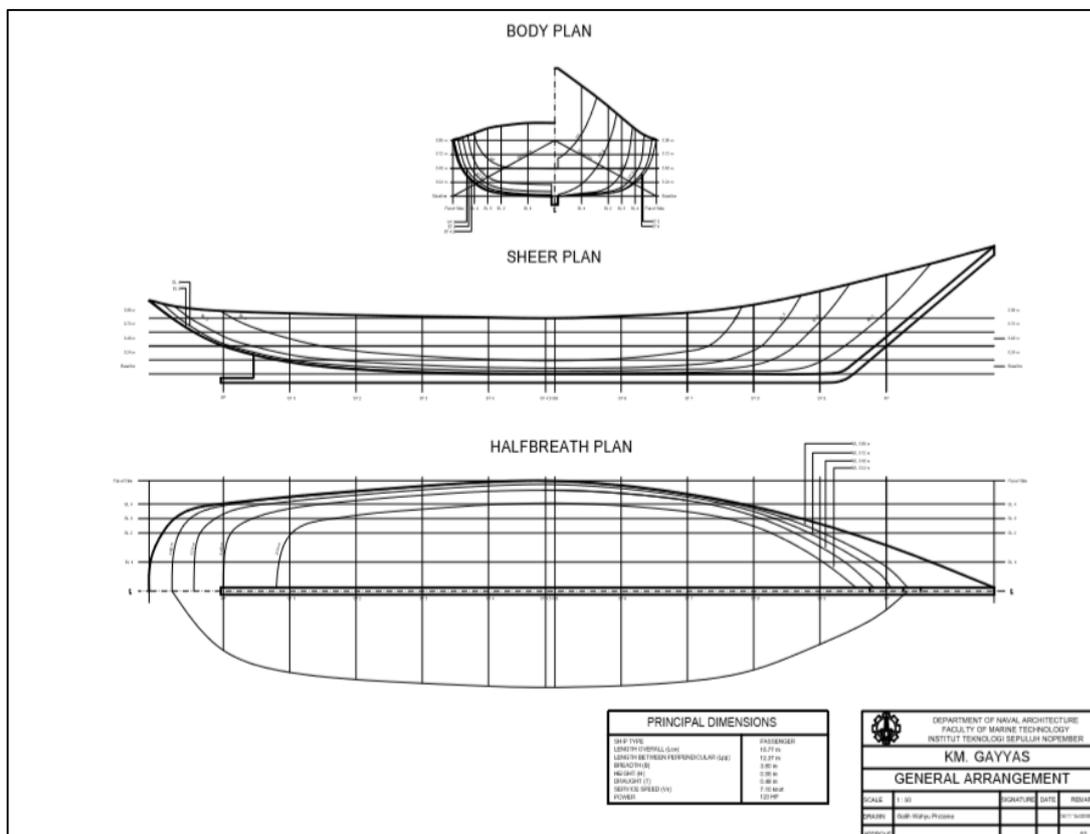
5.4. Desain Kapal Wisata panjang \leq 24 Meter

Data ukuran utama kapal didapatkan dari hasil survei lokasi tepatnya di daerah Gili Genting, Sumenep, Madura. Data yang diambil adalah kapal dengan variasi panjang kapal yakni \leq 24 meter, kemudian menggunakan dasar regulasi BKI tahun 2013 volume VII untuk melakukan perhitungan ukuran konstruksi lunas kapal wisata laminasi bambu *hybrid* aluminium.

Desain kapal yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan desain yang sudah ada, yaitu kapal wisata penyeberangan dengan berbahan dasar kayu *solid*. Desain kapal tersebut sangat diprioritaskan karena pada kondisi lapangan dengan adanya desain dapat menjadi media

komunikasi antara *engineer* dengan bagian produksi. Maka dari itu dalam penelitian ini diperlukan desain kapal yang selanjutnya dapat menjelaskan apakah material ini sudah memenuhi dalam hal kekuatan konstruksi.

Setelah diperoleh data ukuran utama kapal beserta data dari hasil pengukuran WL (*waterline*) dan BL (*buttock line*) pada tiap gading kapal, maka pertama kali yang harus dirancang adalah *lines plan*. Dengan data titik-titik pengukuran WL dan BL yang ada pada kapal yang disurvei, kemudian dilakukan proses *redrawing* atau penggambaran ulang dengan memasukkan nilai-nilai yang didapatkan dari pengukuran ke dalam *software AutoCad* kemudian dilakukan penggabungan titik-titik pada tiap hasil pengukuran gading kapal dengan menggunakan *spline*, maka akan menghasilkan bentuk kurva lambung kapal. Pada tahap ini masih ada kemungkinan terjadi bentuk yang kurang *streamline*, dikarenakan faktor kurang ketepatan dan ketelitian pada saat melakukan pengukuran. Hasil dari menggambar pada *AutoCad* kemudian akan disempurnakan dengan menggunakan *software Maxsurf Modeler*. Setelah melalui beberapa proses desain menggunakan *software*, didapatkan bentuk *lines plan* Kapal wisata seperti terlihat pada Gambar 5.6.

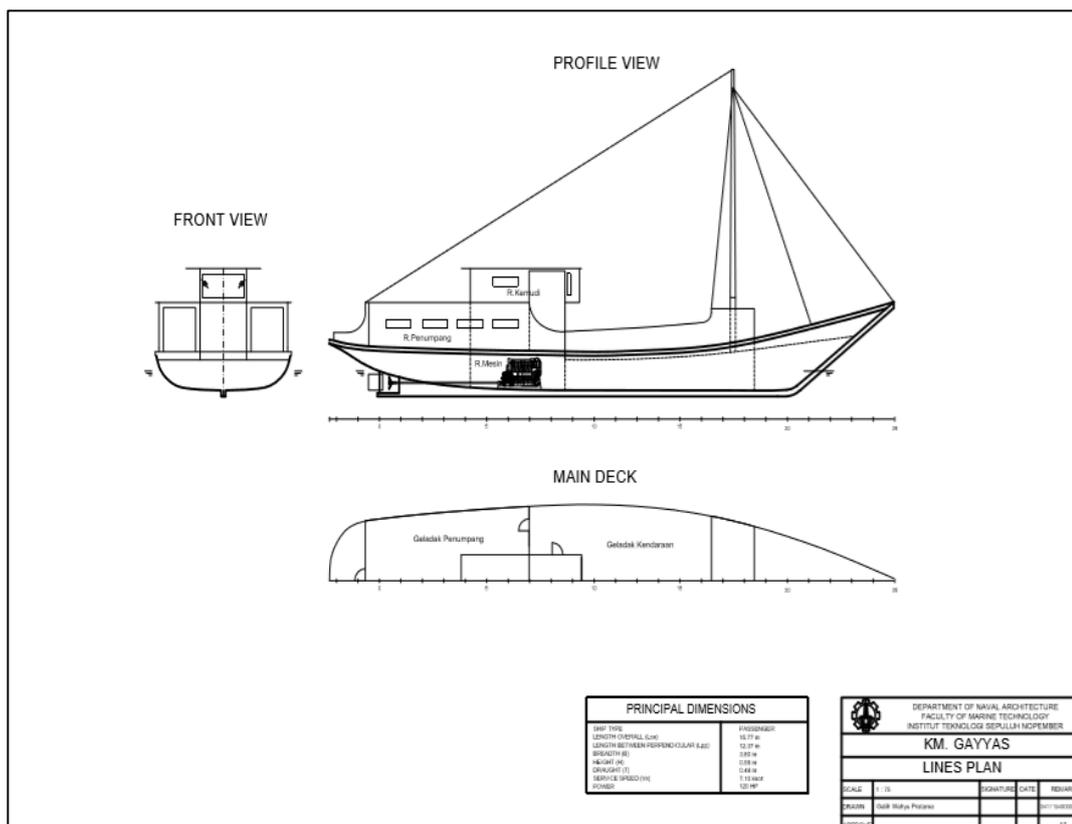


Gambar 5.6 *Lines Plan* Kapal Wisata Panjang ≤ 24 Meter

Pada Gambar 5.6 merupakan gambar rencana garis kapal wisata panjang ≤ 24 meter dengan ukuran utama kapal sebagai berikut :

Panjang Kapal (Loa)	: 15,77 meter
Panjang Garis Air (Lwl)	: 12,37 meter
Lebar Kapal (B)	: 3,80 meter
Tinggi Kapal (H)	: 0,96 meter
Sarat (T)	: 0,48 meter
Kecepatan (Vs)	: 7,10 knot

Setelah dibuat gambar rencana garis maka akan dapat mempermudah dalam melakukan perhitungan ukuran dan bentuk konstruksi lunas dari kapal wisata tersebut. Perhitungan yang dilakukan untuk menentukan ukuran konstruksi lunas pada kapal ini akan menggunakan regulasi BKI 2013 volume VII, sebagai aturan dasar perhitungan konstruksi kapal kayu dan laminasi dengan panjang kurang dari sama dengan 24 meter. Pembuatan gambar tersebut ditujukan untuk mengetahui bentuk lunas kapal secara riil yang berpengaruh dalam proses perhitungan ukuran lunas kapal yang akan dilakukan selanjutnya. Berikut adalah gambar *general arrangement* dari KM. GAYYAS ditunjukkan oleh Gambar 5.7



Gambar 5.7 *General Arrangement* KM. GAYYAS

5.5. Ukuran Konstruksi Kapal Wisata

Berdasarkan hasil perhitungan variabel yang diperoleh setelah melakukan pengujian tarik dan tekuk langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan ukuran konstruksi lunas kapal

wisata. Ukuran kapal wisata yang telah ditentukan sebagai bahan penelitian yaitu dengan panjang ≤ 24 meter, kemudian ukuran konstruksi lunas kapal wisata ini selanjutnya akan dihitung berdasarkan bahan karakteristik material laminasi bambu *hybrid* aluminium. Perhitungan ukuran komponen konstruksi kapal meliputi lunas dan linggi haluan. Perhitungan untuk menentukan setiap ukuran dari konstruksi lunas kapal tersebut dengan *rules* Biro Klasifikasi Indonesia 2013 volume VII mengacu pada rumus yang telah dijelaskan pada bab 2 maka akan diperoleh masing-masing ukuran komponen bagian konstruksi lunas kapal.

Pengukuran konstruksi kapal yaitu pengukuran pada lunas dan linggi. Penentuan ukuran konstruksi di sini dibantu dengan adanya tabel angka penunjuk. Perhitungan untuk mendapatkan nilai dari lunas dan linggi terdapat faktor pengaruh dari L kapal, semakin besar nilai L maka akan semakin besar luas dari konstruksi yang diperoleh. Pada lunas setelah diketahui nilai L kapal, maka dapat dilihat pada Tabel 2.8 dari tabel akan didapatkan luas penampang dan tinggi. Apabila massa jenis material tidak sama dengan $0,56 \text{ gr/cm}^3$, maka perlu dilakukan perkalian antara luas penampang yang didapat dengan faktor pengali, dapat dilihat pada rumus 2.7. Hasil dari perkalian variabel tersebut, selanjutnya dibagi dengan nilai tinggi yang diketahui dari Tabel 2.9 sebelumnya. Hasil dari pembagian tersebut menunjukkan nilai lebar atau *face* pada bagian konstruksi lunas. Pengukuran ukuran konstruksi linggi kurang lebih menggunakan cara yang sama dengan perhitungan ukuran lunas, yaitu menggunakan faktor pengali (apabila massa jenis material sama dengan $0,56 \text{ gr/cm}^3$). Perbedaan antara perhitungan lunas dan linggi terletak pada angka tabel penunjuk yang digunakan, untuk mendapatkan nilai luas penampang pada linggi menggunakan tabel penunjuk Tabel 2.9. Hasil dari perhitungan tersebut menunjukkan hasil ukuran minimum yang digunakan dalam konstruksi lunas kapal wisata dengan material laminasi bambu *hybrid* aluminium.

Perhitungan yang dilakukan di antaranya adalah yang pertama lunas kapal menggunakan material kayu Ulin *solid* dan bambu Ori sesuai dengan keadaan aktual di mana KM. GAYYAS menggunakan material tersebut, yang kedua adalah menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi satu dengan perbandingan antara bambu dan aluminium 3 : 1, yang ketiga menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi dua dengan perbandingan antara bambu dan aluminium 2 : 1, dan yang keempat menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi tiga dengan perbandingan antara bambu dan aluminium 1 : 1 dapat dilihat pada rekapitulasi yang disajikan pada Tabel 5.5. Perhitungan ukuran konstruksi menggunakan *rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia volume VII tahun 2013 tentang *Rules for Small Vessels up to 24 m*.

Tabel 5.5 Ukuran Konstruksi Lunas Kapal Wisata Panjang ≤ 24 Meter

Jenis Material	Rules BKI Vol. VII 2013			
	Lunas			
	Lebar/ <i>web</i> (mm)	Tinggi/ <i>face</i> (mm)	Luas (cm ²)	Modulus (m ³)
Kayu Ulin <i>Solid</i>	128	105	134,62	287
Bambu Ori	180	105	189,19	567
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A1	150	105	157,30	394
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A2	122	105	128,44	260
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A3	111	105	116,67	212

Pada Tabel 5.5 didapatkan ukuran minimal dari masing-masing bagian konstruksi dalam hal ini adalah lebar/*web* dan tinggi/*face* dari lunas kapal wisata panjang 24 meter. Dalam penelitian acuan kapal menggunakan salah satu kapal wisata penyeberangan di pulau Gili Genting yaitu KM. GAYYAS. pada perhitungan ukuran lunas sesuai dengan BKI volume VII tahun 2013 mempunyai kelemahan karena data yang dipergunakan hanya berdasar pada sifat fisik material yaitu berat jenis dari masing-masing material yang digunakan untuk membuat lunas kapal tersebut. Solusi permasalahan tersebut didapatkan dengan menghitung ukuran lunas dengan mempertimbangkan sifat mekanis dari masing-masing material. Sifat mekanis yang digunakan adalah nilai kuat tarik dari masing-masing variasi material pembentuk lunas kapal. Perhitungan yang dilakukan menggunakan Persamaan 2.8. Perhitungan ukuran konstruksi dilakukan dengan cara menghitung modulus dan kuat tarik masing-masing material. Kemudian dilakukan perbandingan ukuran konstruksi yang menggunakan kayu Ulin dengan laminasi bambu *hybrid* aluminium tiap variasi. Perbandingan ini didasarkan pada perbandingan momen *bending*, di mana momen *bending* ini adalah hasil kali modulus dengan tegangan suatu bahan. Ditunjukkan oleh penurunan rumus berikut.

$$\sigma_{Ulin} \cdot W_{Ulin} = \sigma_{Hybrid} \cdot W_{Hybrid}$$

keterangan :

σ_{Ulin} = Kuat tarik Ulin [MPa]

W_{Ulin} = Modulus Ulin [cm²]

σ_{Hybrid} = Kuat tarik Ulin [MPa]

W_{Hybrid} = Modulus Ulin [cm²]

Data kuat tarik pada kedua jenis material telah diketahui sebelumnya. Nilai modulus dari kayu Ulin dapat diketahui dengan rumus berikut.

$$W_{Ulin} = \frac{\frac{1}{12} \cdot face \cdot web^3}{\frac{1}{2} web}$$

$$W_{Ulin} = \frac{1}{6} \cdot face \cdot web^2$$

keterangan :

W_{Ulin} = Modulus Ulin [m⁴]

$Face$ = Tinggi Lunas [cm]

Web = Lebar Lunas [cm]

Dengan menggunakan rumus tersebut dapat diketahui nilai modulus dari kayu Ulin. $web/lebar$ dan $face/tinggi$ dari material selain kayu Ulin dapat diketahui dengan menggunakan perbandingan antara modulus kayu Ulin dengan modulus material yang akan dicari. Dengan menggunakan metode tersebut dapat diketahui $web/lebar$ dan $face/tinggi$ dari lunas kapal wisata KM.GAYYAS menggunakan persamaan momen. Data tersebut tersaji dalam tabulasi pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Ukuran Konstruksi Lunas Menggunakan Persamaan Momen

Jenis Material	Persamaan Momen		
	Lunas		
	Lebar/ web (mm)	Tinggi/ $face$ (mm)	Modulus (m ³)
Kayu Ulin <i>Solid</i>	150	120	450
Bambu Ori	150	120	450
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A1	160	120	512
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A2	140	120	392
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A3	130	120	338

Berdasarkan data tersebut didapatkan ukuran $web/lebar$ dan $face/tinggi$ lunas menggunakan persamaan momen *bending*. Pada data tersebut terjadi peningkatan ukuran $web/lebar$ lunas dibandingkan dengan ukuran $web/lebar$ lunas yang dihitung sesuai dengan ketentuan BKI sedangkan untuk ukuran $face/tinggi$ lunas mengalami pengurangan dibandingkan dengan ukuran $face/tinggi$ lunas yang dihitung sesuai ketentuan yang ada pada *rules* BKI Vol. VII 2013. Berdasarkan data tersebut juga terjadi penambahan. Selanjutnya dilakukan perbandingan terkait dengan ukuran lebar dan tinggi lunas yang dihitung menggunakan *rules* BKI di mana memperhitungkan berat jenis material tiap variasi dengan

ukuran lebar dan tinggi lunas yang dihitung dengan persamaan momen yang menggunakan nilai kuat tarik material. Data tersebut tersaji dalam bentuk tabulasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.7. Data pada tabel tersebut menunjukkan perbandingan data ukuran lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter dengan menggunakan dua metode yang berbeda. Perbedaan kedua metode tersebut terletak pada data yang digunakan. Pada ketentuan BKI Vol. VII 2013 menggunakan data berat jenis dan pada metode persamaan momen *bending* menggunakan data kuat tarik masing-masing material. Data perhitungan selengkapnya terdapat pada lampiran.

Tabel 5.7 Perbandingan Ukuran Konstruksi Lunas Kapal Wisata Panjang ≤ 24 Meter

Jenis Material	BKI Vol. VII 2013			
	Lunas			
	Massa Jenis gr/cm ³	Lebar/web (mm)	Tinggi/face (mm)	Modulus (m ³)
Kayu Ulin <i>Solid</i>	1,04	128	105	287
Bambu Ori	0,74	180	105	567
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A1	0,89	150	105	394
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A2	1,09	122	105	260
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A3	1,20	111	105	212
	Persamaan Momen			
	<i>Strees</i> MPa	Lebar/web (mm)	Tinggi/face (mm)	Modulus (m ³)
Kayu Ulin <i>Solid</i>	184,95	150	120	450
Bambu Ori	138,211	150	120	450
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A1	124,101	160	120	512
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A2	148,363	140	120	392
Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A3	176,386	130	120	338

Pada penulisan Tugas Akhir ini juga dilakukan perhitungan terhadap seluruh ukuran konstruksi kapal wisata panjang 24 meter berbahan *full* laminasi bambu Ori sebagai acuan dalam membandingkan data teknis maupun data ekonomis. Dilakukan variasi penyusun lunas pada kapal tersebut dalam kaitannya kapal yang digunakan merupakan KM. GAYYAS yang telah dilakukan survei sebelumnya. Perhitungan untuk menentukan setiap ukuran member dari konstruksi tersebut dengan *rules* Biro Klasifikasi Indonesia 2013 mengacu pada rumus yang telah dijelaskan pada bab 2 maka akan diperoleh masing-masing ukuran komponen bagian konstruksi kapal wisata tersebut. Data ukuran kapal tersebut digunakan acuan dalam perhitungan konstruksi pada masing-masing member konstruksi dan untuk data ukuran konstruksi kapal apabila kapal tersebut dibuat menggunakan bahan *full* laminasi bambu Ori disajikan dalam bentuk tabulasi pada Tabel 5.8. Data yang diperoleh dalam perhitungan ukuran konstruksi meliputi lebar, tinggi, dan luas masing-masing member konstruksi.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Ukuran Konstruksi KM. GAYYAS

Bagian Konstruksi	Bambu Laminasi Ori		
	lebar (mm)	tinggi (mm)	luas (mm ²)
linggi haluan	120	120	58,577
Gading	45	48	24,693
Wrang	60	150	27,007
galar balok	75	110	46,862
balok geladak	50	63	69,794
Bagian Konstruksi	tebal (mm)		
Kulit sisi lambung	22		
Kulit bawah lambung	22		
Kulit geladak	10		
Kulit bangunan atas	10		

5.6. Analisis Ekonomis

Perhitungan ekonomis dihitung berdasarkan perbandingan biaya antara lunas kapal berbahan dasar kayu solid dengan lunas berbahan dasar laminasi bambu *hybrid* aluminium pada setiap variasi yang ada pada penelitian ini. Komponen-komponen biaya produksi yang dihitung antara lain adalah biaya kebutuhan material, pengadaan dan biaya tenaga kerja. Selanjutnya dilakukan perbandingan sebagai analisis ekonomis disesuaikan dengan dimensi lunas kapal wisata yang telah dihitung sebelumnya pada tiap material. Ukuran luasan lunas yang digunakan pada perhitungan biaya digunakan dimensi lunas yang dihasilkan dari kedua metode perhitungan lunas kapal yaitu sesuai BKI Volume VII 2013 dan metode persamaan momen *bending*. Perhitungan biaya dibagi menjadi masing-masing variasi di mana akan ditentukan juga persentase tingkat ekonomis dari masing-masing variasi.

5.7. Biaya Pembuatan Lunas Kapal wisata

Perhitungan biaya pembuatan lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter pada penelitian ini terdiri atas beberapa komponen. Komponen yang pertama adalah bilah bambu. Penentuan biaya material bilah bambu digunakan perhitungan harga per m³. Perhitungan kebutuhan material bilah bambu dapat dilihat Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Perhitungan Harga Material Bambu

Harga Bilah Bambu		
Ukuran bilah	Satuan	
Panjang	1	M
Lebar	25	mm
Tebal	3	mm

Harga Bilah Bambu		
Volume	75000	mm ³
	0.000075	m ³
Jumlah bilah/layer	40	buah
Jumlah bilah	10.666,67	buah
Harga per bilah	Rp	600.00
Harga bilah/m³	Rp	6,400,000

Asumsi harga tiap bilah bambu sebesar Rp. 600. Dengan jumlah kebutuhan bilah bambu sebanyak 10.666,67 buah, maka total biaya yang dibutuhkan untuk membentuk lapisan laminasi bambu sebesar Rp. 6.400.000. Pada sebuah susunan material laminasi, terdapat perekat yang dibutuhkan untuk membentuk susunan laminasi tersebut. Kebutuhan perekat atau lem juga dilakukan perhitungan per m³. Perhitungan harga kebutuhan lem untuk membentuk lapisan laminasi bambu per m³ dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Perhitungan Harga Kebutuhan Lem

Kebutuhan lem		
<i>Density</i>	1.65	ton/m ³
Berat/set	2	Kg
Volume/set	1.21	dm ³
	1212121.212	mm ³
Tebal lem	0.75	mm ³
Efisiensi lem/set	1616161.616	mm ²
	1.62	m ²
Volume	1	m ³
Luas lapisan	1	m ²
Tebal bilah	3	mm
Jumlah lapisan	266.67	lapisan
Luas lapisan	266.67	m ²
Kebutuhan lem	330	kg
Harga lem/2kg	Rp	105,000
Total harga/m³	Rp	17,325,000

Pada perhitungan harga lem, lem yang digunakan adalah lem *EPOXY EWA-135* dengan rincian harga lem sebesar Rp.105.000 untuk pembelian satu set lem seberat 2 kg. Jumlah lapisan pada laminasi bambu per m³ adalah sebanyak 266,67 lapisan, dan membutuhkan total lem sebanyak 330 kg. Total harga kebutuhan lem sebesar Rp. 17.325.000.

Pada penelitian ini juga dibutuhkan bilah aluminium untuk kebutuhan variasi laminasi bilah bambu *hybrid* aluminium. Aluminium yang digunakan adalah aluminium *marine use* tipe 5083 yang diperoleh dari salah satu distributor logam di daerah Dupak, Surabaya. Aluminium tipe 5083 dijual per kilogram. Sama halnya dengan bambu, aluminium dalam penelitian ini juga

dibentuk menjadi bilah-bilah aluminium. Total harga kebutuhan harga material bilah aluminium dihitung per m³. Rincian perhitungan total harga kebutuhan harga kebutuhan bilah aluminium dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Perhitungan Total Harga Kebutuhan Bilah Aluminium

Harga Bilah Aluminium		
Ukuran bilah		Satuan
Panjang	1	m
Lebar	25	mm
Tebal	3	mm
Volume	75000	mm ³
	0.000075	m ³
Jumlah bilah/layer	40	buah
Jumlah bilah	8,421.20	buah
Kebutuhan Aluminium	216.00	kg
Harga Aluminium/kg	Rp 75,000	
Harga Aluminium/m³	Rp	16,200,000

Pada penelitian ini juga dihitung biaya kebutuhan lunas kapal kayu dengan material penyusun berupa kayu Ulin. Kayu Ulin merupakan penyusun lunas KM. GAYYAS di mana kapal tersebut merupakan acuan perbandingan dalam penelitian ini. Harga kayu Ulin diperoleh dari sebuah *website* distributor kayu *online* (suplierkayuindonesia.com). Rincian perhitungan biaya pengadaan kayu Ulin dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Perhitungan Harga Kayu Ulin

Kayu Ulin		
Panjang	4000	mm
Lebar	300	mm
Tebal	60	mm
Volume	0.072	m ³
Harga Kayu Ulin/m³	Rp	40,000,000

Sumber : suplierkayuindonesia.com

Biaya pembuatan lunas pada dasarnya berbeda-beda sesuai dengan material penyusun lunas tersebut, sehingga dilakukan perhitungan biaya pada setiap jenis material penyusun lunas. Pada penelitian ini akan memvariasikan laminasi bambu *hybrid* aluminium sebanyak tiga variasi penyusunan. Perbedaan pada masing-masing variasi adalah jumlah komponen bilah bambu dan bilah aluminium. Perhitungan biaya material dilakukan berdasarkan biaya 1 m³ dari tiap material penyusun lunas. Dalam perhitungan biaya material ini terdiri atas biaya pengadaan dan kebutuhan material tersebut untuk membentuk suatu volume yaitu 1 m³. Berikut ini merupakan hasil rekap biaya material penyusun lunas per 1 m³ yang dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Rekap Biaya Material Per 1 m³

No	Jenis Material	Jumlah Kebutuhan per m ³	Total Biaya
1	Kayu Ulin <i>Solid</i>	0,072 m ³	Rp. 40.000.000
2	Bilah Bambu Ori	10,666 buah	Rp. 6.400.000
3	Bilah Aluminium	216 kg	Rp. 16.200.000
4	Kebutuhan Lem	330 kg	Rp. 17.325.000

Harga didapatkan dari hasil perhitungan dan survei di lapangan. Harga kayu solid per m³ diperoleh dari sumber media *online* (suplierkayuindonesia.com) yang menjual berbagai jenis macam kayu. Harga kayu ulin *solid* dihargai sebesar Rp. 40.000.000 Harga bilah bambu diperoleh dari data pembuatan bahan uji di mana dimensi dari bilah bambu yang dihitung disamakan dengan spesimen uji tari dan tekuk. Pada ketebalan 1 m³ dengan masing-masing bilah bambu mempunyai tebal sebesar 3 mm, maka jumlah lapisan yang dibutuhkan sebanyak 266 lapis bilah bambu. Dari 266 lapis bilah bambu tersebut pada tiap lapisan dengan lebar bambu sebesar 25 mm membutuhkan 40 buah bambu Ori. Harga yang diperoleh untuk setiap bilah bambu Ori sebesar Rp. 600 selanjutnya dengan mengalikan kebutuhan bilah bambu dan harga per bilah bambu maka diperoleh total biaya material bilah bambu untuk 1 m³ sebesar Rp. 6.400.000. Kebutuhan bilah aluminium *marine use* diperoleh dari survei lapangan pada sebuah *supplier* logam. Harga yang diperoleh dihitung berdasarkan berat dari aluminium dengan satuan kilo gram. Harga per kg aluminium ini sebesar Rp. 75.000. Selanjutnya perhitungan kebutuhan bilah aluminium dilakukan dengan cara yang sama ketika menghitung biaya bilah bambu, yang membedakan adalah satuannya jika bilah aluminium harga yang diberikan per kilogram sedangkan harga bilah bambu ditunjukkan oleh jumlah bilah yang digunakan. Diperoleh kebutuhan bilah aluminium sebesar 216 kg, selanjutnya dikalikan dengan harga aluminium per kilo gram sebesar Rp 75.000 maka diperoleh total biaya dari bilah aluminium *marine use* 5083 sebesar Rp. 16.200.000. Lem yang digunakan pada pembuatan lunas kapal ini merupakan lem jenis *epoxy EWA-135* yang dijual dengan harga Rp. 105.000 per set. Satu set lem ini terdiri dari *resin* dan *hardener* yang mempunyai berat yang sama yaitu 1 kilo gram. Kebutuhan lem dihitung berdasarkan jumlah lapisan laminasi pada 1 m³ yaitu 266 lapisan dan tebal lem tersebut. Pada penulisan tugas akhir ini tebal lem pada setiap lapisan sebesar 0.75 mm, dan oleh karenanya kebutuhan lem per m³ sebesar 330 kg. Kebutuhan lem tersebut dikalikan dengan harga lem dan diperoleh total biaya kebutuhan lem sebesar Rp. 17.325.000.

5.7.1. Biaya Pembuatan Lunas Kapal Wisata per Variasi

Setelah diketahui biaya pengadaan dari masing-masing material, maka selanjutnya dilakukan perhitungan biaya material laminasi bambu *hybrid* per variasi di mana pada setiap variasi mempunyai perbandingan jumlah lapisan bambu dan aluminiumnya berbeda. Perhitungan biaya material ini dilakukan per m³ dari setiap variasi. Jumlah lapisan tiap komponen sangat berpengaruh terhadap harga material. Berikut ini hasil perhitungan biaya material yang dibutuhkan pada setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Rekap Total Biaya Per Variasi

No	Jenis Material	Harga Material (m ³)
1	Kayu Ulin <i>Solid</i>	Rp. 40.000.000
2	Bambu Ori	Rp. 23.725.000
2	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi satu (A1)	Rp. 26.175.000
3	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi dua (A2)	Rp. 26.991.667
4	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi tiga (A3)	Rp. 28.625.000

Hasil yang disajikan pada Tabel 5.13 merupakan rekap total biaya material pembuat lunas kapal yang terbagi atas beberapa variasi. Pada material kayu Ulin *solid* dipilih ukuran balok kayu dengan dimensi 4x30x400 cm dan didapatkan biaya per m³ sebesar Rp. 40.000.000. Pada material bambu Ori terdiri atas dua komponen penyusun yaitu bilah bambu dan lem. Dalam perhitungan biaya material pada masing-masing komponen tersebut, untuk bilah bambu total biaya diperoleh dari banyaknya lapisan yang terbentuk oleh komponen tersebut. komponen bilah bambu sebesar Rp. 6.400.000 dan untuk kebutuhan lem sebesar Rp. 17.325.000. Variasi satu (A1) terdiri atas tiga komponen penyusun yaitu bilah bambu, bilah aluminium, dan lem. Dalam perhitungan biaya material pada masing-masing komponen tersebut, untuk bilah bambu dan aluminium total biaya diperoleh dari banyaknya lapisan yang terbentuk oleh komponen tersebut di dalam variasi ini. Diperoleh biaya material untuk material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi satu (A1) untuk komponen bilah bambu sebesar Rp. 4.800.000 untuk bilah aluminium sebesar Rp. 4.050.000 dan untuk kebutuhan lem sebesar Rp. 17.325.000. Pada variasi dua (A2) perhitungan yang dilakukan sama dengan variasi satu (A1) akan tetapi yang membedakan adalah jumlah perbandingan lapisan antara komponen bilah bambu dan bilah aluminium. Perbandingan bambu dan aluminium pada variasi ini adalah 2 : 1 di mana pada setiap tiga lapisan bambu terdapat satu lapisan yang diganti oleh bilah aluminium.

Total biaya material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi dua (A2) pada masing-masing komponen yang tersusun sebesar Rp. 4.266.667 untuk komponen bilah bambu, Rp. 5.400.000 untuk komponen bilah aluminium dan untuk kebutuhan lem diperoleh biaya sebesar Rp. 17.325.000. Perhitungan biaya material pada variasi tiga (A3) di mana perbandingan komponen penyusun antara bambu dan aluminium sebesar 1 : 1. Hal tersebut mengartikan bahwa susunan lapisan pada material ini berselang-seling antara lapisan bilah bambu dan lapisan bilah aluminium. Diperoleh biaya material untuk masing-masing komponen pada material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi tiga (A3) sebesar Rp. 3.200.000 untuk komponen bilah bambu, dan untuk komponen nilai aluminium diperoleh biaya material sebesar Rp. 8.100.000, sedangkan biaya kebutuhan lem pada variasi ini sama dengan variasi sebelumnya yaitu sebesar Rp. 17.325.000.

5.7.2. Biaya Pengadaan Material Lunas Kapal Wisata per Variasi

Perhitungan ukuran lunas dan linggi telah dilakukan sebelumnya di mana data tersebut digunakan untuk menghitung biaya material yang dibutuhkan sesuai dengan luasan lunas dan linggi kapal. Luasan lunas kapal dihitung mengacu pada regulasi BKI 2013 dan hasil perhitungan dimensi lunas menggunakan metode persamaan momen *bending*. Luasan lunas dan linggi kapal terdiri atas panjang, lebar, dan tinggi. Biaya yang sebelumnya dihitung pada setiap meter kubik, akan dikalkulasikan sesuai dengan luasan lunas yang terbentuk pada masing-masing variasi material penyusunnya. Misalnya pada lunas berbahan dasar kayu Ulin *solid* mempunyai luasan sebesar 177,22 cm² maka harga dari kayu Ulin per meter kubik akan dikalikan dengan luasan tersebut untuk mendapatkan total biaya pengadaan material pada pembuatan lunas kapal wisata berbahan dasar kayu Ulin *solid*. Berikut ini merupakan hasil perhitungan biaya pembuatan lunas kapal wisata yang dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Total Biaya Pembuatan Lunas Kapal Wisata

Jenis Material	BKI 2013		Persamaan Momen	
	Total Volume (m ³)	Total Biaya	Total Volume (m ³)	Total Biaya
Kayu Ulin <i>Solid</i>	0,16153846	Rp. 6.461.538	0,21600000	Rp. 8.640.000
Bambu Ori	0,22702703	Rp. 5.386.216	0,21600000	Rp. 5.124.600
Variasi A1	0,18876404	Rp. 4.940.899	0,23040000	Rp. 6.030.720
Variasi A2	0,15412844	Rp. 4.160.000	0,20160000	Rp. 5.441.520
Variasi A3	0,14000000	Rp. 4.007.500	0,18720000	Rp. 5.358.600

Hasil yang disajikan pada Tabel 5.14 merupakan total biaya pengadaan material untuk pembuatan lunas kapal wisata sesuai dengan masing-masing variasi. Harga per m³ untuk kayu

Ulin *solid* sebesar Rp. 40.000.000, bambu Ori sebesar Rp. 23.725.000, material variasi A1 sebesar Rp. 26.175.000, material variasi A2 sebesar Rp. 26.991.000, dan untuk material variasi A3 sebesar Rp. 28.625.000. Total biaya diperoleh dari hasil perkalian antara harga material per m³ dengan total volume yang terbentuk sesuai dengan ukuran dan desain lunas kapal wisata ini. Untuk lunas kapal wisata yang menggunakan kayu Ulin *solid* sebagai penyusunnya membutuhkan biaya sebesar Rp. 6.461.538 untuk dimensi lunas sesuai dengan BKI dan Rp. 8.640.000 untuk dimensi lunas yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan momen. Pada material bambu Ori diperoleh total biaya untuk pembuatan lunas kapal wisata sebesar Rp. 5.386.216 untuk dimensi lunas sesuai dengan BKI dan Rp. 5.124.600 untuk dimensi lunas yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan momen. Pada material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi satu (A1) diperoleh total biaya untuk pembuatan lunas kapal wisata sebesar Rp. 4.940.899 untuk dimensi lunas sesuai dengan BKI dan Rp. 6.030.720 untuk dimensi lunas yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan momen. Pada material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi dua (A2) diperoleh total biaya untuk pembuatan lunas kapal wisata sebesar Rp. 4.160.000 untuk dimensi lunas sesuai dengan BKI dan Rp. 5.441.520 untuk dimensi lunas yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan momen. Pada material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi tiga (A3) diperoleh total biaya untuk pembuatan lunas wisata sebesar Rp. 4.007.500 000 untuk dimensi lunas sesuai dengan BKI dan Rp. 5.368.600 untuk dimensi lunas yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan momen.

Dapat diketahui biaya pengadaan material pada masing-masing variasi memiliki selisih harga. Nilai ekonomis dari biaya pengadaan material ini dilakukan dengan membandingkan total biaya pengadaan lunas kapal wisata menggunakan kayu Ulin *solid* sesuai keadaan aktual KM. GAYYAS. Data ukuran dimensi lunas kapal mengacu pada dua hasil dimensi lunas yang telah dihitung sebelumnya. Dari selisih harga didapatkan persentase nilai ekonomis dari material tersebut. Jika desain ukuran lunas sesuai dengan aturan BKI selisih harga antara laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi satu (A1) dengan kayu Ulin *solid* sebesar Rp. 1.520.640 dan persentase nilai ekonomis dari material tersebut sebesar 24%. Selanjutnya adalah selisih harga antara laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi dua (A2) dengan kayu Ulin *solid* yaitu Rp. 2.301.355 dan persentase nilai ekonomis dari material tersebut sebesar 36%. Sedangkan selisih harga antara laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi tiga (A3) dengan kayu Ulin *solid* sebesar Rp. 2.454.038 dan persentase nilai ekonomis dari material tersebut sebesar 38%. Sedangkan ketika desain ukuran lunas sesuai dengan perhitungan menggunakan persamaan momen selisih harga antara laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi satu (A1)

dengan kayu Ulin *solid* sebesar Rp. 4.097.240 dan persentase nilai ekonomis dari material tersebut sebesar 47%. Selanjutnya adalah selisih harga antara laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi dua (A2) dengan kayu Ulin *solid* yaitu Rp. 3.518.019 dan persentase nilai ekonomis dari material tersebut sebesar 41%. Sedangkan selisih harga antara laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi tiga (A3) dengan kayu Ulin *solid* sebesar Rp. 2.717.256 dan persentase nilai ekonomis dari material tersebut sebesar 31%.

5.7.3. Perhitungan Biaya Produksi

Biaya produksi merupakan biaya tenaga kerja yang dikeluarkan untuk pekerja pada proses pembuatan lunas kapal pada tiap variasi material penyusun. Proses pembuatan lunas kapal wisata membutuhkan perhitungan jumlah pekerja dan waktu yang dibutuhkan untuk membuat lunas. Hal tersebut tersaji dalam Tabel 5.15 di mana diasumsikan jumlah pekerja yang terlibat dalam pembuatan lunas terdiri dari satu orang tukang kayu dan dua *helper*. Dalam satu hari kerja diasumsikan efektif selama 6 jam.

Tabel 5.15 Waktu Pembuatan Lunas Kapal Per Variasi

Jenis Material		Luasan total (m ²)	Produktivitas (JO/luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Jumlah Hari
B K I 20 13	Kayu Ulin <i>Solid</i>	1,54	85,71	131,86	3	8
	Bambu Ori	56,22	2,97	167,31	3	10
	Variasi A1	46,74	2,97	139,11	3	8
	Variasi A2	38,17	2,97	113,58	3	7
	Variasi A3	34,67	2,97	103,17	3	6
Persa maan Mom en	Kayu Ulin <i>Solid</i>	1,80	69,98	154,28	3	8
	Bambu Ori	52,20	2,97	155,35	3	8
	Variasi A1	55,68	2,97	165,71	3	9
	Variasi A2	48,72	2,97	145,00	3	8
	Variasi A3	45,24	2,97	134,64	3	8

Data Tabel 5.15 merupakan data waktu yang dibutuhkan untuk membuat lunas kapal wisata dengan material tertentu. Yang membedakan pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja di sini adalah pada pembuatan lunas kapal wisata menggunakan kayu Ulin *solid* tidak ada proses pengeleman per lapisan karena kayu yang dipakai berbentuk balok sedangkan untuk material laminasi bambu *hybrid* aluminium membutuhkan proses pengeleman untuk mencapai ketebalan yang ditentukan karena bilah bambu dan aluminium berbentuk bilah tipis yang disusun secara tumpuk bata. Data yang diperoleh adalah untuk pembuatan lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter dengan ukuran dimensi lunas mengacu pada BKI menggunakan material kayu Ulin *solid* membutuhkan waktu 8 hari dengan jumlah pekerja tiga orang. Untuk material bambu Ori membutuhkan waktu 10 hari dengan jumlah pekerja tiga orang. Material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 membutuhkan waktu 8 hari dengan jumlah pekerja tiga orang.

Selanjutnya untuk material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A2 membutuhkan waktu 7 hari dengan jumlah pekerja tiga orang. Yang terakhir untuk material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 membutuhkan waktu 6 hari dengan jumlah pekerja tiga orang. Sedangkan untuk pembuatan lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter dengan ukuran dimensi lunas mengacu pada hasil perhitungan persamaan momen menggunakan material kayu Ulin *solid* membutuhkan waktu 8 hari dengan jumlah pekerja tiga orang. Untuk material bambu Ori membutuhkan waktu 8 hari dengan jumlah pekerja tiga orang. Material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 membutuhkan waktu 9 hari dengan jumlah pekerja tiga orang. Selanjutnya untuk material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A2 membutuhkan waktu 8 hari dengan jumlah pekerja tiga orang. Yang terakhir untuk material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 membutuhkan waktu 8 hari dengan jumlah pekerja tiga orang. Semua hasil di atas merupakan hasil perhitungan jumlah hari apabila dalam satu hari terdapat enam jam kerja efektif tanpa adanya *overtime* atau jam kerja lembur.

Setelah diperoleh jumlah hari dalam setiap pembuatan lunas maka perhitungan biaya produksi lunas kapal wisata dapat dilakukan. Jumlah pekerja dalam setiap pembuatan lunas diasumsikan berjumlah empat orang yang terdiri dari satu tukang kayu dan dua *helper*. Jumlah tiga orang tersebut diilustrasikan dibagi menjadi dua kelompok. Masing-masing kelompok mengerjakan dua bagian yang berbeda contohnya bagian depan dan belakang. Biaya jasa pekerja per hari diasumsikan Rp. 150.000 untuk tukang kayu dan untuk *helper* sebesar Rp. 100.000. Hasil perhitungan biaya jasa tersebut tersaji dalam Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Total Biaya Jasa Pembuatan Lunas Kapal Wisata

Jenis Material		Jumlah Hari	Total biaya
BKI 2013	Kayu Ulin <i>Solid</i>	8	Rp. 2.564.103
	Bambu Ori	10	Rp. 3.253.253
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A1	8	Rp. 2.704.952
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A2	7	Rp. 2.208.631
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A3	6	Rp. 2.006.173
Persamaan Momen	Kayu Ulin <i>Solid</i>	8	Rp. 3.000.000
	Bambu Ori	8	Rp. 3.020.000
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A1	9	Rp. 3.222.222
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A2	8	Rp. 2.819.444
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A3	8	Rp. 2.618.056

Data yang tersaji dalam Tabel 5.16 menunjukkan biaya jasa yang dibutuhkan untuk membuat lunas kapal wisata panjang ≤ 24 meter. Selisih dari biaya tersebut tergantung pada waktu yang dibutuhkan untuk membuat lunas kapal wisata. Dari data tersebut menunjukkan bahwa biaya pembuatan lunas kapal wisata dengan dimensi lunas mengacu pada BKI menggunakan material kayu Ulin *solid* membutuhkan biaya jasa sebesar Rp. 2.564.103. Untuk pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material bambu Ori membutuhkan biaya sebesar Rp. 3.253.253. Pada material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 membutuhkan biaya sebesar Rp. 2.704.952. Selanjutnya untuk pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A2 membutuhkan biaya sebesar Rp. 2.208.631. Sedangkan untuk pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 membutuhkan biaya sebesar Rp. 2.006.173. Selanjutnya biaya pembuatan lunas kapal wisata dengan dimensi lunas mengacu pada hasil dari perhitungan persamaan momen menggunakan material kayu Ulin *solid* membutuhkan biaya jasa sebesar Rp. 3.000.000. Untuk pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material bambu Ori membutuhkan biaya sebesar Rp. 3.020.000 Pada material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 membutuhkan biaya sebesar Rp. 3.222.222. Selanjutnya untuk pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A2 membutuhkan biaya sebesar Rp. 2.8.19.444. Sedangkan untuk pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 membutuhkan biaya sebesar Rp. 2.618.056. Total biaya jasa tersebut akan ditambahkan dengan biaya pengadaan material yang telah dijelaskan pada sub bab di atas. Selanjutnya akan dijelaskan perhitungan total biaya pembuatan lunas kapal wisata dan persentase nilai ekonomis pada setiap pembuatan lunas kapal pada masing-masing variasi material penyusun lunas pada sub bab di bawah ini.

5.7.4. Total Biaya Pembuatan Lunas Kapal Wisata

Dalam analisis ekonomis yang dilakukan pada penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui total biaya yang dibutuhkan dan mengetahui persentase nilai ekonomis dari material yang diuji sebelumnya. Sesuai dengan latar belakang penelitian ini adalah memberikan inovasi terhadap industri perkapalan khususnya industri kapal wisata guna memberikan sebuah opsi material pembentuk lunas kapal yang akan dibuat. Lunas kapal yang akan di buat merupakan lunas kapal wisata dengan panjang ≤ 24 meter. Kapal tersebut adalah KM. GAYYAS di mana merupakan salah satu kapal wisata yang beroperasi pada daerah pulau Gili Genting, Sumenep Madura. Perhitungan total biaya pembuatan lunas kapal wisata terdiri dari biaya pengadaan material dan biaya produksi dari lunas tersebut. Total biaya dibagi atas

masing-masing variasi material penyusun lunas kapal. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan total biaya pembuatan lunas kapal wisata yang tersaji dalam Tabel 5.15.

Tabel 5.17 Total Biaya Pembuatan Lunas Kapal Wisata

	Jenis Material	Biaya Pengadaan	Biaya Produksi	Total Biaya
B K I 2 0 1 3	Kayu Ulin <i>Solid</i>	Rp. 6.461.538	Rp. 2.564.103	Rp. 9.025.641
	Bambu Ori	Rp. 5.386.216	Rp. 3.253.253	Rp. 8.639.469
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A1	Rp. 4.940.899	Rp. 2.704.952	Rp. 7.645.851
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A2	Rp. 4.160.000	Rp. 2.208.631	Rp. 6.368.814
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A3	Rp. 4.007.500	Rp. 2.006.173	Rp. 6.013.673
Per sa ma an Mo men	Kayu Ulin <i>Solid</i>	Rp8,640,000	Rp3,000,000	Rp11,640,000
	Bambu Ori	Rp5,124,600	Rp3,020,833	Rp8,145,433
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A1	Rp6,030,720	Rp3,222,222	Rp9,252,942
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A2	Rp5,441,520	Rp2,819,444	Rp8,260,964
	Laminasi Bambu <i>Hybrid</i> Aluminium variasi A3	Rp5,358,600	Rp2,618,056	Rp7,976,656

Dari data Tabel 5.17 didapatkan total biaya pembuatan lunas kapal tiap variasi material penyusun lunas kapal. Total biaya dari pembuatan lunas kapal wisata menggunakan dimensi acuan sesuai BKI dengan material kayu Ulin *solid* sebesar Rp. 9.025.641. Untuk total biaya dari pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material bambu Ori sebesar Rp. 8.639.469. Total biaya menggunakan laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 sebesar Rp. 7.645.851. Selanjutnya total biaya dari pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A2 sebesar Rp. 6.368.814. Sedangkan total biaya dari pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 sebesar Rp. 6.013.673. Persentase nilai ekonomis dari biaya pembuatan lunas ini diperoleh dari perbandingan total biaya pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material kayu Ulin *solid* dengan material laminasi bambu *hybrid* aluminium tiap variasi. Selisih total biaya antara kayu Ulin *solid* dengan laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 sebesar Rp. 1.379.790, sedangkan selisih total biaya dengan laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A2 sebesar Rp. 2.656.827, dan yang terakhir selisih total biaya dengan laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 sebesar Rp. 3.011.968. Persentase nilai ekonomis tiap variasi adalah untuk pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 sebesar 15%. Lalu untuk pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material

laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi dua A2 sebesar 29%. Sedangkan untuk pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 sebesar 33%.

Total biaya dari pembuatan lunas kapal wisata menggunakan dimensi acuan sesuai dengan hasil perhitungan persamaan momen menggunakan material kayu Ulin *solid* sebesar Rp. 11.640.000. Untuk total biaya dari pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material bambu Ori sebesar Rp 8.145.433. Total biaya menggunakan laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 sebesar Rp 9.252.942. Selanjutnya total biaya dari pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A2 sebesar Rp 8.260.964. Sedangkan total biaya dari pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 sebesar Rp 7.976.656. Persentase nilai ekonomis dari biaya pembuatan lunas ini diperoleh dari perbandingan total biaya pembuatan lunas kapal wisata menggunakan material kayu Ulin *solid* dengan material laminasi bambu *hybrid* aluminium tiap variasi. Selisih total biaya antara kayu Ulin *solid* dengan laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 sebesar Rp. 3.494.567 (30%), sedangkan selisih total biaya dengan laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A2 sebesar Rp. 3.379.036 (29%), dan yang terakhir selisih total biaya dengan laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 sebesar Rp. 3.663.344 (31%).

Selanjutnya dilakukan perbandingan dari total biaya pembangunan kapal *full* bambu Ori dengan perbedaan material pembentuk lunas. Variasi pembentuk lunas kapal yang dilakukan perbandingan adalah semua variasi yang telah diuji sebelumnya mulai dari laminasi bambu *hybrid* aluminium dengan satu lapis aluminium (A1), dua lapis aluminium (A2), dan tiga lapis aluminium (A3). Data tersebut digunakan untuk selanjutnya dilakukan analisa ekonomis terkait dengan penggantian material pembentuk lunas kapal bermula dari material laminasi bambu Ori menjadi laminasi bambu *hybrid* aluminium. Data tersebut tersaji dalam bentuk tabulasi pada Tabel 5.18 selengkapnya terdapat pada lampiran.

Tabel 5.18 Perbandingan Total Biaya Dengan Variasi Material Pembentuk Lunas

BKI 2013					
Variasi	Volumetrik Kapal (m ³)	Volume Lunas (m ³)	Biaya Material	Biaya Produksi	Total
Bambu Ori	4.439143197	0.2270270	Rp 110.704.889	Rp 31.504.035	Rp 142.208.923
A1	4.439143197	0.1887640	Rp 110.259.571	Rp 30.955.734	Rp 141.215.305
A2	4.439143197	0.1541284	Rp 109.478.856	Rp 30.459.412	Rp 139.938.268
A3	4.439143197	0.1400000	Rp 109.326.172	Rp 30.256.954	Rp 139.583.127

BKI 2013					
Variasi	Volumetrik Kapal (m ³)	Volume Lunas (m ³)	Biaya Material	Biaya Produksi	Total
Persamaan Momen					
Bambu Ori	4.439143197	0.216	Rp 110.443.272	Rp 31.271.615	Rp 141.714.887
A1	4.439143197	0.2304	Rp 111.349.392	Rp 31.473.004	Rp 142.822.396
A2	4.439143197	0.2016	Rp 110.760.192	Rp 31.070.226	Rp 141.830.418
A3	4.439143197	0.1872	Rp 110.677.272	Rp 30.868.837	Rp 141.546.109

Hasil yang diperoleh sesuai dengan Tabel 5.18 menunjukkan bahwa dari segi ekonomis penggantian material lunas kapal wisata menggunakan laminasi bambu *hybrid* aluminium tidak terjadi perubahan yang signifikan. Namun dengan bertambahnya jumlah lapisan aluminium pada variasi A2 dan A3 menjadikan volume lunas yang terbentuk menjadi lebih kecil dan berakibat pada pengurangan biaya yang dikeluarkan. Biaya terkecil dalam memproduksi sebuah kapal wisata berbahan laminasi bambu Ori diperoleh apabila kapal tersebut pada bagian lunas menggunakan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 dengan total lapisan aluminium sebanyak tiga lapis.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

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

1. Nilai massa jenis dari material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1 sebesar 0,89 gram/cm³. Dengan dilakukan penambahan satu lapisan aluminium pada variasi A2 nilai massa jenis berubah menjadi 1,09 gram/cm³, dan untuk variasi A3 yang memiliki tiga lapis aluminium nilai massa jenisnya berubah menjadi 1,2 gram/cm³. Untuk semua variasi laminasi *hybrid* aluminium yang di uji memenuhi syarat BKI volume VII 2013 untuk massa jenis pembentuk lunas kapal kayu sebesar 0,70 gram/cm³.
2. Nilai kuat tarik rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1, laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A2, dan laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 berturut-turut adalah 127,296 MPa, 148,363 MPa, dan 176,383 MPa, dan memenuhi persyaratan teknis dengan hasil nilai kuat tarik yang lebih besar dibandingkan dengan kuat tarik yang diizinkan BKI 2013 Vol. VII sebesar 42,169 MPa.
3. Nilai kuat tekuk rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1, laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A2, dan laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A3 berturut-turut adalah 102,684 MPa, 131,291 MPa, dan 136,790 MPa dan memenuhi persyaratan teknis dengan hasil nilai kuat tekuk yang lebih besar dibandingkan dengan kuat tarik yang diizinkan BKI 2013 Vol. VII sebesar 71,098 MPa.
4. Semakin besar nilai massa jenis maka dimensi *scantling* semakin kecil. Pengurangan dimensi *scantling* yang terbentuk dari material bambu Ori dengan variasi laminasi bambu *hybrid* aluminium A1,A2, dan A3 berturut-turut sebesar 17%, 32%, dan 38%. Semakin tinggi nilai *tensile strength* maka dimensi *scantling* yang terbentuk semakin kecil. Pengurangan dimensi *scantling* yang terbentuk dari material bambu Ori dengan variasi laminasi bambu *hybrid* aluminium A1, A2, dan A3 akibat penambahan nilai *tensile strength* berturut-turut sebesar 7%, 7%, dan 13%.

5. Nilai volumetrik yang terbentuk akibat penggantian material lunas dari bambu Ori menjadi laminasi bambu *hybrid* aluminium tidak mengalami pengurangan yang signifikan, nilai pengurangan volumetrik sebesar 1 – 2%.
6. Persentase nilai ekonomis dari perbandingan total biaya lunas kapal wisata menggunakan material kayu Ulin solid dengan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1, A2 ,dan A3 berturut-turut Rp 1.379.790 atau 15%, Rp 2.656.827 atau 29%, dan Rp 3.011.968 atau 33% dengan acuan dimensi lunas sesuai *rules* BKI volume VII 2013. Untuk persentase nilai ekonomis dari perbandingan total biaya lunas kapal wisata menggunakan material kayu Ulin solid dengan material laminasi bambu *hybrid* aluminium variasi A1, A2 ,dan A3 dengan acuan dimensi lunas didapatkan dari perhitungan persamaan momen berturut-turut sebesar 4% dengan selisih harga sebesar Rp 375.833, 29% dengan selisih harga sebesar Rp 2.646.488 dan 33% dengan selisih harga sebesar Rp 3.001.630.

6.2. Saran

Dalam penelitian yang telah di lakukan terdapat beberapa saran di antaranya:

1. Penulis menyarankan untuk dilakukan pengujian terhadap laminasi bambu *hybrid* aluminium di mana dalam salah satu komponen penyusun yaitu aluminium tidak dibentuk menjadi bilah namun berupa lembaran aluminium untuk mengetahui pengaruh dari bentuk aluminium terhadap nilai kuat tarik dan tekuk yang dihasilkan.
2. Sehubungan dalam penulisan tugas akhir ini hanya digunakan variasi dengan ketebalan bilah bambu dan aluminium yang sama besar, maka penulis menyarankan untuk dilakukan uji tarik dan tekuk dengan variasi ketebalan pada masing-masing komponen.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D-3043. (2004). *Standard Test Method for Structural Panel in Flexure*. New York: American Society for Testing and Materials (ASTM).
- ASTM D-3500. (2004). *Standard Test Method for Structural Panel in Tension*. New York: American Society for Testing and Materials (ASTM).
- AZO Materials. (2019, July 4). Retrieved from AZO Materials: www.azom.com
- BKI. (1996). *Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- BKI. (2013). *Rule for Small Fishing Vessels up to 24 m*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).
- Breyer, D. E. (1988). *Designs of Wood Structure*. New York: Me Graw Hill.
- BSN. (2014). Uji ketahanan kayu terhadap organisme perusak kayu. *Uji ketahanan kayu teStandar Nasional Indonesia (SNI 7207-2014)*.
- Centre, C. N. (2001). *Cultivation and Integrated Utilization on Bamboo in China*. Hangzhou, China.
- Chen, Z. (2016). *Experimental investigation on the post-fire mechanical properties of structural aluminium alloys*. Tianjin.
- Dransfield & Widjaya, E.A. (1995). *Plant Resource of South-East Asia*. Bogor: Porsea.
- Fangchun, Z. (2000). *Selected Works of Bamboo Research*. Nanjing, China: The Bamboo Research EditOriial Committee, Nanjing Forestry University.
- Frick, H. (2004). *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*. Yogyakarta: Kanisius.
- Guisheng, C. (1985). *Bamboo Plywood – A New Product of Structural*. Canada: Recent Research on Bamboo.
- Handayani, S. (2007). *Pengujian Sifat Mekanis Bambu (Metode Pengawetan dengan Boraks. Jurnal TekNik Sipil & Perencanaan Universitas Negeri Semarang, Vol.9*.
- Hidayat. (2003). Penyebaran ulin (Eusideroxylon zwageri Taijms. & Binned.) .
- Huda, C. (2017). ANALISIS LAJU KOROSI MATERIAL ALUMINIUM 5083 SEBAGAI APLIKASI BAHAN LAMBUNG KAPAL. *JPTM Volume 6*, 17-24.
- Menteri Keuangan. (2015). Pada peraturan menteri keuangan nomor 261/PMK.04/2015 tentang impor sementara kapal wisata asing.
- MOrisco. (1996). *Bambu Sebagai Bahan Rekayasa*. Yogyakarta.
- MOrisco. (1999). *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- MOrisco. (2006). *TekNologi Bambu*. Yogyakarta: UGM Press.
- Palapessy, J. G. (2014). Penelitian Eksperimental Kekuatan Lentur Kayu Ulin (Eusideroxylon Zwageri).
- Pojoh, B. (2017). Pengaruh perendaman dalam air sungai dan air laut terhadap daya tahan tulangan bambu petung asal Tomohon. *Jurnal Penelitian TekNologi Industri Vol. 9 No. 1*, 37-48.
- Pranata, Y., & Suryoatmono, B. (2014). Kekuatan Tekan Sejajar Serat dan Tegak Lurus Serat Kayu Ulin (Eusideroxylon Zwageri).
- PTHH. (2004). Atlas Kayu Indonesia.
- Purnomo, A. (2014). *Analisis Kekuatan Kapal Bambu Laminasi dan Pengaruhnya Terhadap Ukuran Konstruksi dan Biaya Produksi*. Surabaya: Institut TekNologi Sepuluh Nopember.

- Rohman, N. F., & Supomo, H. (2013). *Analisis TekNis Dan Ekonomis Penggunaan Bambu Ori Dengan Variasi Umur Untuk Pembuatan Kapal Kayu*. Surabaya.
- Rohman, N. F., & Supomo, H. (2013). *Analisis TekNis Dan Ekonomis Penggunaan Bambu Ori Dengan Variasi Umur Untuk Pembuatan Kapal Kayu* . SURABAYA.
- Subiyanto dan Subyakto. (1996). *Pengembangan Papan Bambu Komposit. Strategi Penelitian Bambu Indonesia*. Bogor: Yayasan Bambu Lestari.
- Supomo, H., Manfaat, D., & Zubaydi, A. (2015). Flexural Strength Analysis of Laminated Bamboo Slats (*Bambusa Arundinacea*) for Constructing a Small Fishing Boat Shells. *IJSCT(RINA)*. doi:10.3940/rina.ijsct.2015.b1.167
- Syafii W, S. M. (1987). The Role of Extractives in Decay Resistance of Ulin Wood (*Eusideroxylon zwageri* T. et B.). *Tokyo University Forests*, 1-8.
- Trethewey, K., & J.Chamberlain. (1991). *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Tsoumis, G. (1991). *Science of Technology of Wood (Structure, Properties, Utilization)*. New York (US).

LAMPIRAN

LAMPIRAN A *Lines Plan* KM GAYYAS

LAMPIRAN B *General Arrangement* KM GAYYAS

LAMPIRAN C Desain Spesimen Uji Tarik dan Tekuk

LAMPIRAN D Hasil Uji Tarik dan Tekuk

LAMPIRAN E Data Perhitungan Kuat Tarik

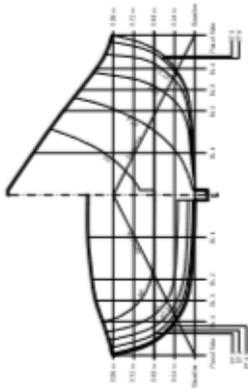
LAMPIRAN F Data Perhitungan Kuat Tekuk

LAMPIRAN G Data Perhitungan Ukuran Lunas Kapal Wisata

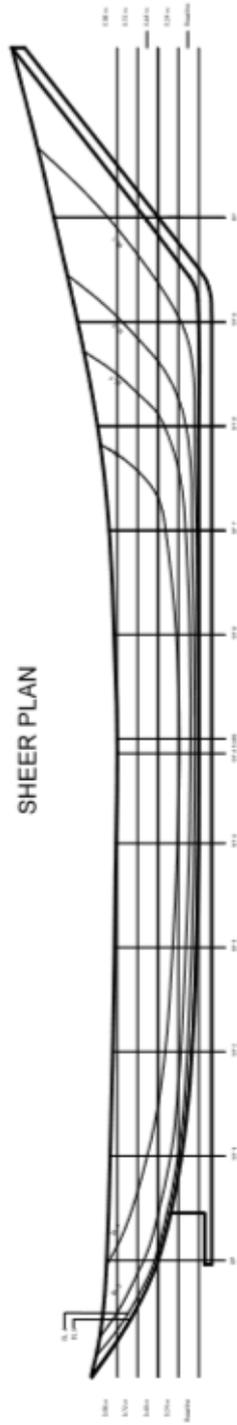
LAMPIRAN H Data Perhitungan Ekonomis

LAMPIRAN A
***Lines Plan* KM. GAYYAS**

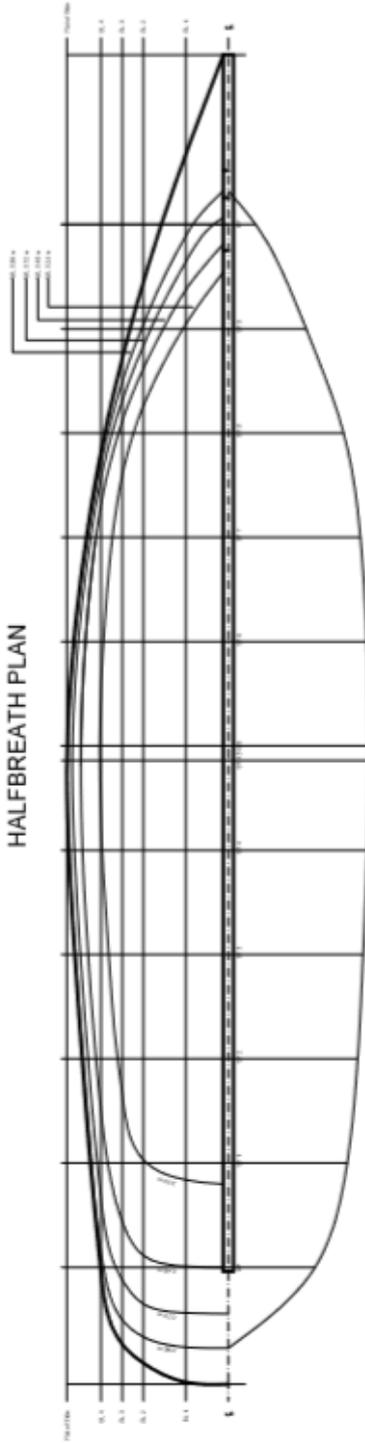
BODY PLAN



SHEER PLAN



HALFBREATH PLAN

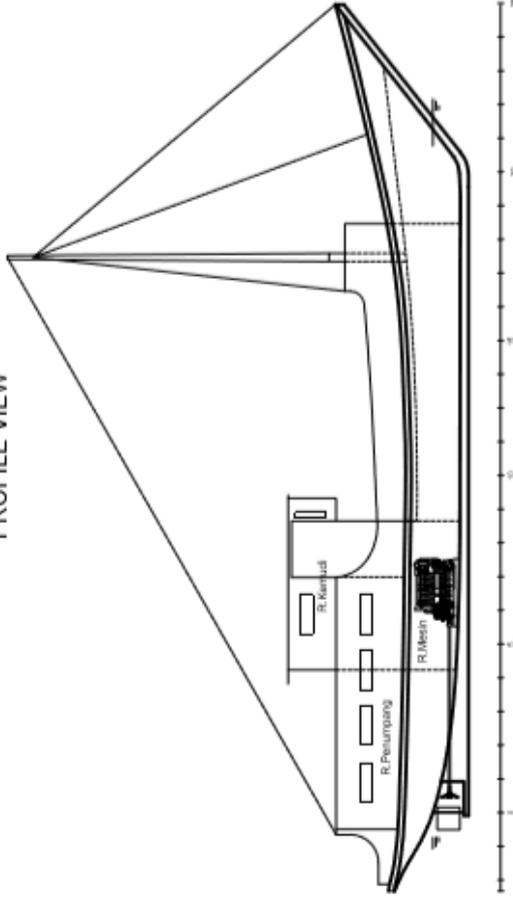


PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	RESEARCHER
LENGTH OVERALL (LOA)	18.27 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	12.27 m
BREADTH (BEAM)	3.80 m
DRAUGHT (D)	2.48 m
SERVICE SPEED (VS)	7.00 kmp
POWER	120 HP

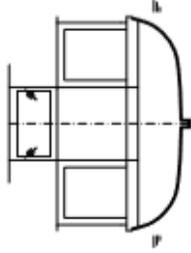
		DEPARTMENT OF MARINE ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
		KM. GAYYAS	
GENERAL ARRANGEMENT			
SCALE	1 : 50	SIGNATURE	DATE
DESIGNER	KIM. GAYYAS Pradana	REVISOR	
APPROVAL		DATE	
		NO. DOKUMEN	AS

LAMPIRAN B
***General Arrangement* KM GAYYAS**

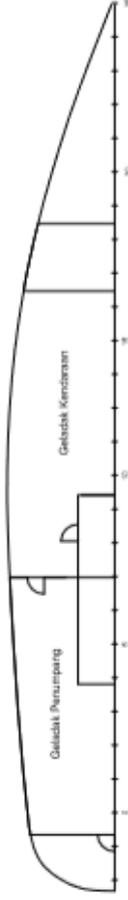
PROFILE VIEW



FRONT VIEW



MAIN DECK



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	PASSENGER
LENGTH OVERALL (LOA)	15.27 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	12.27 m
BEAM	3.05 m
DRAUGHT (M)	0.91 m
WATERLINE SPEED (KNOTS)	10.5 KNOTS



DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KM. GAYYAS

LINES PLAN

SCALE	1 : 10	DATE	REVISION
DRAWN	Galih Wahyu Prasana		
APPROVED			
			AD

LAMPIRAN C
Desain Spesimen Uji Tarik dan Tekuk

**MODEL SPESIMEN UJI
TARIK**

VARIASI 1

ASTM D 3500

Tebal Bambu 3 mm

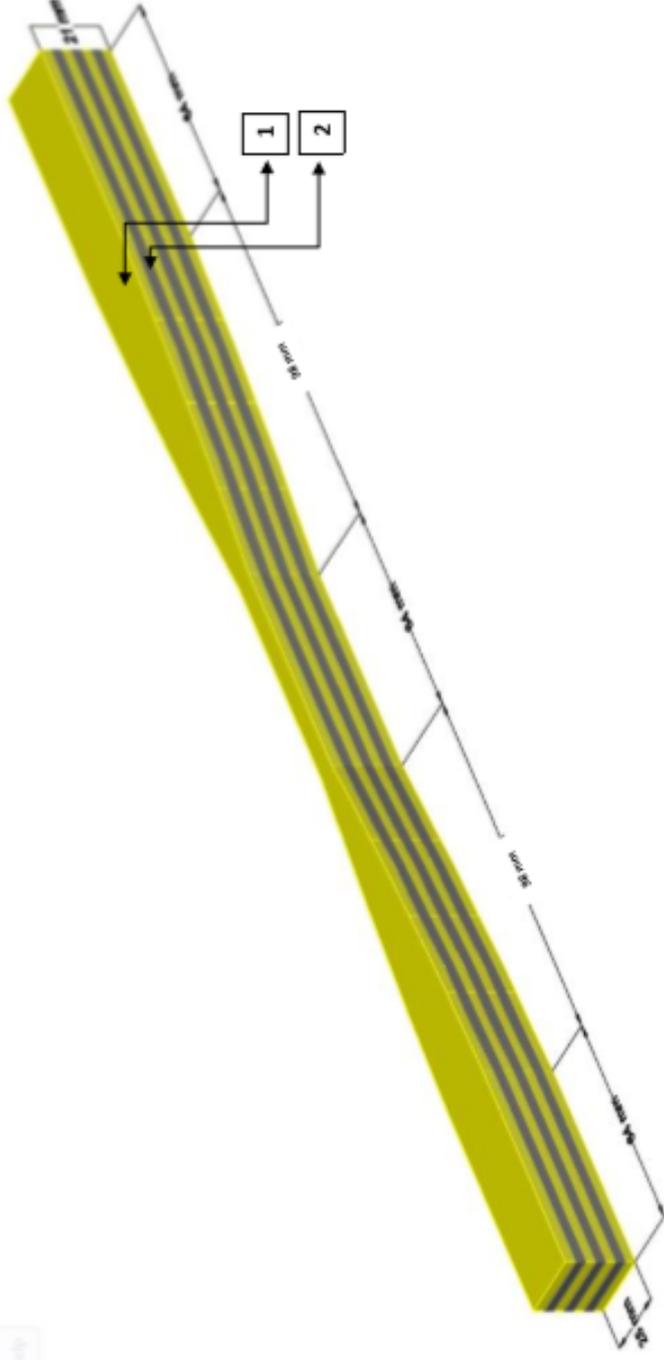
Tebal Aluminium 3 mm

Untuk variasi 1 akan
dibuat 4 spesimen uji

Ket :

1) Bambu jenis Ori

2) Aluminium marine
use 5083



**MODEL SPESIMEN UJI
TARIK**

VARIASI 2

ASTM D 3500

Tebal Bambu 3 mm

Tebal Aluminium 3 mm

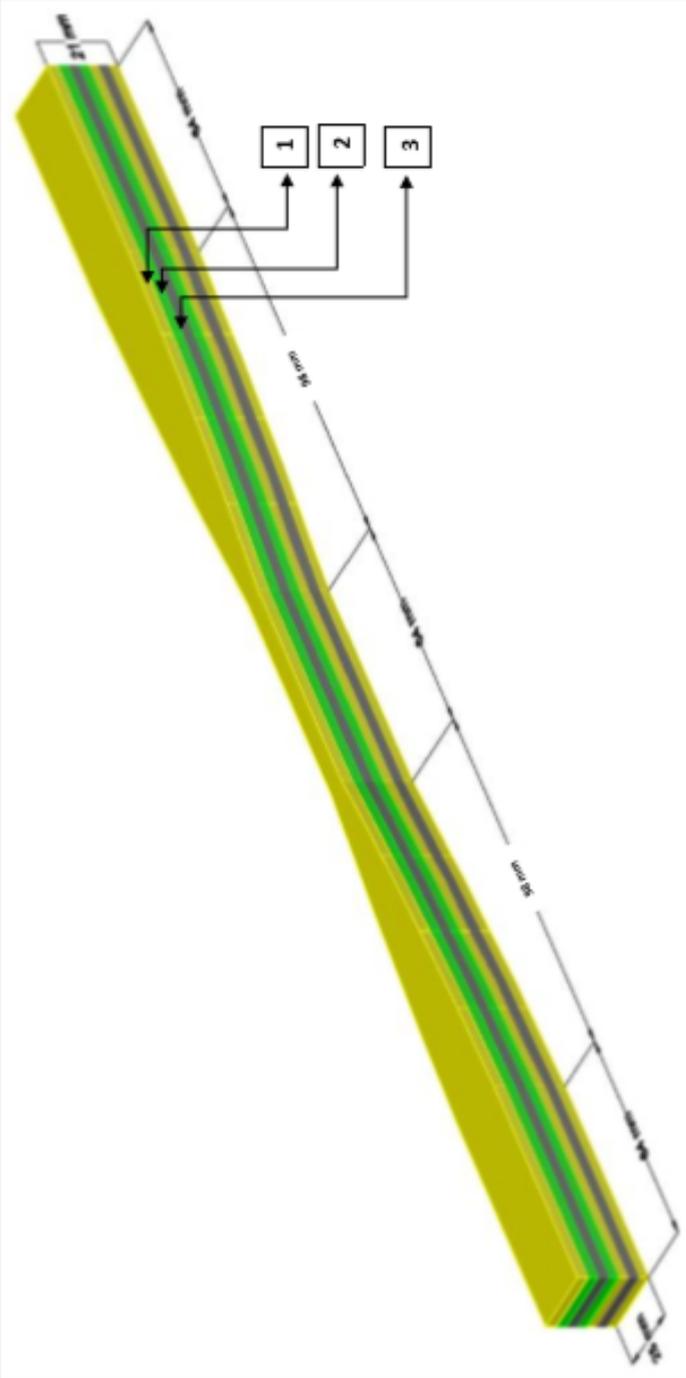
Untuk variasi 2 akan
dibuat 4 spesimen uji

Ket :

1) Bambu jenis Ori

2) Bambu jenis Ori
lapisan kedua

3) Aluminium marine
use 5083



**MODEL SPESIMEN UJI
TARIK**

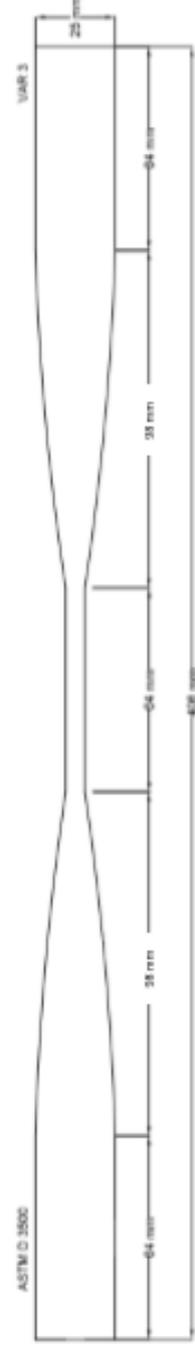
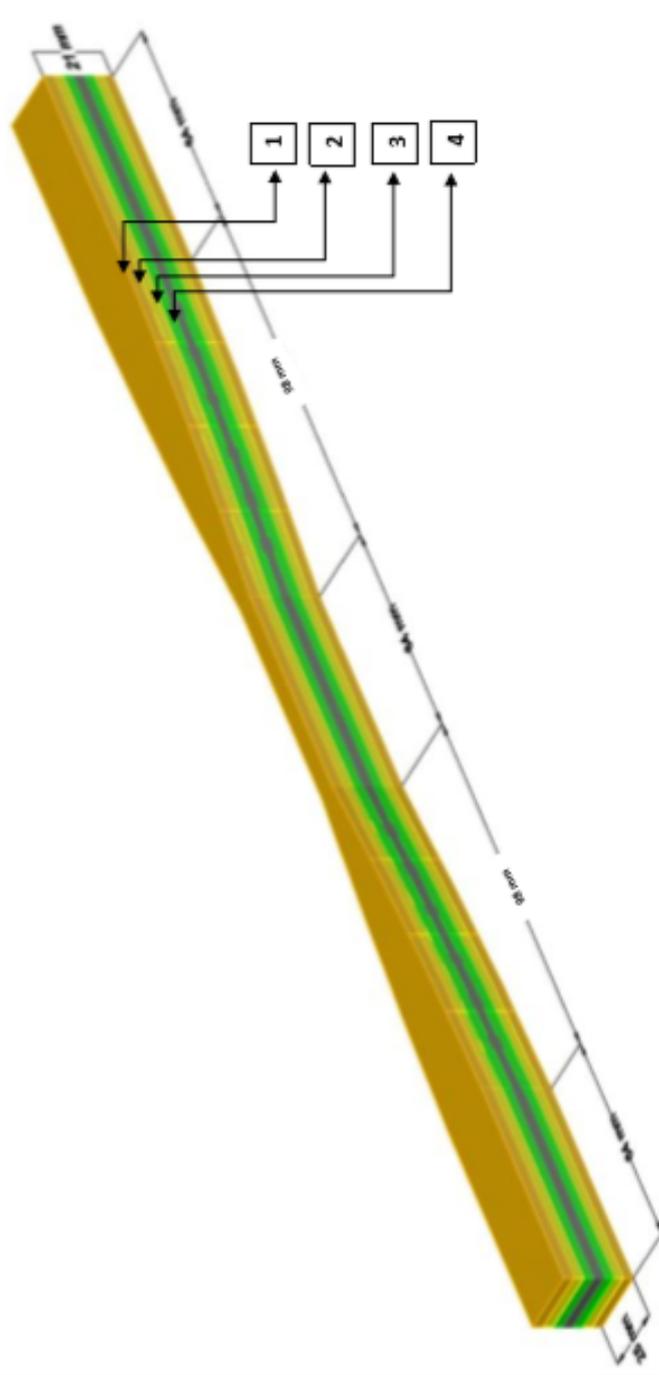
VARIASI 3

ASTM D 3500

Tebal Bambu 3 mm
Tebal Aluminium 3 mm
Untuk variasi 3 akan
dibuat 4 spesimen uji

Ket :

- 1) Bambu jenis Ori
- 2) Bambu jenis Ori
lapisan kedua
- 3) Bambu jenis Ori
lapisan ketiga
- 4) Aluminium marine
use 5083



MODEL SPESIMEN UJI
TEKUK

VARIASI 1

ASTM D 3043

Tebal Bambu 3 mm

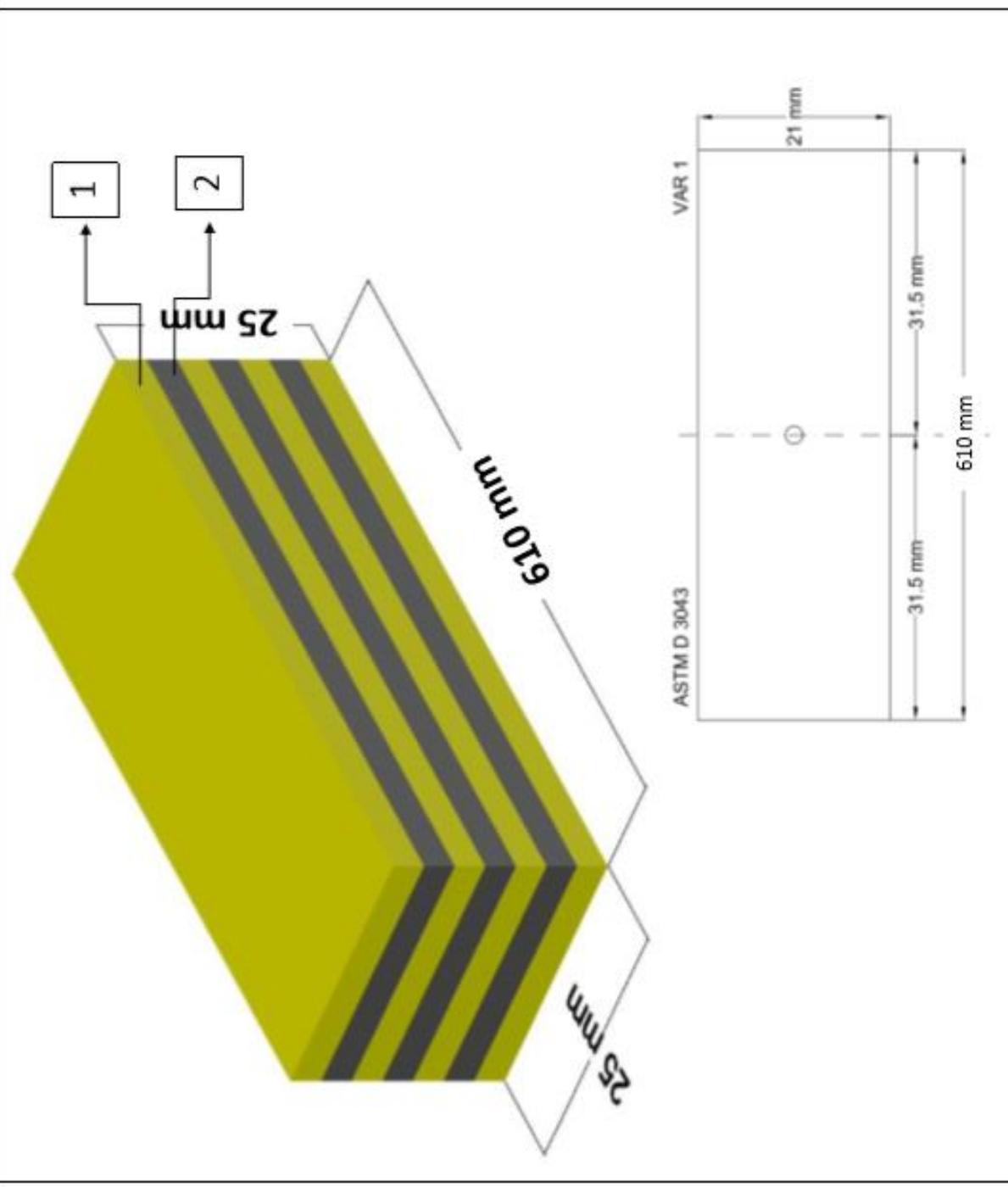
Tebal Aluminium 3 mm

Untuk variasi 1 akan
dibuat 4 spesimen uji

Ket :

1) Bambu jenis Ori

2) Aluminium marine
use 5083



MODEL SPESIMEN UJI
TEKUK

VARIASI 2

ASTM D 3043

Tebal Bambu 3 mm

Tebal Aluminium 3 mm

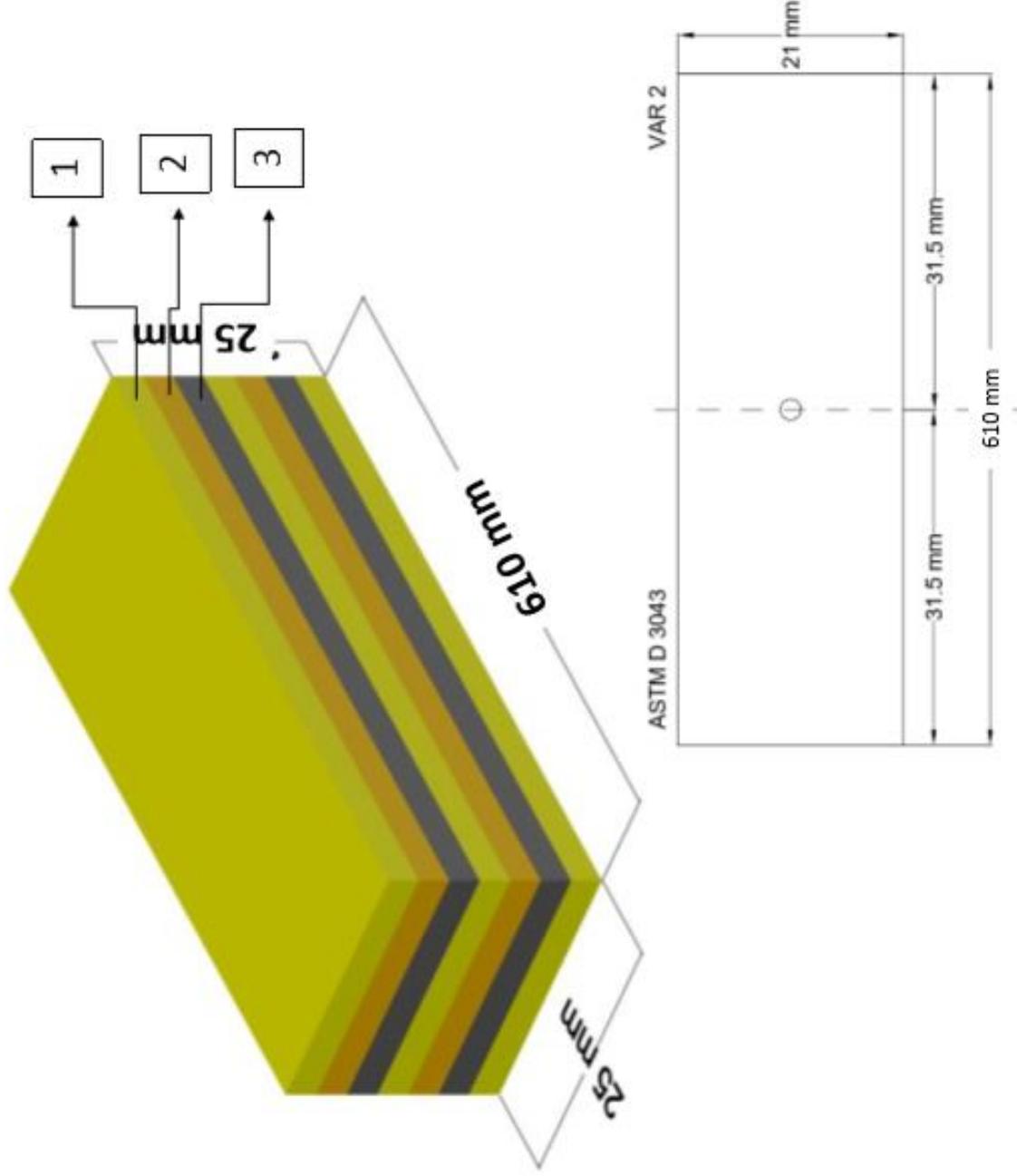
Untuk variasi 2 akan
dibuat 4 spesimen uji

Ket :

1) Bambu jenis Ori

2) Bambu jenis Ori
lapisan kedua

3) Aluminium marine
use 5083



MODEL SPESIMEN UJI
TEKUK

VARIASI 3

ASTM D 3043

Tebal Bambu 3 mm

Tebal Aluminium 3 mm

Untuk variasi 3 akan
dibuat 4 spesimen uji

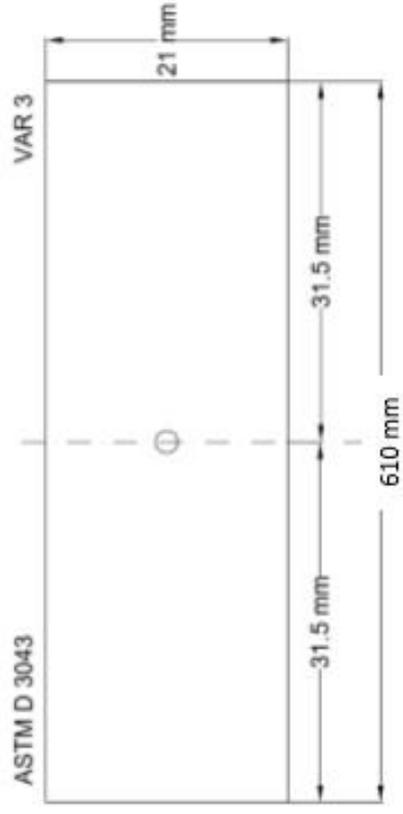
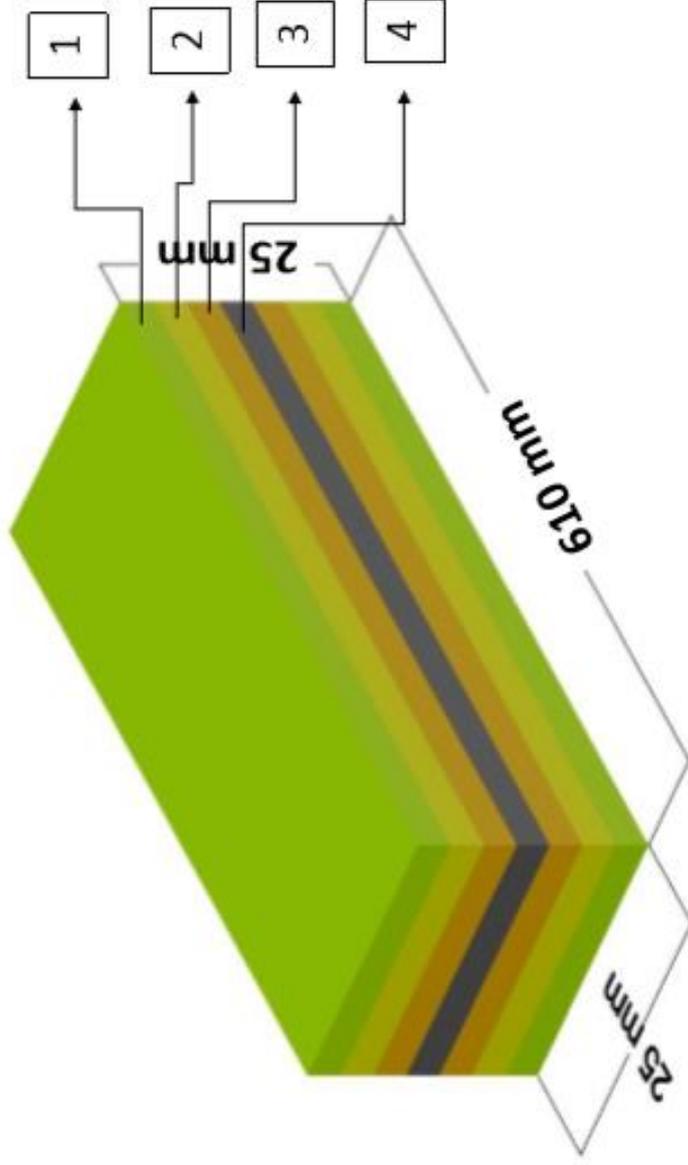
Ket :

1) Bambu jenis Ori

2) Bambu jenis Ori
lapisan kedua

3) Bambu jenis Ori
lapisan ketiga

4) Aluminium marine
use 5083



LAMPIRAN D
Hasil Uji tarik dan Tekuk

TR.A1



LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
 JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNIK PERKAPALAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 Gedung W - Lantai 1, Kampus ITS Satelelite, Surabaya 60132
 Telp./Faks: 031 599 4933

REPORT ON TEST RESULT NO. : **IT2.4.1.1/PM.08.02/20**

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

PROJECT _____

TENSION TEST										
NO.	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH (mm)	THICK (mm)	DIA. (mm)	CSA (mm ²)	YIELD STRESS (MPa)	ULTIMATE STRESS (MPa)	ELONGATION (%)	REDUCT. AREA (%)	
1	TR.A1.1	13.25	22.31							
2	TR.A1.2	14.22	22.97							
3	TR.A1.3	13.67	22.36							
4	TR.A1.4	13.31	22.77							
5										

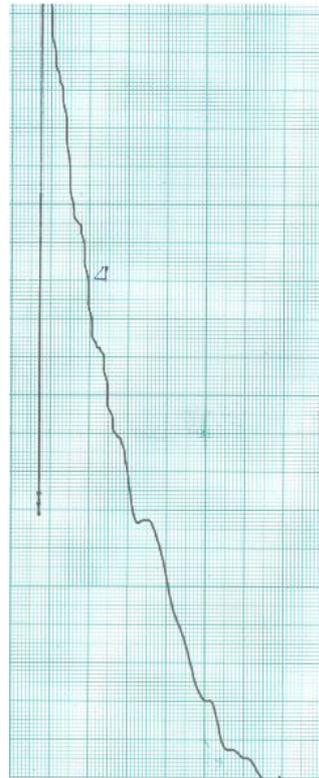
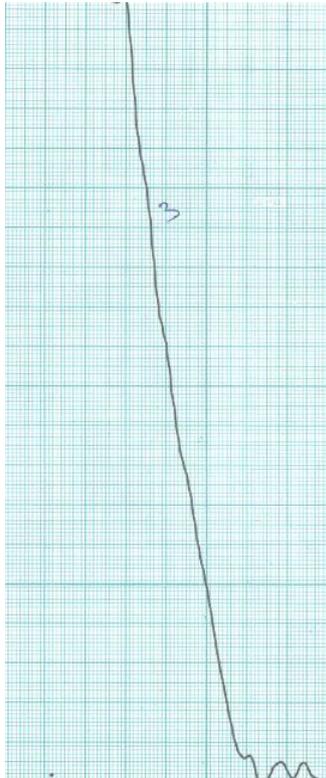
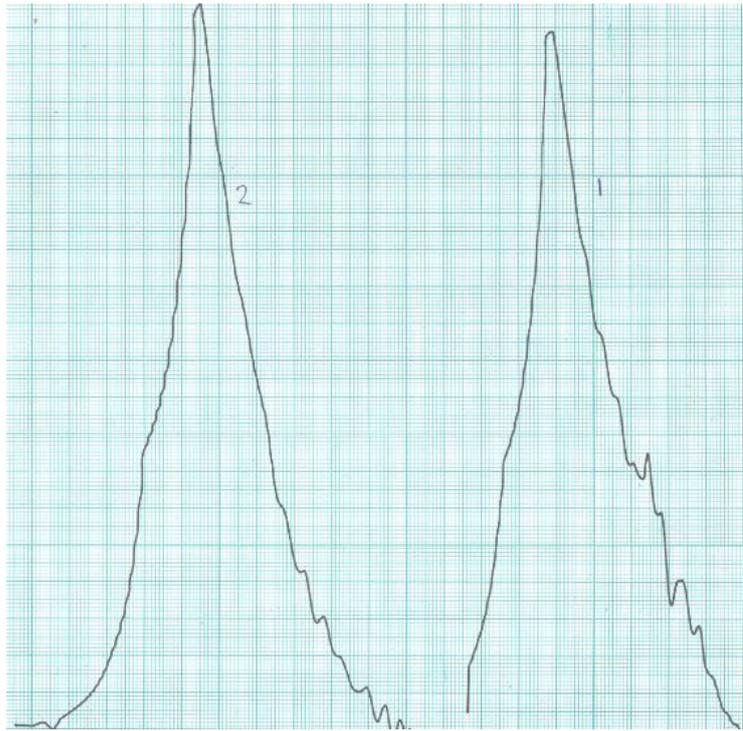
NO.	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1			37.8						
2			37.9						
3			36.7						
4			40.6						
5									

Witnessed by : _____
 1. _____
 2. _____
 3. _____
 4. _____
 5. _____

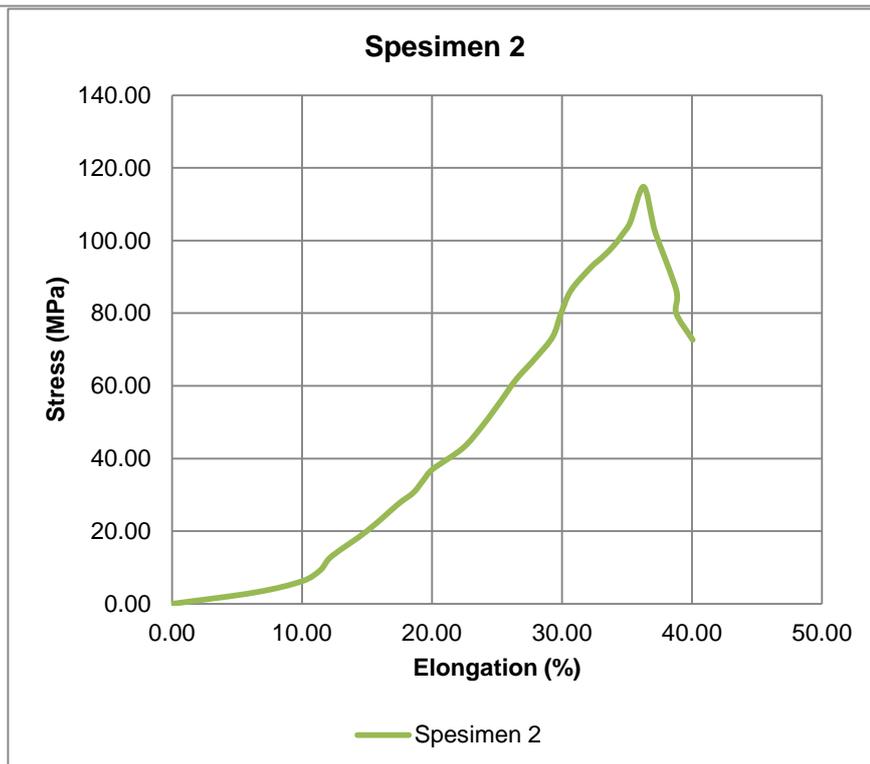
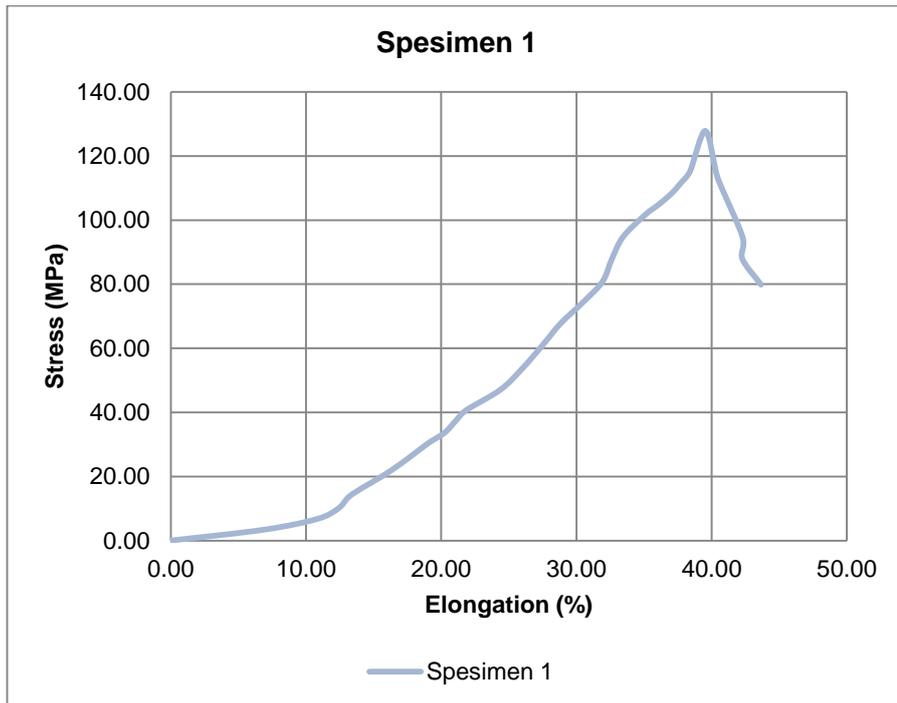
The Laboratory Of Ships Strength And Construction
 FT. Kelautan ITS
 Tester: _____

TR.A1

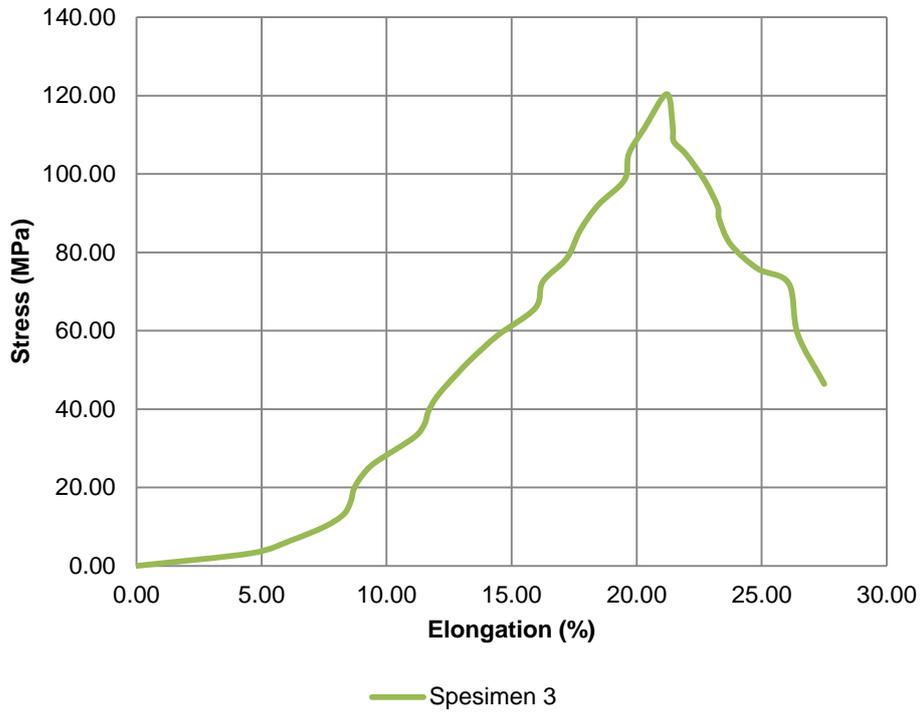
GRAFIK TR.A1



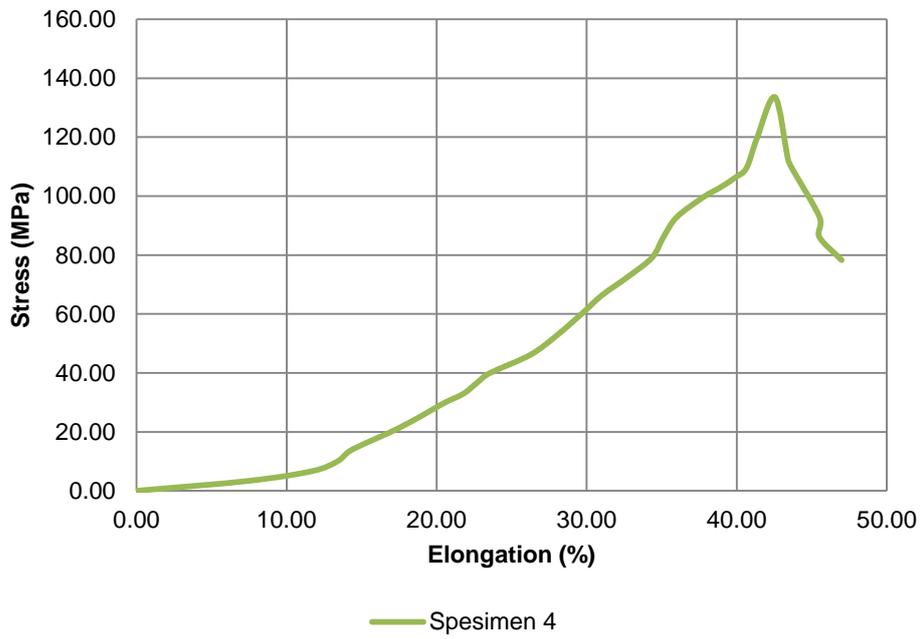
Grafik *stress-strain* variasi TR.A1



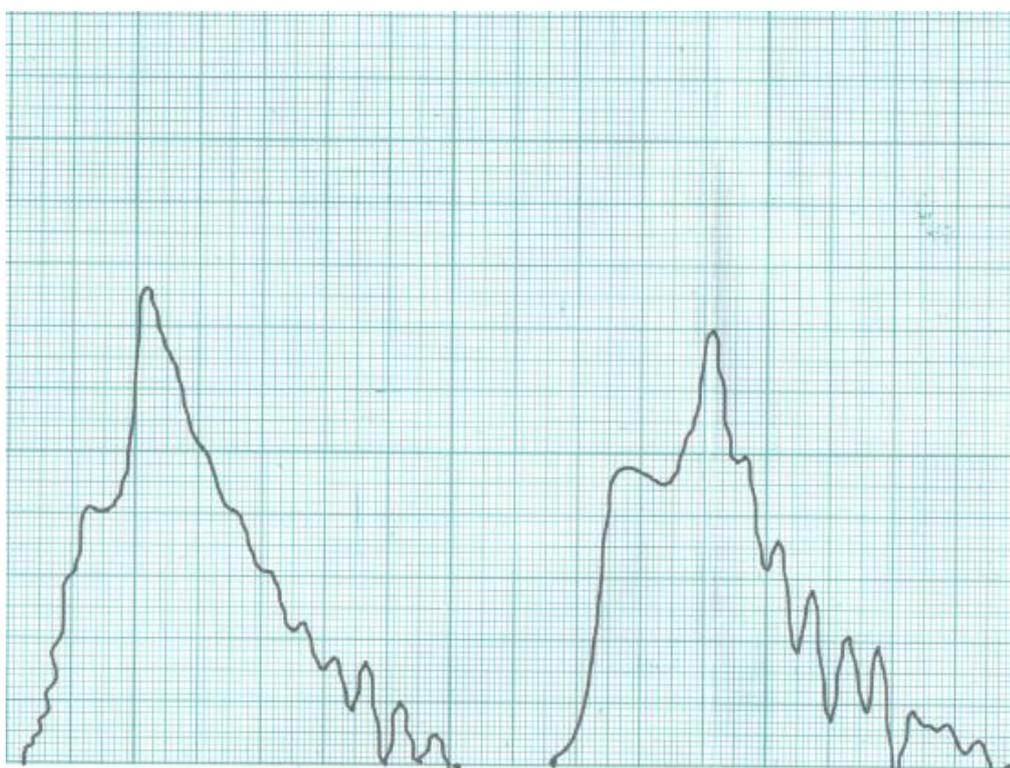
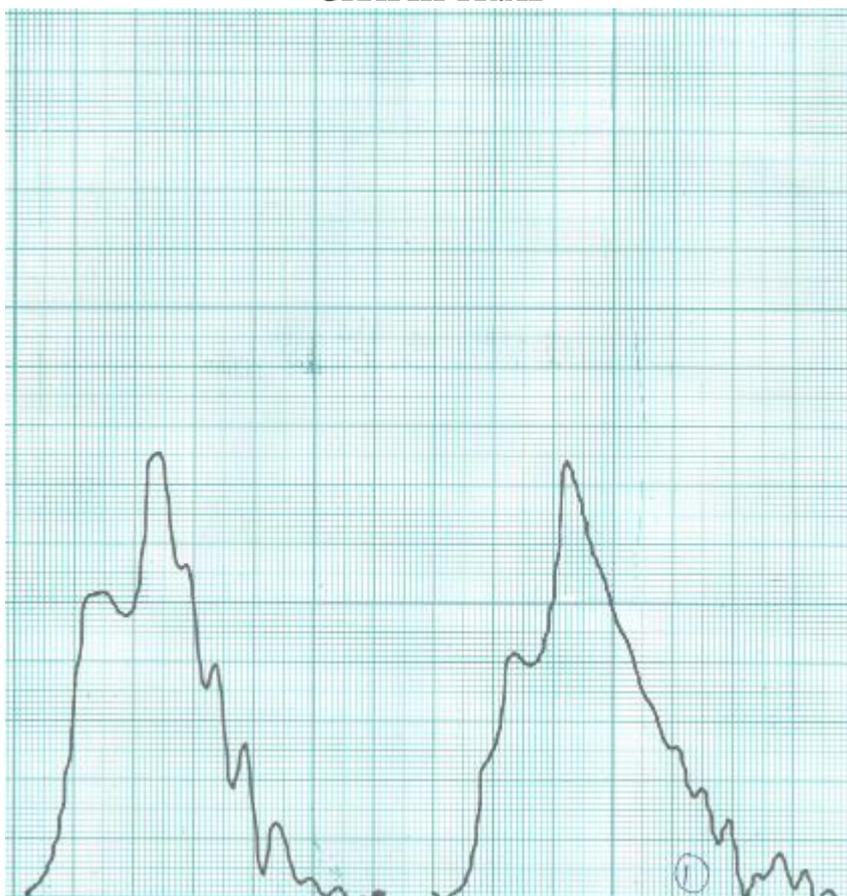
Spesimen 3

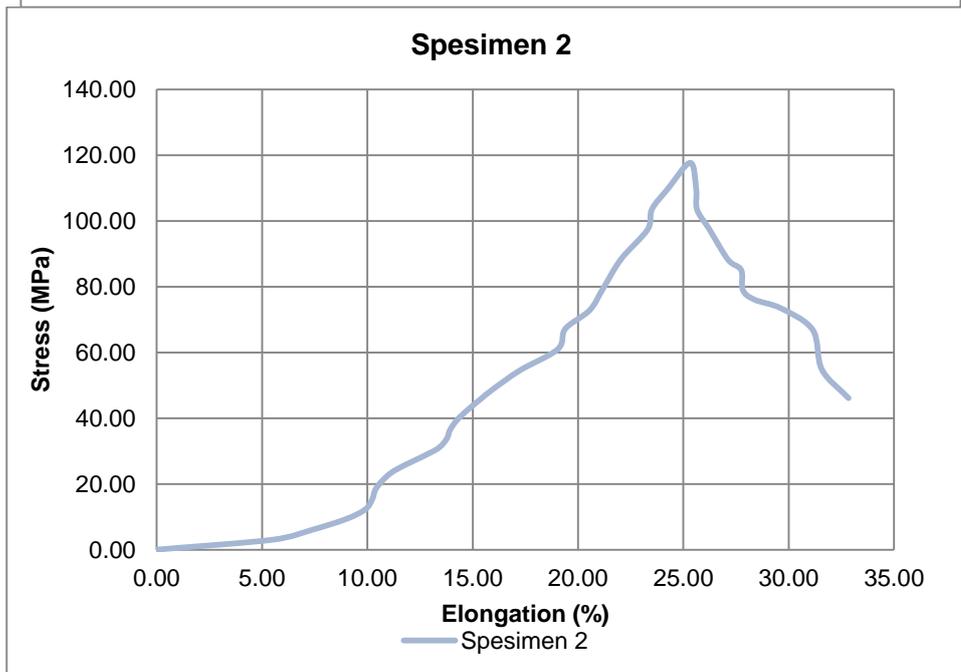
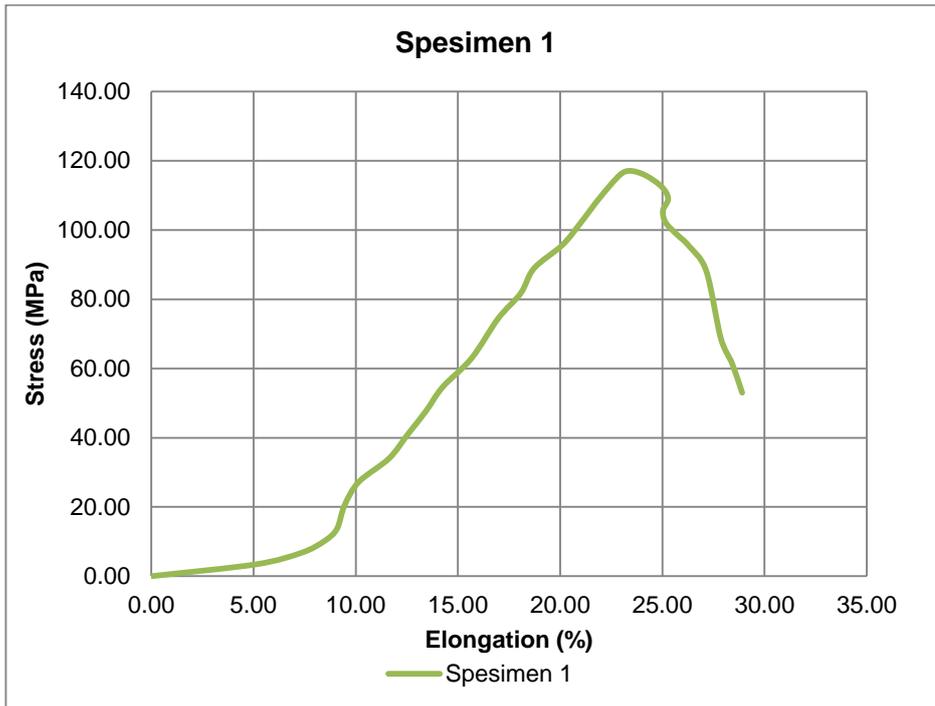


Spesimen 4

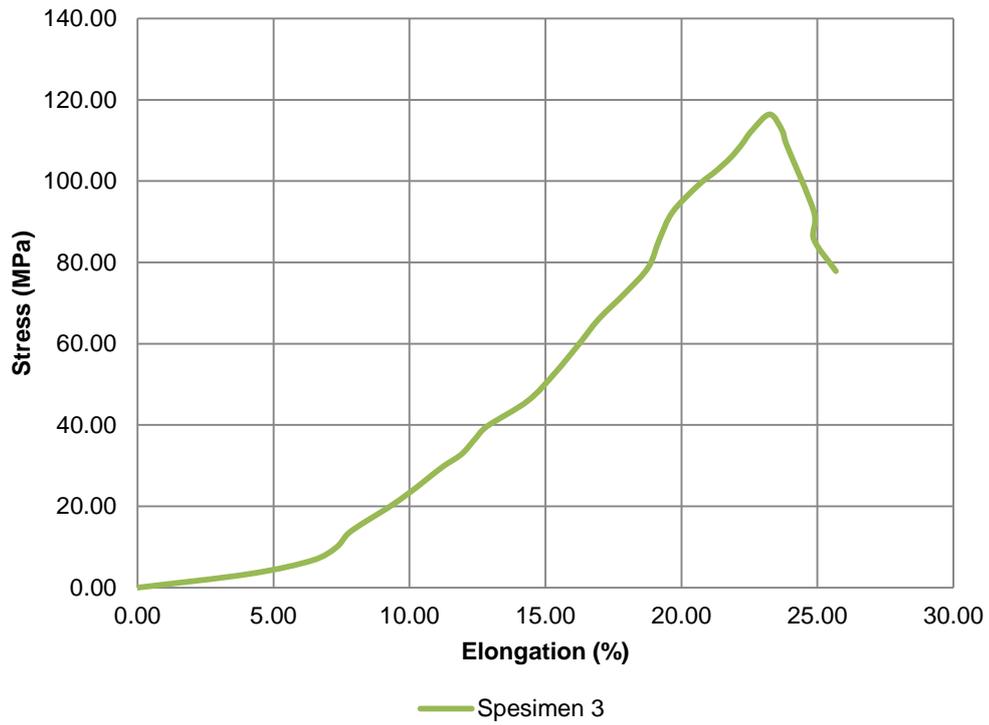


GRAFIK TR.A2

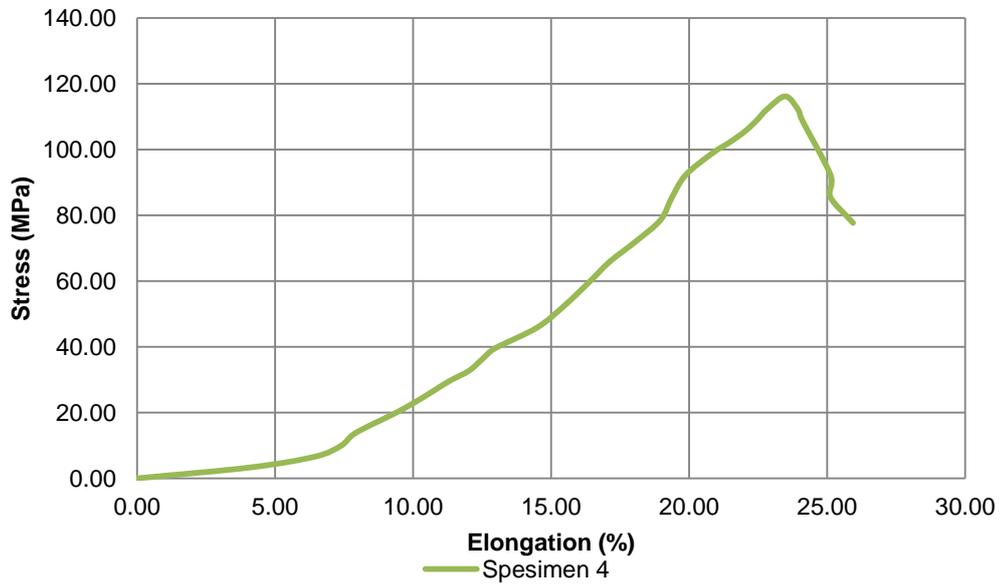




Spesimen 3



Spesimen 4



TR.A3



LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
 JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNIK DIKELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 Gedung W - Lantai 4, Kampus ITS, Surabaya 60132
 Telp: Fax: 031-5894893

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.1.1/PM.05/02/20

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

PROJECT _____

TENSION TEST					TENSILE TEST RESULTS					REMARK
NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE			YIELD STRESS (MPa)	ULTIMATE STRESS (MPa)	ELONGATION (%)	REDUCT. OF AREA (%)		
		WIDTH (mm)	THICK (mm)	DIA. (mm)						
1	TR.A3.1	13.59	23.33							
2	TR.A3.2	13.61	22.69							
3	TR.A3.3	14.24	22.34							
4	TR.A3.4	13.79	22.56							
5	TR.A3.5									

NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1/Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1			56.5						
2			51.5						
3			58.5						
4			36						
5			58						

Witnessed by :

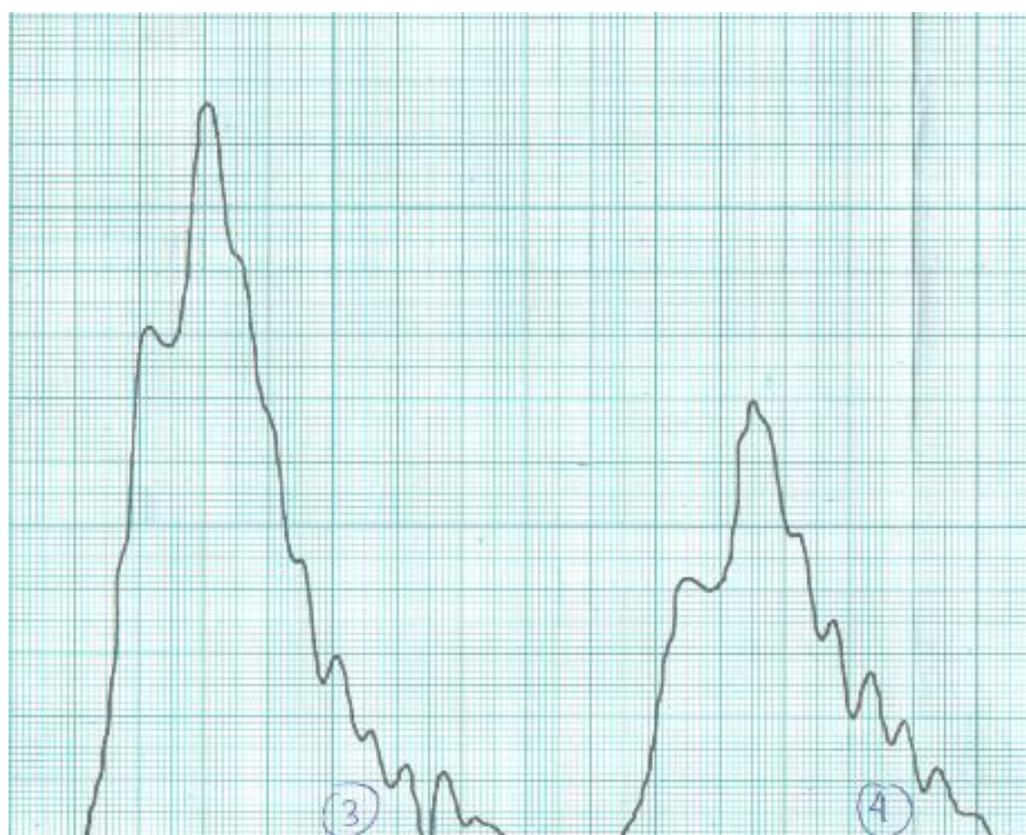
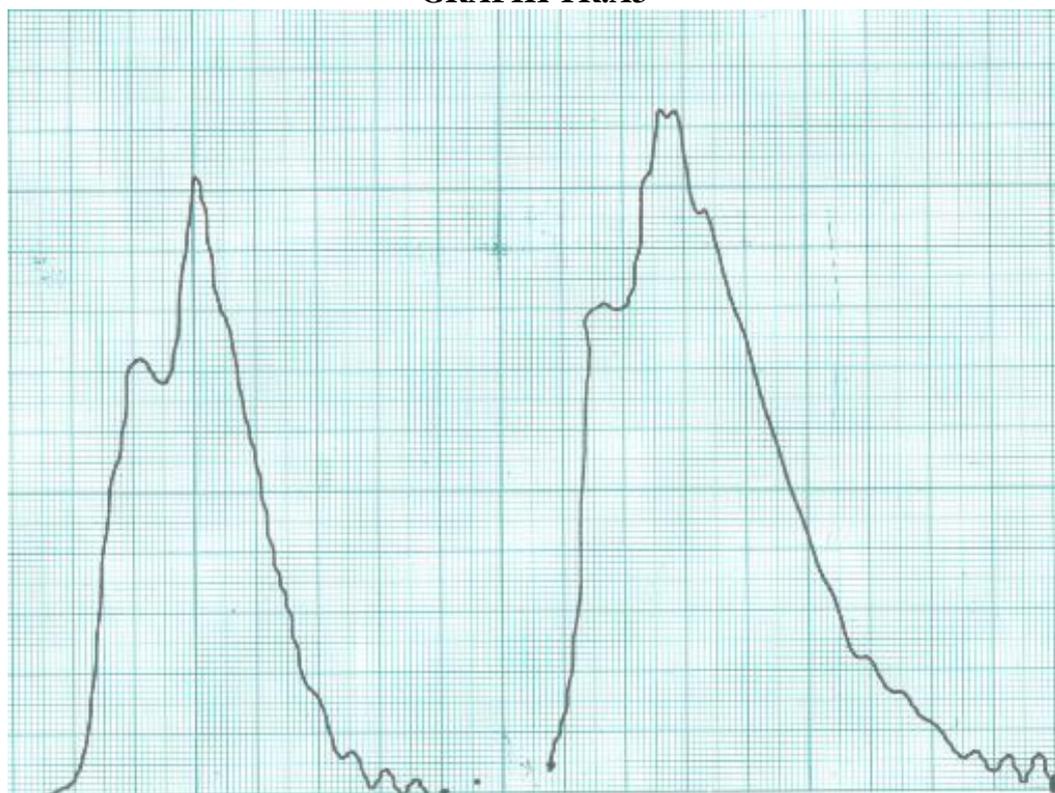
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

The Laboratory Of Ships Strength and Construction
 FT. Kelautan ITS

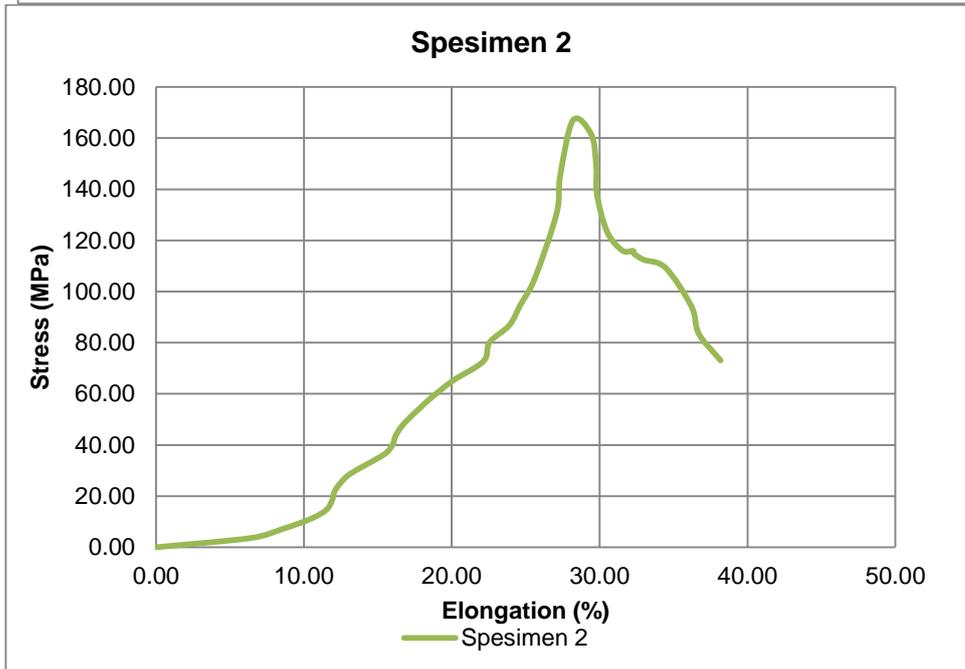
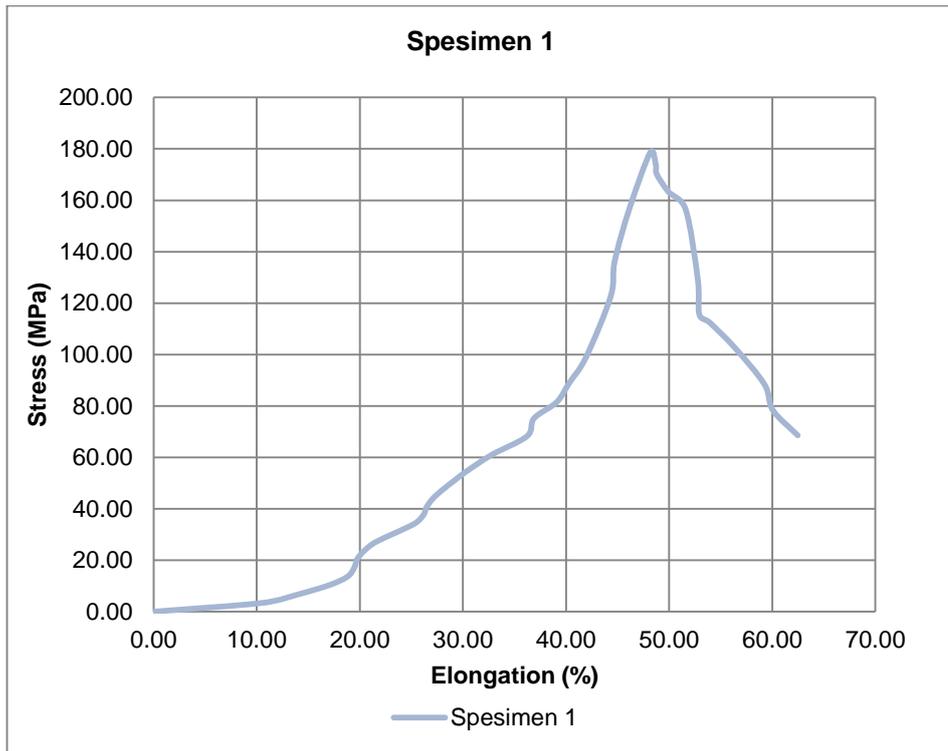
Tester

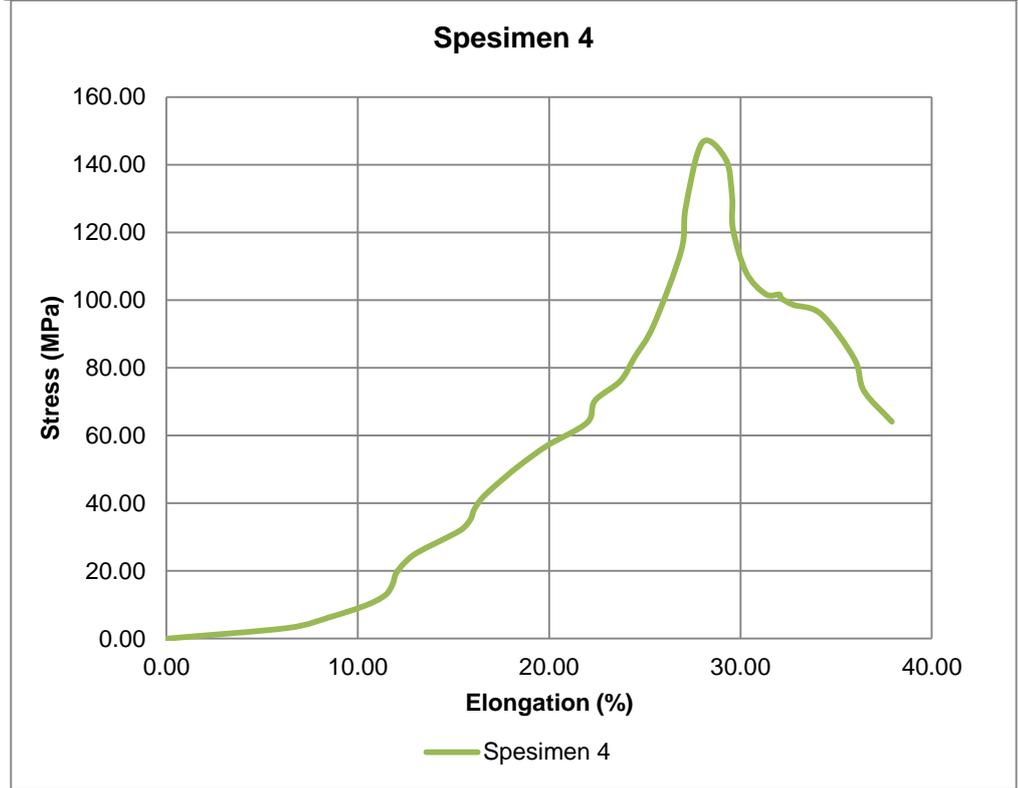
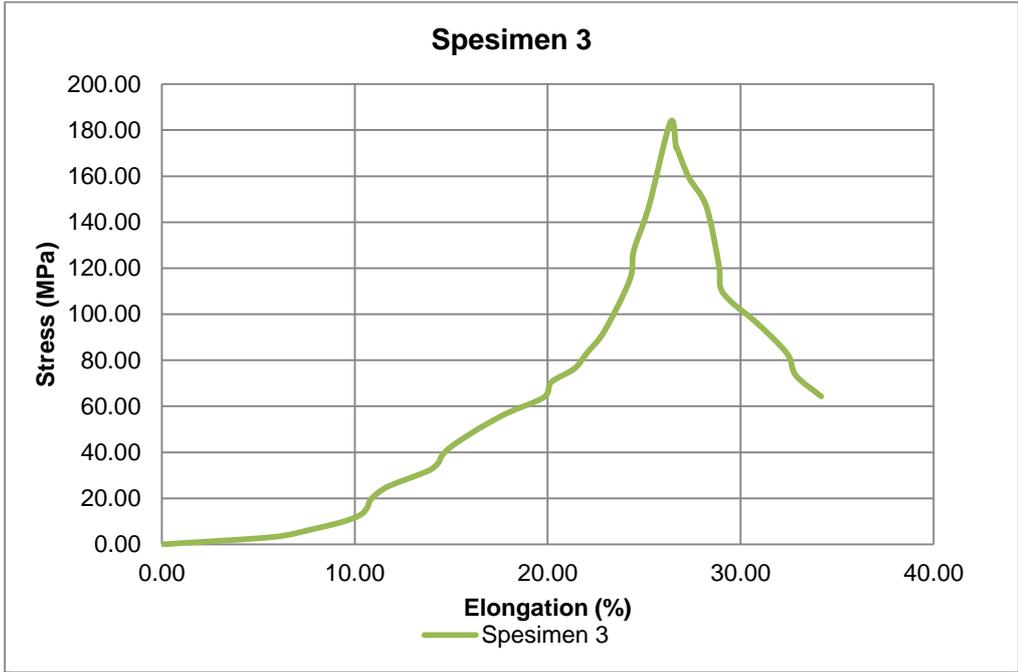
TR.A3

GRAFIK TR.A3

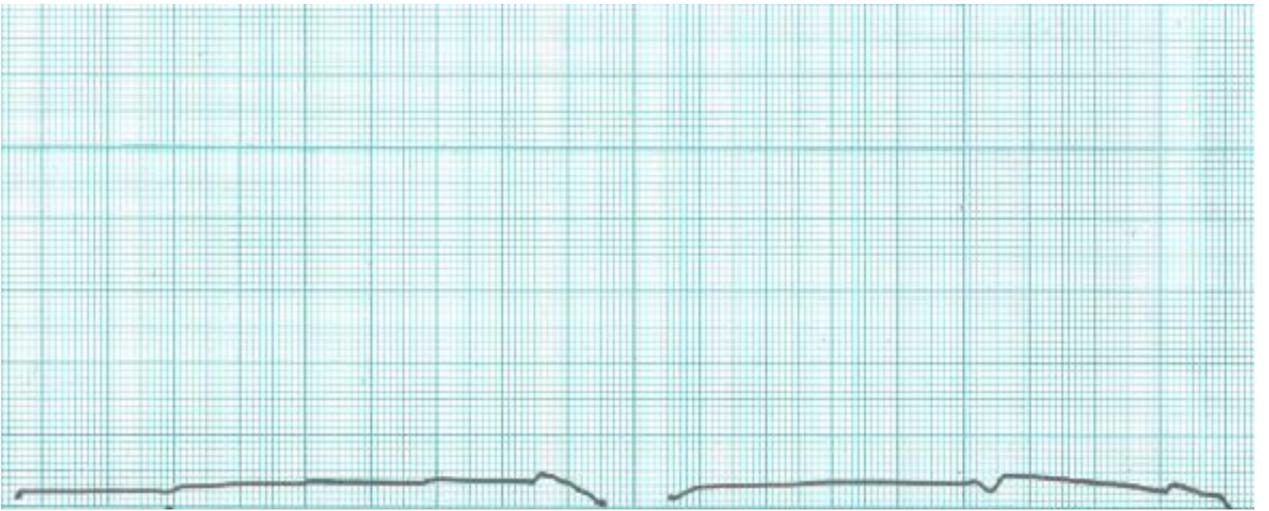
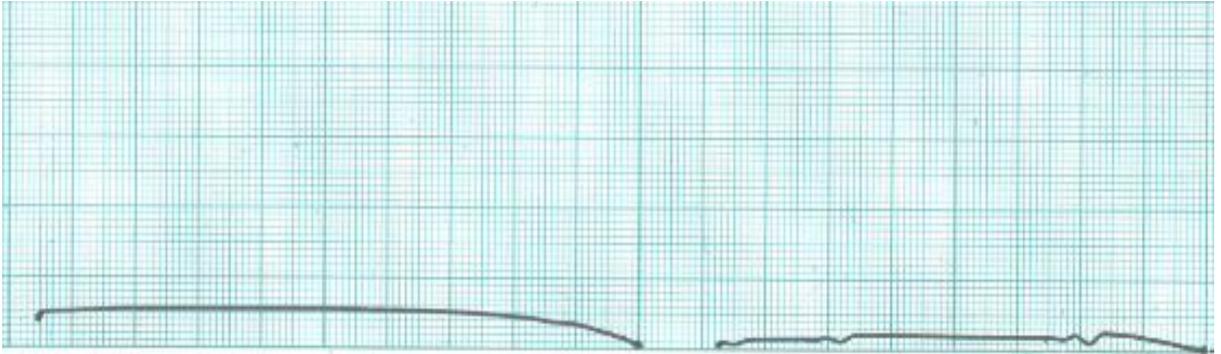


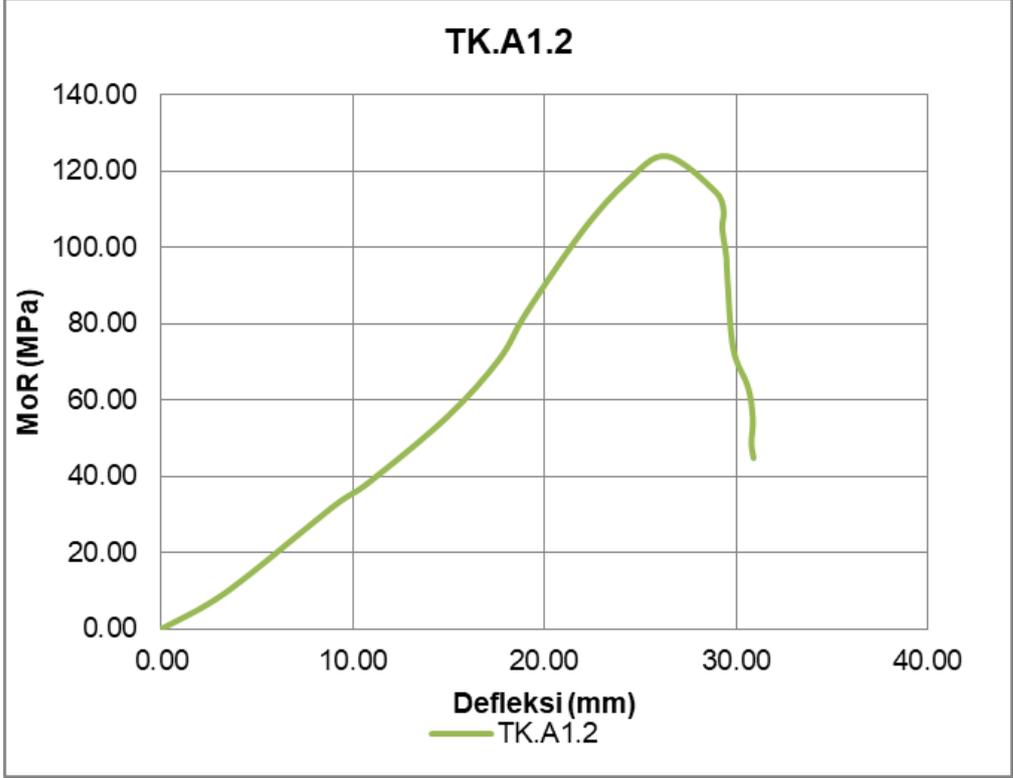
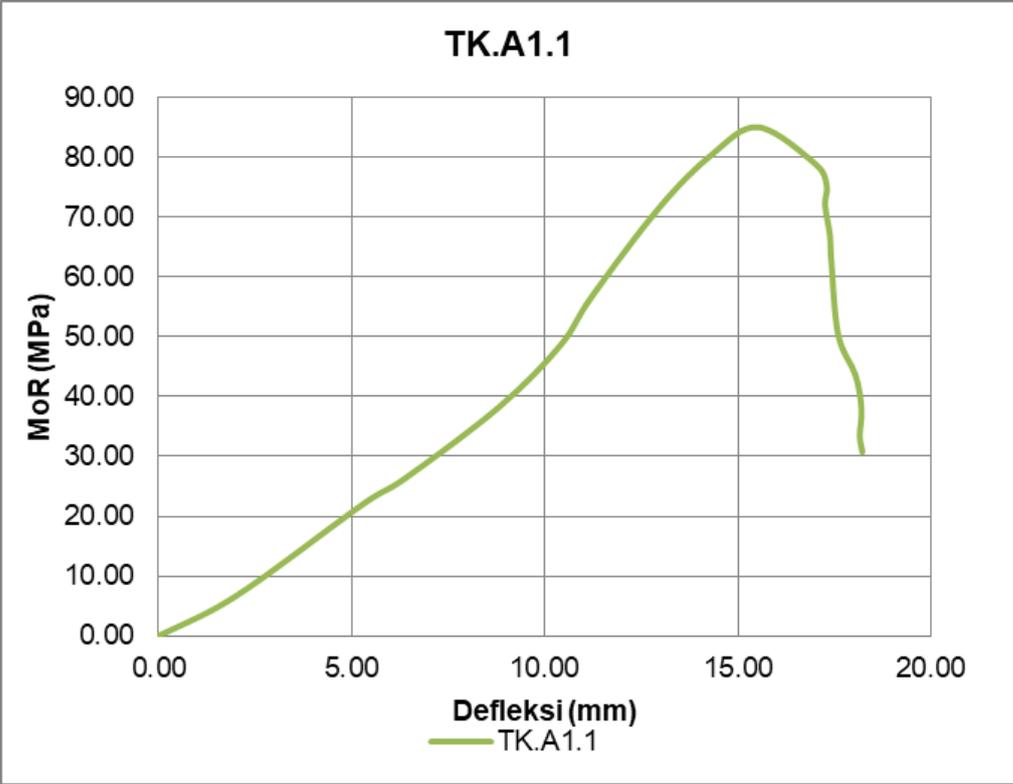
Grafik *stress**strain* variasi TR.A3

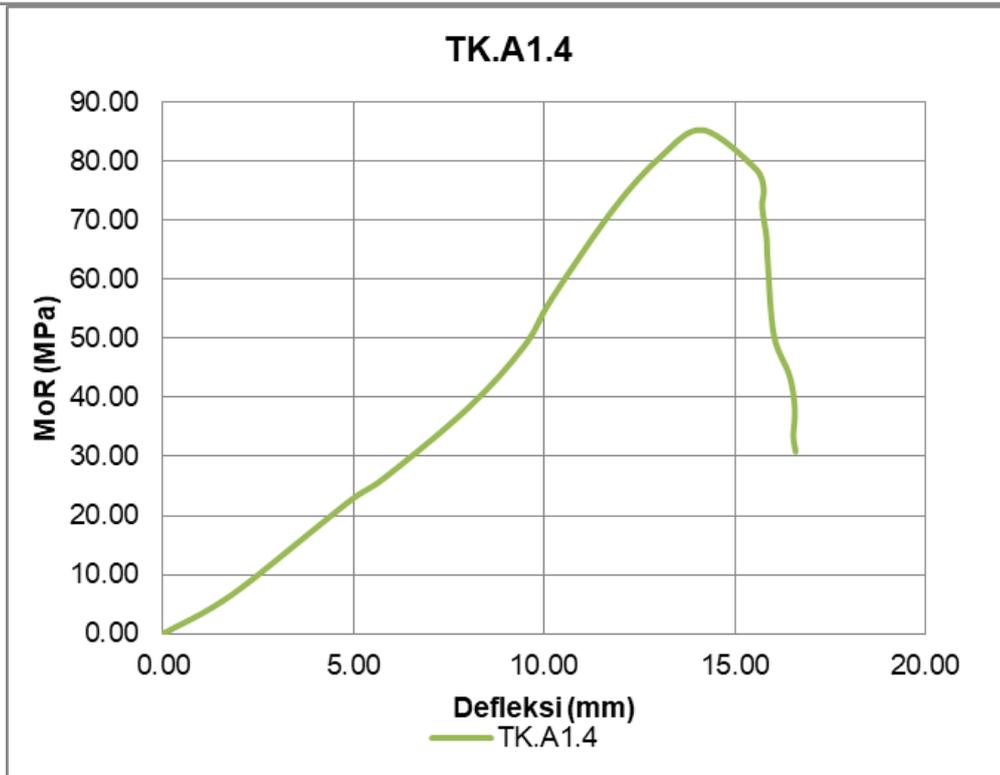
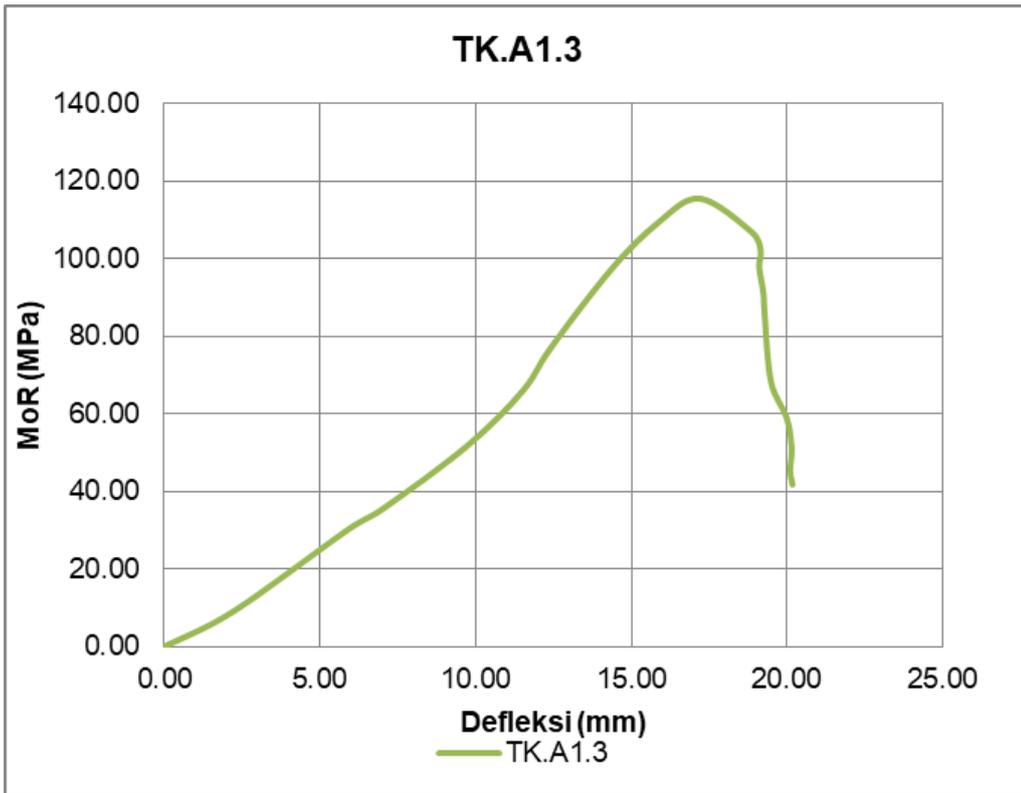




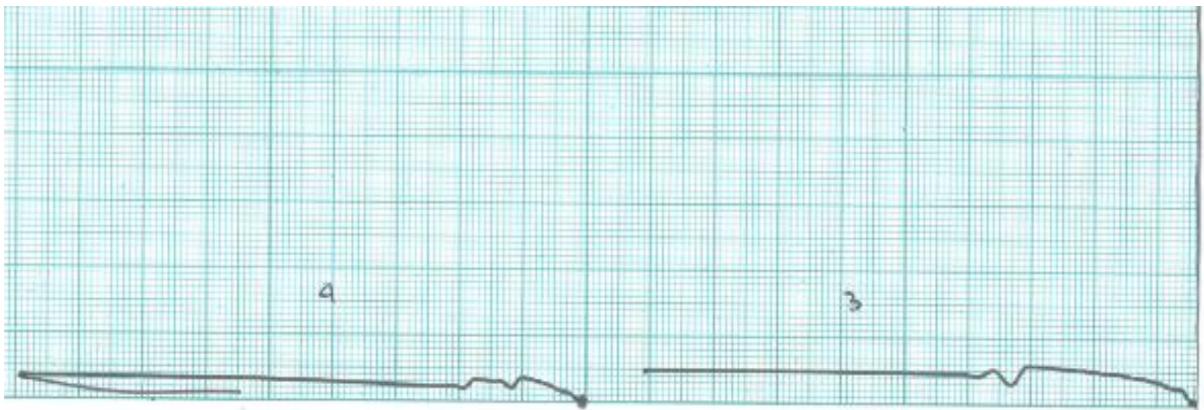
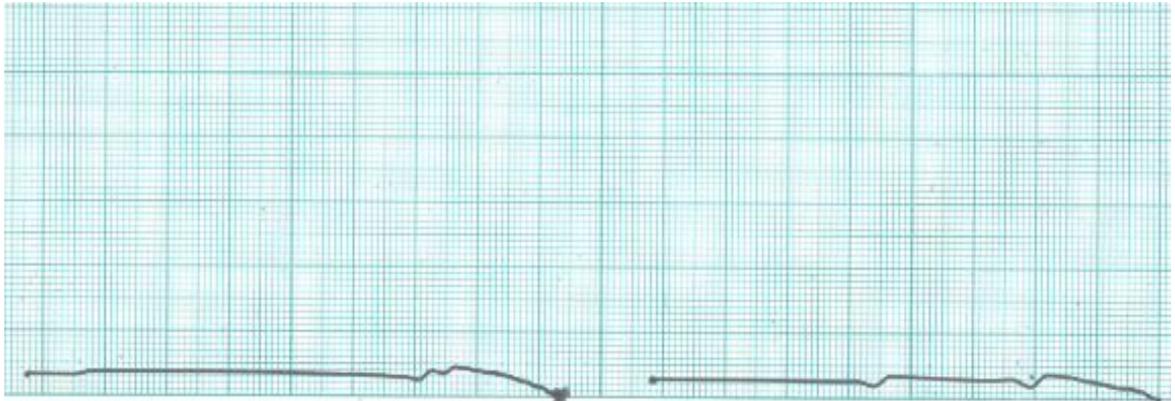
GRAFIK TK.A1



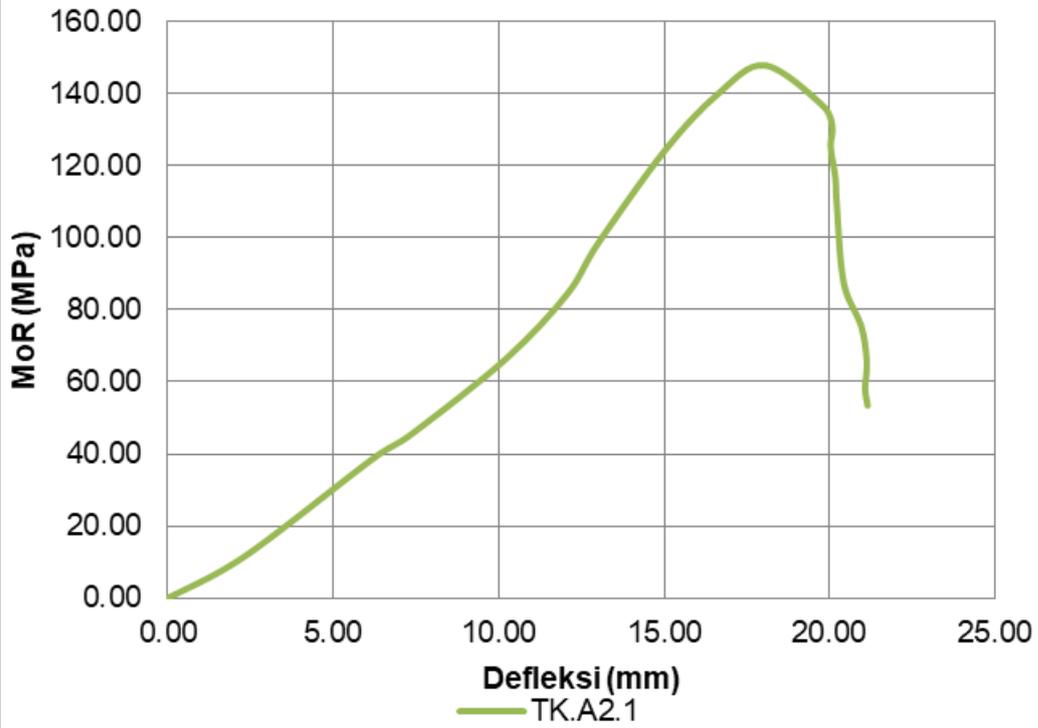




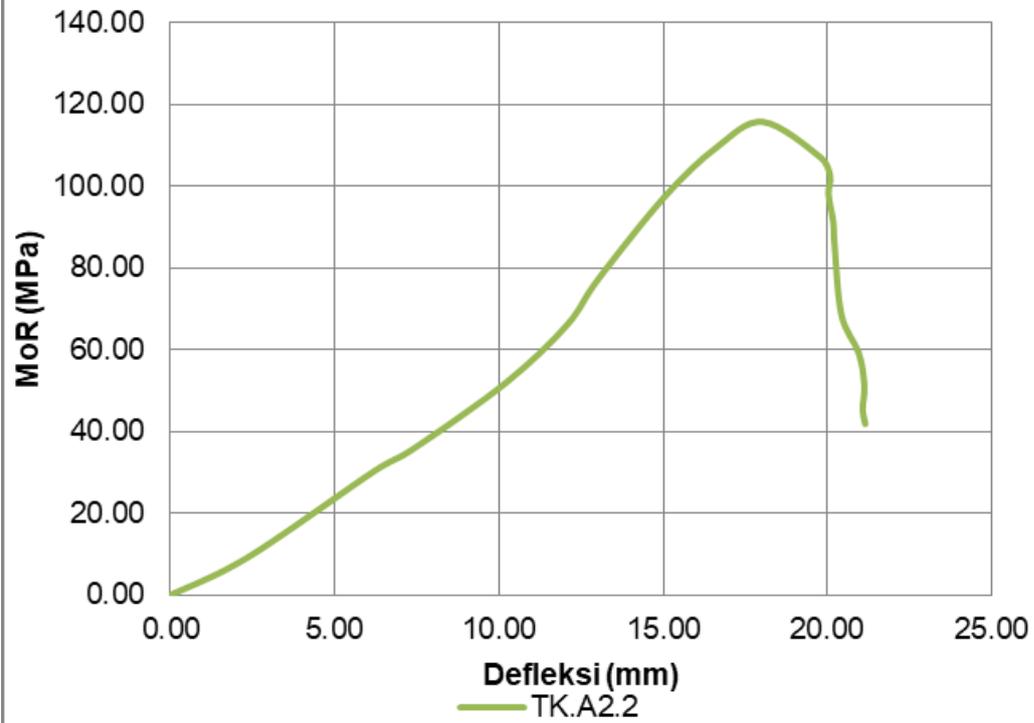
GRAFIK TK.A2

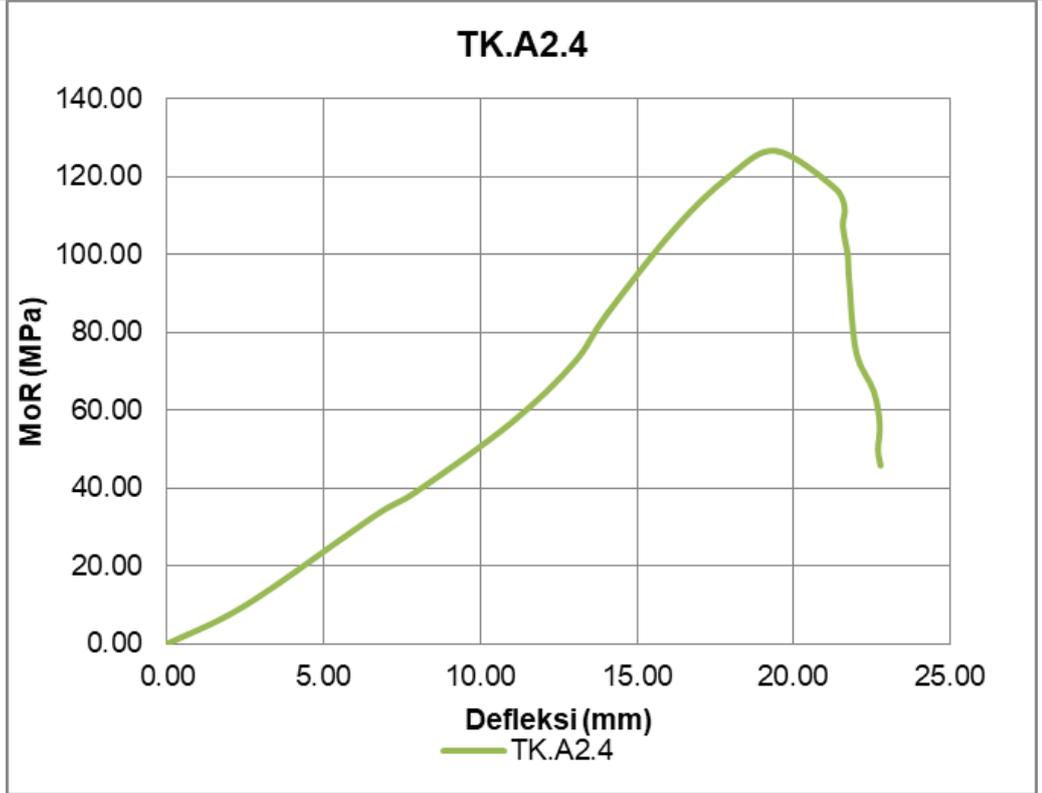
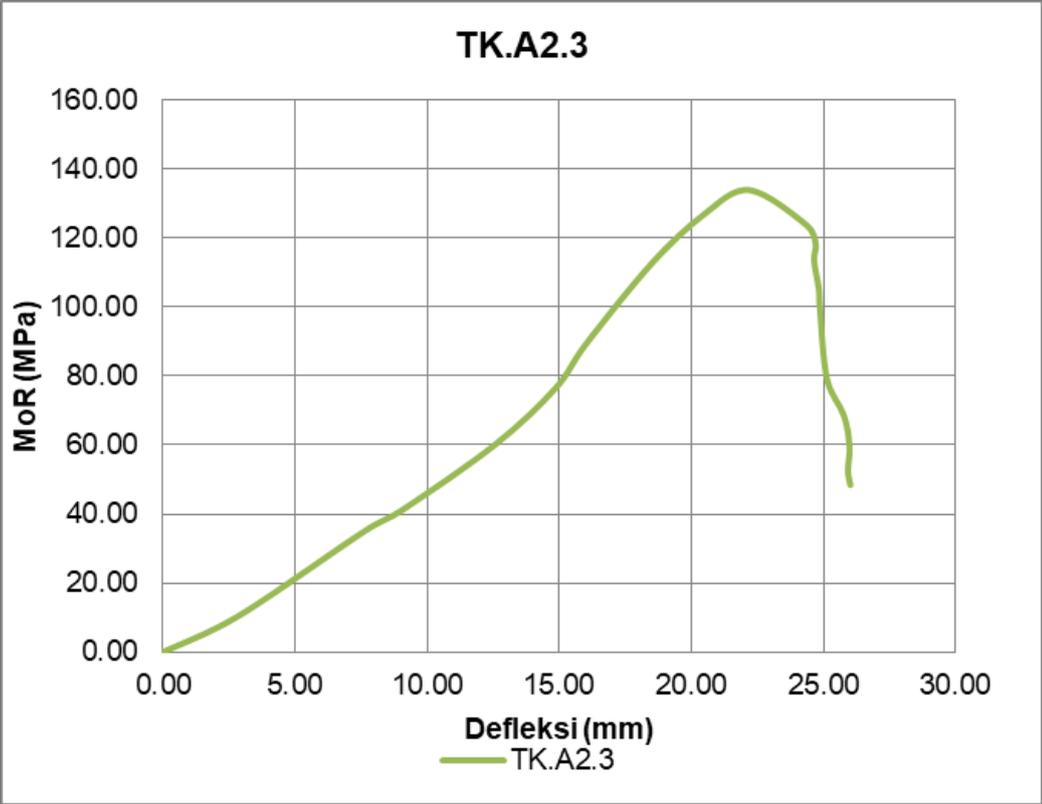


TK.A2.1

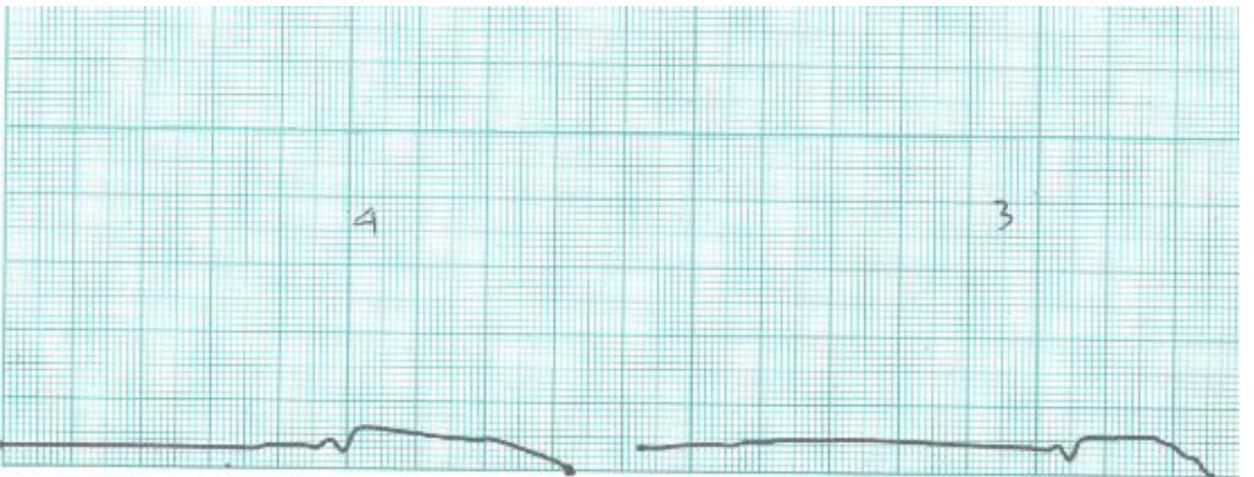
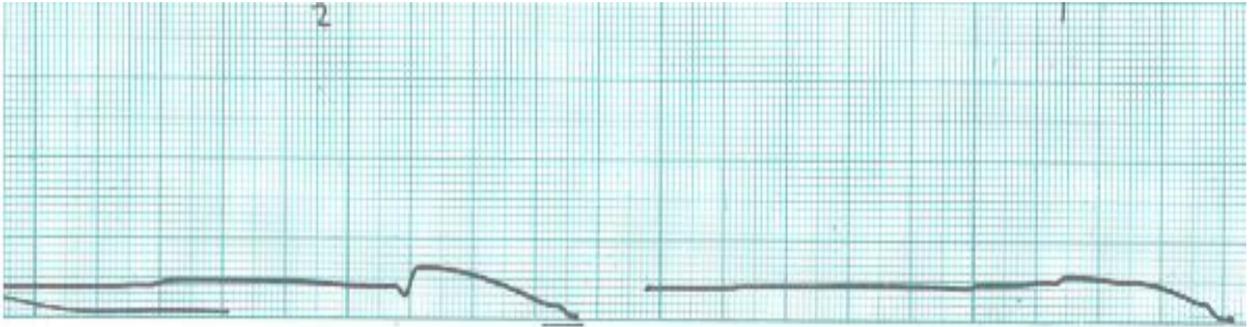


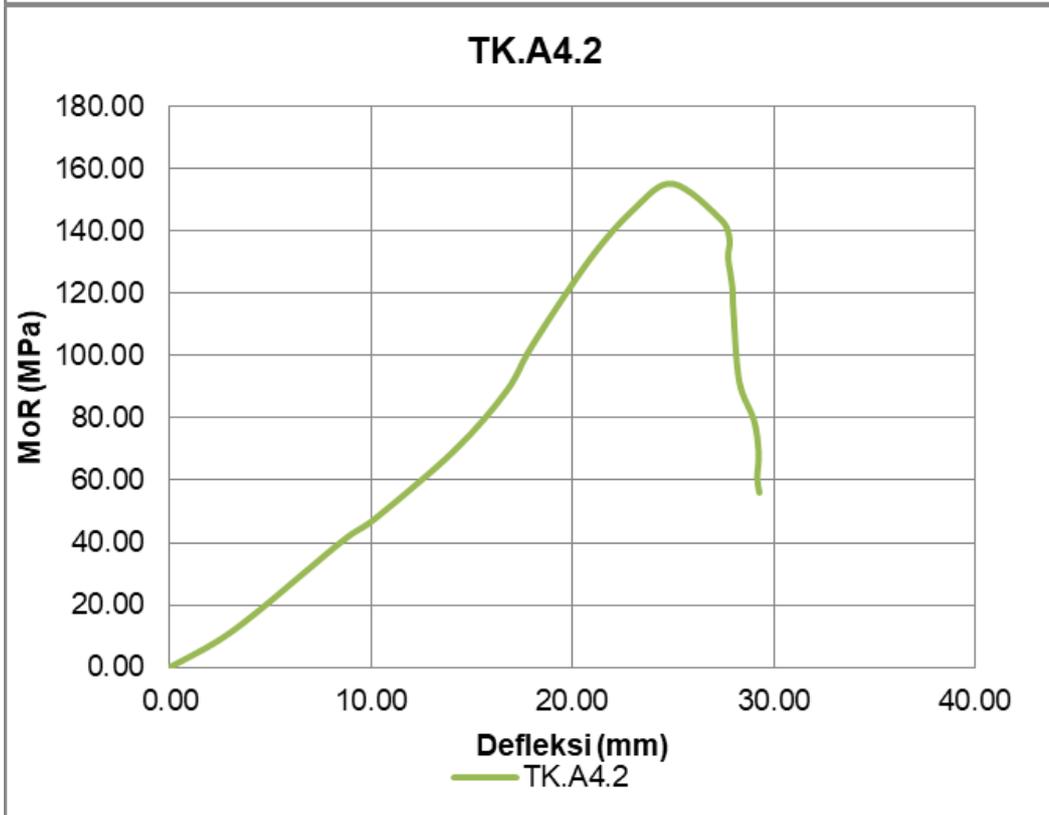
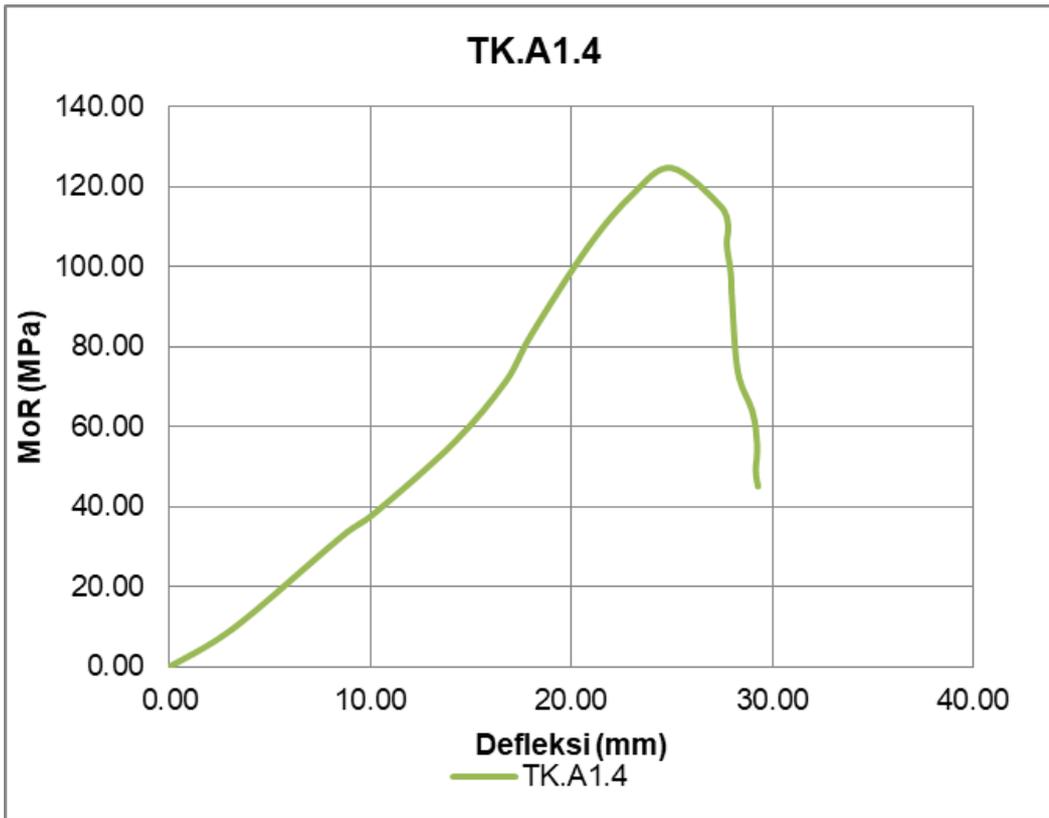
TK.A2.2

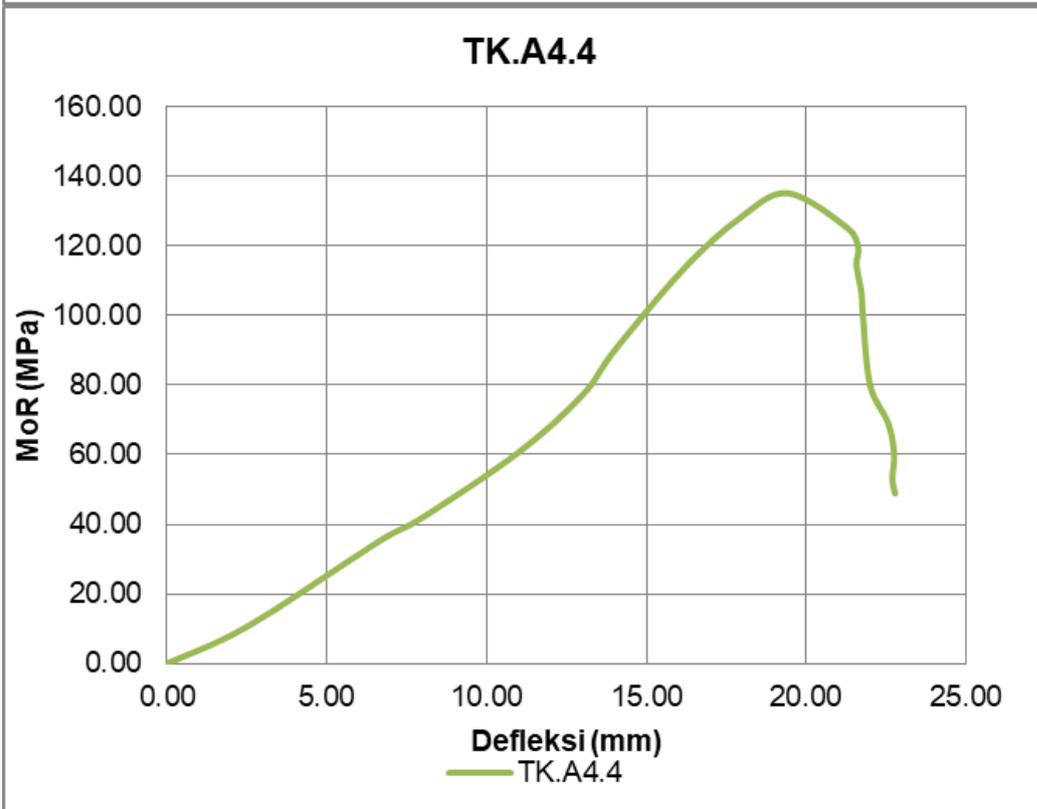
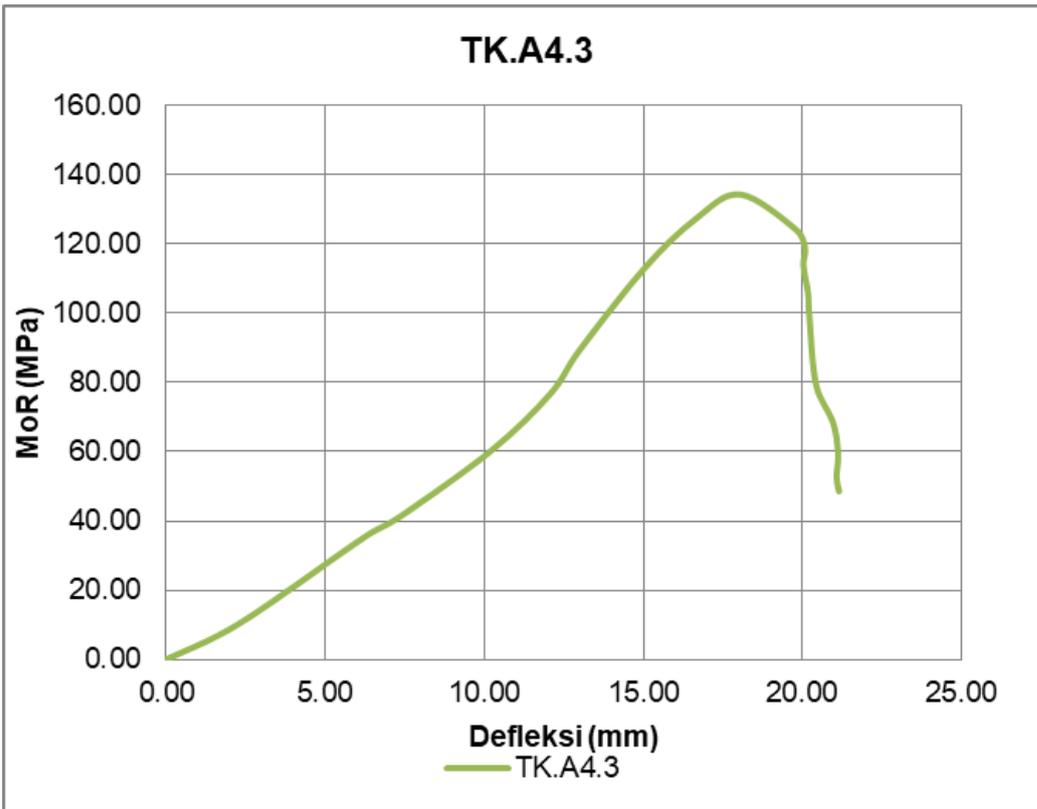




GRAFIK TK.A3







LAMPIRAN E
Data Perhitungan Kuat Tarik

Variasi satu (TR.A1)

No	Code	W (mm)	T(mm)	CSA(mm ²)	Fultimate (KN)	Fultimate(Mpa)					
1	TR.A1.1	13.25	22.31	295.608	37.8	127.8723					
2	TR.A1.2	14.22	22.97	326.633	37.4	114.5015					
3	TR.A1.3	13.67	22.36	305.661	36.7	120.0676					
4	TR.A1.4	13.31	22.77	303.069	40.6	133.9630					
RATA-RATA				307.7427	38.125	124.1011					
No	Code	W (mm)	T(mm)	LO (mm)	ΔL (mm)	Fultimate (KN)	Elongation (mm)	Elongation (%)	CSA	MOR	MOE
1	TR.A1.1	13.25	22.31	64	25	37.8	0.390625	39.0625	295.608	127.872	20.95059
2	TR.A1.2	14.22	22.97	64	23.5	37.4	0.3671875	36.71875	326.633	114.501	19.95736
3	TR.A1.3	13.67	22.36	64	14	36.7	0.21875	21.875	305.661	120.068	35.12834
4	TR.A1.4	13.31	22.77	64	27.5	40.6	0.4296875	42.96875	303.069	133.963	19.95318
RATA-rata :						37.3	0.3515625	35.15625	307.743	124.101	23.99737
TR.A1											
no	Fultimate [kN]	A [mm ²]	Strain [%]	Stress [MPa]	MoE [Gpa]						
1	37.8	295.608	39.063	127.872	20.951						
2	37.4	326.633	36.719	114.501	19.957						
3	36.7	305.661	21.875	120.068	35.128						
4	40.6	303.069	42.969	133.963	19.953						
Kuat Tarik rata-rata			37.891	127.297	23.997						

Variasi dua (TR.A2)

No	Code	W (mm)	T(mm)	CSA(mm ²)	Fultimate (KN)	ultimate(Mpa)					
1	TR.A2.1	13.79	22.82	314.688	47	149.3544					
2	TR.A2.2	14.12	22.91	323.489	48	148.3821					
3	TR.A2.3	13.31	23.42	311.720	35	112.2802					
4	TR.A2.4	14.51	22.45	325.750	48	147.3525					
RATA-RATA				318.91168	44.5	139.3423					
No	Code	W (mm)	T(mm)	L0 (mm)	ΔL (mm)	Fultimate (KN)	Elongation (mm)	Elongation (%)	CSA	MOR	MOE
1	TR.A2.1	13.79	22.82	64	15	47	0.234375	23.4375	314.688	149.354	40.7837
2	TR.A2.2	14.12	22.91	64	16.5	48	0.2578125	25.78125	323.489	148.382	36.8347
3	TR.A2.3	13.31	23.42	64	19.5	35	0.3046875	30.46875	311.72	112.28	23.5846
4	TR.A2.4	14.51	22.45	64	15	48	0.234375	23.4375	325.75	147.352	40.2371
Rata-rata :						44.5	0.2578125	25.78125	318.912	139.342	35.36
TR.A2						16.5					
no	Fultimate [kN]	A [mm ²]	Strain [%]	Stress [MPa]	MoE [Gpa]						
1	47	314.688	23.438	149.354	40.784						
2	48	323.489	25.781	148.382	36.835						
3	35	311.72	30.469	112.280	23.585						
4	48	325.75	23.438	147.352	40.237						
Kuat Tarik rata-rata			25.781	148.363	35.360						

Variasi tiga (TR.A3)

No	Code	W (mm)	T(mm)	CSA(mm2)	Fultimate (kN)	σultimate(Mpa)					
1	TR.A3.1	13.59	23.33	317.0547	56.5	178.2027					
2	TR.A3.2	13.61	22.65	308.2665	51.5	167.0632					
3	TR.A3.3	14.24	22.34	318.1216	58.5	183.8919					
4	TR.A3.4	13.79	22.56	311.1024	46	147.8613					
RATA-RATA				313.6363	55.5	169.2548					
No	Code	W (mm)	T(mm)	LO (mm)	ΔL (mm)	Fultimate (kN)	Elongation (mm)	Elongation (%)	CSA	MOR	MOE
1	TR.A3.1	13.59	23.33	64	31	56.5	0.484375	48.4375	317.055	178.203	23.5457
2	TR.A3.2	13.61	22.65	64	16.6	51.5	0.259375	25.9375	308.267	167.063	41.2224
3	TR.A3.3	14.24	22.34	64	17	58.5	0.265625	26.5625	318.122	183.892	44.3071
4	TR.A3.4	13.79	22.56	64	18	46	0.28125	28.125	311.102	147.861	33.6467
RATA-rata :						53.125	0.32265625	32.265625	313.636	169.255	35.6805
TR.A3											
no	Fultimate [kN]	A [mm2]	Strain [%]	Stress [MPa]	MoE [Gpa]						
1	56.5	317.055	48.438	178.203	23.546						
2	51.5	308.267	25.938	167.063	41.222						
3	58.5	318.122	26.563	183.892	44.307						
4	46	311.102	28.125	147.861	33.647						
Kuat Tarik rata-rata			32.266	176.383	39.725						
Rata-rata :					20.65						

LAMPIRAN F
Data Perhitungan Kuat Tekuk

LAMPIRAN G
Data Perhitungan Ukuran Lunas Kapal Wisata

Perhitungan massa jenis

Nomor Spesimen	berat (gr)	Volume (cm3)	massa jenis (gr/cm3)	Rata-rata
A1.1	480	549	0.874	0.897
A1.2	490	549	0.893	
A1.3	520	549	0.947	
A1.4	480	549	0.874	
A2.1	580	549	1.0565	1.0974
A2.2	640	549	1.1658	
A2.3	600	549	1.0929	
A2.4	590	549	1.0747	
A3.1	670	549	1.220	1.202
A3.2	630	549	1.148	
A3.3	660	549	1.202	
A3.4	680	549	1.239	

Kayu Ulin *solid*

DATA KAPAL						
Panjang kapal (Loa)	=	15.77	meter	Massa jenis kayu ulin	=	1.04 g/cm ³
Panjang garis air (Lwl)	=	12.37	meter			
Lebar kapal (B)	=	3.8	meter			
Tinggi kapal (H)	=	0.96	meter			
Syarat (T)	=	0.48	meter			
Kecepatan (v)	=	7.1	knot			
L/H	=	12.89				
L = (Loa+Lwl)/2	=	14.07				
Item						
UKURAN LUNAS dan LINGGI						
$k_z = 0.56/p$	=	0.5385				
LUNAS						
Panjang (L)	=	12	m	indeks dalam tabel	=	12
Motor Yacht						
	tinggi	×	lebar	mm	Luas penampang	cm ²
	105	×	128		134.62	

Bambu Ori

DATA KAPAL						
Panjang kapal (Loa)	=	15.77	meter	Massa jenis bambu ori	=	0.74 g/cm ³
Panjang garis air (Lwl)	=	12.37	meter			
Lebar kapal (B)	=	3.8	meter			
Tinggi kapal (H)	=	0.96	meter			
Syarat (T)	=	0.48	meter			
Kecepatan (v)	=	7.1	knot			
L/H	=	12.89				
L = (Loa+Lwl)/2	=	14.07				
Item						
UKURAN LUNAS dan LINGGI						
$k_z = 0.56/p$	=	0.7568				
LUNAS						
Panjang (L)	=	12	m	indeks dalam tabel	=	12
Motor Yacht						
	tinggi	×	lebar	mm	Luas penampang	cm ²
	105	×	180		189.19	

Variasi satu (A1)

DATA KAPAL					
Panjang kapal (Loa)	=	15.77	meter	Massa jenis variasi satu	= 0.89 g/cm ³
Panjang garis air (Lwl)	=	12.37	meter		
Lebar kapal (B)	=	3.8	meter	berat	480 gr
Tinggi kapal (H)	=	0.96	meter	volume	549 cm ³
Syarat (T)	=	0.48	meter		
Kecepatan (v)	=	7.1	knot		
L/H	=	12.89			
L = (Loa+Lwl)/2	=	14.07			
Item					
UKURAN LUNAS dan LINGGI					
$k_v = 0.56/p$	=	0.6292			
LUNAS					
Panjang (L)	=	12	m	indeks dalam tabel	= 12
Motor Yacht					
	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang
	105	x	150		157.30
					cm ²

Variasi Dua (A2)

DATA KAPAL					
Panjang kapal (Loa)	=	15.77	meter	Massa jenis variasi dua	= 1.09 g/cm ³
Panjang garis air (Lwl)	=	12.37	meter		
Lebar kapal (B)	=	3.8	meter	berat	560 gr
Tinggi kapal (H)	=	0.96	meter	volume	549 cm ³
Syarat (T)	=	0.48	meter		
Kecepatan (v)	=	7.1	knot		
L/H	=	12.89			
L = (Loa+Lwl)/2	=	14.07			
Item					
UKURAN LUNAS dan LINGGI					
$k_v = 0.56/p$	=	0.5138			
LUNAS					
Panjang (L)	=	12	m	indeks dalam tabel	= 12
Motor Yacht					
	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang
	105	x	122		128.44
					cm ²

Variasi Tiga (A3)

DATA KAPAL									
Panjang kapal (Loa)	=	15.77	meter	Massa jenis variasi tiga	=	1.2	g/cm ³		
Panjang garis air (Lwl)	=	12.37	meter						
Lebar kapal (B)	=	3.8	meter			berat	650	gr	
Tinggi kapal (H)	=	0.96	meter			volume	549	cm ³	
Syarat (T)	=	0.48	meter						
Kecepatan (v)	=	7.1	knot						
L/H	=	12.89							
L = (Loa+Lwl)/2	=	14.07							
No	Item								
1	UKURAN LUNAS dan LINGGI								
$k_y = 0.56/b$	=	0.4667							
LUNAS									
Panjang (L)	=	12	m	indeks dalam tabel	=	12			
Motor Yacht									
	tinggi	x	lebar		Luas penampang				cm ²
	105	x	111	mm	116.67				

Perhitungan menggunakan persamaan momen

Kayu Ulin			
$m1$	=	$m2$	
$\sigma1.W1$	=	$\sigma2.W2$	
$W1/W2$	=	$\sigma2/\sigma1$	
$WUlin$	=	$1/6.face.web^2$	
	=	450 m^3	
Kayu Ulin			
web		15	cm
face		12	cm

Variasi A1

variasi A1						
W_{hybrid}	=	$\sigma_h/\sigma_u \cdot W_{\text{ulin}}$	σ_{hybrid}	=	124.101	Mpa
			σ_{ulin}	=	160.19	Mpa
W_{hybrid}	=	348.6201	m^3			
W_{hybrid}	=	$1/6 \cdot \text{face} \cdot \text{web}^2$				
$6W/\text{face}$	=	web^2				
web	=	$\sqrt{6W/\text{face}}$				
lunas						
face		10	cm			
web		14.46278	cm			

Variasi A2

variasi A2						
W_{hybrid}	=	$\sigma_h/\sigma_u \cdot W_{\text{ulin}}$	σ_{hybrid}	=	148.363	Mpa
			σ_{ulin}	=	160.19	Mpa
W_{hybrid}	=	416.776	m^3			
W_{hybrid}	=	$1/6 \cdot \text{face} \cdot \text{web}^2$				
$6W/\text{face}$	=	web^2				
web	=	$\sqrt{6W/\text{face}}$				
face		10	cm			
web		15.81346	cm			

Variasi A3

variasi A3						
W_{hybrid}	=	$\sigma_h/\sigma_u \cdot W_{\text{ulin}}$	σ_{hybrid}	=	176.386	Mpa
			σ_{ulin}	=	160.19	Mpa
W_{hybrid}	=	495.4972	m^3			
W_{hybrid}	=	$1/6 \cdot \text{face} \cdot \text{web}^2$				
$6W/\text{face}$	=	web^2				
web	=	$\sqrt{6W/\text{face}}$				
face		10	cm			
web		17.24234	cm			

Bambu Ori

bambu ori						
$W_{\text{bambu ori}}$	=	$\sigma_h/\sigma_u \cdot W_{\text{ulin}}$	$\sigma_{\text{bambu ori}}$	=	184.95	Mpa
			σ_{ulin}	=	160.19	Mpa
$W_{\text{bambu ori}}$	=	519.5549	m^3			
$W_{\text{bambu ori}}$	=	$1/6 \cdot \text{face} \cdot \text{web}^2$				
$6W/\text{face}$	=	web^2				
web	=	$\sqrt{6W/\text{face}}$				
face		10	cm			
web		17.65596	cm			

No	Nama konstruksi	Luasan (m2)	Tebal (m)	Jumlah pengeleman lapisan	Luasan total (m2)	Produktivitas (JO/Luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari
1	Kulit	47.12	0.02	5.00	235.61	6.00	1413.65	4.00	353.41	58.90
2	Main deck	25.28	0.02	5.00	126.40	6.00	758.38	4.00	189.60	31.60
3	Dinding samping	8.89	0.02	4.00	35.58	6.00	213.46	4.00	53.36	8.89
4	Top Deck	9.04	0.02	4.00	36.16	6.00	216.96	4.00	54.24	9.04
5	Dinding depan	1.74	0.02	4.00	6.98	6.00	41.87	4.00	10.47	1.74

No	Nama konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah pengeleman lapisan	Jumlah konstruksi	Luasan Total (m2)	Produktivitas (JO/Luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari
1	Gading	2.68	0.05	0.05	13.00	46.00	72.09	2.98	214.57	4.00	53.64	8.94
2	Balok geladak	2.75	0.05	0.06	16.00	19.00	41.79	2.98	124.37	4.00	31.09	5.18
4	Lingsi	3.30	0.12	0.12	30.00	1.00	11.50	2.98	34.23	4.00	8.56	1.43
5	Galar	8.26	0.11	0.08	19.00	4.00	69.25	2.98	206.09	4.00	51.52	8.59
6	Penegar deckhouse	1.89	0.03	0.02	7.00	22.00	8.73	2.98	25.99	4.00	6.50	1.08

Harga Pekerja

No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total	
1	Kulit	Tukang	1	58.90	Rp 125,000	Rp 7,362,756	Rp 13,252,978	
		Helper	3	58.90	Rp 100,000	Rp 5,890,213		
2	Main Deck	Tukang	1	31.60	Rp 125,000	Rp 3,949,897	Rp 7,109,814	
		Helper	3	31.60	Rp 100,000	Rp 3,159,917		
3	Dinding Samping	Tukang	1	8.89	Rp 125,000	Rp 1,111,761	Rp 2,001,170	
		Helper	3	8.89	Rp 100,000	Rp 889,409		
4	Top Deck	Tukang	1	9.04	Rp 125,000	Rp 1,130,011	Rp 2,034,019	
		Helper	3	9.04	Rp 100,000	Rp 904,009		
5	Dinding depan	Tukang	1	1.74	Rp 125,000	Rp 218,050	Rp 392,490	
		Helper	3	1.74	Rp 100,000	Rp 174,440		
6	Gading	Tukang	1	8.94	Rp 125,000	Rp 1,117,538	Rp 2,011,568	
		Helper	3	8.94	Rp 100,000	Rp 894,030		
7	Balok geladak	Tukang	1	5.18	Rp 125,000	Rp 647,753	Rp 1,165,955	
		Helper	3	5.18	Rp 100,000	Rp 518,202		
9	Lingsi	Tukang	1	1.43	Rp 125,000	Rp 178,280	Rp 320,904	
		Helper	3	1.43	Rp 100,000	Rp 142,624		
10	Galar	Tukang	1	8.59	Rp 125,000	Rp 1,073,384	Rp 1,932,091	
		Helper	3	8.59	Rp 100,000	Rp 858,707		
11	Penegar deckhouse	Tukang	1	1.08	Rp 125,000	Rp 135,352	Rp 243,633	
		Helper	3	1.08	Rp 100,000	Rp 108,281		
TOTAL							Rp 30,464,622	

Harga pekerja keseluruhan = Rp 30,464,622

No	Material	Material (Volume) (m3)	Kebutuhan Volume (m3)	Jumlah kebutuhan	Harga	Total harga
1	Bambu + Lem	1	4.473111897	4.473111897	Rp 23,725,000	Rp 106,124,580
2	Pekerja			1	Rp 30,464,622	Rp 30,464,622
Total						Rp 136,589,201

No	Konstruksi	1/2 Luas (cm2)	Tebal kulit (mm)	Tebal kulit (cm)	Vol (cm3)	Jumlah	Total Volume (m3)
46	Kulit	235608.5	22.00	2.2	518338.7	2	1.03667740
47	Transom	4424	22.00	2.2	9732.8	2	0.01946560
48	Main deck	126396.6886	22.00	2.2	278072.715	2	0.55614543
Total Volume (m3)							1.61228843
No	Konstruksi	Panjang (cm)	Lebar (cm)	tinggi (cm)	Vol (cm3)	Jumlah	Total Volume (m3)
49	Balok Geladak 1	251.65	5	6.292853086	7917.9824	1	0.00791798
50	Balok Geladak 2	256.57	5	6.292853086	8072.78658	1	0.00807279
51	Balok Geladak 3	261.27	5	6.292853086	8220.66863	1	0.00822067
52	Balok Geladak 4	265.59	5	6.292853086	8356.59426	1	0.00835659
53	Balok Geladak 5	269.28	5	6.292853086	8472.69739	1	0.00847270
54	Balok Geladak 6	271.92	5	6.292853086	8555.76306	1	0.00855576
55	Balok Geladak 7	273.6	5	6.292853086	8608.62302	1	0.00860862
56	Balok Geladak 8	274.34	5	6.292853086	8631.90658	1	0.00863191
57	Balok Geladak 9	274.92	5	6.292853086	8650.15585	1	0.00865016
58	Balok Geladak 10	273.92	5	6.292853086	8618.69159	1	0.00861869
59	Balok Geladak 11	273.52	5	6.292853086	8606.10588	1	0.00860611
60	Balok Geladak 12	273.09	5	6.292853086	8592.57625	1	0.00859258
61	Balok Geladak 13	272.6	5	6.292853086	8577.15876	1	0.00857716
62	Balok Geladak 14	271.21	5	6.292853086	8533.42343	1	0.00853342
63	Balok Geladak 15	267.76	5	6.292853086	8424.87171	1	0.00842487
64	Balok Geladak 16	261.7	5	6.292853086	8234.19826	1	0.00823420
65	Balok Geladak 17	253.06	5	6.292853086	7962.34701	1	0.00796235
66	Balok Geladak 18	242.18	5	6.292853086	7620.0158	1	0.00762002
67	Balok Geladak 19	223.75	5	6.292853086	7040.12939	1	0.00704013
68	Balok Geladak 20	198.53	5	6.292853086	6246.60062	1	0.00624660
69	Balok Geladak 21	166.81	5	6.292853086	5248.55412	1	0.00524855
70	Balok Geladak 22	123.24	5	6.292853086	3877.65607	1	0.00387766
Total Volume (m3)							0.17306951
No	Konstruksi	Panjang (cm)	Lebar (cm)	tinggi (cm)	Vol (cm3)	Jumlah	Total Volume (m3)
71	Galar Balok	826.3	11.03	7.50	68335.01	4	0.27334004
Konstruksi bangunan atas							
No	Konstruksi	Luas (cm2)	Tebal kulit (mm)	Tebal kulit (cm)	Vol (cm3)	Jumlah	Total Volume (m3)
72	Dinding samping	228444.7328	#REF!	#REF!	#REF!	2	#REF!
73	Deck	116637.0511	10.00	1	116637.051	1	0.11663705
74	Dinding depan	20527.5	10.00	1	20527.5	1	0.02052750
Total Volume (m3)							#REF!
No	Konstruksi	Panjang (cm)	Lebar (cm)	tinggi (cm)	Vol (cm3)	Jumlah	Total Volume (m3)
75	Penegar	189	3.00	2.45	1388.86069	34	0.04722126
Total Volume					#REF!	m3	

No	Konstruksi	Panjang (cm)	Lebar (cm)	tinggi (cm)	Vol (cm3)	Jumlah	Total Volume (m3)
1	Linggi haluan	329.5	11.64	11.64	44605.4776	1	0.04460548
2	Gading 1	246.14	4.5	4.898979485	5426.25665	2	0.01085251
3	Gading 2	249.66	4.5	4.898979485	5503.85648	2	0.01100771
4	Gading 3	253.12	4.5	4.898979485	5580.13359	2	0.01116027
5	Gading 4	256.51	4.5	4.898979485	5654.86752	2	0.01130974
6	Gading 5	259.7	4.5	4.898979485	5725.19238	2	0.01145038
7	Gading 6	260.2	4.5	4.898979485	5736.21508	2	0.01147243
8	Gading 7	262.8	4.5	4.898979485	5793.53314	2	0.01158707
9	Gading 8	266.93	4.5	4.898979485	5884.58067	2	0.01176916
10	Gading 9	267.91	4.5	4.898979485	5906.18517	2	0.01181237
11	Gading 10	267.91	4.5	4.898979485	5906.18517	2	0.01181237
12	Gading 11	267.91	4.5	4.898979485	5906.18517	2	0.01181237
13	Gading 12	267.91	4.5	4.898979485	5906.18517	2	0.01181237
14	Gading 13	267.9	4.5	4.898979485	5905.96472	2	0.01181193
15	Gading 14	267.46	4.5	4.898979485	5896.26474	2	0.01179253
16	Gading 15	266.01	4.5	4.898979485	5864.2989	2	0.01172860
17	Gading 16	263.29	4.5	4.898979485	5804.33539	2	0.01160867
18	Gading 17	259.02	4.5	4.898979485	5710.2015	2	0.01142040
19	Gading 18	252.52	4.5	4.898979485	5566.90635	2	0.01113381
20	Gading 19	241.85	4.5	4.898979485	5331.68185	2	0.01066336
21	Gading 20	225.5	4.5	4.898979485	4971.23943	2	0.00994248
22	Gading 21	201.85	4.5	4.898979485	4449.86554	2	0.00889973
23	Gading 22	164.91	4.5	4.898979485	3635.50818	2	0.00727102
24	Gading 23	112.12	4.5	4.898979485	2471.73111	2	0.00494346
Total Volume (m3)							0.29368023
No	Konstruksi	1/2 Luas (cm2)	Tebal wrang	Tinggi wrang	Vol (cm3)	Jumlah	Total Volume (m3)
26	Wrang 1	375	6.15	15.13	34888.4986	2	0.06977700
27	Wrang 2	387	6.15	15.13	36004.9306	2	0.07200986
28	Wrang 3	396	6.15	15.13	36842.2546	2	0.07368451
29	Wrang 4	411	6.15	15.13	38237.7945	2	0.07647559
30	Wrang 5	417	6.15	15.13	38796.0105	2	0.07759202
31	Wrang 6	431	6.15	15.13	40098.5144	2	0.08019703
32	Wrang 7	431	6.15	15.13	40098.5144	2	0.08019703
33	Wrang 8	431	6.15	15.13	40098.5144	2	0.08019703
34	Wrang 9	431	6.15	15.13	40098.5144	2	0.08019703
35	Wrang 10	431	6.15	15.13	40098.5144	2	0.08019703
36	Wrang 11	431	6.15	15.13	40098.5144	2	0.08019703
37	Wrang 12	431	6.15	15.13	40098.5144	2	0.08019703
38	Wrang 13	425	6.15	15.13	39540.2985	2	0.07908060
39	Wrang 14	423	6.15	15.13	39354.2265	2	0.07870845
40	Wrang 15	417	6.15	15.13	38796.0105	2	0.07759202
41	Wrang 16	414	6.15	15.13	38516.9025	2	0.07703381
42	Wrang 17	411	6.15	15.13	38237.7945	2	0.07647559
43	Wrang 18	367	6.15	15.13	34144.2107	2	0.06828842
44	Wrang 19	314	6.15	15.13	29213.3029	2	0.05842661
45	Wrang 20	177	6.15	15.13	16467.3714	2	0.03293474
Total Volume (m3)							1.47945841

Penegar Bangunan Atas

Pada konstruksi penegar bangunan atas digunakan tabel 1.20 pada BKI

Table 1.20

Section moduli of the deckhouse- and cabin wall stiffeners for motor and sailing craft and motorsailers [cm ³]	
Deckhouse	$W_{SDH} = 6,92 \cdot a \cdot \ell^2 \cdot P_{dD} \cdot 10^{-4}$
	$W_{SDH(min)} = P_{dD} \cdot (350 + 5 \cdot L) \cdot 10^{-4}$
	$W_{SDH(min)} = 3,0$
Cabins	$W_{SK} = 10,38 \cdot P_{dD} \cdot a \cdot \ell^2 \cdot 10^{-4}$
	$W_{SK(min)} = 5,77 \cdot P_{dD} \cdot (350 + 5 \cdot L) \cdot 10^{-4}$
	$W_{SK(min)} = 3,0$

e = distance of girders [m]
 ℓ = unsupported length of girder [m]
 P_{dD} = see A.1.9.4

Maka akan dilakukan perhitungan PdD dengan menggunakan rumus pada BKI 1.9.4 A

Table 1.3

Area			Sailing- and motor craft ³ Design loads P _{dD} [kN/m ²]
Main deck			0,26 L + 8,24
Cabins	h ≤ 0,5 m	deck ¹	0,235 L + 7,42
		wall	0,26 L + 8,24
Deckhouses	h > 0,5 m	deck ^{1,2}	(0,235 L + 7,42) (1 - h'/10)
		side wall ²	(0,26 L + 8,24) (1 - h'/10)
		front wall	1,25 (0,26 L + 8,24) (1 - h'/10)

¹ Minimum load for non-walk-on cabin decks P_{dD min} = 4,0 [kN/m²]
² h' = 0,5 · h (h = superstructure height above main deck)
³ In the case of special-purpose craft such as fishing craft, the deck load may have to be corrected as appropriate for additional loads present

Kapal wisata	
L	14.27
h	1.859
h'	0.9295
a	0.5
Bangunan Atas (deck)	9.77205782
Bangunan Atas (side wall)	10.8394289
Bangunan Atas (front wall)	13.5492861

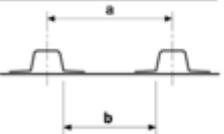
Kapal wisata	
Wsdh	0.01296108
Wsdh min	0.45671934
WSdh min	3
W diambil	3

Kapal wisata	
Modulus	3.0
Breadth (cm)	3
Height (cm)	2.4
Breadth (mm)	30
Height (mm)	24

Bangunan Atas

Pada konstruksi bangunan atas digunakan tabel 1.19 pada BKI

Table 1.19

Total glass weight for deck laminate of motor and sailing craft and motorsailers	
Total glass weight [g/m ²]	$G_{WD} = 1,57 \cdot b \cdot F_p \cdot \sqrt{P_{dD}}$ $G_{WD(min)} = 1,1 \cdot (350 + 5 \cdot L) \cdot \sqrt{P_{dD}}$ $G_{WD(min)} \geq 1200$
	
$F_p = \text{see 4.4.2.3}$ $P_{dD} = \text{see A.1.9.4}$	

Maka akan dilakukan perhitungan PdD dengan menggunakan rumus pada BKI 1.9.4 A

Table 1.3

Area			Sailing- and motor craft ¹ Design loads P_{dD} [kN/m ²]
Main deck			$0,26 L + 8,24$
Cabins	$h \leq 0,5 \text{ m}$	deck ¹	$0,235 L + 7,42$
		wall	$0,26 L + 8,24$
Deckhouses	$h > 0,5 \text{ m}$	deck ^{1,2}	$(0,235 L + 7,42)(1 - h'/10)$
		side wall ²	$(0,26 L + 8,24)(1 - h'/10)$
		front wall	$1,25 (0,26 L + 8,24)(1 - h'/10)$

¹ Minimum load for non-walk-on cabin decks $P_{dD(min)} = 4,0$ [kN/m²]
² $h' = 0,5 \cdot h$ (h = superstructure height above main deck)
³ In the case of special-purpose craft such as fishing craft, the deck load may have to be corrected as appropriate for additional loads present

Dari hasil glass weight yang ditemukan maka akan dilakukan perbandingan dengan 0.7mm setiap 300 g/m2

Kapal wisata	
L	14.27
h	
h'	0
Bangunan Atas (deck)	10.77345
Bangunan Atas (side wall)	11.9502
Bangunan Atas (front wall)	14.93775
Kapal wisata	
Total glass weight (deck)	2576.600323
Total glass weight (side wall)	2713.671313
Total glass weight (front wall)	3033.976762
Gwd (min) deck	1521.293759
Gwd (min) deck	1330.908861
Gwd (min) deck	1488.001342
Tebal deck mm	8.588667744
Tebal side mm	9.045571043
Tebal front mm	10.11325587
Tebal diambil	12

Wrang

Kayu Jati Solid

Pada konstruksi gading kapal kayu digunakan tabel pada BKI dengan perbandingan (B/3+H) yang selanjutnya ukuran dari modulus dilihat pada tabel 1.25 pada BKI

B/3 + H ₁	Frame spacing	Arm length	Flat bar steel floors		Angle bar floors W	Wooden floors	
			Throat	Arm end		Height	Thickness
m	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	mm
1,4	115	175	22-5	17-4	0,60	37	15
1,4	170	175	23-7	20-5	0,85	48	18
1,5	130	180	20-7	17-5	0,92	46	17
1,5	195	180	25-8	24-5	1,37	53	23
1,6	140	190	21-8	20-5	1,27	50	20
1,6	210	190	26-10	22-7	1,90	58	28
1,7	145	200	26-7	22-5	1,54	53	23
1,7	220	200	28-10	24-7	2,30	68	27
1,8	155	210	28-8	21-6	1,95	58	25
1,8	230	210	31-10	28-7	2,90	77	28
1,9	165	225	30-8	24-6	2,38	63	27
1,9	250	225	36-10	31-7	3,60	82	31
2,0	180	235	26-10	22-7	2,88	69	29
2,0	270	235	36-12	32-8	4,35	89	33
2,2	200	260	33-10	28-7	3,92	82	32
2,4	220	280	37-12	33-8	4,65	91	37
2,6	240	300	38-14	31-10	6,02	98	44
2,8	260	320	44-14	37-10	7,40	100	50
3,0	275	340	47-15	35-12	8,66	109	54
3,2	290	360			9,91	118	58
3,4	305	380			11,40	125	62
3,6	320	400			13,20	131	67
3,8	340	420			14,60	141	71
4,0	360	440			17,70	150	75
4,4	385	480			21,00	167	84
4,8	415	520			24,40	180	93
5,2	425	560			27,50	195	99
5,6	435	600			29,80	209	101

If the frame spacing is changed, the thickness of the floors or the section moduli for steel angle bar floors given in column 6 are to be altered in the same ratio.

Kapal wisata	
L	14.27
B	3.8
H	0.96
(B/3+H)	2.23
Scantling yg diambil	2.4
Wooden floor (thickness)	37
Wooden floor (Height)	91
Frame space tabel	220
frame space desain	500
Wooden floor (thickness) d	84.09
Wooden floor (Height) des	206.82

Bambu Laminasi

Perhitungan scantling ditentukan berdasarkan ultimate bending stress yang didapatkan dari experiment ketebalan dari plating tidak boleh kurang dari :

$$t = 0,0452 \cdot f_k \cdot b \cdot \sqrt{\frac{P_d}{\sigma_{Rm}}} \quad [\text{mm}]$$

- f_k = factor for curved plate panels in accordance with B.4.4.2.4
- P_d = loading of component in question in accordance with A.1.9
- Definition of the component logically as in Figs. 1.19 and 1.21.
- σ_{Rm} = ultimate bending strength of wood composite [N/mm²] determined by experiment
- = 82.64 Betung
- = 84.12 Ori
- = 45 Kayu jati solid
- b = 0.5 m

Dengan kondisi $Pd1 = Pd2$ maka :

$$\left[\frac{t_1}{0,0452 \cdot f_{k1} \cdot b_1} \right]^2 \cdot \sigma_{Rm1} = \left[\frac{t_2}{0,0452 \cdot f_{k2} \cdot b_2} \right]^2 \cdot \sigma_{Rm2}$$

dengan kondisi faktor kelengkungan dan jarak gading yang sama maka :

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

atau

$$t_1 = t_2 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{Rm2}}{\sigma_{Rm1}}}$$

Bambu laminasi

Kapal wisata	10m	12m	23m
Wooden floor (thickness) jati	0	84.09	0.00
Wooden floor (Height) jati	0	206.82	0.00
floor (thickness) (mm)	0.00	61.50	0.00
floor (Height) (mm)	0.00	151.27	0.00

Deck beam & stiffener deckhouses

Pada konstruksi balok geladak digunakan tabel 1.18 pada BKI

Table 1.18

Section moduli of main deck beams for motor and sailing craft and motorsailers [cm ³]	
Weather deck beams	$W_{DU} = 2,04 \cdot e \cdot \ell^2 \cdot P_{dD}$ $W_{DU(min)} = 1,65 \cdot e \cdot P_{dD}$
Beams within deckhouses	$W_{DU1} = 2,04 \cdot k_g \cdot e \cdot \ell^2 \cdot P_{dD}$ $W_{DU1(min)} = 1,65 \cdot k_g \cdot e \cdot P_{dD}$
e = distance of girders [m] ℓ = unsupported length of girder [m] P_{dD} = see A.1.9.4 k_g = correction factor for craft whose length $L = 10,0$ m $k_g = 0,9 - 0,01 \cdot L$	

Maka akan dilakukan perhitungan PdD dengan menggunakan rumus pada BKI 1.9.4 A

Table 1.3

Area			Sailing- and motor craft ³ Design loads P_{dD} [kN/m ²]
Main deck			$0,26 L + 8,24$
Cabins	$h \leq 0,5$ m	deck ¹	$0,235 L + 7,42$
		wall	$0,26 L + 8,24$
Deckhouses	$h > 0,5$ m	deck ^{1,2}	$(0,235 L + 7,42) (1 - h'/10)$
		side wall ²	$(0,26 L + 8,24) (1 - h'/10)$
		front wall	$1,25 (0,26 L + 8,24) (1 - h'/10)$
¹ Minimum load for non-walk-on cabin decks $P_{dD(min)} = 4,0$ [kN/m ²] ² $h' = 0,5 \cdot h$ (h = superstructure height above main deck) ³ In the case of special-purpose craft such as fishing craft, the deck load may have to be corrected as appropriate for additional loads present			

Kapal wisata	10m	12m	23m
L	9.8	14.27	22.85
Deck houses	2.43075		
Main Deck	10.788	11.9502	14.181
Kapal wisata	10m	12m	23m
Modulus bambu main deck	10.7848	19.04563125	73.22713875
Modulus bambu deck (dh)	2.43075		
k10	1.80694	1.806942463	1.806942463
Modulus sebenarnya deck (dh)	4.39223		
Modulus sebenarnya deck	19.4875	34.41435984	132.3172265
Ukuran Beam			
Kapal wisata	10m	12m	23m
Modulus	19.50	33.00	133
Breadth (cm)	3.5	5	8
Height (cm)	5.8	6.3	10.0
Breadth (mm)	35	50	80
Height (mm)	57.82	62.93	99.87

Frames

Section modulus frame dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada tabel 1.11 pada BKI yang dikemudian dikalikan dengan characteristic k10

$$k_{10} = \frac{152}{\sigma_{RM}}$$

σ_{RM} = ultimate stress of wood laminate [N/mm²]

tabel 1.11

Table 1.1

Section moduli of floors and transverse frames of motor-, sailing crafts and motorsailers [cm ³]		
Floors	Motor craft	$W_B = 3,21 \cdot e \cdot l^2 \cdot F_{VF} \cdot P_{dBm} \cdot 10^{-3}$ $W_{B(min)} = 3,21 \cdot e \cdot k_d^2 \cdot F_{VF} \cdot P_{dBm} \cdot 10^{-3} \geq W_B$
	Sailing craft and motorsailer	$W_B = 2,72 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_{dBs} \cdot 10^{-3}$ $W_{B(min)} = 2,72 \cdot e \cdot k_d^2 \cdot P_{dBs} \cdot 10^{-3} \geq W_B$
Transverse frames	Motor craft	$W_S = 2,18 \cdot e \cdot l^2 \cdot F_{VSP} \cdot P_{dSm} \cdot 10^{-3}$ $W_{S(min)} = 2,18 \cdot e \cdot k_d^2 \cdot F_{VSP} \cdot P_{dSm} \cdot 10^{-3} \geq L$
	Sailing craft and motorsailer	$W_S = 2,26 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_{dSs} \cdot 10^{-3}$ $W_{S(min)} = 2,26 \cdot e \cdot k_d^2 \cdot P_{dSs} \cdot 10^{-3} \geq L$
e = distance of floors/transverse frames [mm] l = span (unsupported length of floor of frame) [m] F_{VF} = see A.1.9.3 F_{VSP} = see A.1.9.3 k_d = 0,045 · L + 0,10 for motor craft [m] or 0,60 [m], the larger value to be used = 0,065 · L + 0,30 for sailing craft and motorsailers [m] or 0,60 [m], the larger value to be used P_{dBm} = see A.1.9.2 P_{dBs} = see A.1.9.2 P_{dSm} = see A.1.9.2 P_{dSs} = see A.1.9.2		

Kapal wisata	10m	12m	23m
L	9.8	14.27	22.85
B	2.5	3.8	5.5
H	1.5	0.96	3.4
Lwl	9.6	12.77	22.7
frame spacing (a) mm	500	500	500
v	12	12	12

Untuk dapat menghitung modulus gading, maka diperlukan besar Fvsf. Dimana besaran tersebut diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Transverse frames Webs at side	$F_{Vsf} = \left(0,1 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0,52 \right) (1,19 - 0,01 \cdot L) > 1,0$
--------------------------------	---

Kapal wisata	10m	12m	23m
Fvsf	0.991	0.896283474	0.742148475
K4	0.541	0.74215	1.12825
K4 diambil	0.6	0.74215	1.12825
Ws	5.38418	6.982156716	17.2225657
Ws (min)	7.8471	15.38271406	46.04795555
k10	1.80694	1.806942463	1.806942463
Ws	9.7289	12.61635546	31.12018528
Ws (min)	14.1793	27.79567924	83.20600622
Ws diambil	14.18	27.79567924	83.20600622

Ukuran frame

Kapal wisata	10m	12m	23m
Modulus	14.5	18.0	85.0
Breadth (cm)	4	4.5	7
Height (cm)	4.7	4.9	8.5
Breadth (mm)	40	45	70
Height (mm)	47	49	85.36

Pd dapat dicari dengan rumus sebagai berikut

Hull area	Motor craft		Sailing craft and motorsailers	
	Design loading [kN/m ²]		Design loading [kN/m ²]	
Shell bottom ≥ 0,4 L ÷ fore < 0,4 L ÷ aft	P _{max}		P _{max}	
	2,7 L + 3,29	2,7 L + 3,29	3,29 L - 1,41	3,29 L - 1,41
Shell side ≥ 0,4 L ÷ fore < 0,4 L ÷ aft	P _{max}		P _{max}	
	1,88 L + 1,76	1,88 L + 1,76	2,06 L - 2,94	2,06 L - 2,94
	1,5 L + 1,41		1,65 L - 2,35	

Berdasarkan rumus tersebut maka dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan beban.

shell bottom	PdBM		
	10m	12m	23m
≥	29.75	41.819	64.985
<	23.798	33.4532	51.966

shell side	PdSM		
	10m	12m	23m
≥	20.184	28.5876	44.718
<	16.11	22.815	35.685

Tebal kulit

Kapal Wisata	10m	12m	23m
Tebal kulit (t)	13.44009357	15.93476375	19.86393681
Tebal kulit diambil (mm)	20	22	40
Tebal deck	13.44009357	15.93476375	19.86393681
Tebal deck diambil (mm)	20	22	40

Beam Shelves & Bilge plank

Untuk mendapatkan ukuran beam shelves menggunakan tabel rekomendasi dari BKI

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

L	cm2
8	40
14	80
16	100
22	150
24	170

Sehingga dapat dilakukan interpolasi untuk mendapatkan ukuran luas penampang

Kapal wisata	12m	23m
L	14.3	22.85
B	3.8	5.5
H	0.96	3.4
Beam shelves (cm2)	82.7	158.5
Bilge planks (cm2)	82.7	158.5
luas penampang beam shelve (cm2)	82.70	158.50
Beam shelves		
Lebar (cm)	11.03	10.57
Tinggi (cm)	7.50	15.00
Bilge planks		
Lebar (cm)	11.03	10.57
Tinggi (cm)	7.50	15.00

Lunas dan linggi

Pada konstruksi lunas dan linggi digunakan tabel pada BKI

Scantling length L	Keel			
	Sailing yachts amidships		Motor yachts amidships	
	height	width	height	cross-section ¹
[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ²]
6	75	150	70	80
8	90	185	80	130
10	110	220	90	190
12	125	255	105	250
14	140	285	115	310
16	160	320	125	380
18	175	355	140	450
20	195	385	150	520
22	210	410	165	600
24	230	435	180	690
26	245	455	190	770
28	260	470	205	860
30	280	480	220	950

¹ Applies to internal and external keels.

L	height	cross section
8	80	130
10	90	190
12	105	250
22	165	600
24	180	690

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

L	foot	head
8	90	85
14	110	115
16	125	125
22	210	160
24	230	170

Maka apabila L const tidak terdapat pada tabel, dapat dilakukan interpolasi

Kapal wisata	
L	14.27
Tinggi/web keel (mm)	122.025
Lebar/face keel (mm)	260.68
Tinggi/web keel (mm)	180
Lebar/face keel (mm)	136.80
luas permukaan keel (cm2)	318.1
linggi haluan(mm)	116.35
linggi buritan (mm)	112.025

LAMPIRAN H
Data Perhitungan Analisis Ekonomis

Biaya Material per m³

Kagu Ulin		
Ukuran bilah		Satuan
Panjang	4000	mm
Lebar	300	mm
tebal	60	mm
Volume	72000000	mm ³
	0.072	m ³
Harga Kagu Ulin	Rp	40,000,000

sumber : suplierkoyuindonesia.com

Harga Bilah Bambu		
Ukuran bilah		Satuan
Panjang	1	m
Lebar	25	mm
tebal	3	mm
Volume	75000	mm ³
	0.000075	m ³
jumlah bilah/layer	40	buah
Jumlah bilah	10,666.67	buah
harga per bilah	Rp	600.00
Harga bilah/m3	Rp	6,400,000

Kebutuhan lem		
Density	1.65	ton/m ³
Berat/set	2	kg
Volume/set	1.21	dm ³
	1212121.212	mm ³
Tebal lem	0.75	mm
Efisiensi lem/set	1616161.616	mm ²
	1.62	m ²
Volume	1	m ³
luas lapisan	1	m ²
tebal bilah	3	mm
jumlah lapisan	266.67	lapisan
luas lapisan	266.67	m ²
Kebutuhan lem	330	kg
Harga lem/2kg	Rp 105,000	
Total harga/m3	Rp	17,325,000

Harga Bilah Aluminium		
Ukuran bilah		Satuan
Panjang	1	m
Lebar	25	mm
tebal	3	mm
Volume	75000	mm ³
	0.000075	m ³
jumlah bilah/layer	40	buah
Jumlah bilah	8,421.20	buah
Kebutuhan Aluminium	216.00	kg
Harga Aluminium/kg	Rp 75,000	
Harga Aluminium	Rp	16,200,000

volume per bilah aluminium	0.000075	m ³
kebutuhan bilah aluminium	0.02025	kg
jumlah bilah/layer	40	buah
jumlah lapisan	266.67	m ³
	216.00	kg

tebal bilah	3	mm
tebal lem	0.75	mm
tebal per lapisan	3.75	mm
jumlah lapisan/m3	266.6666667	buah

Biaya Material per m³ variasi dua(A2)

variasi 2 (2:1)

Harga Bilah Bambu			Harga Bilah Aluminium		
Ukuran bilah		Satuan	Ukuran bilah		Satuan
Panjang	1	m	Panjang	1	m
Lebar	25	mm	Lebar	25	mm
tebal	3	mm	tebal	3	mm
Volume	75000	mm ³	Volume	75000	mm ³
	0.000075	m ³		0.000075	m ³
jumlah bilah/layer	40	buah	jumlah bilah/layer	40	buah
Jumlah bilah	7,111.11	buah	Jumlah bilah	8,421.20	buah
harga per bilah	Rp	600.00	Kebutuhan Aluminium	72.00	kg
harga bilah/m3	Rp	4,266,667	Harga Aluminium/kg	Rp	75,000
			harga Aluminium/m	Rp	5,400,000
jumlah lapisan		266.67 m ³	volume per bilah aluminium		7.5E-05 m ³
jumlah lapisan variasi 2		177.78	kebutuhan bilah aluminium		0.02025 kg
			jumlah bilah/layer		40 buah
			jumlah lapisan		88.89 m ³
					72.00 kg
Kebutuhan lem			Total biaya material untuk material variasi satu dengan perbandingan bambu dan aluminium 2:1 adalah Rp 26,931,667 /m3		
Density	1.65	ton/m ³			
Berat/set	2	kg			
Volume/set	1.21	dm ³			
	1212121.21	mm ³			
Tebal lem	0.75	mm			
Efisiensi lem/set	1616161.62	mm ²			
	1.62	m ²			
Volume	1	m ³			
luas lapisan	1	m ²			
tebal bilah	3	mm			
jumlah lapisan	266.67	lapisan			
luas lapisan	266.67	m ²			
Kebutuhan lem	330	kg			
Harga lem/2kg	Rp	105,000			
Total harga/m3	Rp	17,325,000			

Biaya Material per m³ variasi tiga(A3)

variasi 3 (1:1)

Harga Bilah Bambu		Harga Bilah Aluminium	
Ukuran bilah		Ukuran bilah	
Panjang	Satuan	Panjang	Satuan
1	m	1	m
25	mm	25	mm
3	mm	3	mm
75000	mm ³	75000	mm ³
0.000075	m ³	0.000075	m ³
jumlah bilah/layer	buah	jumlah bilah/layer	buah
40	buah	40	buah
jumlah bilah	buah	jumlah bilah	buah
5,333.33	buah	8,421.20	buah
harga per bilah	Rp	Kebutuhan Aluminium	kg
	600.00	108.00	kg
Harga bilah/m³	Rp 3,200,000	Harga Aluminium/m³	Rp 8,100,000
jumlah lapisan	266.67 m ³	volume per bilah aluminium	7.5E-05 m ³
jumlah lapisan variasi 2	133.33	kebutuhan bilah aluminium	0.02025 kg
		jumlah bilah/layer	40 buah
		jumlah lapisan	133.33 m ³
			108.00 kg
Kebutuhan lem		Total biaya material untuk material variasi satu dengan perbandingan bambu dan aluminium 1:1 adalah Rp 28,625,000 /m ³	
Density	1.65 ton/m ³		
Berat/set	2 kg		
Volume/set	1.21 dm ³		
	1212121.21 mm ³		
Tebal lem	0.75 mm		
Efisiensi lem/set	1616161.62 mm ²		
	1.62 m ²		
Volume	1 m ³		
luas lapisan	1 m ²		
tebal bilah	3 mm		
jumlah lapisan	m ³ lapisan		
luas lapisan	266.67 m ²		
Kebutuhan lem	330 kg		
Harga lem/2kg	Rp 105,000		
Total harga/m³	Rp 17,325,000		

Perhitungan volume lunas kapal per variasi

BKI									
Volume Material Lunas Kapal (Kayu Ulin Solid)									
No	Konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	tinggi (m)	Vol (m3)	Jumlah	Total Volume (m3)		
1	Lunas	12	0.13	0.11	0.161538462	1	0.16153846		
					total volume	0.16153846			
Volume Material Lunas Kapal (Bambu Ori)									
No	Konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	tinggi (m)	Vol (m3)	Jumlah	Total Volume (m3)		
1	Lunas	12	0.18	0.11	0.227027027	1	0.22702703		
					total volume	0.22702703			
Volume Material Lunas Kapal (variasi 1)									
No	Konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	tinggi (m)	Vol (m3)	Jumlah	Total Volume (m3)		
1	Lunas	12	0.15	0.11	0.188764045	1	0.18876404		
					total volume	0.18876404			
Volume Material Lunas Kapal (variasi 2)									
No	Konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	tinggi (m)	Vol (m3)	Jumlah	Total Volume (m3)		
1	Lunas	12	0.12	0.11	0.15412844	1	0.15412844		
					total volume	0.15412844			
Volume Material Lunas Kapal (variasi 3)									
No	Konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	tinggi (m)	Vol (m3)	Jumlah	Total Volume (m3)		
1	Lunas	12	0.11	0.11	0.14	1	0.14000000		
					total volume	0.14000000			

persamaan momen									
Volume Material Lunas Kapal (Kayu Ulin Solid)									
No	Konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	tinggi (m)	Vol (m3)	Jumlah	Total Volume (m3)		
1	Lunas	12	0.15	0.12	0.216	1	0.21600000		
					total volume	0.21600000			
Volume Material Lunas Kapal (Bambu Ori)									
No	Konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	tinggi (m)	Vol (m3)	Jumlah	Total Volume (m3)		
1	Lunas	12	0.18	0.10	0.211871526	1	0.21187153		
					total volume	0.21187153			
Volume Material Lunas Kapal (variasi 1)									
No	Konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	tinggi (m)	Vol (m3)	Jumlah	Total Volume (m3)		
1	Lunas	12	0.14	0.10	0.173553377	1	0.17355338		
					total volume	0.17355338			
Volume Material Lunas Kapal (variasi 2)									
No	Konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	tinggi (m)	Vol (m3)	Jumlah	Total Volume (m3)		
1	Lunas	12	0.16	0.10	0.189761555	1	0.18976156		
					total volume	0.18976156			
Volume Material Lunas Kapal (variasi 3)									
No	Konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	tinggi (m)	Vol (m3)	Jumlah	Total Volume (m3)		
1	Lunas	12	0.17	0.10	0.206908096	1	0.20690810		
					total volume	0.20690810			

Perhitungan JO (luasan BKI)

Perhitungan JO (Kayu Ulin)																																																																						
No	Nama konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah Konstruksi	Luasan Total (m2)	Produktifitas (JO/luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari																																																											
1	Lunas	12	0.128	0.105	1	1.54	85.71428571	131.8681319	3	43.95604396	7.32600733																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Harga Pekerja</th> <th colspan="2">Luasan Total</th> <th colspan="2">Produktifitas</th> <th colspan="2">Jumlah</th> <th colspan="2">Total</th> </tr> <tr> <th>No</th> <th>Konstruksi</th> <th>Nama</th> <th>Jumlah Orang</th> <th>Total Hari</th> <th>Harga per hari</th> <th>Harga</th> <th>Harga Total</th> <th>Jumlah Konstruksi</th> <th>Jumlah Orang</th> <th>Total waktu</th> <th>Total Hari</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Lunas</td> <td>Tukang</td> <td>1</td> <td>7.33</td> <td>Rp 150,000</td> <td>Rp 1,098,901</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Helper</td> <td>2</td> <td>7.33</td> <td>Rp 100,000</td> <td>Rp 1,465,201</td> <td>Rp 2,564,103</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="7">TOTAL</td> <td>Rp 2,564,103</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>											Harga Pekerja				Luasan Total		Produktifitas		Jumlah		Total		No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total	Jumlah Konstruksi	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari	1	Lunas	Tukang	1	7.33	Rp 150,000	Rp 1,098,901								Helper	2	7.33	Rp 100,000	Rp 1,465,201	Rp 2,564,103					TOTAL							Rp 2,564,103				
Harga Pekerja				Luasan Total		Produktifitas		Jumlah		Total																																																												
No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total	Jumlah Konstruksi	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari																																																											
1	Lunas	Tukang	1	7.33	Rp 150,000	Rp 1,098,901																																																																
		Helper	2	7.33	Rp 100,000	Rp 1,465,201	Rp 2,564,103																																																															
TOTAL							Rp 2,564,103																																																															
Perhitungan JO (Variasi 1)																																																																						
No	Nama konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah Lapisan	Jumlah Konstruksi	Luasan Total (m2)	Produktifitas (JO/luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari																																																										
1	Lunas	12	0.150	0.105	26	1	46.74	2.976190476	139.112	3	46.37060817	7.72843469																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Harga Pekerja</th> <th colspan="2">Luasan Total</th> <th colspan="2">Produktifitas</th> <th colspan="2">Jumlah</th> <th colspan="2">Total</th> </tr> <tr> <th>No</th> <th>Konstruksi</th> <th>Nama</th> <th>Jumlah Orang</th> <th>Total Hari</th> <th>Harga per hari</th> <th>Harga</th> <th>Harga Total</th> <th>Jumlah Konstruksi</th> <th>Jumlah Orang</th> <th>Total waktu</th> <th>Total Hari</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Lunas</td> <td>Tukang</td> <td>1</td> <td>7.73</td> <td>Rp 150,000</td> <td>Rp 1,159,265</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Helper</td> <td>2</td> <td>7.73</td> <td>Rp 100,000</td> <td>Rp 1,545,687</td> <td>Rp 2,704,952</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="7">TOTAL</td> <td>Rp 2,704,952</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>											Harga Pekerja				Luasan Total		Produktifitas		Jumlah		Total		No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total	Jumlah Konstruksi	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari	1	Lunas	Tukang	1	7.73	Rp 150,000	Rp 1,159,265								Helper	2	7.73	Rp 100,000	Rp 1,545,687	Rp 2,704,952					TOTAL							Rp 2,704,952				
Harga Pekerja				Luasan Total		Produktifitas		Jumlah		Total																																																												
No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total	Jumlah Konstruksi	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari																																																											
1	Lunas	Tukang	1	7.73	Rp 150,000	Rp 1,159,265																																																																
		Helper	2	7.73	Rp 100,000	Rp 1,545,687	Rp 2,704,952																																																															
TOTAL							Rp 2,704,952																																																															

Perhitungan JO (Variasi 2)																																													
No	Nama konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah Lapisan	Jumlah Konstruksi	Luasan Total (m2)	Produktifitas (JO/luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari																																	
1	Lunas	12	0.122	0.105	26	1	38.17	2.976190476	113.587	3	37.8622397	6.31037328																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Harga Pekerja</th> </tr> <tr> <th>No</th> <th>Konstruksi</th> <th>Nama</th> <th>Jumlah Orang</th> <th>Total Hari</th> <th>Harga per hari</th> <th>Harga</th> <th>Harga Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Lunas</td> <td>Tukang</td> <td>1</td> <td>6.31</td> <td>Rp 150,000</td> <td>Rp 946,556</td> <td>Rp 2,208,631</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Helper</td> <td>2</td> <td>6.31</td> <td>Rp 100,000</td> <td>Rp 1,262,075</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="7">TOTAL</td> <td>Rp 2,208,631</td> </tr> </tbody> </table>							Harga Pekerja			No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total	1	Lunas	Tukang	1	6.31	Rp 150,000	Rp 946,556	Rp 2,208,631			Helper	2	6.31	Rp 100,000	Rp 1,262,075		TOTAL							Rp 2,208,631				
Harga Pekerja																																													
No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total																																						
1	Lunas	Tukang	1	6.31	Rp 150,000	Rp 946,556	Rp 2,208,631																																						
		Helper	2	6.31	Rp 100,000	Rp 1,262,075																																							
TOTAL							Rp 2,208,631																																						
Perhitungan JO (Variasi 3)																																													
No	Nama konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah Lapisan	Jumlah Konstruksi	Luasan Total (m2)	Produktifitas (JO/luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari																																	
1	Lunas	12	0.111	0.105	26	1	34.67	2.976190476	103.175	3	34.39153439	5.73192240																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Harga Pekerja</th> </tr> <tr> <th>No</th> <th>Konstruksi</th> <th>Nama</th> <th>Jumlah Orang</th> <th>Total Hari</th> <th>Harga per hari</th> <th>Harga</th> <th>Harga Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Lunas</td> <td>Tukang</td> <td>1</td> <td>5.73</td> <td>Rp 150,000</td> <td>Rp 859,788</td> <td>Rp 2,006,173</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Helper</td> <td>2</td> <td>5.73</td> <td>Rp 100,000</td> <td>Rp 1,146,384</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="7">TOTAL</td> <td>Rp 2,006,173</td> </tr> </tbody> </table>							Harga Pekerja			No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total	1	Lunas	Tukang	1	5.73	Rp 150,000	Rp 859,788	Rp 2,006,173			Helper	2	5.73	Rp 100,000	Rp 1,146,384		TOTAL							Rp 2,006,173				
Harga Pekerja																																													
No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total																																						
1	Lunas	Tukang	1	5.73	Rp 150,000	Rp 859,788	Rp 2,006,173																																						
		Helper	2	5.73	Rp 100,000	Rp 1,146,384																																							
TOTAL							Rp 2,006,173																																						

Perhitungan JO (Bambu Ori)												
No	Nama konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah Lapisan	Jumlah Konstruksi	Luasan Total (m2)	Produktifitas (JO/luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari
1	Lunas	12	0.180	0.105	26	1	56.22	2.976190476	167.31	3	55.77005577	9.29500930
Harga Pekerja												
No	Konstruksi	Nama	Jumlah	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total					
1	Lunas	Tukang	1	9.30	Rp 150,000	Rp 1,394,251	Rp 3,253,253					
		Helper	2	9.30	Rp 100,000	Rp 1,859,002						
TOTAL							Rp 3,253,253					

Perhitungan JO (persamaan momen)

Persamaan Momen												
Perhitungan JO (Kayu Ulin)												
No	Nama konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah Konstruksi	Luasan Total (m2)	Produktifitas (JO/luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari	
1	Lunas	12	0.150	0.12	1	1.80	85.71428571	154.2857143	3	51.42857143	8.57142857	
Harga Pekerja												
No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total					
1	Lunas	Tukang	1	8.57	Rp 150,000	Rp 1,285,714	Rp 3,000,000					
		Helper	2	8.57	Rp 100,000	Rp 1,714,286						
TOTAL							Rp 3,000,000					
Perhitungan JO (Variasi 1)												
No	Nama konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah Lapisan Pengeleman	Jumlah Konstruksi	Luasan Total (m2)	Produktifitas (JO/luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari
1	Lunas	12	0.145	0.10	24	1	41.65	2.976190476	123.967	3	41.32223256	6.88703876
Harga Pekerja												
No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total					
1	Lunas	Tukang	1	6.89	Rp 150,000	Rp 1,033,056	Rp 2,410,464					
		Helper	2	6.89	Rp 100,000	Rp 1,377,408						
TOTAL							Rp 2,410,464					

Perhitungan JO (Variasi 1)												
No	Nama konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah Lapisan Pengeleman	Jumlah Konstruksi	Luasan Total (m2)	Produktifitas (JO/luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari
1	Lunas	12	0.145	0.10	24	1	41.65	2.976190476	123.967	3	41.32223256	6.88703876
Harga Pekerja												
No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total					
1	Lunas	Tukang	1	6.89	Rp 150,000	Rp 1,033,056	Rp 2,410,464					
		Helper	2	6.89	Rp 100,000	Rp 1,377,408						
TOTAL							Rp 2,410,464					
Perhitungan JO (Variasi 2)												
No	Nama konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah Lapisan Pengeleman	Jumlah Konstruksi	Luasan Total (m2)	Produktifitas (JO/luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari
1	Lunas	12	0.158	0.10	24	1	45.54	2.976190476	135.544	3	45.18132263	7.53022044
Harga Pekerja												
No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total					
1	Lunas	Tukang	1	7.53	Rp 150,000	Rp 1,129,533	Rp 2,635,577					
		Helper	2	7.53	Rp 100,000	Rp 1,506,044						
TOTAL							Rp 2,635,577					

Perhitungan JO (Bambu Ori)												
No	Nama konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah Lapisan Pengeleman	Jumlah Konstruksi	Luasan Total (m2)	Produktifitas (JO/luasan)	Jumlah JO	Jumlah Orang	Total waktu	Total Hari
1	Lunas	12	0.177	0.10	24	1	50.85	2.976190476	151.337	3	50.44560151	8.40760025
Harga Pekerja												
No	Konstruksi	Nama	Jumlah Orang	Total Hari	Harga per hari	Harga	Harga Total					
1	Lunas	Tukang	1	8.41	Rp 150,000	Rp 1,261,140	Rp 2,942,660					
		Helper	2	8.41	Rp 100,000	Rp 1,681,520						
TOTAL							Rp 2,942,660					

BKI					
Jenis Material	Total Volume (m3)	Harga Material (m3)	Total Biaya	selisih harga	persentase ekonomis
Kayu Ulin Solid	0.16153846	Rp 40,000,000	Rp 6,461,538		
Bambu Ori	0.22702703	Rp 23,725,000	Rp 5,386,216	Rp 1,075,322	17%
Variasi satu (A1)	0.18876404	Rp 26,175,000	Rp 4,940,899	Rp 1,520,640	24%
Variasi dua (A2)	0.15412844	Rp 26,991,667	Rp 4,160,183	Rp 2,301,355	36%
Variasi tiga (A3)	0.14000000	Rp 28,625,000	Rp 4,007,500	Rp 2,454,038	38%

BKI		
Rekap Total Biaya Jam Orang		
Jenis Material	Total Hari	Total biaya
Kayu Ulin Solid	7.33	Rp 2,564,103
Bambu Ori	9.30	Rp 3,253,253
Variasi satu (A1)	7.73	Rp 2,704,952
Variasi dua (A2)	6.31	Rp 2,208,631
Variasi tiga (A3)	5.73	Rp 2,006,173

Rekap Total Biaya Pembuatan Lunas per Variasi			
Jenis Material	Total biaya		Total
	Material	Jasa	
Kayu Ulin Solid	Rp 6,461,538	Rp 2,564,103	Rp 9,025,641
Bambu Ori	Rp 5,386,216	Rp 3,253,253	Rp 8,639,469
Variasi satu (A1)	Rp 4,940,899	Rp 2,704,952	Rp 7,645,851
Variasi dua (A2)	Rp 4,160,183	Rp 2,208,631	Rp 6,368,814
Variasi tiga (A3)	Rp 4,007,500	Rp 2,006,173	Rp 6,013,673

selisih harga	persentase ekonomis
Rp 1,379,790	15%
Rp 386,172	4%
Rp 2,656,827	29%
Rp 3,011,968	33%

Jenis Material	Total Volume (m3)	Harga Material (m3)	Total Biaya	selisih harga	persentase ekonomis
Kayu Ulin Solid	0.21600000	Rp 40,000,000	Rp 8,640,000		
Bambu Ori	0.21187153	Rp 23,725,000	Rp 5,026,652	Rp 3,613,348	42%
Variasi satu (A1)	0.17355338	Rp 26,175,000	Rp 4,542,760	Rp 4,097,240	47%
Variasi dua (A2)	0.18976156	Rp 26,991,667	Rp 5,121,981	Rp 3,518,019	41%
Variasi tiga (A3)	0.20690810	Rp 28,625,000	Rp 5,922,744	Rp 2,717,256	31%

Rekap Total Biaya Jam Orang

Jenis Material	Total Hari	Total biaya
Kayu Ulin Solid	8.57	Rp3,000,000
Bambu Ori	8.41	Rp2,942,660
Variasi satu (A1)	6.89	Rp2,410,464
Variasi dua (A2)	7.53	Rp2,635,577
Variasi tiga (A3)	8.21	Rp2,873,724

Rekap Total Biaya Pembuatan Lunas per Variasi

Jenis Material	Total biaya		Total
	Material	Jasa	
Kayu Ulin Solid	Rp 8,640,000	Rp 3,000,000	Rp 11,640,000
Bambu Ori	Rp 5,026,652	Rp 2,942,660	Rp 7,969,312
Variasi satu (A1)	Rp 4,542,760	Rp 2,410,464	Rp 6,953,223
Variasi dua (A2)	Rp 5,121,981	Rp 2,635,577	Rp 7,757,558
Variasi tiga (A3)	Rp 5,922,744	Rp 2,873,724	Rp 8,796,468

selisih harga	persentase ekonomis
Rp4,686,777	40%
Rp3,670,688	32%
Rp3,882,442	33%
Rp2,843,532	24%

LAMPIRAN I
TABEL KAYU YANG DIPERBOLEHKAN UNTUK BAHAN
KONTRUKSI KAPAL KAYU

No	Nama dagang (huruf besar)	Nama latin (Famili dalam tanda kurung)	Kelas		Berat jenis kering udara (U=15±3%)			Pemakaian	Tempat Tumbuh
			Awet	Kuat	Min	Max	Rata'		
1	AMPUPU	<i>Eucalyptus Alba Reinw</i> (Myrtaceae)	II-III	I-II	0.68	1.02	0.89	Gading, galar, kulit, papan geladak	Maluku, Nusa Tenggara
2	BALAM Nyatoh, Suntai, Maneo, Somaran, Sambun, Arupa, Golin, Headf	<i>Palaquin ndloyi K ot G</i> (Sapotaceae)	II	I	0.90	1.12	1.04	Papan, kulit, gading, galar, balok geladak, papan geladak	Seluruh Indonesia
3	BALAU Damar laut, Balau, Sinantok, Pooti, Benuas, Kelepek, Bangkirai, Resak, Minyak Damadcre	<i>Shorea Spp. Hopea Celebica, Burck</i> (Dipterocarpaceae)	I(II-III)	I-II	0.65	1.22	0.98	Gading, galar, kulit, papan geladak, balok geladak	Sumatera, Sulawesi, Kalimantan
4	BNGKIRAI Benuas, Selangan Batu, Tokam, Bangkirai, Anggelam	<i>Shore laevifolia Ender</i> (Dipterocarpaceae)	I	I-II	0.60	1.16	0.91	Semua bagian kapal	Kalimantan
5	BEDARU Daru-daru, Garu Buaya, Tusan	<i>Candeya cormiculata, Howard</i> (Icacinaeae)	I	I	0.84	1.36	1.04	Lunas, linggi, gading, dudukan mesin dan bagian yang memerlukan kekuatan	Sumatera, Kalimantan, Nusa Tenggara Barat
6	BELANGERAN Kawi, Kohooi	<i>Shorea balangeran, Burck,</i> (Dipterocarparene)	II(I-III)	(I)-II	0.73	0.98	0.86	Gading, galar, balok geladak, papan geladak, kulit	Sumatera, Kalimantan
7	BERUMBUNG	<i>Adina minutiflora Val</i> (Rubiaceae)	II	I-II	0.74	0.94	0.85		Sumatera, Kalimantan
8	BINTANGUR Nyamplung, Punaga, Kapur-raya, Betawa, Bentango, Bali-toko	<i>Calopyllum Spp</i> (Guttiferae)	III	II-III	0.37	1.07	0.78	Konstruksi bagian dalam tiang layer	Sumatera, Jawa, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku
9	BUGIS, Kelembiring	<i>Koordersiodendron pinnatum Merr</i> (Anacardiaceae)	III-IV	II-III	0.41	1.02	0.80	Gading, galar, kulit, geladak	Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Irian Jaya

No	Nama dagang (huruf besar)	Nama latin (Famili dalam tanda kurung)	Kelas		Berat jenis kering udara (U=15±3%)			Pemakaian	Tempat Tumbuh
			Awet	Kuat	Min	Max	Rata ²		
10	BUNGUR Wungu ketangi, Oindolo, Langoti	<i>Lagerstroemia speciosa</i> Pers (Lythraceae)	II-III	I-II	0.62	1.01	0.8	Rangka-rangka, gading, galar, kulit, papan	Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara
11	CEMARA Angin, Embun, Ruwow	<i>Casuarina</i> Spp (Casuarinaceae)	II-III	I-II	1.04	1.18			Sumatera, Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara, Irian Jaya, Kalimantan Barat
12	CEMPAGA Pondongio motaha, Kayuroda	<i>Dysoxylum densiflorum</i> Miq (Meliaceae)	II-III	II	0.57	0.90	0.71		Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara
13	CENGAL Awnkung, Tekan, Cangar, Mata-kucing, Gagil	<i>Hopea Sangal</i> Korth (Santalaceae)	II-III	II- III	0.51	0.89	0.70	Kulit, gading, papan geladak, senta	Sumatera, Jawa
14	DUNGUN Dungun-dungun, Dasi kambing palapi	<i>Herifera Letteralis</i> <i>Oryxand</i> (Sterculiaceae)	I-II	I	0.88	1.23	0.98	Bangka- rangka, lunas dan bagian lain yang memerlukan perlengkungan uap	Seluruh Indonesia
15	GADOK Gerunjing, Bintangun, Palentuna, Polo	<i>Bischofia Javanica</i> Bi (Euphorbiaceae)	II-III	II- (III- I)	0.55	1.00	0.75	Gading, galar, balok geladak, papan geladak	Sumatera, Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara, Irian Jaya
16	GELAM	<i>Melaleuca leucadendron</i> L (Myrtaceae)	III	II	0.73	0.85		Gading, galar, balok geladak, papan geladak, kulit	Seluruh Indonesia
17	GIA, Hiya, Alilowas, Samal, Samarbatu	<i>Homalium foetidum</i> <i>Bent</i> (Flacourtiaceae)	I-(II)	I- (II)	0.77	1.06	0.97	Lunas, linggi, gading, senta, kulit	Sulawesi, Maluku, Kalimantan, Irian Jaya

No	Nama dagang (huruf besar)	Nama latin (Famili dalam tanda kurung)	Kelas		Berat jenis kering udara (U=15±3%)			Pemakaian	Tempat Tumbuh
			Awet	Kuat	Min	Max	Rata ³		
18	GIAM, Resak tembaga, Resak dzun lebar	<i>Cotylelobium Sperdiv</i> (Dipterocarpaceae)	I	I	0.83	1.15	0.99	Lunas, rangka, gading, linggi, kulit, galar, geladak	Sumatra, Kepri, Kalimantan
19	GISOK, Gisok Gunung	<i>Shorea Guiso BI</i> (Dipterocarpaceae)	II-III	I-II	0.73	0.97	0.83	Gading, galar, kulit, papan geladak, balok geladak	Sumatera, Kalimantan
20	GOFASA Gofasa, Batu Bili, Tempira, Walata, Kalban	<i>Vitex cofassus Reinw</i> (Verbenaceae)	II-III	II-III	0.57	0.93	0.74	Gading, kulit, papan geladak	Sulawesi, Maluku, Irian Jaya
21	JATI, Teak, Taok, Jatos, Deleg, Dodolan, Jate, Kiat	<i>Tectona grandis Lf</i> (Verbenaceae)	I-(II)	II	0.59	0.82	0.70	Semua bagian kapal	Jawa, Sulawesi, Nusa Tenggara
22	JOHAR	<i>Casia siamea Lamk</i> (Caesalpiniaceae)	I-II	II-I	0.68	0.96	0.84	Papan geladak, dinding rumah geladak	Jawa, Sumatera
23	KAPUR, Kamper, Sintok, Petanang, Kuras, Burnes, Champewood	<i>Dryobalanops lanceolate, Burck</i> (Dipterocarpaceae)	II-III	I-II	0.63	0.94	0.81	Kulit, papan geladak, gading, balok geladak, rumah geladak, galar, senta	Sumatera, Kalimantan
24	KEMPAS, Manggeris, Hampas, Tualang, Bengaris	<i>Koompassia malaccensis Maing</i> (Caesalpiniaceae)	III-IV	I-II	0.68	1.29	0.95	Lunas, linggi, gading, pondasi mesin, senta	Sumatera, Kalimantan
25	KERUJUNG Palahlar, Keladan, Logam ariung, Kayu kawan, tempulan, Dermala, Andiri, Kakap	<i>Dipterocarpus Specdiv</i> (Dipterocarpaceae)	III	(I)- II	0.51	1.01	0.79	Kulit, papan geladak, gading	Sumatera, Jawa, Kalimantan
26	KETAPANG, Sirise	<i>Terminalia balerica Roxb, Terminalia edulisblanco, Terminalia gigantean V SI (Combretaceae)</i>	III-V	II-III	0.41	0.85		Gading, papan geladak, galar, balok geladak	Seluruh Indonesia
27	KOLAKA Bunga	<i>Parinari Corymbosa Miq (Rosaceae)</i>	III	I	0.73	1.09	0.96	Gading, galar, balok geladak, papan geladak, kulit	Seluruh Indonesia

No	Nama dagang (huruf besar)	Nama latin (Famili dalam tanda kurung)	Kelas		Berat jenis kering udara (U=15±3%)			Pemakaian	Tempat Tumbuh
			Awet	Kuat	Min	Max	Rata ²		
28	KOSAMBI Kesambi	<i>Schleichera oleosa</i> Merr (Sapindaceae)	III	I	0.73	1.09	0.96	Lunas, linggi, gading, senta, kulit, papan geladak	Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara,
29	KRANJI Keranji	<i>Dialium platysepalum</i> Baber (Caesalpinia)	I	I-II	0.84	1.04	0.98	Gading, galar, lunas, linggi	Sumatera, Jawa, Kalimantan
30	KUKU	<i>Pericopsis mooniana</i> Thw (Papilionaceae)	II	I			0.87	Gading, kulit, galar, senta, geladak, balok geladak, rumah geladak	Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Irian Jaya
31	KULIM Kayu bawang, Kundur	<i>Scorodocarpus borneensis</i> Beec (Olacaceae)	I-(II)	I	0.73	1.08	0.94	Lunas, linggi, gading, kulit, galar, dudukan mesin dan bagian yang memerlukan kekuatan	Sumatera, Kalimantan
32	KUPANG	<i>Ormosia Sumatrana</i> Prain (Papilionaceae)	II-IV	II-II	0.54	0.78		Konstruksi di atas garis air	Sumatera, Jawa, Kalimantan, Maluku, Sulawesi
33	LABAN Leban, Kibeyas, Pampa halban	<i>Vilox pusbesceus</i> Vahl (Verbenaceae)	I	I-II	0.74	1.02	0.88	Kulit, papan geladak, gading, lunas, galar, linggi, dll	Sumatera, Kepri, Kalimantan
34	LARA, Mangi, Momosi, Motulu, Nani, Masili	<i>Metrosiderus petiolata</i> Kds (Myrtaceae)	I	I	0.98	1.23	1.15	Lunas, gading, linggi, dudukan mesin, galar dan bagian yang memerlukan kekuatan	Sulawesi, Maluku
35	LEDA	<i>Eucalyptus deglupta</i> Bl (Myrtaceae)	IV(V- II)	III (II- IV)	0.39	0.81	0.57	Bagian konstruksi di atas garis air	Sulawesi, Maluku
36	MAHANG Kapur	<i>Macaranga hypoleuca</i> Meuli Arg. (Euphorbiaceae)	IV-V	II- IV	0.30	0.55		Papan rumah geladak, papan geladak dan konstruksi diatas garis air	Sumatera, Jawa, Kalimantan
37	MAHONI	<i>Swietenia mahagoni</i> Jocq. <i>Swietenia</i> <i>Machrophylla</i> King (Meliaceae)	III	II- III	0.56	0.76	0.64	Kulit, papan geladak, gading, galar	Jawa

No	Nama dagang (huruf besar)	Nama latin (Famili dalam tanda kurung)	Kelas		Berat jenis kering udara (U=15±3%)			Pemakaian	Tempat Tumbuh
			Awet	Kuat	Min	Max	Rata ²		
38	MALAS, Gelam tembago, Ampalang	Parastemoll Urophyllum A. DC (Rosaceae)	II-III	I	0.95	1.15	1.04	Semua bagian kapal	Sumatera, Kalimantan
39	MATOA Kasai Galunggung, Kase, Jagir, Hatobu motoa, Iseb	Pomeria Spp (Sapindaceae)	III-IV	II(I- III)	0.50	0.99	0.77		Sumatera, Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara, Irian Jaya
40	MEDANG Kisereh, Kayu lada, Selasih, Marwali, Palio	Litsea firma Hook, f Debaasiacaesia BI (Lauraceae)	III-V	II-V	0.36	0.85		Papan geladak, bagian konstruksi diatas garis air	Seluruh Indonesia
41	MERANTI BATU	Shorea platyclados (Dipterocarpaceae)	II-IV	II- IV	0.29	1.01	0.55	Lunas, linggi, kulit, papan geladak, gading	Sumatera, Kalimantan, Maluku, Sulawesi
42	MERANTI MERAH Banio, Damar, Lampung, Seraya lanan, Uban salak	Shorea acuminata Dyer (Dipterocarpaceae)	III-IV	II- IV	0.29	1.01	0.55	Papan geladak, konstruksi diatas garis air	Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku
43	MERANTI PUTIH, Kayu takan, Honi, Damar cermin, Mesegar, Meranti bodat	Shorea lamellata (Dipterocarpaceae)	III-IV	II- IV	0.29	0.96	0.54	Papan geladak, konstruksi diatas garis air	Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku
44	MERAWAN Nyerekat, Damar lilin, Dasal, Manirawan, gagil, andorie, boamo, sam, wapei	Hopea dasyrrachis VSI, Hopea dryobalanoides Mig. Hopea ferginea Parijs, Hopea Mengarawan Mig. Hopea Sericea BI (Dipterocarpaceae)	II-III	II- III	0.42	1.03	0.70	Papan geladak, konstruksi diatas garis air	Sumatera, Kalimantan
45	MERBAU Ipil, Merbo, Bayam, Kayu besi	Instsia bijuga, Ktze, Instsia palembanica Mig. (Caesalpinaceae)	I-II	I- (II)	0.52	1.04	0.80	Bagian kapal diatas garis air	Seluruh Indonesia
46	NYIRIH	Xylocarpus granarum Koen (Meliceae)	II-II	II	0.70	0.74		Bagian konstruksi diatas garis air	Seluruh Indonesia

No	Nama dagang (huruf besar)	Nama latin (Famili dalam tanda kurung)	Kelas		Berat jenis kering udara (U=15±3%)			Pemakaian	Tempat Tumbuh
			Awet	Kuat	Min	Max	Rata ³		
47	PASANG Hampering, paning-paning, begung, hoting, karamajo, batamwa, wrakas, palele	<i>Quercus lineata</i> Bl. <i>Lithocarpus sundaicus</i> (Fagaceae)	II-IV	III	0.50	0.69	0.58	Gading, galar, balok geladak	Seluruh Indonesia
48	PATIN, Selenar	<i>Mussaendopsis beccariana</i> Baili	I	I-II	0.82	1.02	0.92	Gading, galar, kulit, balok geladak, papan geladak	Sumatera, Kepri, Kalimantan
49	PELAWAN	<i>Tristania Maingayi Duthie</i> (Myrtaceae)	I-II	I	1.00	1.19		Lunas, linggi, gading, kulit dan bagian yang memerlukan kekuatan	Sumatera, Kalimantan
50	PEREPAT DARAT	<i>Combretocarpus rotundatus</i> Dans (Bhizoporaceae)	III	II	0.67	0.85	0.76	Bagian konstruksi diatas garis air	Sumatera, Kalimantan
51	PEREPAT LAUT Rambai papan, perepak, beropa	<i>Sonneratia alba</i> Smith (Sulicratiaceae)	III-II	II-I	0.62	1.00	0.78	Gading, kulit, papan geladak, balok geladak	Seluruh Indonesia
52	PETALING Petatar	<i>Ochanostachys anlentacea</i> Mast (Olacace)	I-II	I-II	0.72	1.09	0.91	Lunas, linggi, gading, galar, kulit	Sumatera, Kalimantan
53	PETANANG	<i>Dryoba lanops oblollgifolia</i> Dyer (Dipterocarpaceae)	III	II	0.62	0.91	0.75		Sumatera
54	PIMPING	<i>Stcruliafoctida</i> L (Stcruliaceae)	III-V	I-IV	0.35	0.64			Seluruh Indonesia
55	PINANG	<i>Pentace Triptera</i> Mast (Tiliaceae)	III-V	II- III	0.47	0.87	0.66	Konstruksi diatas garis air	Sumatera, Kalimantan
56	POLAPI, Piratu, kalapi	<i>Kallapia celebiea</i> Kastern (Capsalponiaceae)	I-III	II	0.59	0.71	0.61	Papan	Kalimantan, Sulawesi

No	Nama dagang (huruf besar)	Nama latin (Famili dalam tanda kurung)	Kelas		Berat jenis kering udara (U=15±3%)			Pemakaian	Tempat Tumbuh
			Awet	Kuat	Min	Max	Rata ³		
57	PUNAK Penagit	Tetrameristaglabra Miq (Theaceae)	III-IV	II	0.55	0.90	0.76	Papan geladak, dinding rumah geladak, rangka rumah geladak	Sumatera, Kalimantan
58	PUSPA Madang keladi	Schima wallichii Korth (Theaceae)	III	II	0.62	0.71		Gading, kulit, galar, papan geladak	Sumatera, Jawa, Kalimantan
59	PUTAT Telisia, Wiwa	Planchonia Valida BI (Lecythidaceae)	II-II	I-II	0.80	0.89		Papan geladak, kulit, gading	Seluruh Indonesia
60	RASAMALA Mandung	Alringia excels Noronha (Hamamelida)	II- (III)	II	0.61	0.90	0.81		Sumatera, Jawa
61	RENGAS, Bara- bara, Gengas, Bembalut, Jongas, Keramu	Gluta Benghas L (Anacardiaceae)	II	II	0.59	0.84	0.69	Gading, galar, kulit papan, geladak, balok geladak	Sumatera, Jawa, Kalimantan
62	RESAK Rasak, Sigam, Aboh, Cengal, Arsad, Hiru	Varica Spp (Dipterocarpaceae)	III	II	0.49	0.99	0.70	Lunas, gading, linggi, kulit, balok geladak	Sumatera, Kalimantan, Maluku, Irian Jaya
63	SAWO KECIK	Manilkara Kauki (Sapotaceae)	I	I	0.97	1.06	1.03	Bantalan poros	Sumatera, Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa tenggara
64	SIMPUR Simpur jangkang	Dillenia eximia Miq (Dilleniaceae)	III-V	I-III	0.60	0.89		Konstruksi diatas garis air	Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi,
65	SINDUR Suren	Sindora Spp (Caesalpiniaceae)	II-V	II- III	0.59	0.85		Geladak dan konstruksi diatas garis air	Seluruh Indonesia
66	SOLEWE Polapi, Latoo	Madhuca philipinosis Merr	I-II	I-II	0.84	0.93		Lunas, linggi, galar, kulit gading	Sulawesi

No	Nama dagang (huruf besar)	Nama latin (Famili dalam tanda kurung)	Kelas		Berat jenis kering udara (U=15±3%)			Pemakaian	Tempat Tumbuh
			Awet	Kuat	Min	Max	Rata ³		
67	SURIAN Suren	<i>Toona sereni</i> Merr (Meliaceae)	III-V	III-V	0.38	0.50		Papan geladak dan konstruksi diatas garisa air	Seluruh Indonesia
68	SURIAN BAWANG	<i>Melia excels</i> Jack (Meliaceae)	III-IV	II-III	0.49	0.70	0.60	Papan dan bagian diatas air	Sumatera, Kalimantan, Papua, Maluku
69	TANJUNG Nane	<i>Mimusopselengi</i> L (Sapotaceae)	I-II	I	0.92	1.12	1.00	Gading, galar, linggi, lunas, kulit	Sumatera, Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara
70	TEMBESU Tembusan talang, talang tanduk	<i>Fagraea fragrans</i> Roxb, <i>Fagraea soraria</i> JIS (Loganiaceae)	I	II	0.72	0.93	0.81	Lunas, gading, linggi, kulit	Sumatera, Jawa, Kalimantan
71	TEMPINIS	<i>Sloetia elongate</i> Kels (Moraceae)	I	I	0.92	1.20	1.01	Lunas, linggi, kulit dan bagian yang memerlukan kekuatan	Sumatera, Sulawesi
72	TERALING dangun, Mengkulang	<i>Terrietia symplicifolia</i> Mast (Sterculiaceae)	II-IV	II	0.52	0.99	0.75	Papan-papan dan gading	Sumatera, Jawa, Sulawesi
73	TERAP	<i>Artocarpus elasticus</i> Reinw (Moraceae)	III-IV	III-V	0.21	0.64	0.44		Seluruh Indonesia
74	TUALANG bengaris, Kempas	<i>Koompassia excels</i> Taub (Caesal piniaceae)	III-IV	II(I-II)	0.57	1.12	0.83	Lunas, linggi, dudukan mesin, kulit gading, galar	Sumatera Kalimantan, Sulawesi
75	ULIN Bulian	<i>Eusideroxyton</i> Zwageri T et B (Lauraceae)	I	I	0.88	1.19	1.04	Semua bagian kapal, bagian yang memerlukan kekuatan	Jawa, Nusa Tenggara
76	WALIKUKUN	<i>Schoutcna ovata</i> Korth (Tiliaceae)	II	I	0.90	1.08	0.98	Semua bagian terutama yang memerlukan kekuatan	Jawa, Nusa Tenggara

BIODATA PENULIS



Galih Wahyu Pratama, nama lengkap penulis yang kerap disapa Galih. Dilahirkan di Probolinggo pada 24 Februari 1997 silam, Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK PKK Argopuro, kemudian melanjutkan ke SDN Bremsi 1 Probolinggo, SMP Negeri 1 Kraksaan Probolinggo dan SMA Negeri 1 Probolinggo. Setelah lulus SMA, Penulis melanjutkan menempuh studi di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS Surabaya pada tahun 2015

melalui jalur SNMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Industri Perkapalan. Selama masa studi di ITS, selain kegiatan belajar akademis di kuliah Penulis juga aktif dalam kegiatan non akademis, penulis pernah menjadi *staff* Departemen DAGRI Himatekpal 2015/2016 *staff* Departemen DAGRI BEM ITS 2016/2017 Kepala Departemen DAGRI BEM FTK 2017/2018. Selain itu, Penulis juga pernah mengikuti program pengabdian masyarakat ITS Mengajar *batch* 3 dan pelatihan manajerial, seperti LKMM PraTD, LKMM TD, LKMM TM FTK ITS. Selain itu penulis juga pernah menjadi *grader* mata kuliah Teknologi Material dan Mekanik dan pernah mengikuti pelatihan keterampilan *software* AutoCad dan Maxsurf yang diselenggarakan oleh Departemen Ristek Himatekpal ITS.

Email: wahyupratama224@gmail.com