



TESIS - MN142532

KAJIAN STANDARISASI LAMINASI STRUKTUR
KONSTRUKSI LAMBUNG KAPAL IKAN
FIBERGLASS 3 GT

ISMAIL MARZUKI

NRP. 4115203011

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

Prof. Dr. Ir. Buana Ma'ruf, M.Sc., MM.

PROGRAM MAGISTER
TEKNIK PRODUKSI DAN MATERIAL KELAUTAN
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



TESIS - MN142532

STANDARIZATION STUDY ON CONSTRUCTION
STRUCTURE FIBERGLASS LAMINATED 3 GT
FISHING BOAT

ISMAIL MARZUKI

NRP. 4115203011

SUPERVISOR

Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

Prof. Dr. Ir. Buana Ma'ruf, M.Sc., MM.

MAGISTER PROGRAM
MARINE PRODUCTION AND MATERIAL TECHNOLOGY
SHIP BUILDING DEPARTEMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

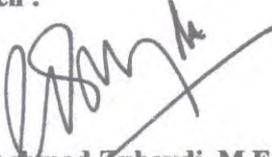
LEMBAR PENGESAHAN

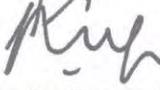
Tesis ini Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

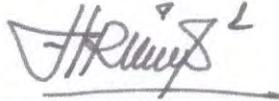
Oleh :
ISMAIL MARZUKI
NRP : 4115203011

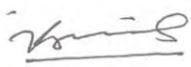
Tanggal Ujian : 11 Juli 2017
Priode Wisuda : September 2017

Disetujui Oleh :


1. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D (Pembimbing I)
NIP. 195905051984031012


2. Prof. Dr. Ir. Buana Ma'ruf, M.Sc., MM (Pembimbing II)
NIP. 196110151987031003


3. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc (Penguji I)
NIP. 196404161989031003


4. Dr. Ir. I Ketut Suastika, M.Sc (Penguji II)
NIP. 196912312006041178



Dekan Fakultas Teknologi Kelautan


Prof. Ir. Daniel Mohammad Rosyid, Ph.D
NIP. 196107021988031003

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala karunia dan ridho-NYA, sehingga tesis dengan judul “**Kajian Standarisasi Laminasi Struktur Konstruksi Lambung Kapal Ikan *Fiberglass* 3 GT**” ini dapat diselesaikan. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) pada Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK) Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D, selaku pembimbing 1, terima kasih atas bimbingan, arahan dan waktu yang telah diluangkan kepada penulis untuk berdiskusi selama menjadi dosen pembimbing.
2. Prof. Dr. Ir. Buana Ma'ruf, M.Sc., MM, selaku pembimbing 2, terima kasih atas segala saran dan masukan mengenai topik dari tesis ini dan juga bimbingan, arahan dan waktu yang telah diluangkan kepada penulis untuk berdiskusi selama menjadi dosen pembimbing maupun matakuliah yang telah diajarkan.
3. (Alm) Prof. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D yang telah memberikan masukan dan saran pada saat seminar proposal, ilmu yang telah diberikan akan menjadi amal jariah, amin.
4. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryan, M.Sc., Selaku Dosen Wali terima kasih atas kepeduliannya serta masukan kepada penulis.
5. Seluruh Dosen Program Pascasarja Teknik Produksi dan Material Kelautan yang telah memberikan ilmu secara akademik kepada penulis.
6. Ayahanda Abdul Samad dan Ibunda Hesty atas segala dukungan dan doanya.
7. Istri yang ku cintai Diyana Eksadharma, ST, M,Soc. SC., atas segala motivasi, perhatian dan doanya serta kesabaran menunggu di rumah selama beberapa waktu. Dan Ananda tercinta Danish El Hamas Marzuki,

Adhyastha Fattah Marzuki dan si kecil Akega Trisakti Marzuki yang lahir saat menempuh studi dan tak dapat mendengar tangisan pertama mu, kalianlah semangat ayah.

8. Bapak Suhardiman, ST, MT selaku Kepala Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Bengkalis terima kasih atas pemakaian fasilitas Laboratoriumnya.
9. Bapak Anang selaku Direktur PT Anang Craftindo dan Bapak Wasanuddin Selaku Direktur CV. Berkah Laut Cilacap, trimakasih atas segala fasilitas yang diberikan selama penelitian di Cilacap.
10. Bapak Alfansuri, ST, M.Sc., Selaku Pengelola Akademi Komunitas Negeri Bengkalis (AKNB) yang telah memberi izin belajar kepada penulis.
11. Rekan-rekan Asram Sri Junjungan IPMB Surabaya, Bobi, Lizar, Gofur, Zul, Sidik, Asep, Devan, Nanda, Daus, Imun dan Kang Safrin.
12. Rekan-rekan S-2 Teknik Produksi dan Material Kelautan, terima kasih atas kebersamaan, bantuan dan dukungan saat sama-sama berjuang.
13. Terima kasih yang tak terhingga kepada Kemenristek DIKTI atas support pendanaan selama study melalui beasiswa BPPDN PTN Baru tahun 2015.
14. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan di bidang perkapalan. Segala masukan dan saran sangat diharapkan, mengingat banyaknya kekurangan dalam penulisan tesis ini.

Surabaya, Juli 2017

Ismail Marzuki
NRP. 4115203011

KAJIAN STANDARISASI STRUKTUR KONSTRUKSI LAMBUNG KAPAL IKAN *FIBERGLASS* 3 GT

Nama Mahasiswa : Ismail Marzuki
NRP : 4115203011
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D
Prof. Dr. Ir. Buana Ma'ruf, M.Sc., MM

ABSTRAK

Material *fiberglass* masih menjadi alternatif dalam pembuatan kapal di Indonesia, hal ini terlihat dari banyaknya kapal ikan berbahan *fiberglass* pesanan KKP pada tahun 2016. Tetapi beberapa galangan lokal umumnya belum memiliki *engineering standards* pada proses produksinya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan sejauh mana penerapan aturan klasifikasi pada proses produksi pembangunan kapal ikan 3 GT dengan melakukan pengujian kuat tarik dan kuat tekuk terhadap spesimen laminasi kapal ikan FRP 3 GT yang diambil dari dua galangan yang sedang membangun kapal ikan pesanan Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) tahun 2016, di mana proses pembangunannya mengacu pada persyaratan pengujian dalam Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) tahun 2015, yang memakai *International Standard (ISO) 527-4 (1997)* untuk uji tarik, dan *ISO 14125 (1998)* untuk uji bending. Spesimen yang di uji masing-masing diambil dari bagian lunas (*keel*), alas (*bottom*) dan sisi (*side*). Secara keseluruhan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah bahwa bagian sisi (*side*) hasil pengujian di dua galangan tidak memenuhi ketetapan *rules* BKI 2015 yaitu 85 Mpa, selanjutnya mengevaluasi struktur konstruksi yang pada penerapannya tidak memenuhi dari aturan klasifikasi dan juga memberikan alternatif susunan laminasi optimal untuk diterapkan dalam pembangunan kapal ikan 3 GT berbahan *fiberglass*. Penelitian ini juga nantinya dapat berkontribusi dalam rangka penyusunan standarisasi untuk kapal-kapal fiber berukuran kecil.

Kata kunci: kapal ikan, *fiberglass*, uji tarik, uji bending, laminasi, standarisasi

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

STANDARIZATION STUDY ON CONSTRUCTION STRUCTURE FIBERGLASS LAMINATED 3 GT FISHING BOAT

Student Name : Ismail Marzuki
NRP : 4115203011
Supervisor : Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D
Prof. Dr. Ir. Buana Ma'ruf, M.sc., MM

ABSTRACT

Fiberglass material is still an alternative in shipbuilding on Indonesia, this is evident from the number of fiberglass fishing boats KKP orders in 2016. This study aims to conduct tinjauan extent to which the application of rules on the production process of construction of 3 GT fishing boat by testing the tensile strength And bend test of FRP 3 GT fishing laminate specimens taken from two shipyards that are building fishing boat Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) order on 2016, where the buid process refers to the testing requirements in the Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 2015, which uses International Standard (ISO) 527-4 (1997) for tensile tests, and ISO 14125 (1998) for bending tests. The specimens to be tested are taken from keel, bottom and side. Overall the results obtained in this study in the two shipyard do not meet the provisions of the 2015 BKI rules are 85 Mpa, and evaluating the lamination of construction structures which in the application does not meet from the rules of classification and also provides an optimal alterbatif lamination arrangement to be applied in the construction of 3 GT fiberglass fishing boat. This research will also be able to contribute in standardization for small fiber ships.

Keywords: Fishing Vessel, Fiberglass, Tensile Stenght, Bending Test, Laminate, Standardization

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Hipotesis Kajian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Kapal <i>Fiberglass</i>	5
2.2. Penelitian Terdahulu	7
2.3. Bahan Dasar <i>Fiberglass</i>	14
2.4. Metode Pembuatan	20
2.5. Metode Laminasi Konstruksi	22
2.6. Standar Pengujian Spesimen	25
2.7. Kapal FRP 3 GT Pesanan KKP.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1. Skema Penelitian	29
3.2. Pembuatan Spesimen Pengujian.....	31
3.2.1. Persiapan Alat dan Bahan	31
3.2.2. Desain Spesimen Pengujian	33

3.2.3. Pembuatan Spesimen Pengujian	35
3.3. Pelaksanaan Pengujian.....	38
3.3.1. Pengujian Tarik (<i>Tensile Strenght</i>).....	39
3.3.2. Pengujian Tekuk (<i>Bending Test</i>)	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1. Hasil Identifikasi Lapangan.....	45
4.2. Analisis Perhitungan Kontruksi.....	51
4.2.1. Perhitungan ketebalan tiap lapisan laminasi.....	51
4.2.2. Perhitungan berat dan jumlah laminasi bagian alas (<i>bottom</i>)...	54
4.2.3. Perhitungan berat dan jumlah laminasi bagian sisi (<i>side</i>)	55
4.2.4. Perhitungan berat dan jumlah laminasi bagian lunas (<i>keel</i>)	56
4.2.5. Perhitungan berat dan jumlah laminasi spesimen eksperimen .	57
4.3. Hasil Pengujian.....	59
4.3.1. Hasil Pengujian Tarik	60
4.3.2. Hasil Pengujian Bending	62
4.4. Analisis Kekuatan Struktur.....	64
4.4.1. Pemodelan	65
4.4.2. Proses <i>Meshing</i>	66
4.4.3. Pembebanan (<i>Loading</i>).....	66
4.4.4. Hasil Runing Model.....	68
4.5. Pembahasan	71
BAB V PENUTUP	75
5.1. Kesimpulan	75
5.2. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
BIODATA PENULIS.....	81
LAMPIRAN	83

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Perbandingan berat dan kekuatan material <i>fiberglass</i>	6
Tabel 2. 2 Hasil uji tarik <i>sample</i> laminasi galangan	8
Tabel 2. 3 Hasil uji tekuk <i>sample</i> laminasi galangan.....	8
Tabel 2. 4 Hasil uji tarik spesimen dengan resin A dan B	9
Tabel 2. 5 Hasil uji tekuk spesimen dengan resin A dan B.....	9
Tabel 2. 6 Pengujian variasi sudut laminasi <i>fiberglass</i>	13
Tabel 2. 7 Sifat mekanis serat glass	15
Tabel 2. 8 Standar Uji Spesimen.....	26
Tabel 3. 1 Jumlah dan ukuran spesimen yang akan diuji.....	35
Tabel 3. 2 Daftar berat spesimen pada masing-masing kelompok.....	37
Tabel 4. 1 Bahan utama pembuatan kapal ikan 3 GT	46
Tabel 4. 2 Laminasi schedule konstruksi kapal FRP	47
Tabel 4. 3 Perhitungan beban pada bagian lambung kapal <i>fiberglass</i>	53
Tabel 4. 4 Komposisi lapisan laminasi bagian alas (<i>bottom</i>).....	55
Tabel 4. 5 Komposisi lapisan laminasi lambung kapal 3 GT bagian sisi (<i>side</i>) ...	56
Tabel 4. 6 Perhitungan berat dan jumlah laminasi bagian lunas (<i>keel</i>).....	56
Tabel 4. 7 Berat dan jumlah laminasi eksperimen bagian alas (<i>bottom</i>)	57
Tabel 4. 8 Berat dan jumlah laminasi eksperimen bagian sisi (<i>side</i>).....	58
Tabel 4. 9 Berat dan jumlah laminasi eksperimen bagian lunas (<i>keel</i>).....	58
Tabel 4. 10 Hasil uji tarik spesimen lambung kapal ikan 3 GT.....	60
Tabel 4. 11 Hasil pengujian bending Spesimen lambung kapal ikan 3 GT	62
Tabel 4. 12 Standarisasi berat laminasi lambung kapal <i>fiberglass</i>	72

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Jenis kapal nelayan 3 GT berbahan <i>fiberglass</i>	5
Gambar 2. 2 Distribusi tegangan pada lambung kapal	11
Gambar 2. 3 Serat chopped standart mat (CSM) 300	16
Gambar 2. 4 Serat woving roving (WR) 600	16
Gambar 2. 5 Jenis resin yang sering di gunakan untuk pembuatan kapal.....	18
Gambar 2. 6 Katalis sebagai bahan campuran resin	19
Gambar 2. 7 <i>Mold Realease Agent</i>	19
Gambar 2. 8 Metode <i>hand lay up</i>	20
Gambar 2. 9 Metode <i>spay up</i>	21
Gambar 2. 10 Metode resin transfer moulding	22
Gambar 2. 11 Sambungan laminasi pada bagian alas (<i>bottom</i>) kapal.....	23
Gambar 2. 12 Laminasi di daerah chine.....	23
Gambar 2. 13. Posisi laminasi lambung kapal <i>fiberglass</i>	24
Gambar 2. 14 Lapisan pada area lunas.....	24
Gambar 2. 15 Jenis laminasi pada gading dan pembujur.....	25
Gambar 3. 1 Skema penelitian	29
Gambar 3. 2 Persiapan peralatan pembuatan spesimen.	32
Gambar 3. 3 Bahan yang digunakan	32
Gambar 3. 4 Desain sampel uji tarik (<i>tensile</i>).....	33
Gambar 3. 5 Desain spesimen uji tekuk (<i>Bending</i>).....	34
Gambar 3. 6 Proses temper dengan menggunakan oven pemanas.....	36
Gambar 3. 7 Kelompok spesimen yang siap uji.....	38
Gambar 3. 8 Proses uji tarik di laboratorium	38
Gambar 3. 9 Ilustrasi uji tarik dan tegangan yang terjadi.	39
Gambar 3. 10 Kurva <i>stress – strain</i> menentukan modulus elastisitas.....	40
Gambar 3. 11 Desain sampel uji tarik (<i>Tensile</i>).....	42
Gambar 3. 12 Desain spesimen uji tekuk (<i>Bending</i>).....	43
Gambar 3. 13 (a) Kondisi awal dan (b) Kondisi setelah pembebanan.....	43

Gambar 4. 1 (a) Proses pembuatan dan (b) pemasangan pembujur (<i>girder</i>).....	50
Gambar 4. 2 Proses pemasangan gading pada konstruksi kapal ikan 3 GT	50
Gambar 4. 3 Potongan melintang (<i>midship section</i>) kapal ikan 3 GT.....	54
Gambar 4. 4 Bentuk dari hasil pengujian (a) uji tarik dan (b) uji bending.....	59
Gambar 4. 5 Grafik tegangan regangan spesimen eksperimen bagian sisi	62
Gambar 4. 6 Garafik uji bending hasil eksperimen di bagian sisi (<i>side</i>).....	63
Gambar 4. 7 Letak daerah <i>hot spot</i> pada pemodelan.....	65
Gambar 4. 8 Proses pembuatan model 3D dari AutoCAD 2007 ke Ansys 14.5 ...	65
Gambar 4. 9 <i>Meshing</i> model dengan Ansys 14.5	66
Gambar 4. 10 Pembebanan pada model 3D dengan Ansys 14.5.....	67
Gambar 4. 11 Total <i>deformation</i> pada model 3D dengan Ansys 14.5	68
Gambar 4. 12 Penyebaran <i>maximum principal stress</i> pada model 3D ansys	69
Gambar 4. 13 Penyebaran <i>maximum principal stress</i> pada model 3D.....	70
Gambar 4. 14 Penyebaran <i>maximum principal stress</i> pada model 3D.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Konstruksi lambung kapal *fiberglass* menjadi hal yang sangat penting dikaji dan dikembangkan dalam rangka standarisasi kapal *fiberglass* yang beroperasi di wilayah kepulauan Indonesia, sehingga kapal-kapal *fiberglass* memiliki standar mutu yang dapat menjamin keselamatan kapal di laut (Ma'ruf, 2013). Kapal berbahan *fiberglass* memiliki peran penting di dalam menunjang transportasi laut nasional khususnya di wilayah pantai atau pesisir. Kapal jenis ini juga memiliki beberapa keunggulan teknis dan ekonomis, sehingga kebutuhannya terus meningkat. Namun demikian, kekuatan konstruksi lambung kapal *fiberglass* sering menjadi penyebab terjadinya kecelakaan di laut. Hasil penelitian yang dilakukan Ma'ruf (2009) di beberapa galangan kapal *fiberglass* menunjukkan bahwa, desain konstruksi dan proses laminasi lambung kapal *fiberglass* umumnya tidak mengacu pada persyaratan kelas, sehingga kekuatan konstruksinya sulit dijamin. Selain itu, disebutkan bahwa galangan kapal tidak memiliki standar *enjiniring* mengenai penggunaan material/bahan, komposisi dan prosedur laminasi yang dapat memenuhi persyaratan *rules*.

Standarisasi laminasi merupakan penyesuaian bentuk (ukuran, kualitas, dan sebagainya) dengan pedoman yang ditetapkan dalam sebuah proses produksi (KBBI, 2017). Jika melihat standarisasi Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dan *International Maritime Organisation* (IMO) maka hanya kapal yang berukuran lebih dari 24 meter yang diatur di dalam aturan tersebut. Artinya armada-armada kapal ikan FRP berukuran di bawah 24 m dibangun tanpa aturan atau standarisasi dalam proses pembuatannya. Standarisasi kapal sangat berkaitan dengan faktor kekuatan kapal dan keselamatan, hal ini yang seharusnya menjadi perhatian bagi para pengambil kebijakan maupun pihak-pihak yang terkait dalam industri perkapalan.

Banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai laminasi kapal *fiberglass* salah satunya yang dilakukan oleh Ma'ruf (2011), bahwa pengujian *sample*

laminasi yang diperoleh dari sejumlah galangan kapal *fiberglass* yang ada di Indonesia diperoleh 30 persen dari total *sample* tersebut tidak memenuhi persyaratan kekuatan sesuai aturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) tahun 2006. Tetapi hasil pengujian *sample* yang dibuat di *workshop* dengan susunan laminasi dan bahan yang sama menunjukkan semua *sample* memenuhi syarat kekuatan.

Proses laminasi lambung kapal *fiberglass* masih menjadi perhatian khusus dikalangan praktisi dan akademisi, ketebalan lapisan laminasi tidak menjamin kekuatan konstruksinya. Untuk itu masalah proses laminasi konstruksi lambung kapal *fiberglass* perlu mendapat perhatian khusus. Masalah kerawanan konstruksi pada kapal fiber merupakan masalah teknologi yang harus dipecahkan.

Tahun 2016 Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) Republik Indonesia akan membangun kapal perikanan sebanyak 3450 unit yang dibagi dalam 5 kelompok ukuran yaitu : 3 GT, 5 GT, 10 GT, 20 GT dan 30 GT. Kapal-kapal ini nantinya akan dibangun didalam negeri dan akan selesai pada tahun 2016 (Ma'ruf dan Faried, 2016). Tabel 1.1 berikut ini merupakan jumlah unit kapal dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) tahun 2016 :

Tabel. 1. 1 Jumlah Unit Kapal Ikan KKP tahun 2016

UKURAN KAPAL	JUMLAH
<i>A. Kapal Tangkap :</i>	
< 5 GT	1510 Unit
5 GT	1020 Unit
10 GT	690 Unit
20 GT	200 Unit
30 GT	25 Unit
<i>B. Kapal Angkut :</i>	
Kapal Angkut Ikan	5 Unit

Sumber : KKP News, 2016

Kapal-kapal tersebut di atas proses pembangunannya mengacu pada BKI - *Rules of Fibreglass Reinforced Plastic Ship 2016 Edition* dan *Guide for FRP and*

Wooden Fishing Vessel up to 24 Meter, 2015 Edition, berlaku untuk kapal-kapal di bawah 24 meter. Kapal ikan dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) dibangun pada galangan-galangan kapal fiber lokal.

Penelitian ini nantinya akan melihat sejauh mana penerapan *rules* untuk memperoleh struktur konstruksi lambung kapal yang kuat sesuai dengan standarisasi yang ada. Dengan adanya standarisasi struktur lambung kapal ikan *fiberglass*, galangan kapal lokal dapat memproduksi kapal dengan tingkat produktivitas tinggi melalui penerapan teknologi dan manajemen produksi moderen. Standarisasi ini juga akan memberi kemudahan dan biaya yang lebih ekonomis di dalam pengoperasian, pemeliharaan, dan perbaikan dari armada-armada tersebut, serta akan mendorong tumbuh dan berkembangnya industri komponen lokal.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas maka dibuat perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan aturan klasifikasi pada pembangunan kapal-kapal ikan 3 GT pesanan KKP, tahun 2016?
2. Bagaimana mengetahui nilai kuat tarik dan kuat tekuk spesimen laminasi kapal ikan FRP 3 GT yang sedang dibangun?
3. Bagaimana menstandarkan struktur konstruksi laminasi kapal ikan FRP 3 GT yang dalam kondisi yang terbaik (optimum) dengan tetap memenuhi persyaratan kekuatan?

1.3. Tujuan

Dalam melakukan penelitian ini terdapat beberapa tujuan, sebagai berikut :

1. Melakukan tinjauan sejauh mana penerapan aturan klasifikasi pada pembangunan kapal ikan 3 GT pesanan KKP, tahun 2016.
2. Melakukan pengujian kuat tarik dan kuat tekuk spesimen laminasi kapal ikan FRP 3 GT yang sedang dibangun.

3. Melakukan standarisasi struktur konstruksi laminasi kapal ikan FRP 3 GT yang dalam kondisi yang terbaik (optimum) dengan tetap memenuhi persyaratan kekuatan.

1.4. Batasan Masalah

1. Studi kasus pada wilayah Cilacap Jawa Tengah
2. Pembahasan masalah terkait struktur konstruksi laminasi lambung kapal ikan *fiberglass* proyek Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (KKP-RI) tahun 2016.
3. Kapal ikan yang dikaji dibatasi hanya 3 GT, sesuai desain pesanan KKP tahun 2016.
4. Bahan *fiberglass* yang digunakan sesuai standarisasi dan spesifikasi yang ditetapkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)
5. Metode laminasi terbatas pada *hand lay up*

1.5. Hipotesis Kajian

Dari latar belakang masalah yang ada maka didapat hipotesis kajian sebagai berikut :

1. Struktur kostruksi laminasi dengan memakai metode *hand lay up* dapat distandarkan.
2. Struktur konstruksi di bawah standar *rules* BKI juga memenuhi syarat kuat tarik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal *Fiberglass*

Fiber Reinforced Plastik (FRP) adalah bahan heterogen, terdiri dari resin *thermosetting* sebagai matriks dan bahan penguat (BKI, 2015). *Fiberglass* dalam ilmu material termasuk ke dalam kategori *Thermoset Polymer Composites*. *Composites* sendiri merupakan dua atau lebih material yang berbeda sifat fisik dan kimiawinya bersatu secara makroskopik menjadi sebuah material baru yang memiliki sifat fisik dan kimawi yang baru dan berbeda.

Saat ini bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan teknik yang banyak digunakan pada industri perkapalan, sangat umum digunakan material komposit dengan bahan utama *fiberglass* karena memiliki nilai ekonomis dan kekuatan yang cukup tinggi. Dibeberapa galangan pembuatan kapal *fiberglass*, diketahui bahwa tidak adanya standar jumlah lapisan maupun takaran yang digunakan untuk membuat material komposit dengan standar kekuatan yang optimal. Dalam praktiknya justru material *Fiber Carbon* yang dipilih dan dikombinasikan dengan *fiberglass* sebagai penguat lapisan agar mencapai kekuatan yang optimal (Ichsan dan Rifa'i, 2015).



Gambar 2. 1 Jenis kapal nelayan 3 GT berbahan *fiberglass*

Gambar 2.1 memperlihatkan bahwa kapal untuk menangkap ikan di wilayah pesisir umumnya berukuran kecil serta memiliki tenaga penggerak dengan berkecepatan tinggi untuk meminimalkan jarak tempuh antara dermaga dan wilayah penangkapan, sehingga konstruksinya harus ringan dengan rasio berat dan volume yang rendah. Kapal-kapal nelayan jenis ini umumnya berbahan FRP (*Fiberglass Reinforced Plastics*). Bahan aluminium juga ringan dan secara umum lebih baik daripada bahan *fiberglass* terutama untuk kapal-kapal *high speed* berukuran besar hingga 40 meter (Ma'ruf, 2004). Sedangkan bahan baja tidak cocok karena pertimbangan berat konstruksi kapal. Perbandingan antara ketiga bahan tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2. 1 Perbandingan berat dan kekuatan material *fiberglass*

Material	Specific Weigh	Tensil Strength	Elestic Modulus
	Ton/m ³	kN/m ² x10	kN/m ² x10
<i>FRP</i>	1,5	100	6
<i>Alumunium</i>	2,7	120	70
<i>Steel</i>	7,8	210	200

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2015

Pemilihan material untuk bahan lambung kapal tidak hanya karena pertimbangan- pertimbangan tersebut, melainkan juga pertimbangan tingkat teknologi dan nilai ekonomi. Dengan demikian, bahan *fiberglass* (FRP) menjadi pilihan yang paling dominan untuk kapal- kapal berukuran kecil hingga 20 meter seperti disebutkan di atas. Kapal berbahan *fiberglass* juga dapat diproduksi massal (memakai cetakan) dengan waktu yang cepat, murah, dan banyak galangan yang mampu membuatnya karena investasinya kecil, teknologinya sederhana, dan tidak memerlukan kualifikasi tenaga kerja yang tinggi (Ma'ruf, 2004).

Namun demikian, lambung kapal berbahan *fiberglass* tetap harus memiliki kekuatan yang memadai dan mampu mengantisipasi gelombang dan benturan benda keras di wilayah pantai. Pada *rules* klasifikasi asing, persyaratan dalam *rules* BKI juga mengatur mengenai proses produksi kapal *fiberglass* (BKI, 1996), dan nilai kuat tarik dan kuat lengkung/tekuk minimum untuk laminasi lambung kapal *fiberglass* (BKI, 2006). Namun kedua *rules* tersebut hanya diberlakukan untuk

kapal berukuran panjang 24 meter ke atas, sedangkan kapal-kapal *fiberglass* yang beroperasi di wilayah pantai Indonesia umumnya berukuran lebih kecil. Penggunaan *rules* tersebut untuk kapal ukuran kecil hanya bersifat *optional* (jika diminta oleh pihak pemesan), seperti pada kapal-kapal operasi pantai “*Seatruck*” di Kalimantan Timur (Ma’ruf, 2009).

Akibatnya, kapal-kapal *fiberglass* berukuran kecil yang umumnya tidak dikelaskan, sehingga sulit dijamin kekuatan konstruksinya (Ma’ruf, 2010). Salah satunya dijumpai pada prototipe kapal SEP-Hull 8 meter yang dibangun pada tahun 2009, di mana hasil uji tarik dan uji tekuk spesimen laminasi kapal ini kurang memuaskan, terutama nilai kuat lengkungnya. Sesuai spesifikasinya, susunan laminasi prototipe kapal tersebut terdiri dari: kulit bagian luar dengan *gelcoat type weather resistant*, lapisan berikutnya adalah *chopped strand mats* (CSM) 300 gr/m², CSM 450 gr/m², *woven roving* 800 gr/m². Resin yang digunakan adalah resin tipe *water resistant* dengan sertifikat Liyod, terdiri dari BQTN 157 dan *epoxy resin*.

2.2. Penelitian Terdahulu

Ma’ruf (2011) dalam penelitiannya menyebutkan kapal berbahan *fiberglass* atau *Fibreglass Reinforced Plastics* (FRP) memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan kapal baja atau aluminium, khususnya untuk operasional di wilayah pantai. Akan tetapi konstruksi kapal ini rawan benturan, sehingga konstruksi lambungnya perlu dikaji. Hasil penelitian tersebut berupa pengujian spesimen laminasi lambung kapal yang dibangun di 7 (tujuh) galangan dalam negeri, memberikan indikasi bahwa, sekitar 30 persen lambung kapal berbahan *fiberglass* (serat gelas) yang dibangun/beroperasi tidak memenuhi persyaratan konstruksi menurut *rules* BKI. Penelitian tersebut juga menyarankan perlunya pengujian spesimen yang khusus dibuat dengan bahan dan proses laminasi secara terkontrol sesuai *rules* tersebut, dalam rangka standarisasi laminasi lambung kapal berbahan serat gelas (*fiberglass*) di Indonesia. Pada Tabel 2.2 berikut dijelaskan hasil kuat tarik dari pengujian pada masing-masing *sample* atau spesimen.

Tabel 2. 2 Hasil uji tarik *sample* laminasi galangan

Kelompok <i>Sample</i>	Kuat Tarik (N/mm ²)							
	I	II	III	IV	V	VI	Rata-rata	Syarat Minimum
<i>Sample 1</i>	85	99	120	126	123	93	108	83
<i>Sample 2</i>	49	74	67	79	91	92	75	75
<i>Sample 3</i>	80	83	55	79	68	93	76	110
<i>Sample 4</i>	119	126	132	124	103	132	122	96
<i>Sample 5</i>	113	129	132	124	103	132	122	96
<i>Sample 6</i>	480	372	370	395	292	313	370	220
<i>Sample 7</i>	159	174	197	156	184	175	174	125

Tabel 2. 3 Hasil uji tekuk *sample* laminasi galangan

Kelompok <i>Sample</i>	Kuat Tarik (N/mm ²)							
	I	II	III	IV	V	VI	Rata-rata	Syarat Minimum
<i>Sample 1</i>	124	141	155	153	132	154	143	149
<i>Sample 2</i>	102	109	110	101	197	122	107	138
<i>Sample 3</i>	280	253	335	276	316	265	288	176
<i>Sample 4</i>	190	152	68	164	136	176	148	182
<i>Sample 5</i>	203	171	175	213	230	205	200	163
<i>Sample 6</i>	553	415	243	394	441	311	393	162
<i>Sample 7</i>	234	271	282	288	240	313	271	188

Sumber : Ma'ruf (2011)

Selain penelitian tersebut, pada tahun berikutnya Ma'ruf (2013) melanjutkan penelitian tentang material serat gelas *multiaxial*, di mana dari hasil penelitiannya, serat ini memiliki kuat tarik dan kuat tekuk yang lebih tinggi dibandingkan dengan material konvensional. Pada penelitian ini menggunakan dua jenis resin yang berbeda yang umum digunakan digalangan kapal. Spesimen pengujian diperoleh 80 buah spesimen untuk uji tarik dengan dua variasi susunan laminasi 0⁰ dan 90⁰, sementara untuk uji tekuk ada 48 buah spesimen. Pembuatan dan pengujian spesimen dilakukan sesuai aturan BKI 2016 (*Rule for Non-metallic Materials*) di mana aturan ini mengacu pada *Internasional Standar ISO 527-4 1997* untuk uji tarik dan *ISO 14125 1998* untuk uji tekuk. Hasil yang didapat bahwa penggunaan 2 (dua) merek resin yang berbeda tidak memiliki perbedaan kuat tarik dan kuat tekuk yang signifikan. Perbedaan kekuatan yang signifikan justru didapat

dari bahan serat yang digunakan. Penggunaan serat *multiaxiali* menyerap resin lebih sedikit dibanding dengan serat WR dan mampu menghemat penggunaan resin 30 persen. Faktor lain yang mempengaruhi kekuatan laminasi *fiberglass*, antara lain: kondisi proses laminasi, peralatan kerja yang digunakan, keterampilan tenaga kerja, dan kondisi lingkungan tempat melakukan laminasi. Data hasil pengujian tarik dan tekuk dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan 2.5 berikut.

Tabel 2. 4 Hasil uji tarik spesimen dengan resin A dan B

No.	Kode Sample	Nilai Kuat Tarik (MPa)					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	IA0 ⁰	121	135	134	144	126	132
2	IIA0 ⁰	150	175	163	171	167	165
3	IIIA0 ⁰	205	206	205	201	170	197
4	IVA0 ⁰	121	131	127	134	111	125
5	IA90 ⁰	189	100	137	188	177	158
6	IIA90 ⁰	155	181	131	170	165	160
7	IIIA90 ⁰	210	240	217	154	189	202
8	IVA90 ⁰	166	153	134	138	137	146
9	IB0 ⁰	142	120	124	137	96	124
10	IIB0 ⁰	181	147	170	147	183	166
11	IIIB0 ⁰	71	188	180	185	162	157
12	IVB0 ⁰	125	164	168	132	120	142
13	IB90 ⁰	177	200	192	171	164	181
14	IIB90 ⁰	199	164	232	176	140	182
15	IIIB90 ⁰	188	171	176	170	177	176
16	IVC90 ⁰	140	159	185	147	149	156

Sumber : Ma'ruf (2013)

Tabel 2. 5 Hasil uji tekuk spesimen dengan resin A dan B

No.	Kode Sample	Nilai Kuat Tekuk (MPa)						Rata-rata
		1	2	3	4	5	6	
1	IA0 ⁰	184	207	194	222	189	206	200
2	IIA0 ⁰	203	249	236	235	214	226	227
3	IIIA0 ⁰	285	296	267	317	338	319	304
4	IVA0 ⁰	259	254	278	244	215	236	248
5	IA90 ⁰	186	202	227	229	239	212	216
6	IIA90 ⁰	322	277	300	266	257	272	282
7	IIIA90 ⁰	341	321	320	310	295	300	314
8	IVA90 ⁰	376	319	316	335	293	266	317
9	IB0 ⁰	213	207	191	200	221	210	207
10	IIB0 ⁰	370	339	307	322	324	272	322

11	IIIB0 ⁰	418	452	436	351	364	353	396
12	IVB0 ⁰	204	222	272	199	240	214	225
13	IB90 ⁰	262	229	214	229	227	24	239
14	IIB90 ⁰	293	339	353	291	336	329	323
15	IIIB90 ⁰	240	252	240	246	260	231	245
16	IVC90 ⁰	330	337	335	283	298	308	315

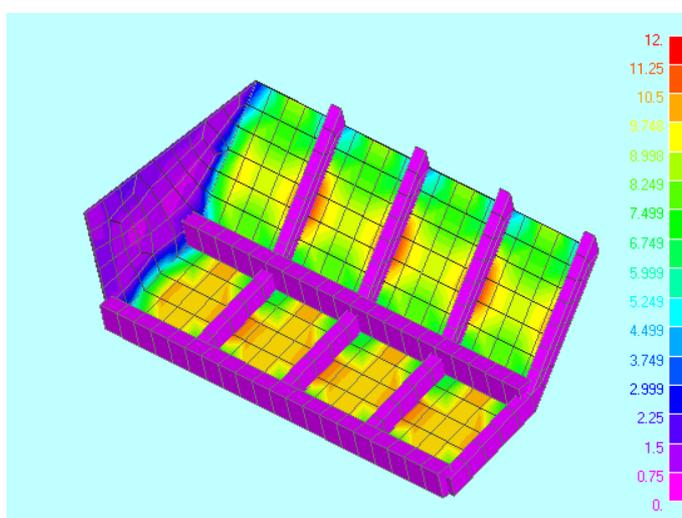
Sumber : Ma'ruf (2013)

Kajian struktur laminasi dari ke dua penelitian tersebut cukup komperhensif, namun terbatas pada susunan laminasinya, dan tidak spesifik menyebutkan posisi konstruksi dikapal seperti bagian lambung sisi (*side*), alas (*bottom*) dan lunas (*keel*). Sebagaimana yang telah disyaratkan oleh *rules* BKI tahun 2015, terdapat perbedaan ketebalan laminasi pada setiap bagian lambung kapal *fiberglass* seperti, bagian lunas (*keel*), bagian alas (*bottom*) dan bagian sisi (*side*). Maka dari itu penulis melakukan penelitian lanjutan dengan mengkaji terkait tinjauan standarisasi kapal *fiberglass*, namun terbatas pada kapal berukuran 3 GT.

Kajian berkaitan material komposit *fiberglass* telah banyak diteliti, seperti Fananta, *et. al* (2012) tentang peralihan teknologi kapal kayu menjadi kapal *fiberglass*. Penelitian ini dilakukan dikarenakan pemerintah daerah telah memberikan bantuan kapal perikanan berbahan *fiberglass*, namun kapal bantuan ini menimbulkan permasalahan. Masyarakat menganggap spesifikasi dan karakteristik kapal bantuan tersebut tidak sesuai dengan kebiasaan masyarakat dan lingkungan perairan setempat. Kondisi ini terbukti, armada tersebut hanya sebagian kecil yang masih dapat dioperasikan. Karena alasan itu, maka dilakukan perencanaan kapal *fiberglass* 3 GT yang disesuaikan terhadap kondisi perairan, fungsi dan keinginan masyarakat tanpa merubah karakteristik kapal yang biasa digunakan oleh masyarakat. Perencanaan kapal *fiberglass* 3 GT diharapkan menjadi solusi yang bijaksana dalam peningkatan stabilitas perekonomian masyarakat perairan dan kepulauan. Hasil penelitian tersebut terdapat tiga kriteria pertimbangan dalam menentukan kapal *fiberglass* sebagai kapal alternatif pengganti kapal kayu 3 GT, yaitu kondisi perairan, teknik dan ekonomis. Kriteria tersebut dikembangkan menjadi beberapa subkriteria. Data kriteria kapal diperoleh melalui studi literatur, survey ke lapangan dan wawancara terhadap responden. Daerah tujuan survey sebanyak enam kabupaten di Propinsi Riau. Untuk analisis pemilihan kriteria yang

dominan pada perencanaan kapal *fibreglass* 3 GT digunakan AHP (*Analysis Hierarchy Process*).

Budianto (2015) dalam penelitiannya tentang kekuatan struktur pada kapal wisata sungai Kalimas menggunakan bahan FRP yang diterapkan pada analisis struktur konstruksi dengan menggunakan metode elemen hingga. Di mana, pada penelitian ini model kapal yang dianalisa mampu menerima beban baik dari dalam maupun luar pada perahu wisata sungai Kalimas FRP tersebut. Kemampuan kekuatan struktur yang cukup aman diijinkan, dengan nilai tahanan bending yang masih dalam nilai di bawah 67 MPa.



Gambar 2. 2 Distribusi tegangan pada lambung kapal (Budianto, 2015)

Hasil analisis pada Gambar 2.2 adalah *Principle Stresses* yang merupakan perwujudan dari tegangan aktual pada struktur kapal wisata sungai Kalimas yang terjadi. Di mana hasil tegangan maksimum mempunyai nilai 12 MPa, Kondisi tersebut masih dalam rentang daerah elastik sehingga struktur kapal masih kondisi cukup aman. Adapun tegangan yang diijinkan mencapai 67.786 MPa sedangkan tegangan aktual adalah sekitar 12 MPa, dengan rasio tegangan 0.18 atau 18 persen sehingga cukup aman dengan kondisi pembebanan yang terjadi. Beberapa konsentrasi tegangan yang terjadi, terletak pada pertemuan antara gading utama dengan penumpu samping, hal ini akan memberikan perhatian khusus bahwa struktur tersebut cukup efektif menerima beban yang ada, oleh sebab itu perlu diberikan penguatan-penguatan tambahan pada struktur kapal wisata sungai

Kalimas yang mengalami konsentrasi tegangan yang cukup tinggi untuk menghindarkan dari adanya retak lokal.

Chen. *et. al* (2017) melakukan penelitian untuk memahami sifat material *fiberglass*, di mana material jenis ini sering mengalami perlakuan beban dinamis, sehingga sangat perlu untuk mengkaji kekuatan laminasi material *fiberglass*. Pada penelitiannya didapati bahwa dampak dari sebuah benturan dengan kecepatan 1 - 10 m/s pada sebuah struktur laminasi *fiberglass* dapat menyebabkan regangan antara 100 s^{-1} dan 1000 s^{-1} . Dalam penelitian ini pengujian kuasi statis dan dinamis terhadap sifat mekanis laminasi *fiberglass* dilakukan pada 34 spesimen dengan ketebalan antara 12,9 ~ 13,1 mm serta kecepatan 0,1 ~ 500 mm/menit. Data pengujian menyebutkan kekuatan tarik semakin meningkat dengan kecepatan yang tinggi, hasil uji tarik yang maksimal diperoleh sebesar 319,02 MPa.

Penelitian tersebut menyebutkan bahwa tidak ada ketentuan baku dari efek regangan pada material *fiberglass*, hal ini disebabkan oleh ;

- (a) Pemilihan jenis serat pada proses laminasi sangat mempengaruhi sifat mekanis material *fiberglass*.
- (b) Kondisi pengujian yang tidak memperhatikan acuan baku akan menyebabkan hasil pengujian yang tidak sesuai dengan perencanaan.
- (c) Jenis spesimen saat pengujian sangat mempengaruhi hasil pengujian.
- (d) Ukuran spesimen sangat penting diperhatikan, mengingat pertambahan dimensi akan mempengaruhi nilai pengujian.
- (e) Untuk mendapatkan hasil yang baik pada saat pengujian, hendaknya kualitas dalam penyiapan spesimen perlu dilakukan dengan baik dan benar.
- (f) Prosedur pengujian dan peralatan juga merupakan faktor terpenting dalam pengujian, apakah peralatan yang digunakan sudah dilakukan kalibrasi secara berkala atau tidak, karna hal ini sangat mempengaruhi hasil dari pengujian.

Perbedaan inilah yang membuat hasil dari pengujian menjadi berbeda-beda, sehingga tidak dapat dirumuskan suatu kesimpulan baku terhadap sifat mekanis dari material *fiberglass*. Sementara itu Daniel dan Limber (1976) menemukan bahwa tingkat regangan seperti modulus elastisitas tidak berpengaruh pada sifat material *fiberglass*.

Winsom, (1999) dalam penelitiannya menyebutkan efek dari ukuran spesimen mengakibatkan kekuatan laminasi menurun seiring dengan bertambahnya ukuran spesimen. Penelitian lain menyebutkan bahwa, pengujian tarik terhadap spesimen fiberglas dengan susunan laminasi searah lebih kuat dibanding dengan susunan laminasi dua arah. Selain itu untuk hasil pengujian searah sebesar 57,21 MPa dan hasil pengujian dua arah 46,92 MPa (Munasir, 2011)

Ichsan dan Rifa'i (2015) Dalam penelitiannya mengetahui karakteristik kekuatan tarik komposit laminasi berpenguat serat *E-Glass* dan serat *Carbon* dengan matriks poliester di mana pengujian kekuatan tarik menggunakan standar ASTM D 3039-00. Hasil dari masing-masing variabel dianalisis secara statistika menggunakan SPSS. Berdasarkan hasil penelitian kekuatan tarik terbesar pada susunan lamina komposit serat *Carbon* dengan nilai 265,99 MPa. Sedangkan kekuatan tarik terendah pada susunan laminasi komposit serat *E-Glass Random* dengan nilai 115,01 MPa. Laminasi komposit dengan serat *E-glass WR* dan serat *Hibrid* memiliki kekuatan yang hampir sama, masing-masing 196,30 MPa untuk serat *E-Glass WR* dan 198,25 MPa untuk serat *Hibrid*. Dari hasil analisis statistika juga menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap jenis serat yang digunakan.

Kumar, *et.al* (2013) melakukan penelitian mengenai pengaruh susunan laminasi serat fiber terhadap kekuatan tarik dengan data seperti terlihat pada Tabel 2.6 sebagai berikut :

Tabel 2. 6 Pengujian variasi sudut laminasi *fiberglass*

S.No	<i>Bi Directional Woven Fabric With Degree of Orientation</i>	<i>Max Load (KN)</i>	<i>Max Displacement (mm)</i>	<i>Result of Tensile Strengt (MPA)</i>
1	$\pm 0^0$	32,27	15	262,00
2	$\pm 10^0$	24,60	10	196,80
3	$\pm 30^0$	15,35	15	122,80
4	$\pm 40^0$	11,10	15	88,80
5	$\pm 45^0$	12,40	10	92,43
6	$\pm 50^0$	11,85	15	95,60
7	$\pm 55^0$	13,00	10	104,00
8	$\pm 70^0$	18,80	10	118,28
9	$\pm 75^0$	16,05	15	128,40

Sumber : Kumar, *et. al* (2013)

Dari hasil pengujian pada Tabel 2.6 menunjukkan ada sembilan spesimen yang di uji, dengan variasi sudut yang berbeda, jenis pembebanan dan ketebalan spesimen dua variasi 10 mm dan 15 mm. Dari hasil pengujian yang dilakukan memperlihatkan bahwa variasi susunan laminasi arah 0^0 menunjukkan kekuatan tarik yang paling besar yaitu 262,00 MPa dengan ketebalan spesimen 15 mm. Selanjutnya dengan ketebalan yang sama tetapi arah serat 40^0 menunjukkan hasil kekuatan tarik yang rendah yaitu 88.80 MPa.

Penelitian terhadap kekuatan laminasi lambung kapal *fiberglass* sangat banyak sekali dilakukan, tetapi seperti yang dikatakan Chen. *et. al* (2017) bahwa tidak ada ketetapan baku terhadap kekuatan material *fiberglass*, mengingat dari keseluruhan penelitian di atas memperlihatkan hasil yang berbeda-beda walaupun spesimen pengujianya memiliki dimensi yang sama tetapi hasil akhirnya berbeda. Karena hal tersebut, maka penulis mencoba melakukan penelitian tentang standarisasi laminasi lambung kapal ikan *fiberglass*.

2.3. Bahan Dasar *Fiberglass*

Secara umum, bahan utama *fiberglass* untuk kapal terdiri dari: *gelcoat*, *resin*, CSM, WR. Sebagaimana yang disyaratkan *rules* (BKI, 1996), kandungan resin adalah 25 s.d. 35 persen, sedangkan jenis CSM yang disyaratkan adalah jenis rendah alkali yaitu tipe E (<2 %), sesuai *rules* BKI (*Non Metallic Material, Sec. 1, point 2.3*). Seperti diketahui, jenis mat yang ada di pasaran terdiri dari: tipe E, S, A, C, dan AR. Bahan-bahan lainnya adalah: *wax*, PVA (*polyvinyl alcohol*), pigmen, *parafin*, *cobalt*, *methylethylketone peroxide*, *stick glue*, *powder*, dan *acetone* (Ma'ruf, 2009). Untuk sifat mekanis serat gelas ditunjukkan pada Tabel 2.7 berikut ini :

Tabel 2. 7 Sifat mekanis serat glass

Sifat Mekanis	Nilai
Tensile Strength (psi)	100.000
Young's Modulus (psi)	3.000
Elastic Recovery (%)	10
Specific Strengt (km)	76
Coefficient of Expansion ($^{\circ}\text{F}^{-1}$)	$40 - 60 \times 10^{-7}$
Thermal Conductivity (cal/sec/cm ² / $^{\circ}\text{C}$)	8×10^{-5}
Specific Heat	0,16 – 0,2
Specific Grafity	2,5 +

Sumber : Peters (1998)

Berdasarkan *rules* BKI (*Guidance For FRP and Wooden Fishing Vesel*, Edisi 2015), pengujian yang disyaratkan adalah uji tarik dan uji tekuk/lengkung dengan jumlah sampel (spesimen) masing-masing uji adalah enam buah. *Rules* ini mengacu pada *International Standard ISO 14125* dan *ISO 527-4*. Uji tarik bertujuan untuk menentukan nilai *tensile strength*, *fracture strain* dan *modulus of elasticity*, sedangkan uji tekuk bertujuan untuk menentukan nilai *bending strength* dan *modulus of elasticity*. Untuk spesimen *fiberglass* yang menggunakan serat berbentuk mat, nilai minimum yang disyaratkan *rules* BKI (BKI, 2015) untuk kedua jenis uji tersebut adalah:

- Kuat Tarik (*tensile strength*),

$$R_z = 1278\Phi^2 - 510\Phi + 123 \quad (2.1)$$

- Kuat Tekuk (*bending strength*),

$$R = 502\Phi^2 + 106,8 \text{ [Mpa]} \quad (2.2)$$

di mana :

Φ = *percentage of fibre weight content*

A. Serat Glass

(1) *Chopped Standart Mat (CSM)*

Chopped Standart Mat (CSM) berwujud sebaran serat yang relatif pendek dan acak. Material ini memiliki kode yang menyebutkan tiga angka

dibelakang CSM, contoh CSM 300 yang artinya CSM dengan kepadatan 300 gram per meter persegi (300 gr/m²). Menurut ukuran beratnya terhadap luasan CSM yang biasa digunakan CSM 300 dan CSM 450. Umumnya CSM 300 dipakai pada lapisan luar untuk memberi permukaan yang halus seperti pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2. 3 Serat *chopped standart mat (CSM) 300*

(2) *Woven Roving (WR)*

Material ini berbentuk seperti anyaman dengan kelompok serat panjang yang relatif tebal. Material ini memiliki kode yang menyebutkan tiga angka dibelakang huruf “WR”, contohnya WR 600. Artinya adalah WR dengan kepadatan 600 gram per meter persegi (600 gr/m²). Serat *fiberglass* ini memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan CSM.



Gambar 2. 4 Serat *woving roving (WR) 600*

B. Resin

Salah satu material untuk membuat komposit *fiberglass* adalah penggunaan cairan polimer yang biasa disebut dengan resin. Resin yang paling umum di gunakan adalah poliester tak jenuh yang dilarutkan dalam *stirena*. *Poliester* diproduksi dengan mereaksikan berbagai asam organik (biasanya *ftalat* atau *maleatanhidrida*) dengan alkohol seperti *propilen glikol* atau *etilen glikol*. Berbagai jenis resin dapat diproduksi tergantung pada alkohol tertentu atau asam yang tersedia, memungkinkan untuk memiliki poliester khusus untuk kebutuhan spesifik.

Proses pengerasan yang sering disebut sebagai *curing* atau pemulihan yang terjadi secara spontan, sehingga membatasi waktu penyimpanan resin. Tetapi agar proses pengeringan dengan cepat, maka harus diaktifkan oleh dua zat adiktif. Salah satunya adalah katalis, yang memicu proses perubahan reaksi kimia dan yang lainnya adalah akselerator. Biasanya, katalis merupakan peroksida organik (misalnya *metil etil keton peroksida*) dan pedal gas biasanya *kabolt naphanate*. Kedua zat ini, jika di campur langsung bersama-sama akan bereaksi. Oleh karena itu, penting agar resin benar-benar tercampur secara menyeluruh dengan zat aditifnya (katalis). Dalam prakteknya, banyak resin di pasaran sudah ditambahkan dengan akselerator oleh produsen sehingga hanya katalis yang diperlukan untuk mengaktifkan proses pembekuannya (Ma'ruf dan Faried, 2016).

Bahan ini berujud cairan kental seperti lem, berkelir hitam atau bening. Berfungsi untuk mengencerkan semua bahan yang akan dicampur. Resin mempunyai beberapa tipe dari yang keruh, berwarna hingga yang bening dengan berbagai kelebihanannya seperti kekerasan, lentur, kekuatan dan lain-lain. Selain itu harganya bervariasi. Gambar 2.5 adalah jenis resin yang direkomendasikan oleh *rules* (BKI, 2015).



Gambar 2. 5 Jenis resin yang sering di gunakan untuk pembuatan kapal

C. Gelcoat Resin

Gelcoat merupakan resin yang tak jenuh serta memiliki sifat yang hampir sama dengan resin pada umumnya tetapi memiliki kekentalan yang tinggi dari resin yang lain. Pada umumnya *gelcoat* ini digunakan pada lapisan terluar lambung kapal karena memiliki sifat daya tahan terhadap abrasi air laut.

Resin untuk laminasi yang ada di pasar antara lain : *Yukalac 157 BQTN-EX Series, Everpol 324 AR-2, Everpol 3610 R, XPR 0904, Escon 61344, Polyplex, Eternal, Qualipoly, Swancor, Luxchem, Derakane, Wee Toeng EPA 405, Norsodyne 2116F (S60), Chemset 5504, Chemset 5597, Nuplex, SHCVP*. Selain itu, juga tersedia resin anti api (seperti: *Flame Guard K-133-A*), dan resin khusus untuk *carbon fiber* (Ma'ruf dan Faried, 2016).

D. Katalis

Katalis berbentuk cairan jernih dengan bau menyengat. Fungsinya sebagai katalisator agar resin lebih cepat mengeras. Penambahan katalis ini cukup sedikit saja tergantung pada jenis resin yang digunakan. Selain itu umur resin juga mempengaruhi jumlah katalis yang digunakan. Artinya resin yang sudah lama dan mengental akan membutuhkan katalis lebih sedikit bila dibandingkan dengan resin baru yang masih encer. Zat kimia ini biasanya dijual bersamaan dengan resin. Perbandingannya adalah resin 1 liter dan katalisnya 1/4 liter.

Katalis ini biasa disebut juga dengan *metil etil keton proxide* atau MEKP. Katalis merupakan cairan *accelerator* yang mengandung *Methyl Ethyl Ketone Peroxide*. Bahan adiktif ditambahkan untuk proses pengerasan (*pot-life, gel time,*

curing time) pada proses laminasi. Katalis berbentuk cairan jernih dengan bau menyengat. Penambahan katalis ini cukup sedikit saja tergantung pada jenis resin yang digunakan. Selain itu, umur resin juga berpengaruh terhadap *gel time* dan *cure time* rata-rata jumlah katalis yang diberikan ialah 0.5 persen – 2 persen dari berat resin dengan suhu ruangan rata-rata 25 – 30 derajat celcius. Jenis katalis yang sering digunakan seperti pada Gambar 2.6 berikut ini



Gambar 2. 6 Katalis sebagai bahan campuran resin

E. Bahan Pendukung

1) *Mold Release Agent*

Bahan kimia ini berfungsi untuk mencegah bahan-bahan lain dari ikatan terhadap permukaan atau cetakan. Biasanya bahan kimia ini berbentuk pasta agak padat. Sebelum dilakukan lamianasi, cetakan dioleskan bahan kimia ini kemudian dibersihkan hingga benar-benar bersih dan mengkilap.



Gambar 2. 7 *Mold Release Agent*

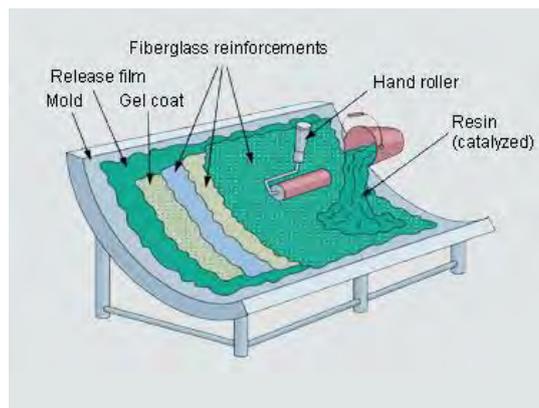
2) PVA (*Polyvinil Alcohol*)

Bahan kimia ini berfungsi seperti *mold release agent* untuk mencegah bahan-bahan lain dari ikatan terhadap permukaan. Biasanya bahan kimia ini berbentuk cair berwarna biru dan larut dengan air biasa. Bahan kimia ini digunakan pada cetakan, biasanya berwarna biru setelah mengering berbentuk seperti lapisan film tipis.

2.4. Metode Pembuatan

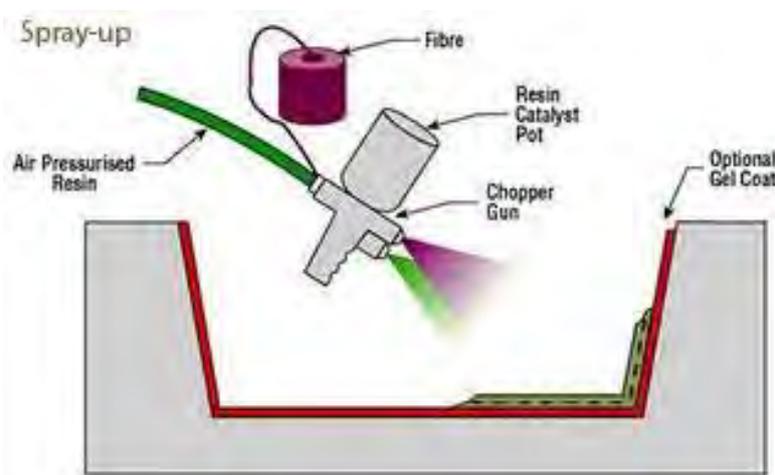
Ada beberapa metode yang umumnya digunakan untuk fabrikasi struktur kapal yang relative besar : metode *Hand-Lay-Up*, metode *Spray-Up*, metode *Resin Transfer Molding* (Ma'ruf dan Faried, 2016).

- 1) Metode *hand-lay-up* : merupakan metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan ke dalam serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan roll atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada suhu kamar.



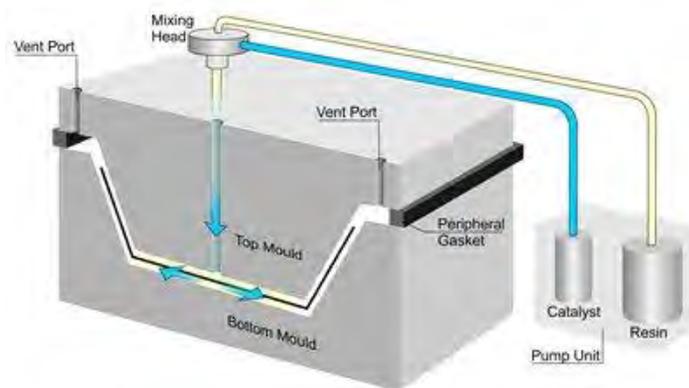
Gambar 2. 8 Metode *hand lay up* (indokomposit, 2016)

- 2) Metode *spray-up* : merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks, ekonomis dari *hand-lay-up*. Proses *spray up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (fiber) yang telah melewati tempat pemotongan (*chopper*). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan pada wadah tempat pencetakan *spray-up* yang telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standart.



Gambar 2. 9 Metode *spay up* (*carbonfiberglass, 2016*)

- 3) Metode *Resin Transfer Molding* : proses ini memerlukan penyesuaian dalam pencetakkan dengan cara, serat penguat dipotong dan dibentuk sedemikian rupa sesuai dengan bentuk yang diinginkan ke dalam cetakan. Cetakan ditutup lalu resin dan katalis disemprotkan melalui pompa ke dalamnya. Ketika cetakan sudah terisi penuh dengan resin dan katalis pompaan dihentikan dan produk telah terbentuk.



Gambar 2. 10 Metode *resin transfer moulding* (nuplex, 2016)

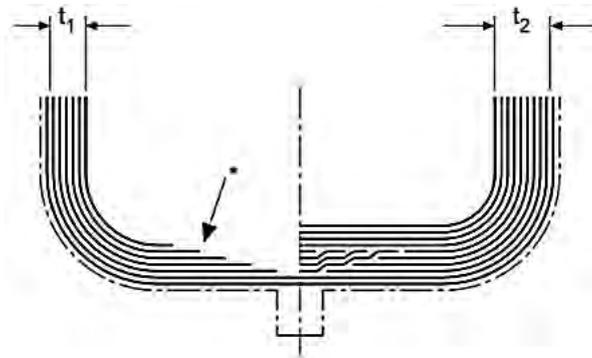
2.5. Metode Laminasi Konstruksi

Proses laminasi dari bahan-bahan komposit sehingga menghasilkan suatu produk sangat menentukan, sehingga dalam proses laminasi memerlukan ketelitian dan penanganan yang tidak mudah.

Prosedur laminasi harus dibuat oleh galangan dan dikirim ke Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), bersama dengan gambar konstruksi untuk dilakukan pemeriksaan dan persetujuan. Menurut Ma'ruf dan Faried (2016) ada beberapa prosedur laminasi yang harus diuraikan dan dicantumkan diantaranya :

- (1) Proses pembuatan dan persiapan cetakan
- (2) Proses pemotongan atau penyiapan serat
- (3) Metode laminasi : manual, spray dan vacum
- (4) Prosedur pembuatan resin laminasi (proses pencampuran dan prosentase resin, katalis, hardener yang digunakan untuk membuat campuran senyawa resin laminasi)
- (5) Peralatan yang digunakan pada saat laminasi
- (6) Prosedur dan persyaratan untuk pengerjaan/pembuatan laminasi mulai dari pengaplikasian *gealcoat* sampai dengan lapisan terakhir.
- (7) Proses atau langkah-langkah yang harus dilakukan jika seandainya proses laminasi terhenti atau terganggu selama beberapa lama.
- (8) Proses pengeringan (*curing*)
- (9) Proses pelepasan dari cetakan.

Dalam aturan BKI (2015) disarankan bahwa laminasi lambung dilakukan dalam siklus kerja tunggal. Jika lambung dilaminasi dalam dua bagian, ini harus bergabung seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11 sebagai berikut :



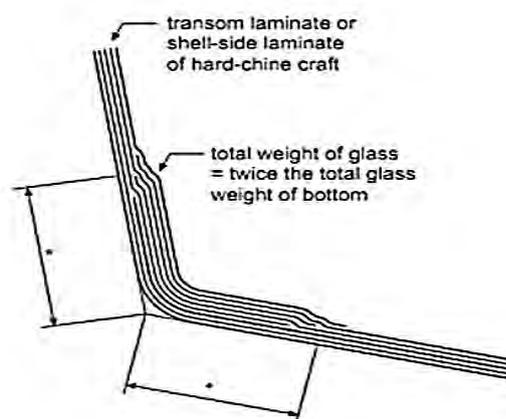
t_1 = laminate before joining the two prefabricated hull halves

t_2 = keel laminate

* = layers are to be stepped 25 mm per 600 g/m² glass fibre reinforcement.

Gambar 2. 11 Sambungan laminasi pada bagian alas (*bottom*) kapal (BKI, 2015)

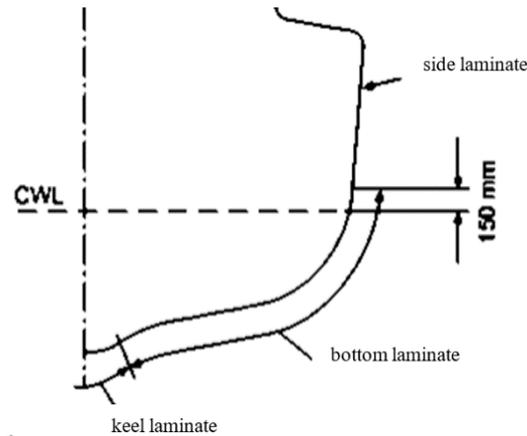
Proses laminasi untuk cetakan yang rumit atau jika pemotongan lapisan penguat tidak dapat dihindari, maka tepi potongan harus dibuat berhimpit (*overlap*), atau diberi potongan penguat minimal 25 mm per 600 g/m². Sementara itu bagian luar lambung harus ditutupi oleh *gelcoat* yang akan memiliki ketebalan 0,4 - 0,6 mm (BKI, 2015).



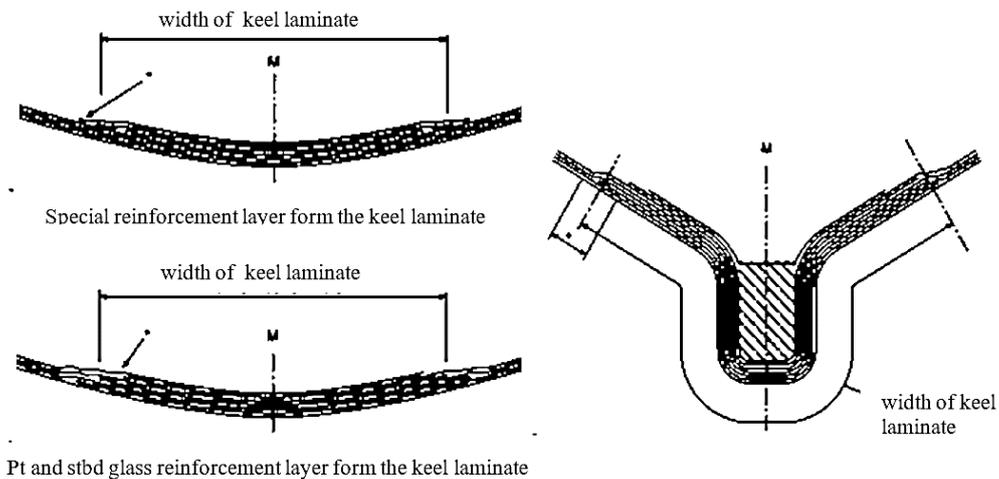
* Width of overlap = 25 mm per 600 g/m² glass fibre reinforcement

Gambar 2. 12 Laminasi di daerah *chine* (BKI, 2015)

Bagian *port side* dan *starboard* penguatan lapisan *fiberglass*nya tumpang tindih dan membentuk laminasi lunas (*keel*). Lunas sirip dapat diisi dan ditutupi dengan laminasi yang berat *glass* total harus minimal 50 persen dari yang dari bawah *shell*. Gambar 2.13 dan 2.14 menjelaskan bentuk laminasi bada bagian alas (*bottom*) dan juga lunas (*keel*).



Gambar 2. 13 Posisi laminasi lambung kapal *fiberglass* (BKI, 2015)

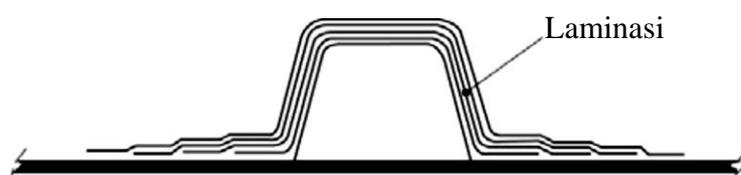


Gambar 2. 14 Lapisan pada area lunas (BKI, 2015)

Jika proses laminasi terhenti selama periode tertentu yang mengakibatkan resin laminasi melewati waktu pengentalan, maka harus dilaksanakan pengujian untuk memverifikasi daya rekat (*adhesi*) antara laminasi dasar dan laminasi di atasnya. Jika dalam proses laminasi telah melewati waktu pengentalan, maka

daerah laminasi tersebut harus dibongkar atau digerinda seluruhnya untuk mendapatkan permukaan yang memiliki daya rekat yang baik setelah debu dipermukaan dihilangkan (Ma'ruf dan Faried , 2016).

Bagian lambung harus dilaminasi dengan penguat yang solid, seperti gading (*keel*) maupun pembujur kaku yang melintang dan memanjang ataupun kombinasi keduanya. Konstruksi ini bisa terbuat dari busa (*foam*) atau pembentuk berongga, yang harus terikat atau menyatu dengan lambung seperti pada Gambar 2.15 berikut.



Gambar 2. 15 Jenis laminasi pada gading dan pembujur (BKI, 2015)

2.6. Standar Pengujian Spesimen

Agar dapat mengetahui keefektifan dari laminasi lambung kapal ikan 3 GT yang dikerjakan maka dilakukan beberapa pengujian sesuai aturan yang berlaku. Adapun pengujian mekanis yang disyaratkan oleh BKI untuk material FRP adalah uji tarik dan uji bending. Selain itu juga, material dasar yang digunakan dalam pembangunan kapal berbahan dasar FRP, yang mana bahan tersebut haruslah bersertifikat BKI atau klasifikasi asing yang diakui. Untuk pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis.

Pada penelitian ini, penulis mengambil *sample* spesimen kapal yang dibangun (kapal ikan 3 GT) di mana komposisi laminasinya sama atau identik dengan kapal aslinya dan juga prosedur laminasinya juga sama dengan prosedur yang dipakai dalam pembangunan kapal tersebut. Untuk menentukan jumlah spesimen pada masing-masing kelompok pengujian, dapat dilihat pada tabel 2.8 sebagai berikut.

Tabel 2. 8 Standar Uji Spesimen

Jenis laminasi	Jenis Uji	Jumlah Spesimen	Standar Sji
<i>Single Skin laminate</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fibre Content ▪ Uji Tarik ▪ Uji Lengkung Metode 3 Titik 	<p>3 Buah</p> <p>3 - 6 Buah</p> <p>3 - 6 Buah</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ISO 1172 (Fiber Content) ▪ ISO 527-4 untuk non unidirectional atau ISO 527-5 untuk unidirectional (Uji Tarik) ▪ ISO 14125 (Uji Lengkung)
<i>Sandwich Laminate</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fibre Content ▪ Uji Tarik ▪ Uji Lengkung Metode 3 Titik 	<p>3 Buah</p> <p>3 - 6 Buah</p> <p>3 - 6 Buah</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ISO 14125 (Uji Lengkung)

Sumber : Ma'ruf & Faried, 2016

Dari tabel tersebut dijelaskan bahwa jumlah spesimen untuk masing masing dibuat maksimal 6 buah dan minimal 3 buah spesimen. Dalam penelitian ini penulis mengambil jumlah spesimen yang minimal yaitu untuk masing-masing kelompok 3 buah spesimen, untuk metode laminasi dengan menggunakan *hand lay-up*.

2.7. Kapal FRP 3 GT Pesanan KKP

Desain kapal pada penelitian ini mengikuti desain dari KKP (Lihat Lampiran 2), di mana kapal yang menjadi objek penelitian adalah kapal FRP 3 GT dengan ukuran sebagai berikut :

- Panjang Utama Kapal (LOA) : 10.30 Meter
- Lebar Maximum (B_{MAX}) : 1.20 Meter
- Tinggi Geladak (H) : 0.90 Meter
- Sarat Benam Air (T) : 0.40 Meter
- Mesin penggerak *Outboard Engine* : ± 15 - 25 HP

Bila membahas kapal 3 GT, maka yang pertama perlu dijelaskan adalah definisi dari *Gross Tonnage* (GT) atau sering disebutjuga sebagai tonase kotor. GT adalah perhitungan volume semua ruang yang terletak di bawah geladak kapal ditambah dengan volume ruangan tertutup yang terletak di atas geladak ditambah dengan isi ruangan beserta semua ruangan tertutup yang terletak di atas geladak

paling atas (*superstructure*). Tonase kotor dinyatakan dalam ton yaitu suatu unit volume sebesar 100 kaki kubik yang setara dengan 2,83 kubik meter (ICTMS, 1969). Perhitungan tonase kotor dijelaskan di dalam Regulation 3 dari Annex 1 dalam *The International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969*. Tergantung dari dua variabel: V , adalah total volume dalam meter kubik (m^3), dan K , adalah faktor pengali berdasarkan volume kapal.

Faktor pengali K mempengaruhi persentase volume kapal yang dinyatakan sebagai tonase kotor. Untuk kapal yang kecil nilai K lebih kecil, sedang untuk kapal besar nilai K lebih besar. Nilai K bervariasi pada rentang antara 0.22 sampai 0.32 dan dihitung dengan rumus:

$$K = 0.2 + 0.02 \times \log_{10}(V) \quad (2.3)$$

Setelah V dan K diketahui, tonase kotor dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$GT = K \times V \quad (2.4)$$

Sebagai contoh, kita dapat menghitung tonase kotor suatu kapal dengan volume sebesar 10,000 m^3 .

$$\begin{aligned} K &= 0.2 + 0.02 \times \log_{10}(V) \\ &= 0.2 + 0.02 \times \log_{10}(10,000) \\ &= 0.2 + 0.02 \times 4 \\ &= 0.2 + 0.08 \\ &= 0.28 \end{aligned}$$

Jadi besarnya tonase kotor/GT adalah:

$$\begin{aligned} GT &= K \times V \\ &= 0.28 \times 10,000 \\ &= 2,800 \text{ ton} \sim 3.00 \text{ GT} \end{aligned}$$

Sesuai perhitungan kapal ikan FRP pesanan KKP tahun 2016 tonase kotornya adalah 3 GT. artinya bahwa desain dengan hasil hitungan adalah sama, di mana menunjukkan kapal tersebut adalah kapal ikan 3 *gross tonnage*.

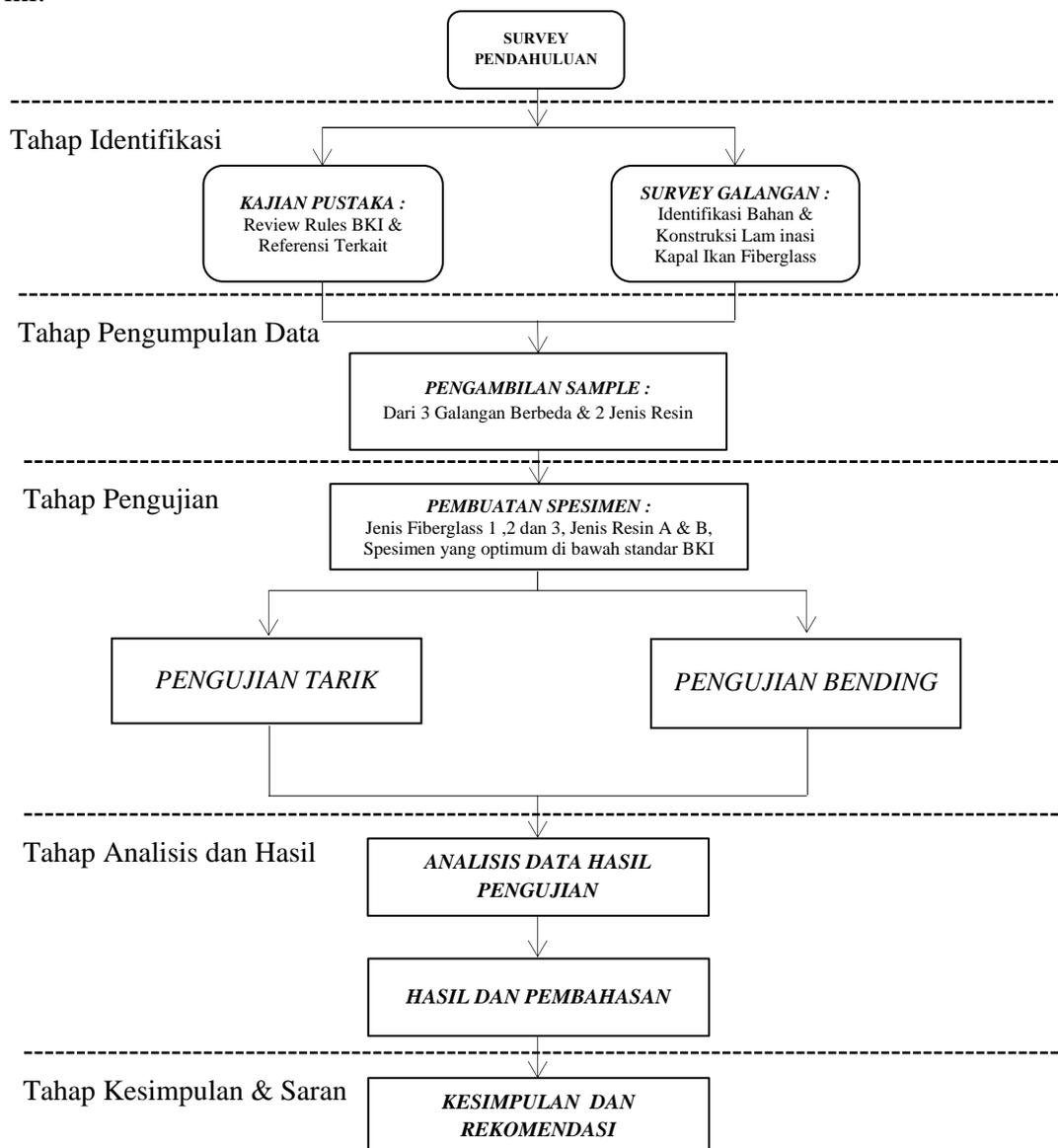
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Skema Penelitian

Sebagai landasan operasional pelaksanaan eksperimen dalam penelitian ini disusun kerangka penelitian secara skematis diuraikan dalam Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3. 1 Skema penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan kajian pustaka, survei lapangan, dan pengujian di laboratorium. Kajian pustaka mencakup kajian *rules* BKI, referensi terkait *Rules* BKI tersebut terdiri dari *rules* tentang *Fiberglass Reinforced Plastics Ships* (BKI, 2016) dan *Guidance for FRP and Wooden Fishing Vessel Up to 24 M Volume A* (BKI, 2015). Selanjutnya pada penelitian ini penulis melakukan survey ke dua galangan pembangun kapal ikan 3 GT, proyek Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) di pulau Jawa yaitu Cilacap Jawa Tengah. Survei ini bertujuan untuk mengidentifikasi *engineering standards* dan *yard practices*, khususnya mengenai jenis bahan yang digunakan, susunan dan prosedur laminasi, dan sistem pengendalian mutu selama proses produksinya. Data dan informasi ini diperoleh melalui wawancara, diskusi dengan praktisi galangan, dan pengamatan langsung pada proses pembuatan kapal ikan *fiberglass* 3GT di lapangan.

Tahap selanjutnya adalah pengambilan *sample* material dari dua galangan yang berbeda tersebut untuk dilakukan pengujian, yang selanjutnya akan diidentifikasi terhadap karakteristik kekuatan material berdasarkan pengujian tarik dan bending. Material yang digunakan adalah *fiberglass* dengan material *polyresin*. Dari hasil survei tersebut dilakukan pengambilan sampel pada kapal yang sedang dibangun di galangan-galangan tersebut, atau pembuatan spesimen laminasi yang persis sama dengan kapal tersebut, baik bahan dan susunan laminasinya maupun proses kerjanya. Ukuran dan disain sampel dibuat sesuai persyaratan uji dalam *Rules* BKI yang berlaku (BKI, 2015). *Rules* ini mengacu pada *International Standard ISO 527-4* (1997) untuk uji tarik, dan *ISO 14125* (1998) untuk uji bending.

Tahap ketiga yaitu dilakukan setelah tahapan identifikasi materil yang digunakan pada pembangunan kapal ikan 3GT. Pada tahapan ini dilakukan pembuatan spesimen dari tiga galangan berbeda sesuai *rules* (BKI, 2015) dan pembuatan spesimen dengan komposisi material yang optimum sesuai standar BKI. Selanjutnya dilakukan pengujian tarik dan pengujian bending di laboratorium.

Tahap keempat penelitian ini adalah menggunakan metode analisis data kualitatif deskriptif, yaitu dengan mendeskripsikan data secara sistematis, faktual

dan akurat mengenai hasil yang diperoleh selama pengujian. Menurut Hasan (2002) analisis data dalam memperkirakan besarnya pengaruh secara kuantitatif dari perubahan suatu kejadian lainnya. Tujuan analisis data adalah untuk memperlihatkan hubungan-hubungan antara fenomena yang terdapat dalam penelitian dan juga untuk memberikan jawaban terhadap hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini. Pada tahapan ini akan diperoleh hasil pengujian tarik yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan material berdasarkan hasil pembebanan aksial. Sementara itu untuk pengujian tekuk yaitu untuk mengetahui batas kekuatan lentur serta perubahan posisi material ketika terjadi pembebanan. Dari hasil pengujian ini akan diketahui batas ketangguhan material. Selain itu juga pada tahapan ini akan dilakukan analisa struktur dengan menggunakan metode *finite element methode* (FEM) atau sering disebut juga sebagai metode elemen hingga, adapun tujuannya adalah untuk mendapatkan penyebaran tegangan pada struktur kapal *fiberglass* 3 GT yang akan dianalisa. Pada pemodelan menggunakan analisa *static structural* dengan software *Ansys Workbench 14.5*

Tahap terakhir adalah tahap validasi hasil dan pembahasan, sehingga diperoleh jawaban dari rumusan masalah yang telah dijelaskan pada bab 1 sebelumnya. Selanjutnya hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan dalam rangka penyusunan standarisasi kapal-kapal FRP di bawah 24 meter, sehingga nantinya dapat menjadi pedoman atau panduan bagi praktisi galangan maupun akademisi dalam pembangunan kapal FRP.

3.2. Pembuatan Spesimen Pengujian

3.2.1. Persiapan Alat dan Bahan

Adapun persiapan yang dilakukan sebelum membuat spesimen yang pertama, persiap peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan spesimen, seperti pada Gambar 3.2 sebagai berikut



Gambar 3. 2 Persiapan peralatan pembuatan spesimen.

Adapun peralatan yang digunakan yaitu satu unit timbangan digital, dua buah gelas takar masing-masing berukuran 100 ml dan 25 ml, mistar baja, rol baja, rol busa, satu unit mesin gerinda tangan dan jangka sorong. peralat yang digunakan dalam kondisi baik dan berfungsi normal.

Setelah peralatan dipersiapkan maka tahapan selanjutnya adalah mempersiapkan bahan yang akan dipakai dalam pembuatan spesimen, seperti terlihat pada Gambar 3.3.

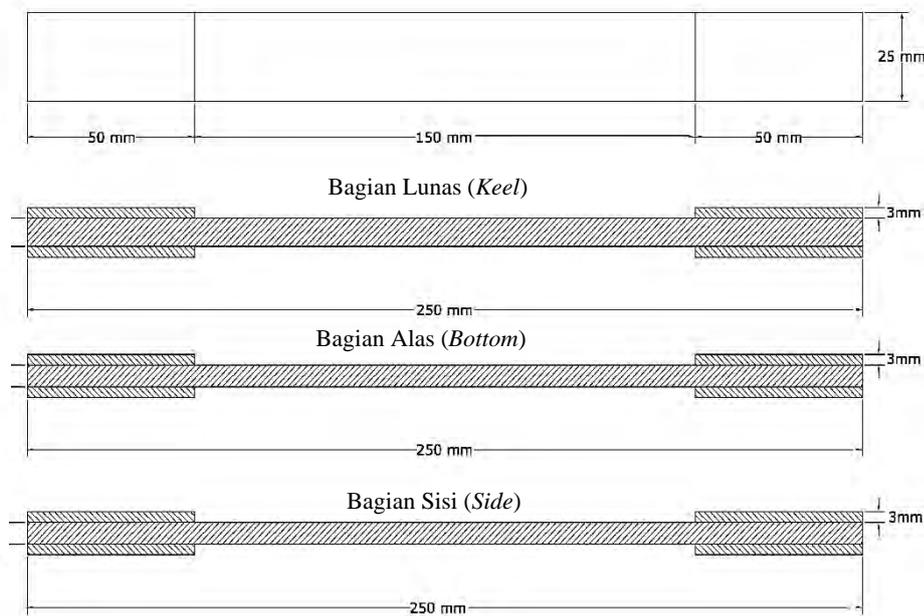


Gambar 3. 3 Bahan yang digunakan

Material FRP yang digunakan dalam pembuatan spesimen antara lain : *Mirror Glaze*, Resin Yukalac 235, Katalis, Serat *Woven roving* dan Serat *Chopped Standart Mat* (CMS). Bahan ini nantinya akan diolah menjadi spesimen yang sesuai atau menyerupai dengan susunan laminasi kapal ikan 3 GT yang dibangun.

3.2.2. Desain Spesimen Pengujian

Rancangan spesimen uji tarik dan uji tekuk sesuai aturan BKI ditunjukkan masing-masing pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 sebagai berikut :

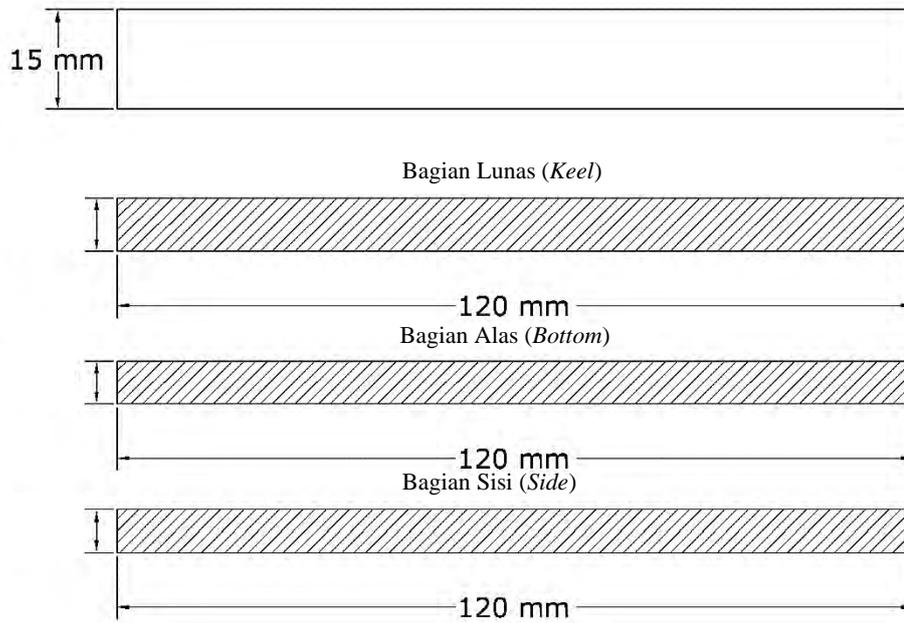


Gambar 3. 4 Desain sampel uji tarik (*tensile*)

Berikut ini adalah keterangan dari Gambar 3.4 yang merupakan dimensi sampel/spesimen uji tarik :

L (panjang total)	= 250 mm
b (lebar)	= 25 mm
h (tebal)1	= 13 dan 9 mm (<i>Keel</i>)
h (tebal)2	= 7 mm (<i>Bottom</i>)
h (tebal)3	= 4 dan 4 mm (<i>Side</i>)
LT (panjang end tabs)	= 50 mm
hT (tebal end tabs)	= 1 s.d. 3 mm

Untuk desain spesimen uji bending ukurannya lebih kecil berbanding dengan uji tarik, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3. 5 Desain spesimen uji tekuk (*Bending*)

Dimensi sampel/spesimen uji:

l (panjang total) = 120 mm,

b (lebar) = 15 mm dan

h (tebal) = 13, 7 dan 4 mm untuk masing-masing kelompok.

Adapun jumlah spesimen dapat dikelompokkan sesuai pengujianya adalah seperti yang di tunjukkan pada Tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3. 1 Jumlah dan ukuran spesimen yang akan diuji

Jenis Pengujian	Kelompok Spesimen	Dimensi	Jumlah
<i>Uji Tarik</i>	Galangan A		
	▪ <i>Keel</i>	250 x 25 x 13 mm	3 Buah
	▪ <i>Bottom</i>	250 x 25 x 7 mm	3 Buah
	▪ <i>Side</i>	250 x 25 x 4 mm	3 Buah
	Galangan B		
	▪ <i>Keel</i>	250 x 25 x 13 mm	3 Buah
	▪ <i>Bottom</i>	250 x 25 x 7 mm	3 Buah
	▪ <i>Side</i>	250 x 25 x 4 mm	3 Buah
	Eksperimen		
▪ <i>Keel</i>	250 x 25 x 9 mm	3 Buah	
▪ <i>Bottom</i>	250 x 25 x 7 mm	3 Buah	
▪ <i>Side</i>	250 x 25 x 5 mm	3 Buah	
<i>Uji Banding</i>	Galangan A		
	▪ <i>Keel</i>	120 x 15 x 13 mm	3 Buah
	▪ <i>Bottom</i>	120 x 15 x 7 mm	3 Buah
	▪ <i>Side</i>	120 x 15x 4 mm	3 Buah
	Galangan B		
	▪ <i>Keel</i>	120 x 15 x 13 mm	3 Buah
	▪ <i>Bottom</i>	120 x 15 x 7 mm	3 Buah
	▪ <i>Side</i>	120 x 15x 4 mm	3 Buah
	Eksperimen		
▪ <i>Keel</i>	120 x 15 x 9 mm	3 Buah	
▪ <i>Bottom</i>	120 x 15 x 7 mm	3 Buah	
▪ <i>Side</i>	120 x 15x 5 mm	3 Buah	

3.2.3. Pembuatan Spesimen Pengujian

Setelah persiapan alat dan bahan, maka selanjutnya dilakukan proses laminasi dengan komposisi campuran katalisnya sekitar 2 persen dari satu liter resin untuk kondisi cuaca normal. Adapun langkah-langkah pengerjaan spesimen adalah sebagai berikut :

1. Persiapkan bahan-bahan yang akan digunakan.
2. Pemotongan serat yang akan digunakan sesuai kebutuhan dengan ukuran 30 x 30 cm.
3. Sebelum dilakukan laminasi terlebih dahulu permukaan lantai kerja atau cetakan di lapiasi dengan *mirror glass*, agar tidak lengket padasaat pelepasan.

4. Lakukan laminasi dengan susunan laminasi yang telah direncanakan (lihat bab 4).
5. Setelah spesimen benar-benar kering, maka dilepas dari lantai kerja atau cetakan.
6. Rapikan sisi-sisinya dengan menggunakan gerinda.
7. Lakukan *marking* sesuai ukuran spesimen yang telah direncanakan untuk uji tarik dan uji bending.
8. Potong spesimen sesuai ukuran.
9. Spesimen yang telah disiapkan maka dilakukan pengeringan dengan cara ditemper pada temperatur 40⁰C selama 16 jam dengan menggunakan pemanas khusus, untuk menghilangkan kadar air dan membuat kondisinya sama dengan kondisi kapal sebenarnya.
10. Spesimen siap untuk di uji.

Sesuai aturan BKI 2015, sebelum diuji sampel terlebih dahulu ditemper pada temperatur 40 derajat *celcius non-stop* selama 16 jam, atau 50 derajat *celcius non-stop* selama 9 jam, dengan alat pemanas yang suhunya terkontrol seperti terlihat pada Gambar 3.6. Setelah ditemper, dilakukan pengukuran luas penampang masing-masing *sample*. Selanjutnya dilakukan uji tarik (*tensile*) dan uji tekuk (*bending*) dilakukan hingga terjadi patah, sehingga diperoleh nilai kuat tarik [N/mm²] dan nilai kuat tekuk [N/mm²], sesuai beban maksimum (Kgf) yang dicapai.



Gambar 3. 6 Proses temper dengan menggunakan oven pemanas

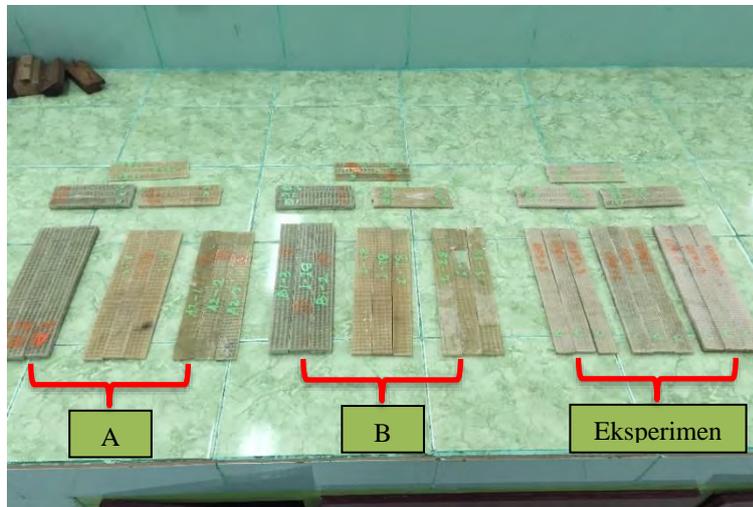
Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu setiap spesimen ditimbang untuk mengetahui berat masing-masing spesimen yang akan diuji. Penimbangan dilakukan dua kali sebelum dan sesudah ditemper atau dioven dengan suhu yang terkontrol agar spesimen benar-benar kering secara sempurna. Untuk spesimen uji pada penelitian ini tidak ada perubahan berat antara sebelum dan sesudah ditemper, untuk berat pada masing-masing spesimen dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3. 2 Daftar berat spesimen pada masing-masing kelompok

Jenis Pengujian	Berat (gr)		
	Galangan A	Galangan B	Eksperimen
UJI TARIK			
<i>Bagian Lunas (Keel)</i>			
- <i>Sp 1</i>	119	125	92
- <i>Sp 2</i>	119	125	92
- <i>Sp 3</i>	118	125	92
<i>Bagian Alas (Bottom)</i>			
- <i>Sp 1</i>	73	74	63
- <i>Sp 2</i>	73	74	63
- <i>Sp 3</i>	73	73	63
<i>Bagian Sisi (Side)</i>			
- <i>Sp 1</i>	42	47	52
- <i>Sp 2</i>	43	48	51
- <i>Sp 3</i>	44	47	51
UJI BENDING			
<i>Bagian Lunas (Keel)</i>			
- <i>Sp 1</i>	35	37	30
- <i>Sp 2</i>	35	37	30
- <i>Sp 3</i>	35	37	30
<i>Bagian Alas (Bottom)</i>			
- <i>Sp 1</i>	22	23	20
- <i>Sp 2</i>	22	23	20
- <i>Sp 3</i>	22	23	21
<i>Bagian Sisi (Side)</i>			
- <i>Sp 1</i>	13	13	17
- <i>Sp 2</i>	13	14	16
- <i>Sp 3</i>	13	14	16

Untuk spesimen yang akan di uji, maka masing-masing kelompok spesimen yang telah ditemper dan siap untuk dilakukan uji tarik dan uji bending. Proses

pengujian dimulai dari spesimen A dilanjutkan dengan spesimen B serta terakhir spesimen eksperimen seperti terlihat pada Gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3. 7 Kelompok spesimen yang siap uji

3.3. Pelaksanaan Pengujian

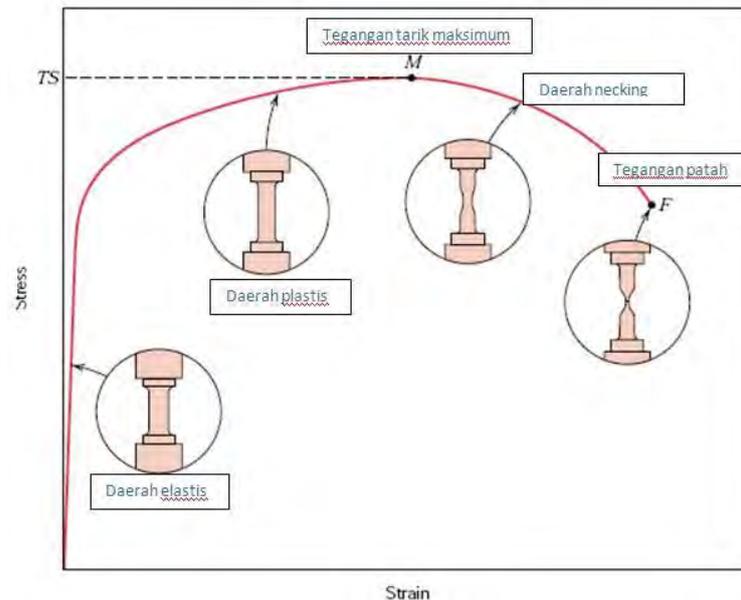
Pada proses pengujian menggunakan mesin geotech GT-700-LC30 dengan kapasitas 1 Ton sampai 22 Ton. Selama proses pengujian data yang dihasilkan sudah dapat dilihat pada layar monitor yang terhubung ke server komputer dan mesin tersebut, sehingga data dan grafik dapat langsung dihasilkan dan di *print out*, seperti terlihat pada Gambar 3.8 berikut ini.



Gambar 3. 8 Proses uji tarik di laboratorium

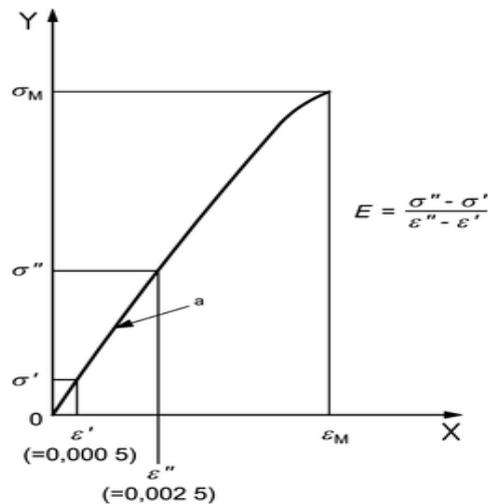
3.3.1. Pengujian Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian tarik merupakan proses pengujian yang dapat menunjukkan perilaku bahan selama proses pembebanan dilakukan. Pada pengujian ini, benda uji diberi beban gaya tarik, yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji. Uji tarik dapat dikatakan pengujian yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak membutuhkan biaya yang mahal dan telah memiliki standarisasi. Dengan menarik suatu material secara perlahan-lahan, maka akan mengetahui reaksi dari material tersebut terhadap pembebanan yang diberikan serta seberapa panjang material tersebut bertahan sampai pada akhirnya putus, seperti terlihat pada ilustrasi yang di tunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Ilustrasi uji tarik dan tegangan yang terjadi.

Adapun nilai yang dicari dari pengujian ini adalah *tensile strenght* dan modulus elastisitas. Modulus elastisitas (E) diukur dari posisi *strain* 0,0005 (0,5%) dan 0,0025 (0,25%) (M'aruf dan Fariied, 2016). Hasil pengujian ini dapat diterima atau valid jika patahan dari hasil pengujian bukan berada pada daerah penjepit yang ada di mesin uji tarik. Untuk mengukur modulus elastisitas dari material yang diuji dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut :



Gambar 3. 10 Kurva *stress – strain* menentukan modulus elastisitas

A. Tegangan (*stress*)

Tegangan (*stress*) pada benda, didefinisikan sebagai gaya persatuan luas penampang benda tersebut. Tegangan diberi simbol σ (dibaca sigma). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{3.1}$$

Keterangan:

- F : besar gaya tekan/tarik (N)
- A : luas penampang (m²)
- σ : tegangan (N/m²)

Jika sebuah benda elastis ditarik oleh suatu gaya, benda tersebut akan bertambah panjang sampai ukuran tertentu sebanding dengan gaya tersebut, yang berarti ada sejumlah gaya yang bekerja pada setiap satuan panjang benda. Gaya yang bekerja sebanding dengan panjang benda dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Besarnya gaya yang bekerja dibagi dengan luas penampang didefinisikan sebagai tegangan (*stress*)

B. Regangan (*strain*)

Regangan (*strain*) didefinisikan sebagai perbandingan antara penambahan panjang benda ΔX terhadap panjang mula-mula X. Regangan dirumuskan sebagai berikut.

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X} \quad (3.2)$$

Keterangan:

- ε : regangan strain (tanpa satuan)
- ΔX : pertambahan panjang (m)
- X : panjang mula-mula (m)

Makin besar tegangan pada sebuah benda, makin besar juga regangannya. Artinya, ΔX juga makin besar.

C. Modulus Elastisitas (*Modulus Young*)

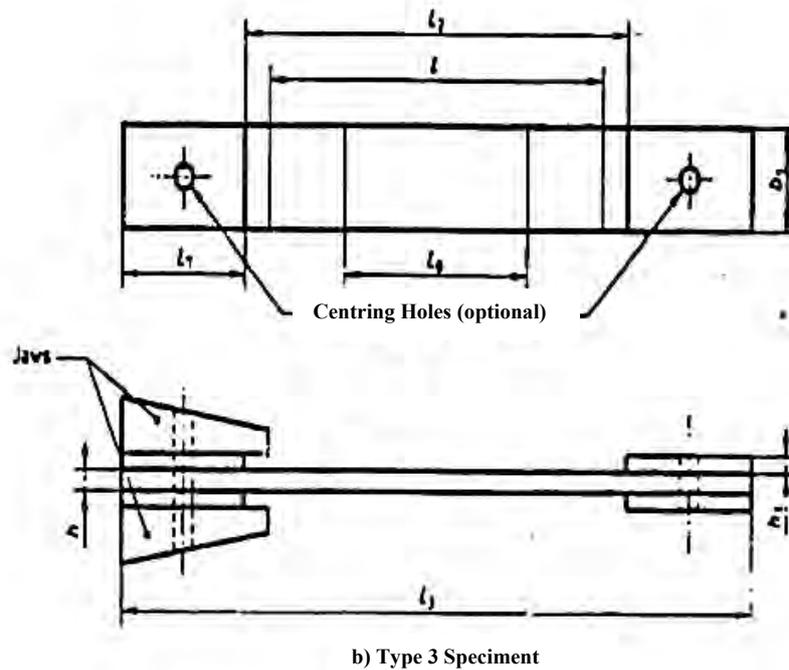
Selama gaya F yang bekerja pada benda elastis tidak melampaui batas elastisitasnya, maka perbandingan antara tegangan (σ) dengan regangan (ε) adalah konstan. Bilangan (konstanta) tersebut dinamakan modulus elastis atau *modulus young* (E). Jadi, *modulus elastis* atau *modulus young* merupakan perbandingan antara tegangan dengan regangan yang dialami oleh suatu benda. Secara matematis ditulis seperti berikut.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta X}{X}} = \frac{FX}{A\Delta X} \quad (3.3)$$

Keterangan:

- E : Modulus Young (N/m^2 atau Pascall)

Sebagaimana yang telah disyaratkan dalam *Rules of Fibreglass Reinforced Plastic Ship 2016 Edition* dan *Guide for FRP and Wooden Fishing Vessel up to 24 Meter, 2015 Edition* (BKI 2015), untuk desain spesimen telah ditetapkan seperti Gambar 3.11 berikut ini :



Gambar 3. 11 Desain sampel uji tarik (*Tensile*), (BKI, 2015)

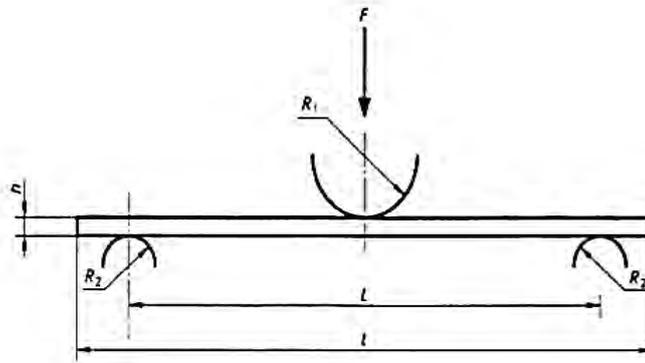
Keterangan :

- b_1 : lebar (mm)
- h : tebal (mm)
- L_T : panjang end tabs (mm)
- h_T : tebal end tabs(mm)

3.3.2. Pengujian Tekuk (*Bending Test*)

Pengujian *bending* atau sering disebut uji tekuk merupakan salah satu pengujian sifat mekanik bahan yang dengan cara ditumpu pada satu titik tengah dari bahan yang ditahan di atas dua tumpuan yang diberi pembebanan secara terus menerus hingga spesimen mengalami perubahan bentuk dan pada akhirnya patah.

Uji tekuk (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Standarisasi bentuk spesimen untuk uji tekuk telah diatur dalam *rules* BKI tahun 2015 seperti pada Gambar 3.12.

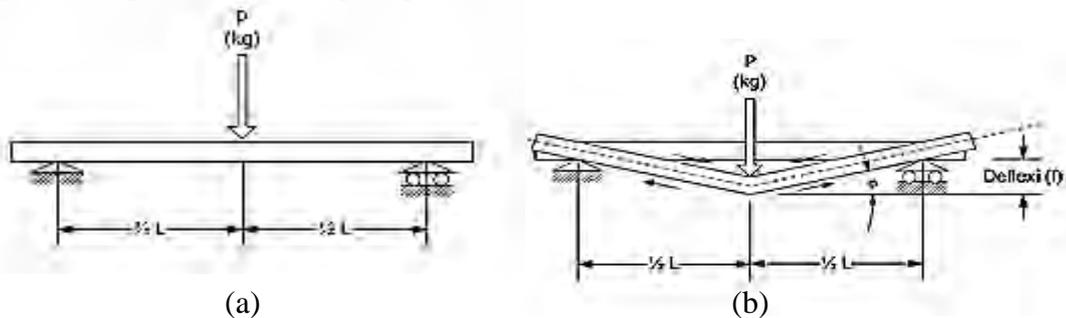


Gambar 3. 12 Desain spesimen uji tekuk (*Bending*), (BKI, 2015).

Keterangan :

- l_1 : panjang total spesimen (mm)
- l_2 : jarak tumpuan (mm)
- b : lebar (mm)
- h : tebal (mm)

Pengujian lengkung merupakan salah satu pengujian sifat mekanik bahan yang dilakukan terhadap spesimen dari bahan baik bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan lengkung maupun proses pelengkungan dalam pembentukan. Pelengkungan (*bending*) merupakan proses pembebanan terhadap suatu bahan pada suatu titik ditengah-tengah dari bahan yang ditahan di atas dua tumpuan. Dengan pembebanan ini bahan akan mengalami deformasi dengan dua buah gaya yang berlawanan bekerja pada saat yang bersamaan. Ilustrasi berikut, memperlihatkan perilaku bahan uji selama pembebanan lengkung.



Gambar 3. 13 (a) Kondisi awal dan (b) Kondisi setelah pembebanan

Gambar 3.13 adalah sebagaimana perilaku bahan terhadap pembebanan, semua bahan akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) secara bertahap dari elastis menjadi plastis hingga akhirnya mengalami kerusakan (patah). Dalam proses pembebanan lengkung di mana dua gaya bekerja dengan jarak tertentu ($1/2L$) serta arah yang berlawanan bekerja secara bersamaan, maka momen lengkung (M_b) tersebut akan bekerja dan ditahan oleh sumbu batang atau sebagai momen tahanan lengkung (W_b). Dalam proses pengujian lengkung yang dilakukan terhadap material sebagai bahan teknik memiliki tujuan pengujian yang berbeda tergantung kebutuhannya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Identifikasi Lapangan

A. Umum

Berdasarkan hasil temuan lapangan, didapati bahwa kapal ikan *fiberglass* ukuran 3 GT pada proses pembangunannya mengacu pada spesifikasi teknis yang digunakan sebagai petunjuk untuk membangun kapal ikan tipe lambung “V” jenis *multi purpose* dibangun dengan material bahan *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)* yang digerakkan dengan 1 (satu) unit mesin penggerak tempel / *outboard* berbaling-baling (LPSE KKP, 2016).

Bentuk lambung kapal dirancang sedemikian rupa dapat memenuhi kriteria kapal ikan, antara lain ruang muat luas, mudah *loading - unloading* ikan, olah gerak (*maneuverability*) dan stabilitas yang baik sesuai dengan ketentuan laik laut, laik tangkap dan laik simpan sehingga mampu menjaga kenyamanan, keamanan dan keselamatan ABK serta terjaminnya kualitas hasil tangkapan selama beroperasi dan berlayar dalam setiap kondisi perairan.

Gambar Rencana Umum (*General Arrangement*) menjelaskan secara umum bentuk geometri kapal secara keseluruhan terdiri dari lambung dengan geladak yang dirancang untuk memenuhi sarana kegiatan penangkapan ikan. Jenis kapal ukuran kurang 3 GT *multi purpose* ini pada umumnya dioperasikan oleh 2 orang ABK dengan jenis alat tangkap antara lain *long liner, hand liner, gillnetter* (lihat lampiran 2).

B. Ukuran dan Spesifikasi Utama

1) Data Umum :

- Panjang Utama Kapal (LOA) : 10.30 Meter
- Lebar Maximum (B_{MAX}) : 1.20 Meter
- Tinggi Geladak (H) : 0.90 Meter
- Sarat Benam Air (T) : 0.40 Meter
- Mesin penggerak *Outboard Engine* : ± 15 - 25 HP

- Tangki Bahan Bakar (*Portable FOT*) : 1 x 25 Liter
- Lama Operasi : 6- 8 jam
- Awak kapal (ABK) : 2 Orang

2) Kecepatan

Kecepatan Jelajah ekonomis (V) : 7 - 8 Knot

3) Jangkauan (*Range*) & *Endurance*.

Kapal sesuai dengan bahan bakar 25 liter dapat beroperasi 6 - 8 jam, pada kecepatan rata-rata 7 – 8 knot.

C. Bahan Utama dan Susunan Laminasi

Bahan utama pembengunan kapal 3 GT ini adalah dari *FRP (Fibreglass Reinforced Plastic)* yang telah disertifikasi oleh klas BKI di mana kontruksi lambung kapal diperkuat dengan penguat-penguat membujur dan melintang yang terbuat dari balok-balok / *frame fibreglass* dengan isi *foam* dengan *density* 60 kg/m³. Material *fiberglass* yang digunakan untuk kontruksi harus memiliki kekuatan uji tarik minimum 85 MPa.

Tabel 4. 1 Bahan utama pembuatan kapal ikan 3 GT

NAMA BARANG	SPEK KKP	
	VOL	SAT
<i>Polyester Resin for Marine Yukalac 234</i>	465	Kg
<i>Chopped S M 300</i>	25	Kg
<i>Chopped S M 450</i>	110	Kg
<i>Roving Woven 800</i>	131	Kg
<i>Pigmen (Pewarna)</i>	4	Kg
<i>Coumpon</i>	1	Kg
<i>Mirror Max</i>	1	Kg
<i>Gelcoat Biru</i>	26	Kg
<i>Katalis</i>	20	Kg
<i>Foam</i>	10	Kg

Sumber : LPSE KKP, 2016

Tabel 4. 2 Laminasi *schedule* konstruksi kapal FRP

LAMINASI SCHEDULE			
Part		Material	Layer
I. Hull			
1.	<i>Keel Plate</i>	G + M300 + 7 M450 + 6 WR800	14 Ply
2.	<i>Bottom Plate</i>	G + M300 + 4 M450 + 3 WR800	8 Ply
3.	<i>Shell Plate</i>	G + M300 + 3 M450 + 2 WR800	6 Ply
II. Deck			
1.	<i>Deck Palka</i>	G + M300 + 3 M450 + 2 WR800	6 Ply
III. Bulkhead			
1.	<i>Single Skin</i>	M300 + 2 M 450 + 2 WR800	5 Ply
2.	<i>Stiffener</i>	M300 + 2 M 450 + 2 WR800	5 Ply
IV. Frames			
1.	<i>Transverse</i>	M300 + 2 M450 + 2WR800	5 Ply
2.	<i>Side Longitudinal</i>	M300 + 2 M450 + 2 WR800	5 Ply
3.	<i>Girders</i>	M300 + 2 M450 + 2 WR800	5 Ply
4.	<i>Floors</i>	M300 + 2 M450 + 2 WR800	5 Ply
V. Beams			
1.	<i>Transverse Beam</i>	M300 + 2 M450 + WR800	4 Ply
2.	<i>Longitudinal Beam</i>	M300 + 2 M450 + WR800	4 Ply
Catatan :			
No	SIMBOL	MATERIAL	
1.	G	<i>Gelcoat</i> (500 gr/m ²)	
2.	M 300	<i>Chopped Strand Mat</i> 300 (300 gr/m ²)	
3.	M 450	<i>Chopped Strand Mat</i> 450 (450 gr/m ²)	
4.	WR 800	<i>Woven Roving</i> (800 gr/m ²)	

Sumber : LPSE KKP, 2016

Pada tahap laminasi bagian dasar (kulit bawah) dan lambung (kulit samping) agar dilakukan dengan cermat mengingat lambung adalah *single skin*. untuk keamanan kerja lantai geladak dilapisi anti slip agar tidak mudah tergelincir. Pelapisan komposisi material *gelcoat*, *matt* dan *woven roving* agar diperhatikan dengan cermat sesuai ketentuan pelapisan.

D. Konstruksi Kapal

Kapal Ikan ukuran kurang dari 3 GT *fibreglass* dengan konstruksi lambung FRP (*Fibreglass Reinforced Plastic*) terdiri dari 2 bagian utama yaitu badan kapal bagian bawah (*hull*), bagian geladak kapal (*deck*) di mana masing-masing bagian

dibuat dengan konstruksi *FRP* yang dicetak dengan sistem *hand lay-up*. Lapisan-lapisan setiap laminasi serta ketebalan tiap bagian akan dikerjakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku sehingga laminasi tiap bagian menyatu dengan kekuatan yang memenuhi sesuai perhitungan.

Pekerjaan pembuatan bagian-bagian kapal yang tidak diatur dalam ketentuan yang ada maka pekerjaan tersebut akan dilakukan sesuai dengan pelaksanaan yang lazim dalam pembangunan kapal *FRP*.

1) Tata Letak

Sesuai dengan fungsinya, tata letak ruangan kapal dirancang dengan memperhatikan aspek-aspek keselamatan, kenyamanan, mobilisasi, distribusi berat serta aspek pemeliharaan.

2) Susunan Pembagian Lambung / Rencana Umum

Bagian lambung kapal dibatasi oleh sekat-sekat yang di atur dalam Gambar Rencana Umum dari buritan (AP) ke arah haluan (FP) ruang-ruang :

a. Muatan Ikan (*Fish Hold*) :

- 1 (satu) buah ruang muat memanjang kapal dengan total sesuai kapasitas 1.5 m^3 untuk 500 kg ikan yang dibatasi oleh sekat kedap air, dan 1 ruang terbuka untuk penyimpanan alat tangkap.
- Ruang ceruk depan atau haluan
- Ruang ceruk merupakan ruang kosong dan kedap.

b. Terdapat lantai memanjang kapal menerus setinggi 300 mm di atas *base line* dari ceruk haluan ke ceruk buritan kecuali ruang muat.

3) Penguat Bagian Konstruksi Kapal

Kulit (*Shell*), lambung (*hull*), geladak (*deck*) merupakan satu kesatuan yang utuh. Konstruksi kulit *single skin* dicetak dengan "*female method*" *hand lay-up laminated*. Jumlah ketebalan laminasi setiap bagian serta pengerjaannya mengikuti ketentuan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

Gelcoat adalah permukaan luar kulit kapal (*outer shell*) dan merupakan bagian dari struktur laminasi.

Bagian-bagian konstruksi kapal seperti penguat, gading, balok dan lain-lain, ukuran dan tebalnya laminasi dibuat sesuai dengan ketentuan *rules*, seperti pada Gambar *midship section* dan konstruksi *profile*.

4) Konstruksi Bangunan Kapal

a) Laminasi lambung kapal

Setelah proses pembuatan molding (cetakan) selesai, maka tahap selanjutnya adalah melakukan proses laminasi lambung kapal yang sebenarnya. Tahapan ini diawali dengan melapisi *gelcoat* sebagai lapisan pertama pada lambung kapal ikan 3 GT sesuai dengan kebutuhan warna yang di inginkan.

Kapal memiliki beberapa ruangan dengan pembagian berdasarkan sekat melintang yang membagi kapal ke arah memanjang menjadi beberapa ruangan, antara lain, dibawah geladak :

- Ceruk haluan
- Ruang penyimpan alat tangkap.
- Ruang muat, tempat penyimpanan ikan.

b) Pembujur (*Girder*)

Bottom Longitudinal Girder dan *Deck Longitudinal Girder* pada kapal terbuat dari *fibreglass* yang dicetak berbentuk *profile* dengan isi *foam*, dipasang memanjang kapal dari transom kapal ke ujung haluan kapal yang disatukan dengan lambung kapal dengan *fibreglass*, sehingga merupakan kekuatan menyeluruh pada bagian kapal.



(a)

(b)

Gambar 4. 1 (a) Proses pembuatan dan (b) pemasangan pembujur (*girder*)

c) Gading-gading (*Frame*)

Tahapan ini penulis melihat langsung sejauh mana penerapan spesifikasi teknis pembangunan kapal ikan 3 GT yang sudah di setujui oleh BKI dalam penerapan proses pembangunannya. Kapal ikan 3 GT dilengkapi dengan konstruksi gading melintang dengan jarak gading 350 mm yang dibuat dari bahan *fibreglass* yang dicetak berbentuk *profile* dengan isi *foam* yang disatukan dengan lambung pada bagian *bottom* kapal. Gambar 4.2 meperlihatkan gading yang terbuat dari foam sebelum dan sesudah dilapisi dengan *fiberglass*.



Gambar 4. 2 Proses pemasangan gading pada konstruksi kapal ikan 3 GT

d) Sekat Kedap Air (*Water Tight Bulkhead*)

Sekat kedap air dibuat dari bahan *fibreglass* dengan ketebalan yang memenuhi dan diperkuat dengan *profile fibreglass* yang dipasang secara vertikal dan horizontal. Sekat kedap air merupakan penguat melintang yang dipasang dan menyatu atau menerus dengan kulit lambung kapal bagian dalam dengan pelapisan *fibreglass*. Susunan dan peletakan sekat sesuai Gambar Rencana Umum.

e) Konstruksi *Fender*

Sekeliling badan kapal diberi lapisan Pelindung dari benturan (*fender*), terbuat dari karet atau kayu 8 x 6 cm (permukaan di round). *Fender* ini dipasang pada pertemuan antara deck dan lambung dengan pengikatan yang kuat.

4.2. Analisis Perhitungan Kontruksi

4.2.1. Perhitungan ketebalan tiap lapisan laminasi

Untuk mengetahui ketebalan laminasi material FRP tiap lapisan berdasarkan *Lloyd Register of Shipping 1978* dapat dihitung sebagai berikut :

(a) *Chopped Strand Mat* 300 Gram

$$t = \left(\frac{W}{3072} \right) \times \left[\left(\frac{2,56}{Gc} \right)^{-1,36} \right] \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} w &= \text{Berat } Mat \text{ yang digunakan (g/m}^2 \text{)} \\ &= 450 \text{ g/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} gc &= \text{Faktor pengali dari jenis penguat yang dipakai} \\ &= 0,34 \text{ untuk serat penguat (} Chopped Strand Mat \text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \left(\frac{300}{3072} \right) \times \left[\left(\frac{2,56}{0,34} \right)^{-1,36} \right] \\ &= 0,6002 \text{ mm} \end{aligned}$$

(b) *Chopped Strand Mat* 450 Gram

$$t = \left(\frac{W}{3072} \right) \times \left[\left(\frac{2,56}{Gc} \right)^{-1,36} \right] \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned}
w &= \text{Berat Mat yang digunakan (g/m2)} \\
&= 450 \text{ g/m2} \\
gc &= \text{Faktor pengali dari jenis penguat yang dipakai} \\
&= 0,34 \text{ untuk serat penguat (Chopped Strand Mat)} \\
t &= \left(\frac{450}{3072} \right) \times \left[\left(\frac{2,56}{0,34} \right) - 1,36 \right] \\
&= 0,90 \text{ mm}
\end{aligned}$$

(c) *Woven Roving* 600 gram

$$\begin{aligned}
t &= \left(\frac{W}{3072} \right) \times \left[\left(\frac{2,56}{Gc} \right) - 1,36 \right] & (4.3) \\
w &= \text{Berat WR yang akan digunakan (g/m2)} \\
&= 600 \text{ g/m2} \\
gc &= \text{Faktor pengali dari jenis serat penguat yang dipakai} \\
&= 0,5 \text{ untuk penguat Woven Roving (WR)} \\
t &= \left(\frac{600}{3072} \right) \times \left[\left(\frac{2,56}{0,5} \right) - 1,36 \right] \\
&= 0,73 \text{ mm}
\end{aligned}$$

(d) *Woven Roving* 800 gram

$$\begin{aligned}
t &= \left(\frac{W}{3072} \right) \times \left[\left(\frac{2,56}{Gc} \right) - 1,36 \right] & (4.4) \\
w &= \text{Berat WR yang akan digunakan (g/m2)} \\
&= 800 \text{ g/m2} \\
gc &= \text{Faktor pengali dari jenis serat penguat yang dipakai} \\
&= 0,5 \text{ untuk penguat Woven Roving (WR)} \\
t &= \left(\frac{800}{3072} \right) \times \left[\left(\frac{2,56}{0,5} \right) - 1,36 \right] \\
&= 0,97 \text{ mm}
\end{aligned}$$

5) *Scantling Length (L)*

$$L = \frac{LOA+LWL}{2} \text{ (m)} \text{ (BKI FRP, 2015)}$$

(4.5)

$$L = 10 \text{ m}$$

6) *Displacement (Δ)*

$$\Delta = V \cdot \gamma \text{ (t)} \tag{4.6}$$

$$\gamma = \text{density of the displaced water [t/m}^3\text{]}$$

$$V = \text{volume of displacement [m}^3\text{]}$$

$$\Delta = 2,2 \text{ ton}$$

Tabel 4. 3 Perhitungan beban pada bagian lambung kapal *fiberglass*

Hull Area	Design Loading [kN/m ²]	
Shell bottom ≥ 0,4 L ÷ fore < 0,4 L ÷ aft	P _{dBM} 2,7 L + 3,29	30,29
	2,16 L + 2,63	24,23
Shell side ≥ 0,4 L ÷ fore < 0,4 L ÷ aft	P _{dBM} 1,88 L + 1,76	20,56
	1,50 L + 1,41	16,76
Keel	P _B 2,7 L + 3,29	30,29

Sumber : BKI, 2015

7) *Jarak Gading (a)*

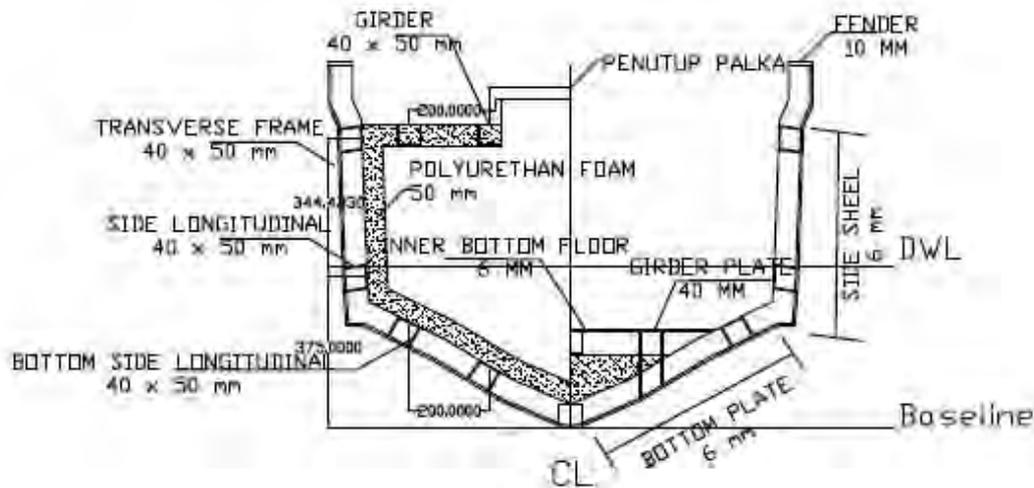
$$a = (350 + 5L) \text{ (mm)}$$

$$a = 400$$

8) *Lebar Lunas*

$$= 25L + 300 \text{ (mm)}$$

$$= 550$$



Gambar 4. 3 Potongan melintang (*midship section*) kapal ikan 3 GT

Gambar 4.3 merupakan potongan melintang kapal ikan 3 GT yaitu pada *frame* (gading) 13 dan 15. Di mana Gambar tersebut memberikan informasi posisi maupun dimensi dari masing-masing komponen konstruksi kapal ikan 3GT yang akan dibangun. Gambar tersebut telah disetujui oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

4.2.2. Perhitungan berat dan jumlah laminasi bagian alas (*bottom*)

Jika mengacu pada regulasi *Lloyd Register of Shipping* 1978 maka untuk penentuan perhitungan konstruksi lambung terlebih dahulu menentukan *speed length ratio* terlebih dahulu, untuk kapal ikan 3 GT yang sedang diteliti didapatkan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 V_{\max} & = 8 \text{ knot} \\
 L_{wl} & = 10,30 \text{ m} \\
 & = 2.5
 \end{array}
 \quad
 \frac{V}{\sqrt{L_{wl}}}
 \quad
 (4.5)$$

Maka dapat dilihat dari Tabel LR 1978 section 5 Tabel 2.5.1 untuk *motor carf* diambil *Bottom* = 3500 g/m² dan jarak gading 400 mm

Tabel 4. 4 Komposisi lapisan laminasi bagian alas (*bottom*)

Lap isan	Nama Lapisan	Jumlah Lapisan Sesuai Spesifikasi Teknis	
		Berat (g/m ²)	Tebal (mm)
1	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0.63
2	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.9
3	<i>Woven Roving</i>	800	0.93
4	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.9
5	<i>Woven Roving</i>	800	0.93
6	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.9
7	<i>Woven Roving</i>	800	0.93
8	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.9
Jumlah		4500	7.02

Tabel 4.4 tersebut dapat jiliskan bahwa laminasi lambung kapal ikan 3GT sesuai spesifikasi teknis yang direncanakan yaitu 8 layer dengan berat 4500 g/m² dengan tebal 7,02 mm. Jumlah lapisan yang direncanakan sesuai dengan perolehan data dilapangan yaitu dengan ketebalan 7 mm.

4.2.3. Perhitungan berat dan jumlah laminasi bagian sisi (*side*)

Dalam merencanakan jumlah lapisan yang akan digunakan hendaklah sesuai dengan perhitungan berat layer (g/m²) untuk kulit sisi (*side*). Hasil yang didapatkan minimal harus sama atau lebih dari berat yang direncanakan. *Side Shell* = 2850 g/m² (LR, 1978)

Tabel 4.5 berikut ini menjelaskan bahwa laminasi lambung kapal ikan 3GT sesuai spesifikasi teknis yang di rencanakan yaitu 6 layer dengan berat 3250 g/m² dengan ketebalan 5,19 mm. Hasil perolehan data dilapangan bahwa ada pengurangan ketebalan sesuai perencanaan dengan hasil yang telah diaplikasikan yaitu hanya 4 mm ketebalan untuk sisi lambung kapal ikan 3 GT.

Tabel 4. 5 Komposisi lapisan laminasi lambung kapal 3 GT bagian sisi (*side*)

Lapisan	Nama Lapisan	Jumlah Lapisan Sesuai Spesifikasi Teknis	
		Berat (g/m ²)	Tebal (mm)
1	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0.63
2	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.90
3	<i>Woven Roving</i>	800	0.93
4	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.90
5	<i>Woven Roving</i>	800	0.93
6	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.90
Jumlah		3250	5.19

4.2.4. Perhitungan berat dan jumlah laminasi bagian lunas (*keel*)

Untuk lunas ketebalan laminasinya minimal dua kali dari jumlah lapisan bagian alas (*bottom*). Untuk susunannya dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut :

Tabel 4. 6 Perhitungan berat dan jumlah laminasi bagian lunas (*keel*)

Lapisan	Nama Lapisan	Jumlah Lapisan Sesuai Spesifikasi Teknis	
		Berat (g/m ²)	Tebal (mm)
1	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0.63
2	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.90
3	<i>Woven Roving</i>	800	0.97
4	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.90
5	<i>Woven Roving</i>	800	0.97
6	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.90
7	<i>Woven Roving</i>	800	0.97
8	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.90
9	<i>Woven Roving</i>	800	0.97
10	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.9
11	<i>Woven Roving</i>	800	0.97
12	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.9
13	<i>Woven Roving</i>	800	0.97
14	<i>Choped Strand Mat</i>	450	0.9
Jumlah		8250	12.75

Tabel 4.6 merupakan susunan laminasi yang telah direncanakan dan disetujui oleh BKI untuk pembangunan kapal ikan 3 GT yaitu berat 8250 gr/m² dengan ketebalan 12.75 mm pada aplikasinya menjadi 13 mm.

4.2.5. Perhitungan berat dan jumlah laminasi spesimen eksperimen

(a) Bagian Alas (*bottom*)

Tabel 4.7 merupakan susunan laminasi untuk spesimen optimum dengan jumlah 10 lapisan (*layer*) tetapi dengan jenis material yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.7. Jumlah ketebalan yang direncanakan 6,70 mm dengan berat 4200 g/m² dan hasil dilapangan 7 mm.

Tabel 4. 7 Berat dan jumlah laminasi eksperimen bagian alas (*bottom*)

Lapisan	Nama Lapisan	Jumlah Lapisan Eksperimen	
		Berat (g/m ²)	Tebal (mm)
1	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,63
2	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,63
3	<i>Woven Roving</i>	600	0,73
4	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,63
5	<i>Woven Roving</i>	600	0,73
6	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,63
7	<i>Woven Roving</i>	600	0,73
8	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,63
9	<i>Woven Roving</i>	600	0,73
10	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,63
Jumlah		4200	6,70

(b) Bagian Sisi (*side*)

Sementara penulis membuat spesimen yang optimum diluar aturan klasifikasi tetapi tetap merujuk pada prosedur pengujianya, dengan jumlah lapisan (*layer*) yang sama tetapi dengan jenis material yang berbeda. Jumlah ketebalan yang direncanakan 4,2 mm dengan berat 3000 g/m² dan hasilnya adalah 5 mm, seperti terlihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Berat dan jumlah laminasi eksperimen bagian sisi (*side*)

Lap isan	Nama Lapisan	Jumlah Lapisan Eksperimen	
		Berat (g/m ²)	Tebal (mm)
1	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,63
2	<i>Choped Strand Mat</i>	600	0,73
3	<i>Woven Roving</i>	600	0,73
4	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,63
5	<i>Woven Roving</i>	600	0,73
6	<i>Choped Strand Mat</i>	600	0,73
Jumlah		3000	4,2

(c) Bagian Lunas (*keel*)

Tabel 4.9 merupakan jumlah lapisan eksperimen direncanakan 5700 gr/m² dengan ketebalan 8,790 mm pada aplikasinya menjadi 9 mm. Untuk lapisan pada spesimen eksperimen dibuat hanya 13 lapisan dan menggunakan Mat 300 dan WR 600 untuk melihat apakah kuat tarik dan kuat tekuk memenuhi standar yang ditetapkan oleh BKI.

Tabel 4. 9 Berat dan jumlah laminasi eksperimen bagian lunas (*keel*)

Lapisan	Nama Lapisan	Jumlah Eksperimen	
		Berat (g/m ²)	Tebal (mm)
1	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,6300
2	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,6300
3	<i>Woven Roving</i>	600	0,7300
4	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,6300
5	<i>Woven Roving</i>	600	0,7300
6	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,6300
7	<i>Woven Roving</i>	600	0,7300
8	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,6300
9	<i>Woven Roving</i>	600	0,7300
10	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,6300
11	<i>Woven Roving</i>	600	0,7300
12	<i>Choped Strand Mat</i>	300	0,6300
13	<i>Woven Roving</i>	600	0,7300
Jumlah		5700	8,790

4.3. Hasil Pengujian

Hasil pengujian untuk melihat perbandingan kekuatan tarik dari spesimen yang diperoleh pada dua galangan yang sedang membangun kapal ikan 3 GT proyek KKP tahun 2016, di mana kedua perusahaan tersebut berada di Kabupaten Cilacap Jawa Tengah. serta satu galangan yang tidak sedang membangun kapal ikan proyek KKP, sehingga ada 3 galangan yang berbeda dilakukan penelitian serta diambil spesimennya untuk di uji sebagai bahan analisis kajian standarisasi pada tesis ini. Untuk data hasil pengujian yang dilakukan pada Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Bengkalis Riau. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini :



Gambar 4. 4 Bentuk dari hasil pengujian (a) uji tarik dan (b) uji bending

Spesimen hasil uji tarik (a) yang telah mengalami perubahan bentuk dari kondisi awalnya. Seluruh spesimen yang diuji kondisinya putus pada tengah spesimen dan tidak pada posisi penjepit di mesin uji tarik. Hasil pengujian yang diterima apabila mengalami putus pada bagian tengah spesimen dan yang putus pada bagian penjepit tidak diterima hasilnya. Begitu pula dengan hasil uji bending pada Gambar (b) mengalami patahan yang sempurna, karena seluruh spesimen uji bending mengalami deformasi (perubahan bentuk) pada bagian tengah spesimen. Selain itu, hal lain yang perlu diperhatikan dalam pengujian adalah penempatan posisi spesimen saat diuji sangat mempengaruhi hasil pengujian.

Untuk nilai dari keseluruhan pengujian, diklasifikasikan pada Tabel 4.10 untuk hasil pengujian tarik dan Tabel 4.11 untuk hasil pengujian bending. Pada Tabel tersebut berisi informasi dari seluruh spesimen yang telah diuji, nilai dari setiap spesimen akan dikelompokkan berdasarkan galangan dan ketebalan dari masing-masing spesimen.

4.3.1. Hasil Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik spesimen yang dipersiapkan berjumlah 27 buah spesimen dengan ukuran yang telah direncanakan (lihat Tabel 3.1 pada BAB 3). Untuk nilai uji tarik dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4. 10 Hasil uji tarik spesimen lambung kapal ikan 3 GT

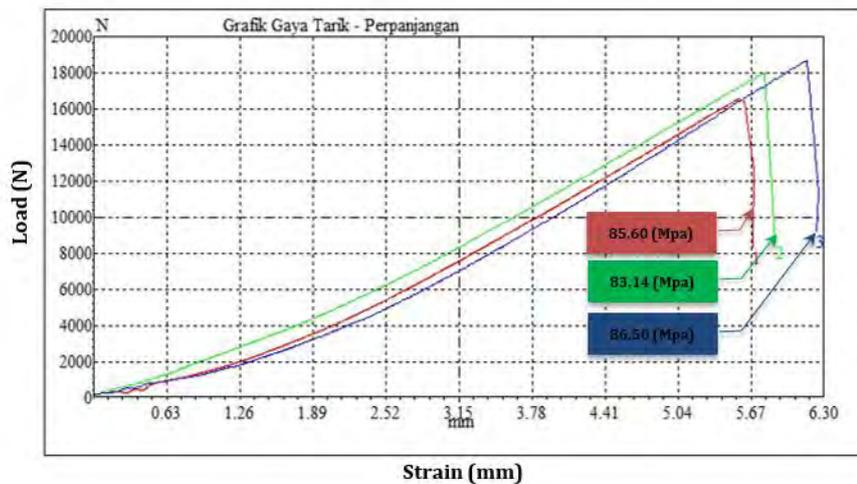
Uraian	Spesimen	Tebal (mm)	Beban (N)	Regangan (mm)	Tegangan (MPa)
Galangan A					
<i>Lunas (Keel)</i>	1	13	46370,50	10,70	214,68
	2	13	42421,87	11,50	190,40
	3	13	48254,22	11,00	223,40
<i>Rata-rata</i>					211,49
<i>Alas (Bottom)</i>	1	7	26495,41	6,39	112,66
	2	7	26691,98	6,90	123,57
	3	7	27233,18	6,47	126,08
<i>Rata-rata</i>					124,10
<i>Sisi (Side)</i>	1	4	8593,75	4,20	39,79
	2	4	13559,02	4,54	62,77
	3	4	19442,90	4,95	90,01
<i>Rata-rata</i>					64,19
Galangan B					
<i>Lunas (Keel)</i>	1	13	46685,72	10,80	216,03
	2	13	48207,68	10,70	223,18
	3	13	46183,22	10,60	214,42
<i>Rata-rata</i>					235,71
<i>Alas (Bottom)</i>	1	7	26400,52	7,20	122,22
	2	7	26931,35	6,23	124,68
	3	7	26407,38	7,15	122,26
<i>Rata-rata</i>					123,05
<i>Sisi (Side)</i>	1	4	15594,08	5,10	72,19
	2	4	18464,28	4,95	85,48
	3	4	18851,95	5,62	87,28
<i>Rata-rata</i>					81,65
Eksperimen I					
<i>Lunas (Keel)</i>	1	9	37453,62	8,35	173,40
	2	9	34425,03	8,52	159,38

	3	9	29715,74	8,40	147,57
<i>Rata-rata</i>					156,78
<i>Alas (Bottom)</i>	1	7	18579,31	5,62	87,50
	2	7	19418,71	5,80	91,38
	3	7	18542,07	5,40	87,32
<i>Rata-rata</i>					88,73
<i>Sisi (Side)</i>	1	5	18524,96	5,60	86,50
	2	5	17958,96	5,72	83,14
	3	5	18686,61	6,00	86,51
<i>Rata-rata</i>					85,38
<i>Ekseperimen 2</i>					
<i>Sisi (side)</i>	1	4	1843 2,20	5,77	87,63
	2	4	18554,00	5,55	87,45
	3	4	17624,33	5,60	86,77
					87,28

Dari hasil pengujian pada Tabel 4.10 tersebut menunjukkan, nilai kekuatan tarik dari masing masing kelompok yang diambil dari 3 galangan yang berbeda, memperlihatkan nilai yang tidak begitu signifikan perbedaannya seperti nilai kuat tarik pada bagian lunas (*keel*) untuk galangan A peroleh hasil rata-rata 211.49 (N/mm²) dan nilai pada galangan B sekitar 219.87 (N/mm²). Sementara untuk eksperimen diperoleh 156.7 (N/mm²) tetapi untuk spesimen pada eksperimen komposisi dan jumlah laminasi (*layer*) dikurangi sehingga ketebalannya menjadi 9 mm. Bila melihat hasil tersebut di atas nilai minimum yang di syaratakan oleh BKI untuk uji tarik minimum adalah 85 (N/mm²) dalam artian untuk bagian lunas (*keel*) memenuhi nilai kuat tarik.

Sementara itu, untuk bagian alas (*bottom*) jumlah lapisan laminasinya sama yaitu 7 layer untuk galangan A, B dan eksperimen, tetapi pada eksperimen komposisi bahanya dibedakan jika pada galangan A dan B memakai Mat 300, 450 dan WR 800 maka di eksperimen memakai Mat 300 dan WR 600. Hasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.10 juga memenuhi syarat minimum yang ditetapkan oleh BKI.

Selanjutnya pada bagian sisi (*side*) jika dilihat dari nilai rata-rata hasil uji tarik galangan A dan B tidak memenuhi syarat yang ditetapkan oleh BKI, maka dari itu penulis membuat sturuktur laminasi alternatif dan membedakan susunan laminasinya dan hasilnya memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh BKI yaitu 85.38 (N/mm²).



Gambar 4. 5 Grafik tegangan regangan spesimen eksperimen bagian sisi

Grafik pada Gambar 4.5 merupakan salah satu hasil pengujian yang memperlihatkan *trend* positif berbanding dengan pengujian dengan jenis yang sama, di mana spesimennya diambil dari galangan. Hasil pengujian ini memenuhi standar minimal yang ditetapkan oleh BKI yaitu 85 MPa untuk kuat tarik material berbandasr FRP. Jika dirata-ratakan hasil pengujian untuk bagian sisi (*side*) yaitu 85.38 MPa.

4.3.2. Hasil Pengujian Bending

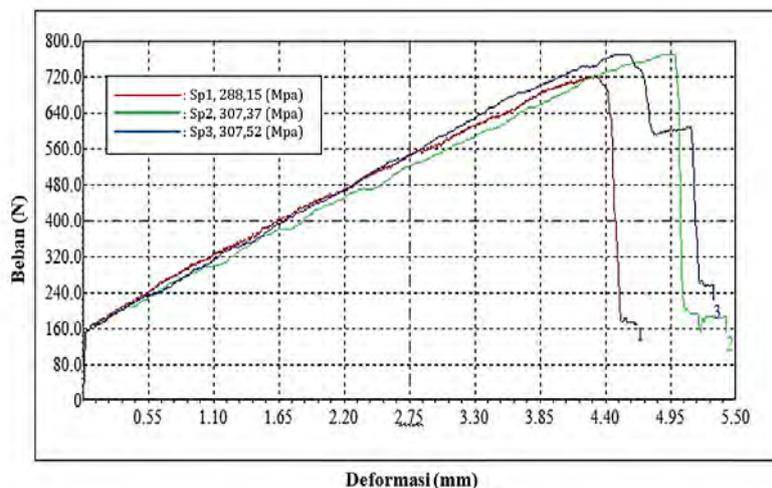
Pengujian bending dilakukan terhadap 28 spesimen dari 3 galangan berbeda untuk mengetahui karakteristik sifat mekanis dari material *fiberglass*. Hasil uji bending dapat dilihat pada Tabel 4.11 sebagai berikut.

Tabel 4. 11 Hasil pengujian bending Spesimen lambung kapal ikan 3 GT

Uraian	Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban (N)	Jarak Tumpuan (mm)	Deformasi (mm)	Tegangan Lengkung (MPa)
<i>Galangan A</i>							
<i>Lunas (Keel)</i>	1	15	13	4919,88	100	6,66	291,12
	2	15	13	4264,34	100	4,25	252,33
	3	15	13	4490,68	100	4,13	265,72
Rata-rata						5,01	269,72
<i>Alas (Bottom)</i>							
	1	15	7	1153,730	100	6,02	235,46
	2	15	7	1033,88	100	5,53	211,00
	3	15	7	1344,38	100	5,46	274,36
Rata-rata						5,67	240,27
<i>Sisi (Side)</i>							
	1	15	4	413,500	100	7,74	258,44
	2	15	4	505,56	100	7,54	315,98

	3	15	4	246,86	100	3,78	154,29
Rata-rata						6,35	242,90
Galangan B							
<i>Lunas (Keel)</i>	1	15	13	3479,52	100	4,71	205,89
	2	15	13	4023,13	100	5,17	238,06
	3	15	13	4447,63	100	4,94	263,17
Rata-rata						4,94	235,71
<i>Alas (Bottom)</i>	1	15	7	1120,900	100	4,73	228,76
	2	15	7	1180,06	100	6,38	240,83
	3	15	7	1437,94	100	5,94	293,46
Rata-rata						5,68	254,35
<i>Sisi (Side)</i>	1	15	4	467,280	100	12,78	292,05
	2	15	4	505,36	100	6,61	315,85
	3	15	4	423,59	100	7,05	264,74
Rata-rata						8,81	290,88
Eksperimen							
<i>Lunas (Keel)</i>	1	15	9	2412,1	100	3,85	297,79
	2	15	9	1941,21	100	3,35	239,66
	3	15	9	1621,38	100	2,21	200,17
Rata-rata						3,14	245,87
<i>Alas (Bottom)</i>	1	15	7	1271,48	100	4,81	259,48
	2	15	7	1178,7	100	4,52	240,55
	3	15	7	1288,57	100	4,9	262,97
Rata-rata						4,74	254,33
<i>Sisi (Side)</i>	1	15	5	720,380	100	4,67	288,15
	2	15	5	768,39	100	5,42	307,36
	3	15	5	768,8	100	5,31	307,52
Rata-rata						5,13	301,01

Nilai kuat tekuk yang cukup variatif dari kelompok *sample* yang sama menunjukkan, struktur laminasi cenderung tidak homogen dan cara pengerjaan laminasi yang kurang sempurna. Berdasarkan hasil observasi dengan para praktisi galangan, bahwa susunan lapisan laminasi tersebut cukup baik dan menjadi standar *yard practice* hampir disemua galangan.



Gambar 4. 6 Garafik uji bending hasil eksperimen di bagian sisi (*side*)

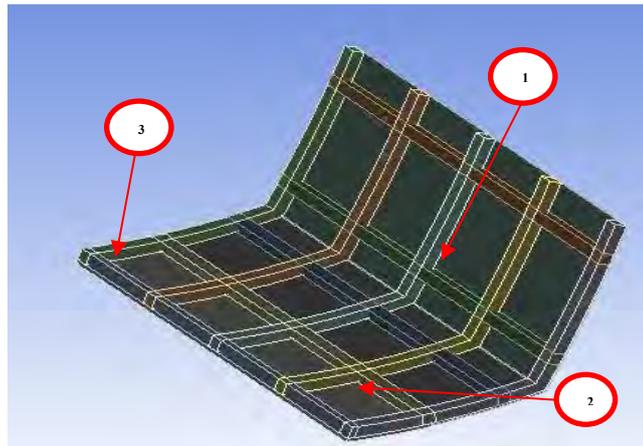
Sifat mekanis dari pengujian kekuatan bending salah satunya yang di tunjukkan pada grafik yang tertera pada Gambar 4.6 bahwa spesimen dengan ketebalan 5 mm terlihat tegangan lengkungnya paling tinggi, jika di rata-ratakan mencapai angka 301,01 MPa. Hal ini dikarenakan material tipis mengalami masa deformasi elastis yang paling lama berbanding dengan material yang tebal. Untuk seluruh hasil pengujian bending dapat dilihat pada lampiran 1B.

4.4. Analisis Kekuatan Struktur

Sebelum melakukan standarisasi kapal ikan 3 GT, pada penelitian ini maka akan dilakukan analisis struktur menggunakan *finite element methode* (FEM) atau sering disebut juga sebagai metode elemen hingga, adapun tujuannya adalah untuk mendapatkan penyebaran tegangan pada struktur kapal *fiberglass* 3 GT yang akan dianalisis (Irwan, 2008). Pada penelitian ini pemodelan menggunakan analisis *static structural* dengan *Ansys Workbench 14.5 software* di mana dalam analisisnya mengambil beberapa bagian konstruksi lambung kapal sekitar 5 gading dibagian *midship*.

Selain tujuan tersebut di atas, pemodelan ini digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan dalam menyusun standarisasi lambung kapal ikan fiberglass 3 GT, di mana material yang digunakan adalah murni FRP. Melalui proses pemodelan ini hasil analisis yang didapati merupakan perwujudan dari tegangan aktual pada struktur kapal ikan *fiberglass* 3 GT yang terjadi.

Pada analisa model kapal ikan FRP 3 GT, didapatkan tegangan yang dialami oleh struktur kapal secara umum. Analisis ditunjukkan pada *hotspot area*, yaitu pada area-area yang ditenggarai memiliki tegangan yang besar dan rawan terhadap kerusakan. Menurut *American Beureau of Shipping (ABS)* tahun 2004 berada pada daerah-daerah sambungan seperti *bottom area* dan lambung kapal (Supomo, 2016). Adapun daerah sambungan tersebut terdapat pada area : (1) antara lunas dan gading, (2) antara balok dengan gading dan (3) antara balok sisi, gading dan kulit, seperti yang terlihat pada Gambar 4.7.

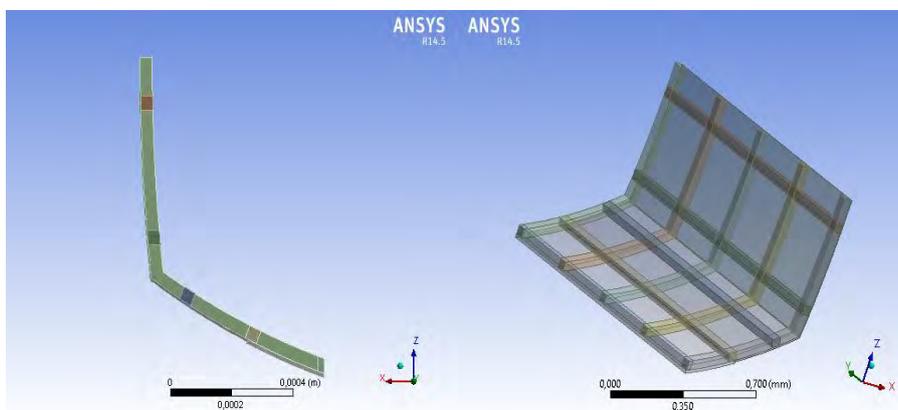


Gambar 4. 7 Letak daerah *hot spot* pada pemodelan

Pada penelitian ini, desain kapal yang dimodelkan berdasarkan dari desain kapal ikan 3 GT dari KKP. Hal ini diasumsikan bahwa apabila kapal dengan kapasitas tertentu dinyatakan kuat, maka kapal dengan kapasitas lebih kecil akan kuat pula.

4.4.1. Pemodelan

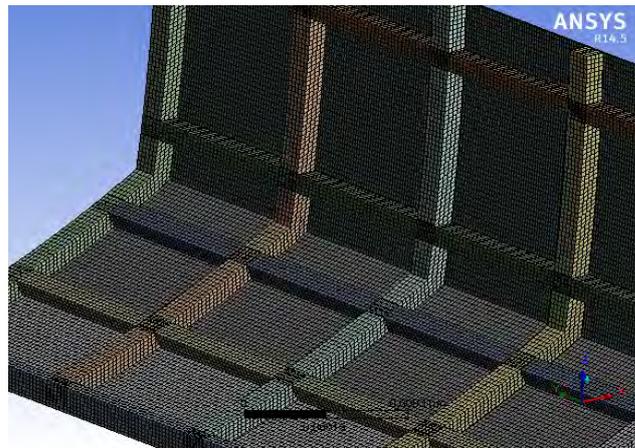
Pada tahapan awal sebelum melakukan Analisis struktur, terlebih dahulu membuat model yang akan dianalisis, yaitu pembuatan model 3D dengan menggunakan *AutoCAD 2007* dalam bentuk nyata dengan skala 1:1 sesuai dengan spesifikasi teknis dan ukuran konstruksi dari data yang tersedia, selanjutnya model 3D di *export* dalam bentuk format *ACIS*, agar gambar tersebut dapat di *import* ke *Ansys Workbench 14.5*, seperti pada Gambar 4.8 :



Gambar 4. 8 Proses pembuatan model 3D dari *AutoCAD 2007* ke *Ansys 14.5*

4.4.2. Proses *Meshing*

Irwan (2008) menyebutkan bahwa *meshing* merupakan pembagian permukaan model menjadi beberapa *nodes* dan beberapa *elemen matric*. Pada model konstruksi kapal ikan *fiberglass* 3 GT ini, *meshing* dilakukan secara otomatis berdasarkan pembagian geometri atau per bagian (*part*) di mana jumlah *part* adalah 13. Hasil *meshing* memperoleh jumlah *nodes* 360805 dan 59443 *elements*, seperti terlihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 *Meshing* model dengan *Ansys 14.5*

4.4.3. Pembebanan (*Loading*)

Untuk pembebanan pada analisis struktur kapal ikan 3 GT, telah dilakukan perhitungan beban pada bab ini, di mana untuk masing –masing bagian telah dilakukan perhitungan beban sesuai dengan *Rules* BKI 2015 :

- (1) Beban pada *Shell Bottom* :

$$\begin{aligned} P_{dB\text{M}} &= 2,16 L + 2,63 \\ &= 24,23 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

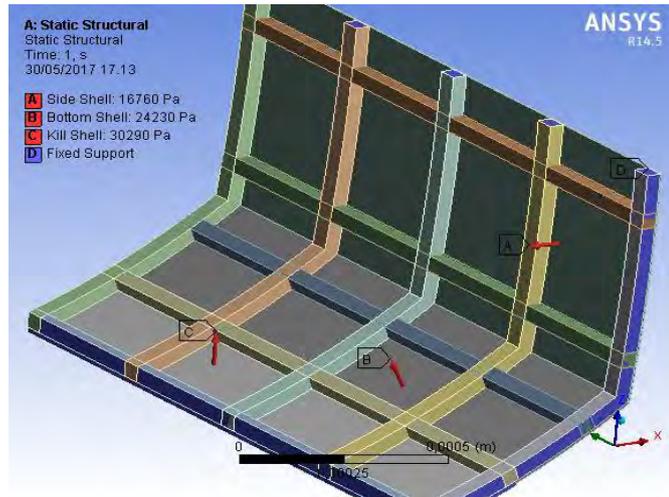
- (2) Beban pada *Shell Side*

$$\begin{aligned} P_{dB\text{M}} &= 1,50 L + 1,41 \\ &= 16,76 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- (3) Beban pada *Keel*

$$\begin{aligned} P_{\text{B}} &= 2,7 L + 3,29 \\ &= 30,29 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

(catatan : $1 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ Pa}$)



Gambar 4. 10 Pembebanan pada model 3D dengan *Ansys 14.5*

Pembebanan yang diberikan pada kulit lambung kapal ikan *fiberglass* 3 GT sesuai dengan kriteria *pressure* yang mengacu pada aturan klasifikasi (*rules*), nilai pembebanan sesuai dengan hasil hitungan, di mana besarnya *pressure* adalah:

(a) *Bottom Pressure*

Merupakan *pressure* / tekanan yang terjadi pada kulit lambung kapal di bawah garis air akibat gaya dari luar, adapun besarnya tekanan yang terjadi yaitu 24,23 kN/ m² atau setara dengan 24230 Pa.

(b) *Side Pressure*

Merupakan *pressure* / tekanan yang terjadi pada kulit lambung kapal di atas garis air akibat gaya dari luar, adapun besarnya tekanan yang terjadi yaitu 16,76 kN/ m² atau setara dengan 16760 Pa.

(c) *Keel Pressure*

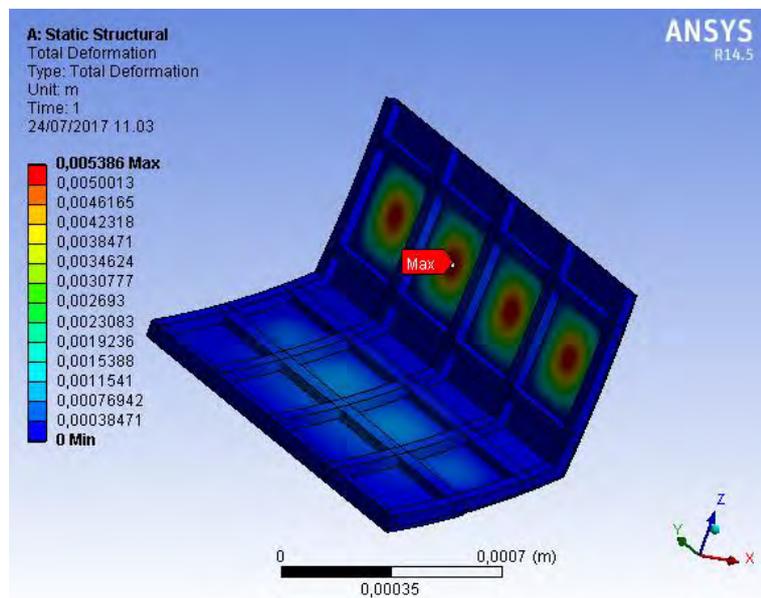
Merupakan *pressure* / tekanan yang terjadi pada kulit lambung kapal di bawah garis air tepatnya pada bagian lunas (*keel*) akibat gaya dari luar, adapun besarnya tekanan yang terjadi yaitu 30,29 kN/ m² atau setara dengan 30290 Pa.

4.4.4. Hasil Runing Model

Setelah tahapan persiapan model dilakukan, maka tahap selanjutnya memberikan karakteristik kedalam model dan *dirunning* untuk memperoleh hasil sesuai dengan yang diinginkan. Dari hasil tersebut dibandingkan lalu dianalisis berdasarkan data eksperimen dan juga perinsip kekuatannya. Pada tahapan analisis penulis melakukan 4 analisis kekuatan struktur yang digunakan yaitu :

(a) *Total Deformation*

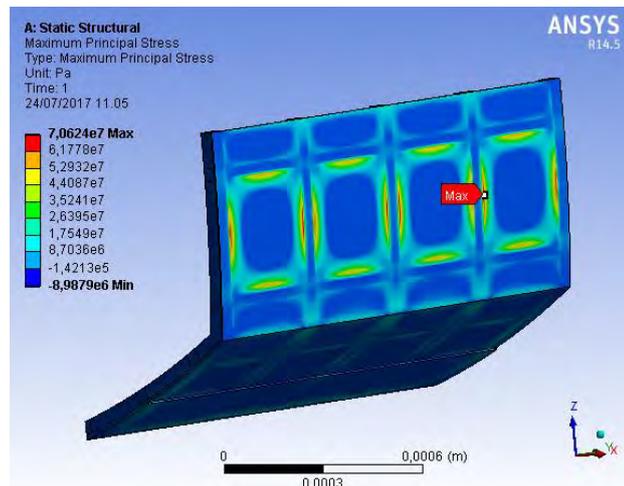
Deformasi adalah perubahan bentuk atau ukuran dari sebuah objek karena sebuah gaya. Ketika deformasi terjadi, gaya internal antar-molekul muncul melawan gaya yang diberikan. Jika gaya yang lebih besar diberikan maka dapat menyebabkan deformasi permanen dari objek atau bahkan menyebabkan kegagalan struktural. Hasil analisis seperti pada Gambar 4.11, nilai deformasi sebesar 5,38 mm, di mana deformasi terbesar terjadi pada bagian sisi (*side*). Bila kondisi ini terjadi secara terus menerus maka akan mengakibatkan kegagalan struktur konstruksi, untuk itu solusi mencegah kondisi seperti ini adalah dengan cara menambah pembujur sisi.



Gambar 4. 11 *Total deformation* pada model 3D dengan *Anslys 14.5*

(b) *Maximum Principal Stress*

Maximum Principal Stress adalah bagian yang menunjukkan tegangan utama yang terbesar. Tegangan utama adalah tegangan yang arahnya tegak lurus dengan permukaan. Hasil dari analisis dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut ini :

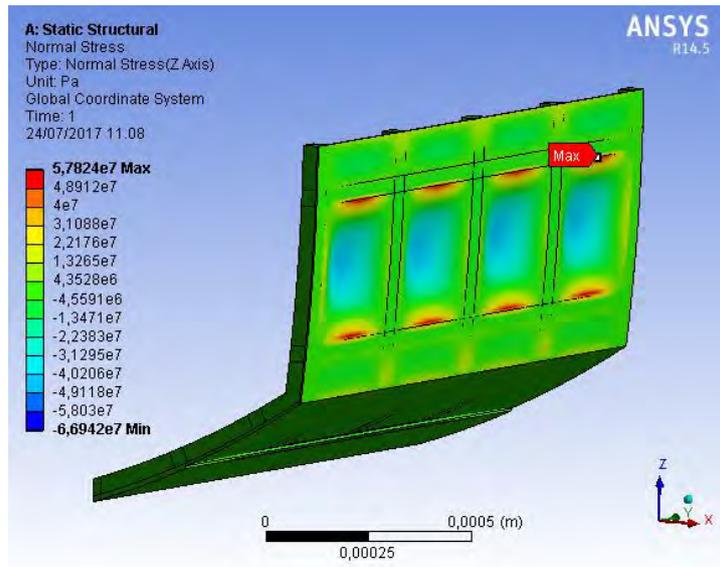


Gambar 4. 12 Penyebaran *maximum principal stress* pada model 3D *ansys*

Dari gambar tersebut dapat dilihat *Maximum Principal Stress* yaitu dengan nilai maksimum 70,62 MPa, tegangan terbesar terjadi pada bagian sisi (*side*) yaitu pada sudut gading dan pembujur sisi. Kondisi tersebut masih dalam rentang daerah elastis sehingga struktur kapal masih dalam kondisi cukup aman. Adapun tegangan yang diijinkan oleh BKI yaitu 85 MPa sedangkan tegangan yang didapat dari hasil eksperimen untuk bagian sisi yaitu sekitar 87, 28 MPa.

(c) *Normal Stress*

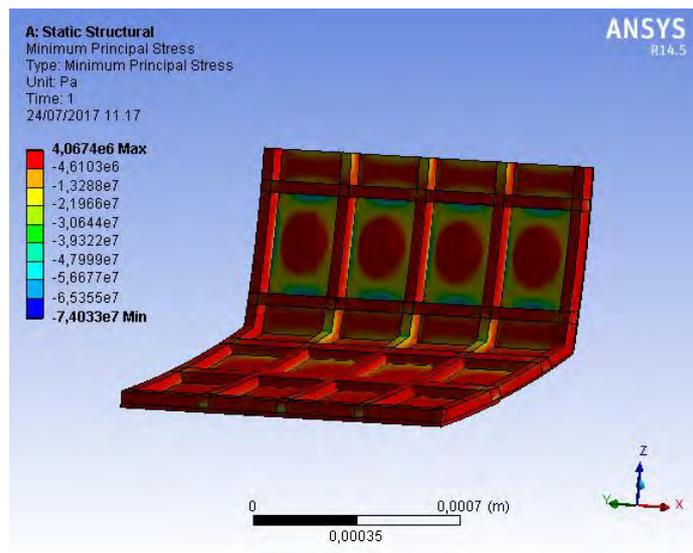
Hasil analisis untuk normal stress diperoleh tegangan maksimum 57,82 MPa, hasil ini lebih kecil bila dibandingkan dengan analisis *Maximum Principal Stress*. Sebaran tegangan hampir sama dengan *Maximum Principal Stress* yaitu dibagian sisi (*side*) di mana tegangan terbesar terdapat pada sudut gading dan juga di sudut pembujur sisi, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Penyebaran *maximum principal stress* pada model 3D

(d) *Minimum Principal Stress*

Minimum Principal Stress adalah bagian yang menunjukkan tegangan utama yang terkecil. Pada Gambar 4.14 bila dilihat sebaran warna yaitu pada seluruh bagian, artinya untuk *Minimum Principal Stress* terdapat pada seluruh bagian kapal. Adapun nilai maksimum stress pada Analisis ini adalah 4,06 MPa.



Gambar 4. 14 Penyebaran *maximum principal stress* pada model 3D

4.5. Pembahasan

Hasil pengujian yang telah penulis lakukan memperlihatkan bahwa, ada bagian lambung kapal *fiberglass* 3 GT yang dibangun tidak memenuhi kekuatan konstruksi sesuai persyaratan BKI dan hal ini perlu menjadi perhatian khusus, agar dapat dilakukan evaluasi struktur laminasi lambungnya, terutama kerawanan ketika lambung kapal mengalami benturan pada saat melakukan operasi penangkapan ikan.

Seperti penelitian yang dilakukan Ma'ruf (2011) bahwa sekitar 30 persen kapal *fiberglass* yang dibangun selama ini dan kapal *fiberglass* yang beroperasi di dalam negeri tidak memenuhi kekuatan konstruksi sesuai persyaratan BKI, terutama kerawanan ketika lambung kapal mengalami benturan, di mana benda-benda keras yang terapung di perairan Indonesia. Angka ini tergolong besar dan perlu ada solusi teknologinya.

Dari hasil pengujian tarik maupun pengujian bending data yang diperoleh dari hasil pengujian memperlihatkan nilai kuat tarik pada konstruksi lambung kapal bagian sisi (*side*) yang diambil dari galangan yang sedang membangun kapal ikan 3 GT terbukti tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh BKI yaitu 85 MPa. Sementara nilai yang diperoleh dari hasil pengujian berkisar 64.19 MPa untuk galangan A dan 81,65 MPa untuk galangan B nilai kuat tarik yang berbeda-beda ini struktur laminasi konstruksinya memiliki kecenderungan tidak sama. Hal ini dikarenakan pada proses laminasi cara pengerjaannya kurang sempurna. Untuk itu penulis telah membuktikan dengan melakukan pengujian terhadap bagian sisi (*side*) yang tidak memenuhi tersebut dengan metode yang benar, maka diperoleh hasil 87.28 Mpa, nilai ini memenuhi persyarat dari *rules*.

Selanjutnya, dari hasil analisis model dengan analisis struktur menggunakan *finite element methode* (FEM) pada *Ansys 14.5*, bila disesuaikan dengan *rules* BKI dan hasil eksperimen (pengujian) dapat ditarik kesimpulan bahwa model kapal ikan *fiberglass* 3 GT memiliki kekuatan konstruksi yang memenuhi ketentuan *rules* BKI 2015. Hasil analisis model menunjukkan tegangan terbesar terjadi pada bagian sisi (*side*), tetapi masih dalam kondisi normal dan aman. Nilai *maksimum stress* 70,62 MPa, sementara tegangan ijin sesuai ketetapan *rules* adalah 85 MPa. Selain itu

bagian ini perlu dilakukan peninjauan kembali agar konstruksinya lebih baik dan kekuatan konstruksinya aman. Maka dari itu perlu adanya acuan spesifikasi lambung kapal ikan 3 GT pada proses perencanaannya sehingga mempermudah pada tahap pembangunan.

Tabel 4. 12 Standarisasi berat laminasi lambung kapal *fiberglass*

Panjang, L (m)	Jarak Gading (mm)	Berat Kulit Lambung (g/m ²)								
		$\frac{V}{\sqrt{LWL}} \leq 3,6$		$\frac{V}{\sqrt{LWL}} \leq 5,4$		$\frac{V}{\sqrt{LWL}} \leq 7,2$		$\frac{V}{\sqrt{LWL}} \leq 9,0$		$\frac{V}{\sqrt{LWL}}$
		Alas	Side	Alas	Side	Alas	Side	Alas	Side	Alas
6	380	2650	2150	3050	2150	3400	2200	3650	2400	3900
8	390	3100	2500	3550	2500	3950	2550	4250	2750	4550
10	400	3500	2850	4000	2850	4450	2900	4850	3100	5150
12	410	3900	3200	4450	3200	5000	3200	5400	3450	5700

Berdasarkan Tabel 4.12, dapat dijadikan acuan sebagai penentuan berat kulit lambung kapal *fiberglass* sehingga dapat ditentukan berdasarkan data panjang kapal. Selain itu variabel lain yang menentukan adalah kecepatan kapal di mana nilai kecepatan dibagi dengan panjang garis air, maka nilai inilah yang menjadi acuan dalam pemilihan jenis lamiasi berdasarkan beratnya. Sementara itu untuk berat kulit lambung kapal yang direncanakan tidak boleh kurang dari nilai pada Tabel tersebut di atas.

Dari penelitian ini didapati bahwa dalam pelaksanaan pembangunan kapal ikan 3 GT secara umum telah merujuk pada *rules* BKI 2015. Kementerian Perikanan dan Kelautan (KKP) pada tahun 2016 telah menunjuk pengawas lapangan untuk mengawasi proses pembangunan kapal ikan, setiap galangan ditempatkan masing-masing satu inspektor yang di koordinir oleh BKI. Khusus kapal 3 GT untuk pembangunannya di berikan pada galangan lokal (galangan tradisional) agar nantinya galangan ini dapat berkembang dan memiliki daya saing.

Temuan lapangan bahwa galangan lokal ini belum memiliki *engginering standar* bahkan galangan tidak memiliki tenaga ahli khusus dibidang perkapalan yang mendampingi saat proses pembangunan. Kondisi ini tentunya menjadi hal

yang perlu di perbaiki kedepan mengingat persoalan ini bukan hanya terjadi sekarang, akan tetapi telah berlangsung lama. Seperti yang dikatakan ma'ruf (2011) dalam penelitiannya bahwa galangan lokal umumnya belum memiliki *engineering standards* pada proses produksinya. Jenis bahan, komposisi, dan susunan laminasi dimasing-masing galangan bervariasi, tanpa adanya pengujian spesimen di laboratorium, sehingga kekuatan konstruksinya sulit dijamin.

Pada proses produksi kapal 3 GT telah mengacu pada spesifikasi teknis yang telah di buat oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), akan tetapi masih saja terdapat kesalahan pada proses produksi yang mengakibatkan kekuatan konstruksi yang kurang baik setelah diuji. Bila mengacu pada spesifikasi teknis yang ada maka, tidak ada ketetapan tebal dan berat laminasi pada masing-masing bagian baik itu sisi, alas dan lunas. Spesifikasi hanya menetapkan jumlah lapisan dan jenis bahan yang akan dipakai. Maka dari itu penulis melakukan perhitungan berat dan tebal laminasi pada setiap bagian kapal. Tujuannya adalah untuk mempermudah saat proses perencanaan dan juga tahapan pembangunan. Selain itu juga, mempermudah bagi pihak pengawas maupun *owner* untuk memeriksa hasil pekerjaan.

Belum adanya ketetapan baku mengenai metode laminasi mengakibatkan nilai kekuatan dari hasil uji masing-masing spesimen berbeda-beda, hal ini yang menjadi perhatian khusus bagi para praktisi galangan kapal FRP maupun akademisi untuk mencari formulasi yang tepat pada proses laminasi lambung kapal *fiberglass* khususnya kapal 3 GT. Hasil pengujian dibagian sisi (*side*) lambung kapal ikan 3 GT yang diambil dari galangan tidak memenuhi standar minimal uji tarik yang telah ditetapkan oleh *rules* yaitu 85 MPa, hasil analisis mendapati hal ini disebabkan oleh faktor produksi atau pembuatan yang disebabkan karena :

- (a) Proses laminasi yang kurang baik.
- (b) Peralatan yang digunakan tidak menggunakan peralatan yang khusus untuk laminasi *fiberglass*.
- (c) Kemampuan tenaga kerja yang kurang berpengalaman di bidang *fiberglass*.
- (d) Kondisi ruangan tempat proses laminasi juga sangat mempengaruhi hasil laminasi *fiberglass*, proses pengeringan dengan terkena matahari langsung atau tidak sangat berdampak pada kualitas material yang dihasilkan.

Selain itu juga, pengujian juga menjadi penyebab hasil dari setiap spesimen berbeda-beda saat diuji, hal ini di pengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya : (a) Jenis serat yang digunakan, (b) Kondisi pengujian, (c) Jenis spesimen, (d) Ukuran spesimen, (f) Kualitas dalam penyiapan spesimen dan (g) Prosedur pengujian dan peralatan.

Perbedaan inilah yang membuat hasil dari pengujian berbeda-beda, sehingga tidak dapat dirumuskan suatu standar baku terhadap sifat mekanis dari material *fiberglass*, karena material ini berbeda dengan material lain yang siap pakai, karena dalam pembuatannya memerlukan tahapan laminasi terlebih dahulu sehingga menghasilkan suatu jenis material yang siap untuk digunakan. Maka dari itu perlu pengujian khusus material FRP, untuk melihat trend yang sama dari setiap peningkatan laju regangan dari pengujian (Shokrieh dan Omid, 2008).

Bahan FRP (*Fiberglass Reinforced Plastics*), memang memiliki banyak keunggulan karena konstruksinya ringan, harganya murah, dan proses produksinya cepat (menggunakan cetakan). Dibandingkan dengan kapal berbahan aluminium yang juga ringan, galangan kapal *fiberglass* tidak memerlukan investasi besar, teknologinya sederhana, dan tidak memerlukan kualifikasi tenaga kerja yang tinggi (Ma'ruf, 2009). Selain keunggulan-keunggulan tersebut bukan berarti kapal *fiberglass* tidak memiliki kelemahan, belum adanya standarisasi bagi kapal-kapal kecil mengakibatkan kekuatan konstruksi kapal 3 GT sulit dijamin. Karena dalam proses pembangunannya tidak membutuhkan teknologi tinggi dan tenaga kerja yang profesional. Galangan dapat membangun kapal FRP berdasarkan pengalaman yang telah dikuasai dari waktu ke waktu.

Kedepan diharapkan agar ada inovasi jenis bahan dasar untuk kapal nelayan 3 GT yang materialnya mudah didapat dan kekuatan konstruksinya memiliki standar baku. Material *High Density Polythylene* (HDPE) bisa menjadi alternatif pengganti *fiberglass* untuk kapal nelayan, mengingat material ini juga memiliki banyak keunggulan salah satunya ramah lingkungan (bisa diperbaharui). Kajian material HDPE untuk kapal ikan, sangat sesuai diaplikasikan pada kapal ikan, di mana material ini kekuatan konstruksinya telah memenuhi *rule class* (Jamal, 2015).

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Besarnya pesanan Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) dari tahun 2015 sampai dengan 2016 untuk kapal ikan berbahan *fiberglass*, menunjukkan bahwa kapal *fiberglass* masih menjadi alternatif yang digunakan sebagai kapal penangkap ikan di Indonesia. Belum adanya standar baku galangan kapal mengenai standar konstruksi laminasi lambung kapal *fiberglass* dengan berbagai variasi struktur dan prosedur laminasi yang mengakibatkan hasil kekuatan laminasi yang berbeda-beda dari setiap galangan sehingga sangat penting untuk dilakukan kajian. Dari hasil pengujian dan analisis kekuatan konstruksi laminasi kapal ikan *fiberglass* 3 GT pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian tarik spesimen yang diambil dari kapal yang sedang dibangun, untuk bagian sisi (*side*) tidak memenuhi ketentuan *rules* (BKI, 2015), hal ini disebabkan proses kerjanya yang kurang baik. Sementara itu hasil eksperimen menunjukkan seluruh spesimen yang diuji memenuhi ketentuan *rules* (BKI, 2015). Selanjutnya, hasil pengujian ulang untuk membuktikan bahwa pada proses laminasi digalangan terdapat kesalahan maka hasil pengujian cukup signifikan yaitu dengan nilai rata-rata 87,28 MPa.
2. Hasil analisis FEM menunjukkan tegangan terbesar terjadi pada bagian sisi (*side*), akan tetapi masih dalam kondisi normal dan aman. Nilai maksimum stress 70,62 MPa, sementara tegangan ijin sesuai ketetapan *rules* adalah 85 MPa. Selain itu bagian ini perlu dilakukan peninjauan kembali agar konstruksinya lebih baik dan kekuatan konstruksinya aman.
3. Dari hasil penelitian ini, maka yang perlu dievaluasi dari konstruksi laminasi lambung kapal ikan 3 GT adalah dibagian sisi (*side*) karena bagian ini merupakan bagian yang rawan akan benturan baik itu saat kapal sedang berlabuh di dermaga maupun pada saat beroperasi.

5.2. Saran

Untuk menyempurnakan hasil penelitian ini, maka saran ataupun rekomendasi bagi pengembangan penelitian ini maupun pihak-pihak yang terkait dengan penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian khusus untuk kapal ikan *fiberglass* 3 GT, bagian sisi (*side*) lambung perlu ditinjau kembali ketebalannya ataupun menambah pembujur sisi sebagai penambah kekuatan. Selain itu, untuk lunas (*keel*) dari ketebalan 13 mm sebaiknya dikurangi menjadi 9 mm karena ini mempengaruhi berat kapal dan juga kecepatan kapal.
2. Pada proses laminasi material FRP hendaklah konsisten terhadap aturan *rules*. Pada proses pembangunan agar memperhatikan lingkungan kerja, sebaiknya dilakukan pada ruangan tertutup, hal ini untuk menghindari terjadinya kontaminasi dengan udara luar yang akan mengakibatkan banyaknya gelembung udara yang terperangkap di dalam lapisan tersebut, sehingga akan menyebabkan konsentrasi tegangan dan berakibat pada pengurangan kekuatan lamiansi.
3. Pada saat pengujian hendaklah memperhatikan hal-hal sebagai berikut: Jenis serat yang digunakan sangat mempengaruhi sifat mekanis bahan, kondisi pengujian menjadi faktor yang mempengaruhi hasil pengujian, jenis spesimen harus mengacu pada standarisasi pengujian, ukuran spesimen hendaklah benar-benar presisi, kualitas dalam penyiapan spesimen juga menjadi faktor penentu keberhasilan pengujian dan terakhir adalah prosedur pengujian dan peralatan yang digunakan juga sangat harus diperhatikan.
4. Khusus untuk kapal nelayan FRP 3 GT perlu dilakukan penelitian lanjutan berkaitan standarisasi desain, di mana jenis desain menyesuaikan dengan kearifan lokal, mengingat kebiasaan nelayan tiap daerah berbeda-beda dan kondisi ombak yang berbeda pula.

Demikian laporan tesis ini dibuat, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan dan agar penelitian selanjutnya dapat menghasilkan penemuan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- BKI, (2016) *Volume V, Rules For Fibreglass Reinforced Plastic Ships 2016 Edition*. Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta
- _____. (2015) *Volume A Guidance For Frp And Wooden Fishing Vessel Up To 24 M 2015 Edition*. Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta
- _____. (2009). *Rules for the Classification and Construction of Seagoing Ships Vol II*. Biro Klasifikasi Indonesia. Jakarta.
- _____. (2006). *Fibreglass Reinforced Plastics Ships, Rules and Regulation for the Classification and Construction of Ships*, Biro Klasifikasi Indonesia. Jakarta.
- _____. (1996). *Peraturan untuk Material Non- Metal*. Biro Klasifikasi Indonesia. Jakarta.
- Budianto, (2015) *Analisis kekuatan struktur pada kapal wisata sungai kalimas*, Jurnal KAPAL, Vol. 12, No.01
- Carbon fiberglass, 2016, *Metode Spray Up*, carbonfiberglass.com. Diakses pada tanggal 26 Juli 2016.
- Coackley, Bryn. Y, Conwy.G, (2003) *Fishing Boat Construction: 2 Building a Fibreglass Fishing Boat*, *FAO Fisheries Technical Paper*. United Nations.
- Chen Wensu, Qingfei Meng, Hong Hao, Jian Cui, Yanchao Shiet al (2017) *Quasi-static and dynamic tensile properties of fiberglass/epoxy laminate sheet*. Journal Elsevier, *Construction and Building Materials* 143 (2017) 247–258
- Daniel, T. Liber, (1976) *Strain Rate Effects on Mechanical Properties of Fiber Composites*. Part 3. DTIC Document (1976).

- Fatnanta, Ferry. dkk (2012) *Kapal Fibreglass Sebagai Alternatif Pengganti Kapal Kayu 3 Gross Tonnage (GT)*, jurnal perikanan, Universitas Riau
- Hasan, I. (2002) *Pokok-pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya*, Ghalia Indonesia, Bogor.
- Hasan, I. (2004) *Analisa Data Penelitian Dengan Statistik*. PT. Bumi Aksara. Jakarta
- Hastoro, K. (2013) Studi Perbandingan Kekuatan Struktur Kapal *Fiberglass* yang Diproduksi Menggunakan Metode *Hand Lay Up* Dan Metode *Vacum Infusion*. Tugas Akhir. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ichsan, R Nur & Irfa'I M. Arif (2015). *Pengaruh Susunan Lamina Komposit Berpenguat Serat E-Glass Dan Serat Carbon Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Matrik Polyester*, JTM. Volume 03 Nomor 03 Tahun 2015, 32-39
- ICTMS (1969) *International Convention on Tonnage Measurement of Ships*, Admiralty and Maritime Law Guide, International Conventions, London.
- Indokomposit, (2016) *Metode Hand Lay-Up*, indokomposit.com, Diakses pada tanggal 26 Juli 2016.
- Irwan K, (2008) *Metode Elemen Hingga Untuk Skeleetal*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Jamal (2015) *Strength Evaluation of Pompong Structure Made from HighDensity Polyethylene Plastics as Basic Materials*. The 4th International Seminar on Fisheries and Marine Science. ISBN 978-979-792-665-6. Universitas Riau.
- Jamaluddin, A. (2010b). *Teknologi Pembangunan Skala Komersil Kapal Sep-Hull Berbahan Fiberglass*, *Majalah Pengkajian Industri*, Vol. 4 No.2, Agustus, hal 113-22. Jakarta.
- Kumar, K. Vasantha, Dr.P.Ram Reddy, Dr.D.V. Ravi Shankar (2013) *Effect of*

Angle Ply Orientation On Tensile Properties Of Bi Directional Woven Fabric Glass Epoxy Composite Laminate, International Jurnal of Computational Engginering Research, Vol 03, Issue, 10, Tahun 2013.

KKP NEWS (2016) *Data Jumlah Kapal Ikan*. <http://news.kkp.go.id/>, diakses pada tanggal 19 April 2016.

KBBI (2017) *Kamus Besar Bahasa Indonesia Online*, <http://kbbi.web.id/>
Diakses pada 15 Juli 2017

Lloyd's Register of Shipping, (1978). *Rules and Regulation Rules and Regulation for the Classification of Yachts and small craft, chapter 2 Glass and Reinforced Plastics*, London

LPSE KKP (2016) *Spesifikasi Teknis Kapal Ikan 3 GT*
<https://eproc.lkpp.go.id/lpse/detail/218/lpse-kementerian-kelautan-dan-perikanan>. Diakses pada tanggal 6 september 2016

Ma'ruf dan Faried (2016) *Teknologi Pembuatan Kapal Berbahan Fiberglass (Panduan bagi Praktisi Galangan, Pengawas dan Akademisi)*, Biro Klasifikasi Indonesia. Jakarta.

Ma'ruf, B. (2014). *Analisis Kekuatan Laminasi Lambung Kapal Fiberglass Yang Menggunakan Material Multiaxial* jurnal standardisasi, bsn, volume 16 nomor 1, maret 2014: hal 77 - 84

_____. (2011) *Studi Standardisasi Konstruksi Laminasi Lambung Kapal Fiberglass*. Jurnal Standarisasi, BSN, Vol. 13, No. 1 Tahun 2011:16 - 25

_____. (2010). *Modernisasi dan Standardisasi Teknologi Pembangunan Kapal Fiberglass, Laporan Penelitian BPPT*. Jakarta.

_____. (2009). *Teknologi Pembangunan dan Sertifikasi Kapal SEP-Hull*. Laporan Penelitian. BPPT. Jakarta.

- _____. (2004), *Review of the Strengthening the Customs Capability Project of Indonesia*. Final Report. Islamic Development Bank.
- Mc Veagh, Jhon et al (2010). *Training Manual on The Contruction of FRP Beach Landing Boats*, Food And Agriculture Organization (FAO) Of The United Nations, Rome
- M. Wisnom, (1999) *Size effects in the testing of fibre-composite materials*, *Composites Sci Technol*. 59 (13) 1937–1957.
- Munasir, (2011) *Studi Pengaruh Orientasi Serat Fiber Glass Searah dan Dua Arah Single Layer terhadap Kekuatan Tarik Bahan Komposit Polypropylene*, *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)* Vol. 1 No. 1, Juni 2011, ISSN: 2087-9946
- Nuplex, (2016) *Metode resin transfer moulding*. *Nuplex.com*, Diakses pada tanggal 26 Juli 2016.
- Peters, S.T. (1998). *Handbook of Composites*, 2nd ed, Chapman & Hall, London.
- Shokrie h . M, Mahmood dan Omidi, Majid Jamal (2008) *Tension Behavior Of Unidirectional Glass/Epoxy Composites Under Different Strain Rates* , Elsevier Journal Composite Structures 88 (2009) 595–601
- Supomo, H (2016) *Studi Penggunaan Bambu Sebagai Material Alternatif Untuk Bahan Pembuatan Kapal Ikan Dengan Metode Cold Press Plaking System*, Disertasi Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Speuluh Nopember.

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis **Ismail Marzuki** dilahirkan di Dumai Riau pada 19 Maret 1984 silam. Merupakan anak tunggal dari pasangan Abdul Samad dari suku bugis dan Hesty dari suku Jawa. Lahir dari anak petani tak lantas menyurukan semangat untuk terus mengejar pendidikan sampai keperguruan tinggi. Ditahun 1995 menyelesaikan pendidikan dasar SDN Mesah Tanah Putih Rokan Hilir, selanjutnya melanjutkan ke SLTP N 1 Rupert, tamat tahun 1998 disaat terjadi reformasi yang mengakibatkan gejolak ekonomi di negeri ini yang berdampak terhadap perekonomian petani, akan tetapi tidak menyurutkan langkah agar tetap sekolah ke jenjang sekolah menengah atas, terbukti ditahun 2001 penulis menamatkan sekolah pada SMA N 1 Rupert. Atas jerih payah orang tua dan tekad untuk menyekolahkan penulis ke pendidikan tinggi tercapai. Penulis menempuh pendidikan diploma tiga (D-III) di Politeknik Bengkalis Jurusan Teknik Perkapalan, kami merupakan mahasiswa pertama di kampus ini, sekarang lebih dikenal dengan nama Politeknik Negeri Bengkalis dan wisuda pada tahun 2004. Ditahun tang sama pula penulis melanjutkan S-1 pada jurusan yang sama pula di Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, sebagai mahasiswa lintas jalur dari diploma tiga (D-III) ke starata satu (S1) dan lulus pada tahun 2007.

Setelah lulus kuliah sempat menjadi Dosen Luar Biasa di kampus Politeknik Bengkalis dan tidak berlangsung lama, pada akhirnya keluar dan melanjutkan studi di negara tetangga Malaysia untuk memperoleh gelar Magister Sains Sosial (M.Soc.SC) di Jurusan Sains Pembangunan pada Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) lulus pada tahun 2011. Setelah balik ke Indonesia ada beberapa pekerjaan yang telah penulis lalui mulai dari fasilitator pembangunan serta menjadi konsultan pembangunan, sehingga pada akhirnya di tahun 2015 penulis diterima menjadi staf pengajar pada Jurusan Teknik Pengelasan Akademi Komunitas Negeri Bengkalis (AKNB) dan melanjutkan pendidikan Magister yang linear daengan jenjang S-1 yaitu perkapalan dengan dukungan beasiswa BPPDN PTN Baru dari Dirjen Pendidikan Tinggi (DIKTI) Kementerian Riset dan Teknologi. Ini merupakan gelar Magister saya yang ke dua yaitu Magister Tekni (M.T). hasil penelitian ini telah penulis publikasikan pada Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim WAVE – BPPT. Selain menjadi dosen penulis juga aktif di beberapa organisasi kepemudaan seperti KNPI, Garda Bangsa, HIPMI dan lain lain. Kedepan penulis bercita-cita mewujudkan galangan kapal dengan bahan dasar *composite* dan HDPE di Kabupaten Bengkalis Riau. (email : ismail_mz@aknbenk.ac.id)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

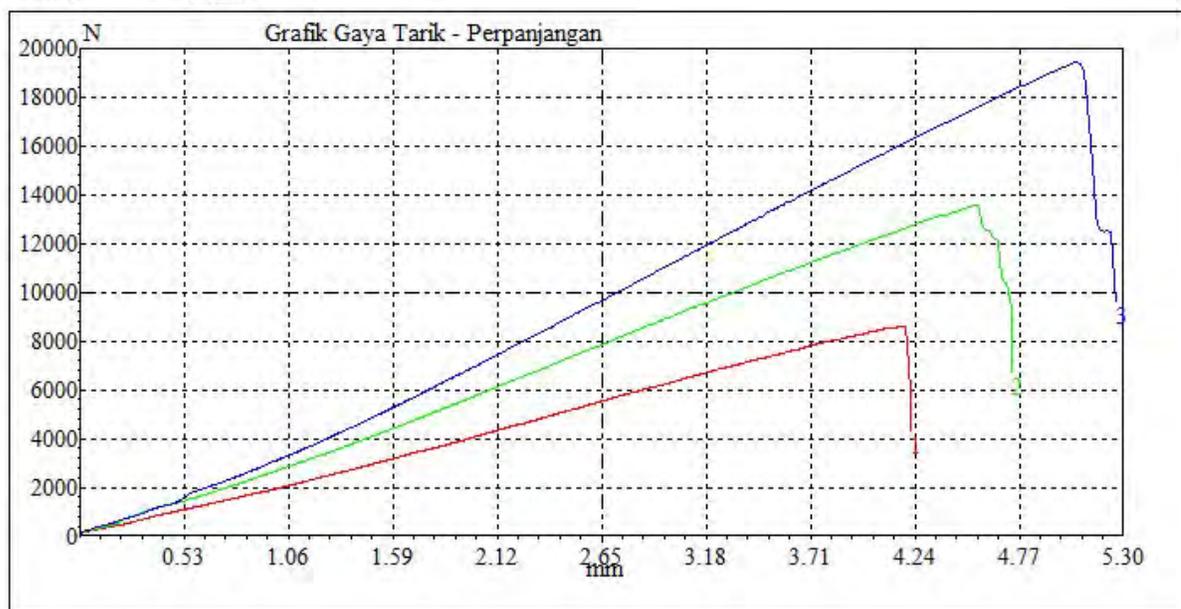
Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : **Teknik Material dan Produksi Kelautan**

Alamat : Surabaya

Material : Fiberglass Galangan A

Tebal : 4 mm



Test date	Max. Load N	Yield point N	Yield Strength N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²
17-02-2017	8593.75	8561.27	38.31	39.79
17-02-2017	13559.02	13543.41	57.29	62.77
17-02-2017	19442.90	19402.24	89.56	90.01

KA Lab Uji Material

Suhardiman, MT



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

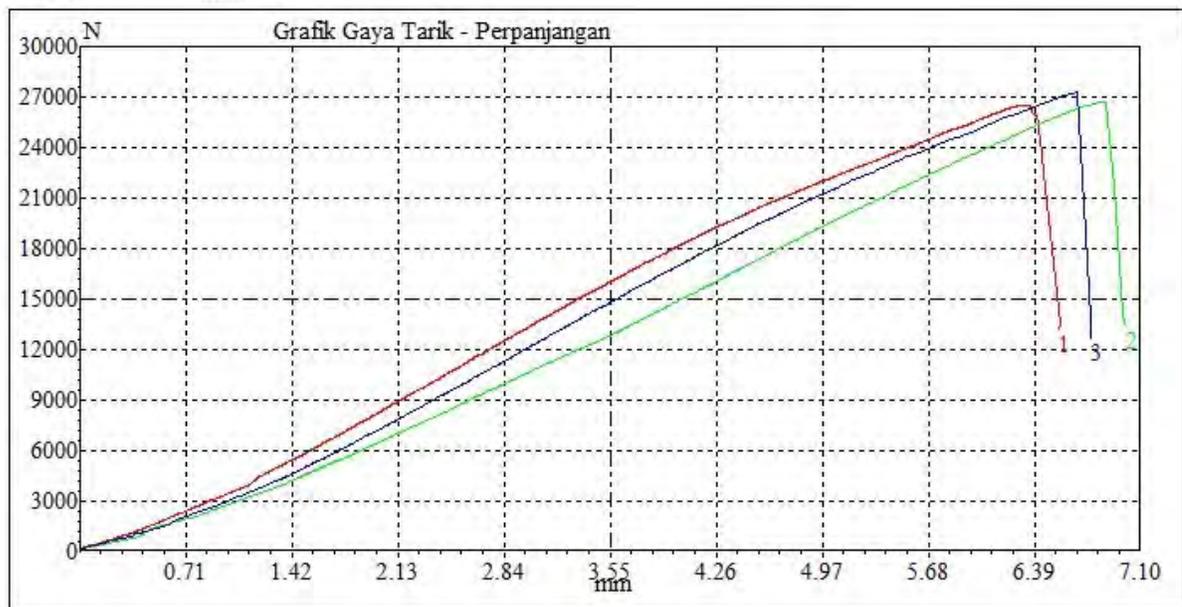
Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : **Teknik Mesin**

Alamat : **BENGKALIS**

Material : **Fiberglass**

Tebal : **7 mm**



Test date	Max. Load N	Yield point N	Yield Strength N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²
17-02-2017	26495.41	26455.94	80.82	122.66
17-02-2017	26691.98	26660.68	120.25	123.57
17-02-2017	27233.18	27146.72	86.53	126.08

KA Lab Uji Material

Suhardiman, MT



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

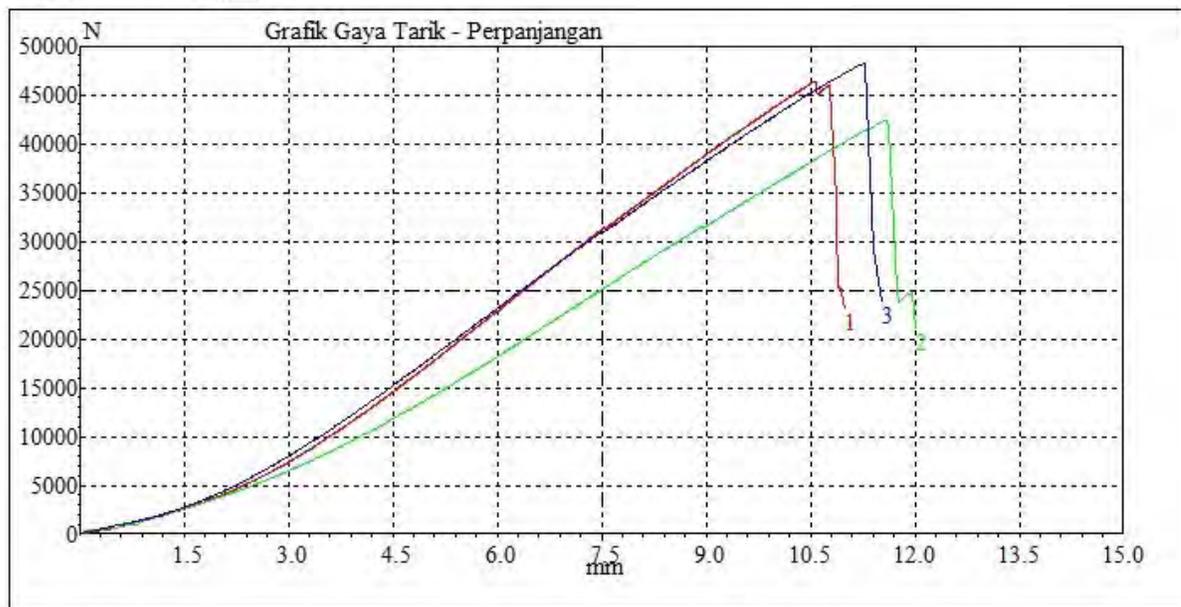
Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : **Teknik Material dan Produksi Kelautan**

Alamat : Surabaya

Material : Fiberglass Galangan A

Tebal : 13 mm



Test date	Max. Load N	Yield point N	Yield Strength N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²
17-02-2017	46370.50	31349.90	157.64	214.68
17-02-2017	42421.87	31402.67	190.81	196.40
17-02-2017	48254.22	30968.52	143.42	223.40

KA Lab Uji Material

Suhardiman, MT



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

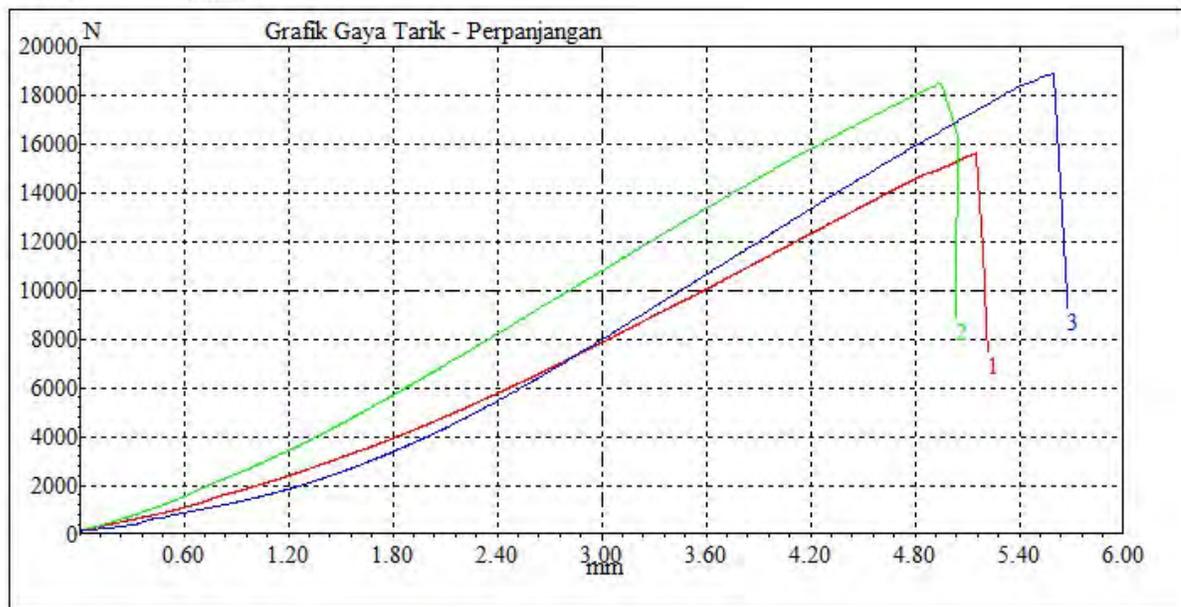
Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : **Teknik Material dan Produksi Kelautan**

Alamat : Surabaya

Material : Fiberglass Galangan B

Tebal : 4 mm



Test date	Max. Load N	Yield point N	Yield Strength N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²
17-02-2017	15594.08	15547.01	63.31	72.19
17-02-2017	18464.28	18417.77	76.82	85.48
17-02-2017	18851.95	18796.49	86.42	87.28

KA.Lab Uji Material

Suhardiman, MT



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

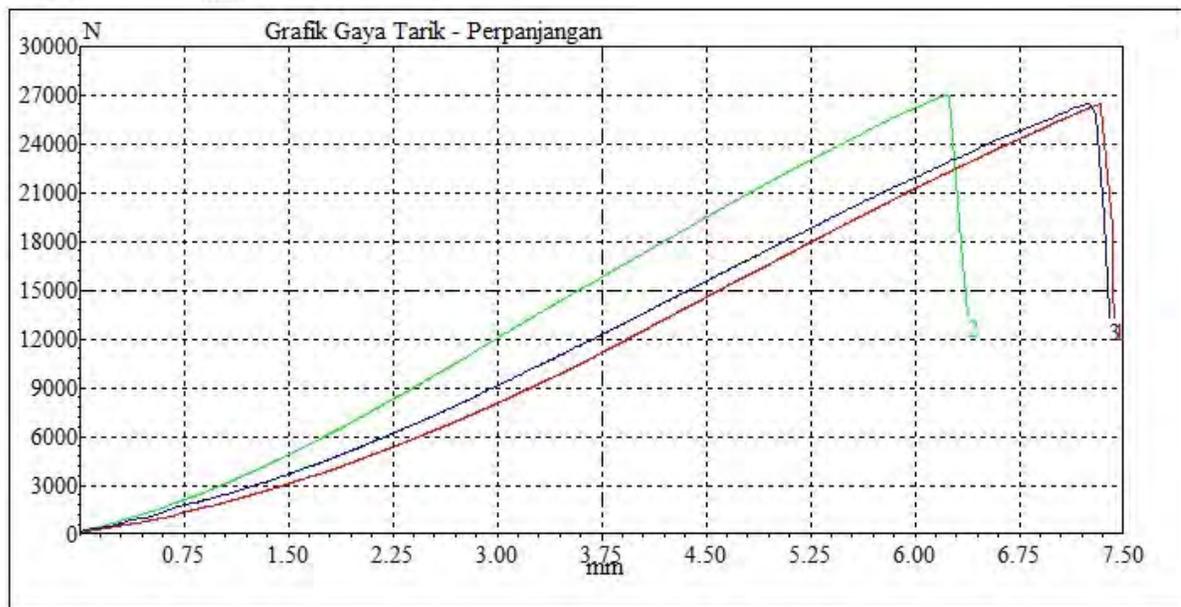
Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : Teknik Material dan Produksi Kelautan ITS

Alamat : Surabaya

Material : Fiberglass galangan B

Tebal : 7 mm



Test date	Max. Load N	Yield point N	Yield Strength N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²
17-02-2017	26400.52	26324.80	122.22	122.22
17-02-2017	26931.35	26889.64	96.55	124.68
17-02-2017	26407.38	26369.19	114.60	122.26

KA.Lab Uji Material

Suhardiman, MT



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

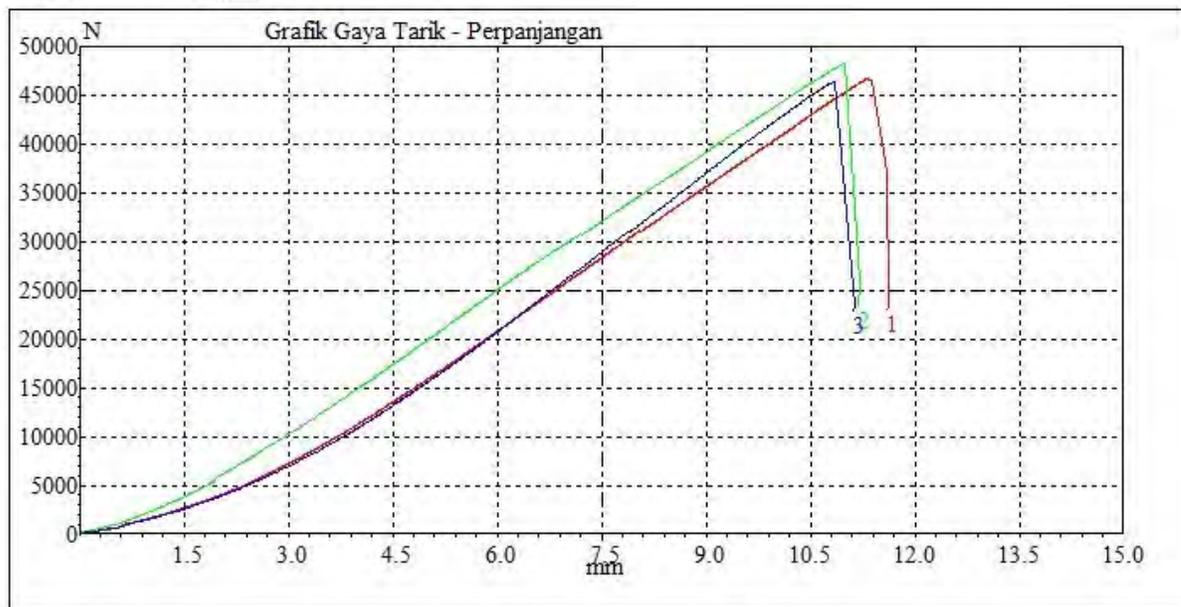
Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : **Teknik Material dan Produksi Kelautan**

Alamat : Surabaya

Material : Fiberglass Galangan B

Tebal : 13 mm



Test date	Max. Load N	Yield point N	Yield Strength N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²
17-02-2017	46685.72	31056.74	216.03	216.14
17-02-2017	48207.68	48109.08	138.07	223.18
17-02-2017	46314.71	46183.22	196.78	214.42

KA Lab Uji Material

Suhardiman, MT



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

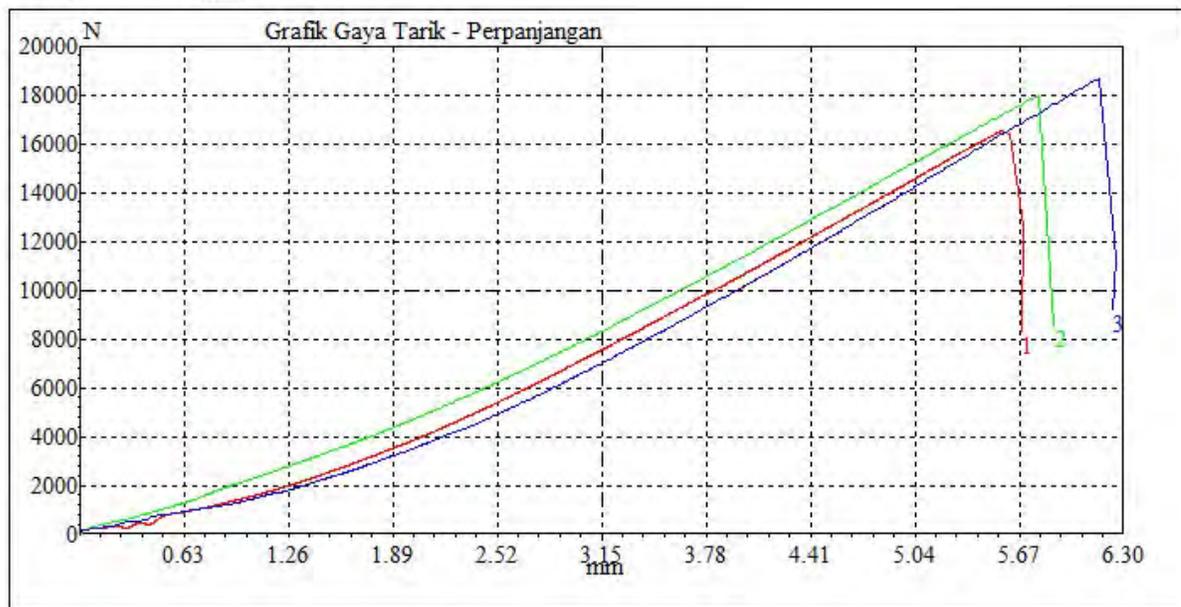
Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : **Teknik Material dan Produksi Kelautan**

Alamat : Surabaya

Material : Fiberglass Galangan C

Tebal : 5 mm



Test date	Max. Load N	Yield point N	Yield Strength N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²
17-02-2017	18524.96	18453.20	73.20	86.50
17-02-2017	17958.96	17857.38	71.80	83.14
17-02-2017	18686.61	18574.17	74.44	86.51

KA Lab Uji Material

Suhardiman, MT



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

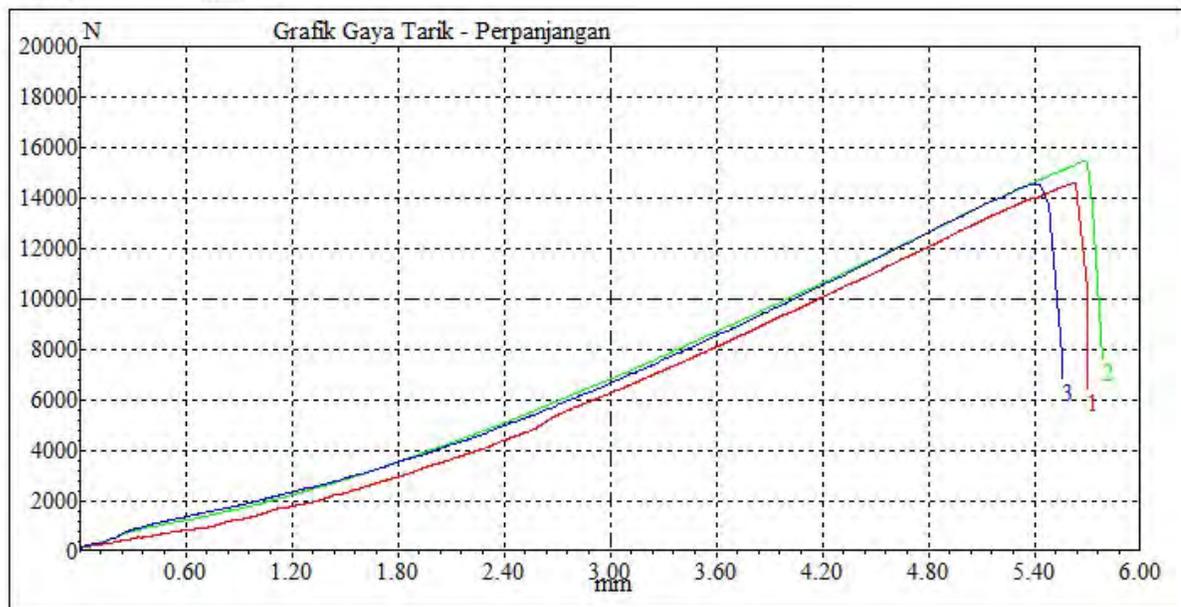
Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : **Teknik Material dan Produksi Kelautan**

Alamat : Surabaya

Material : Fiberglass Galangan C

Tebal : 7 mm



Test date	Max. Load N	Yield point N	Yield Strength N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²
17-02-2017	18579.31	18510.95	89.63	87.50
17-02-2017	19418.71	19366.82	96.25	91.38
17-02-2017	18542.07	18511.36	83.38	87.32

KA Lab Uji Material

Suhardiman, MT



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

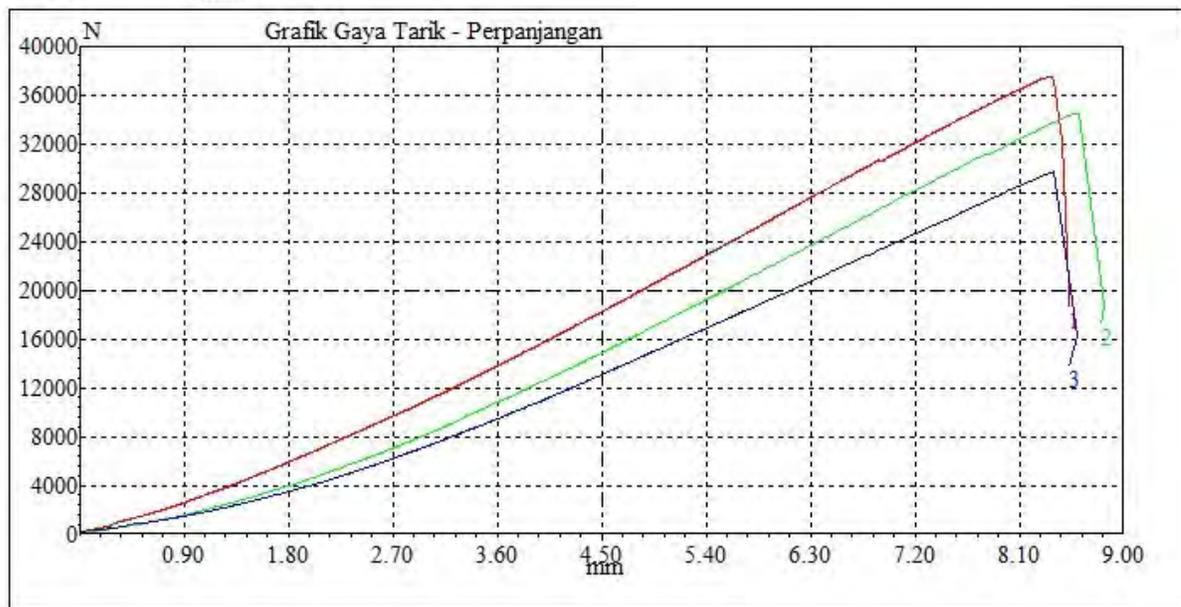
Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : **Teknik Material dan Produksi Kelautan**

Alamat : Surabaya

Material : Fiberglass Galangan C

Tebal : 9 mm



Test date	Max. Load N	Yield point N	Yield Strength N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²
17-02-2017	37453.62	37406.97	156.47	173.40
17-02-2017	34425.03	34384.23	122.82	159.38
17-02-2017	29715.74	29581.14	106.76	137.57

KA Lab Uji Material

Suhardiman, MT

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

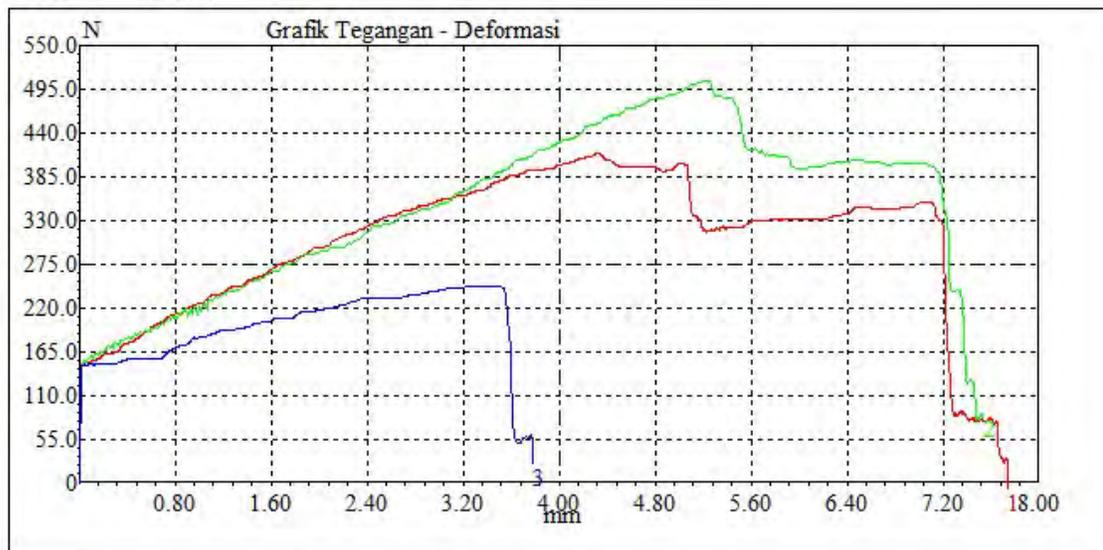
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : Teknik Material dan Produksi Kelautan ITS

Material : Fiberglass Galangan A

Tebal : 4 mm



Test date	Max. Load N	Max. Load mm	Deformasi mm
17-02-2017	413.50	4.32	7.74
17-02-2017	505.56	5.22	7.54
17-02-2017	246.86	3.43	3.78

Bengkalis, 17 Februari 2017

Kepala Lab. Uji Bahan

Suhardiman, ST. MT

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

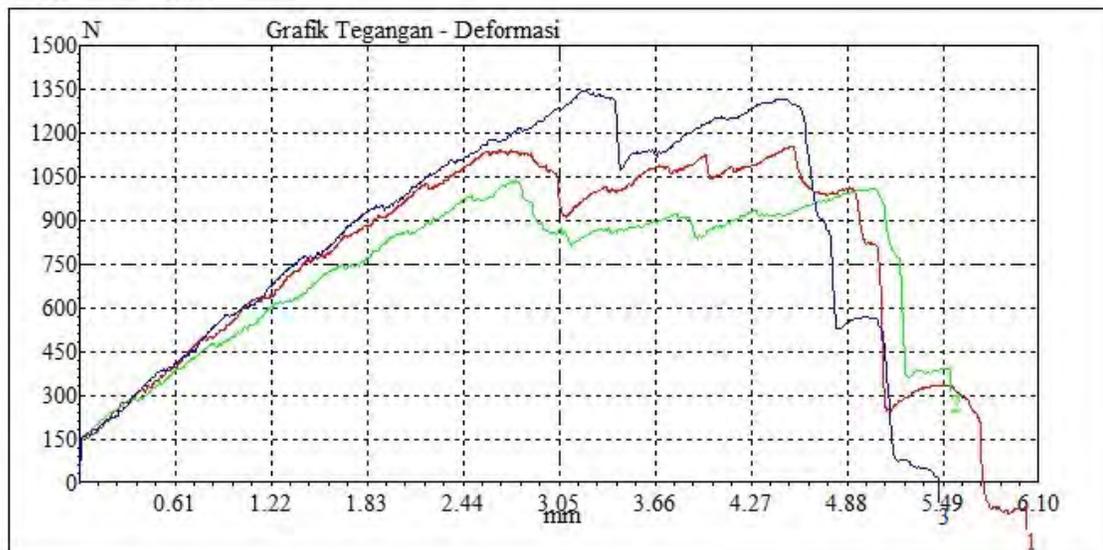
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : Teknik Material dan Produksi Kelautan ITS

Material : Fiberglass Galangan A

Tebal : 7 mm



Test date	Max. Load N	Max. Load mm	Deformasi mm
17-02-2017	1153.73	4.53	6.02
17-02-2017	1033.88	2.78	5.53
17-02-2017	1344.38	3.23	5.46

Bengkalis, 17 Februari 2017

Kepala Lab. Uji Bahan

Suhardiman, ST. MT

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

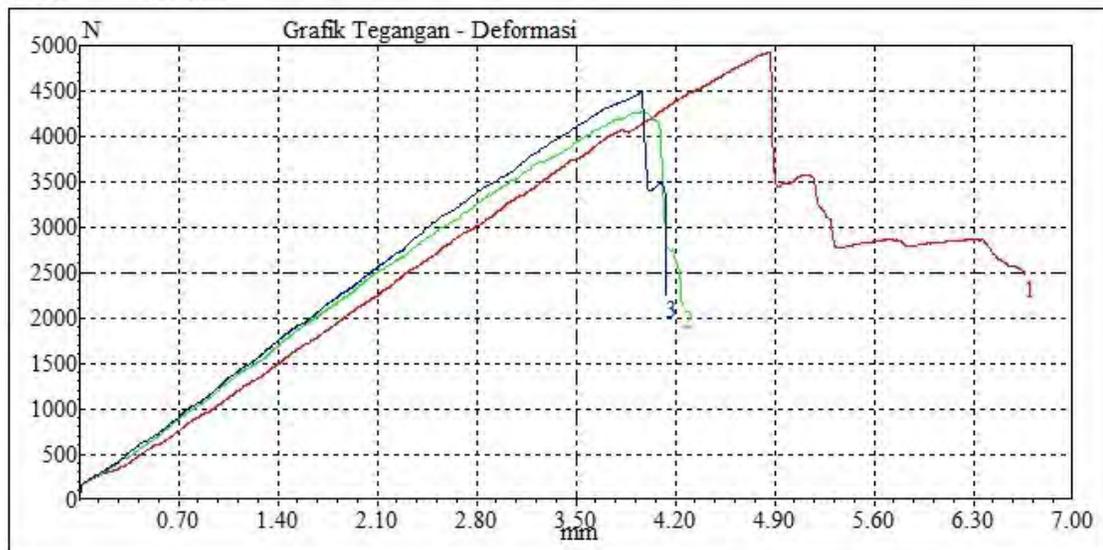
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : Teknik Material dan Produksi Kelautan ITS

Material : Fiberglass Galangan A

Tebal : 13 mm



Test date	Max. Load N	Max. Load mm	Deformasi mm
17-02-2017	4919.88	4.87	6.66
17-02-2017	4264.34	3.97	4.25
17-02-2017	4490.68	3.97	4.13

Bengkalis, 17 Februari 2017

Kepala Lab. Uji Bahan

Suhardiman, ST. MT

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

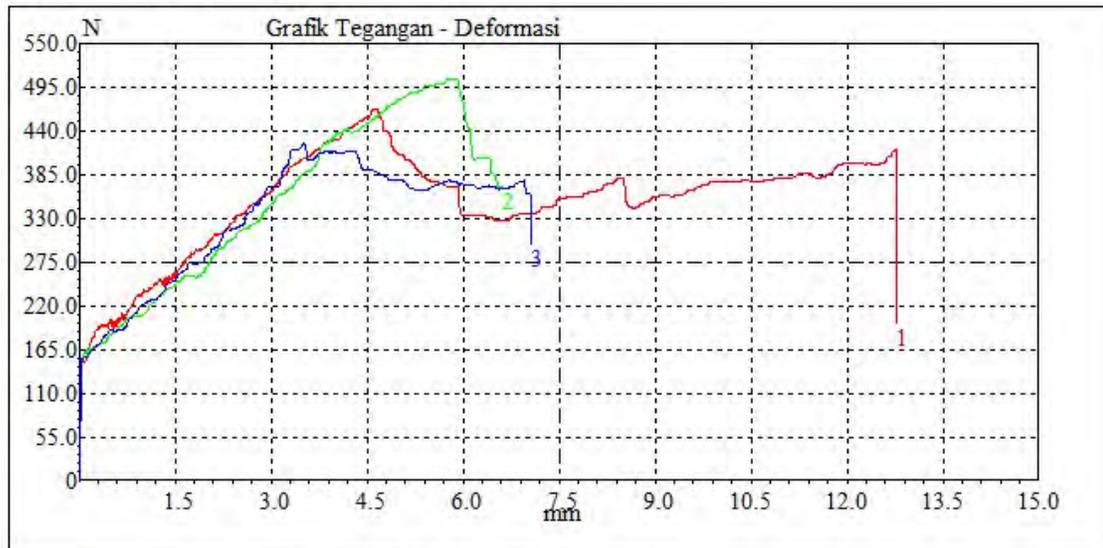
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : Teknik Material dan Produksi Kelautan ITS

Material : Fiberglass Galangan B

Tebal : 4 mm



Test date	Max. Load N	Max. Load mm	Deformasi mm
17-02-2017	467.28	4.65	12.78
17-02-2017	505.36	5.81	6.61
17-02-2017	423.59	3.52	7.05

Bengkalis, 17 Februari 2017

Kepala Lab. Uji Bahan

Suhardiman, ST. MT

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

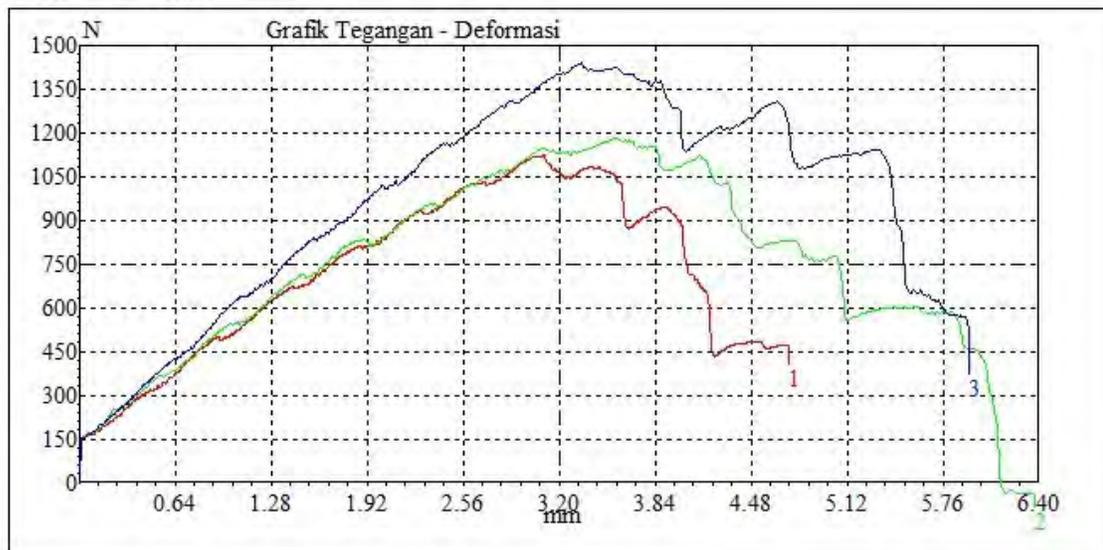
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : Teknik Material dan Produksi Kelautan ITS

Material : Fiberglass Galangan B

Tebal : 7 mm



Test date	Max. Load N	Max. Load mm	Deformasi mm
17-02-2017	1120.90	3.10	4.73
17-02-2017	1180.06	3.58	6.38
17-02-2017	1437.94	3.35	5.94

Bengkalis, 17 Februari 2017

Kepala Lab. Uji Bahan

Suhardiman, ST. MT

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

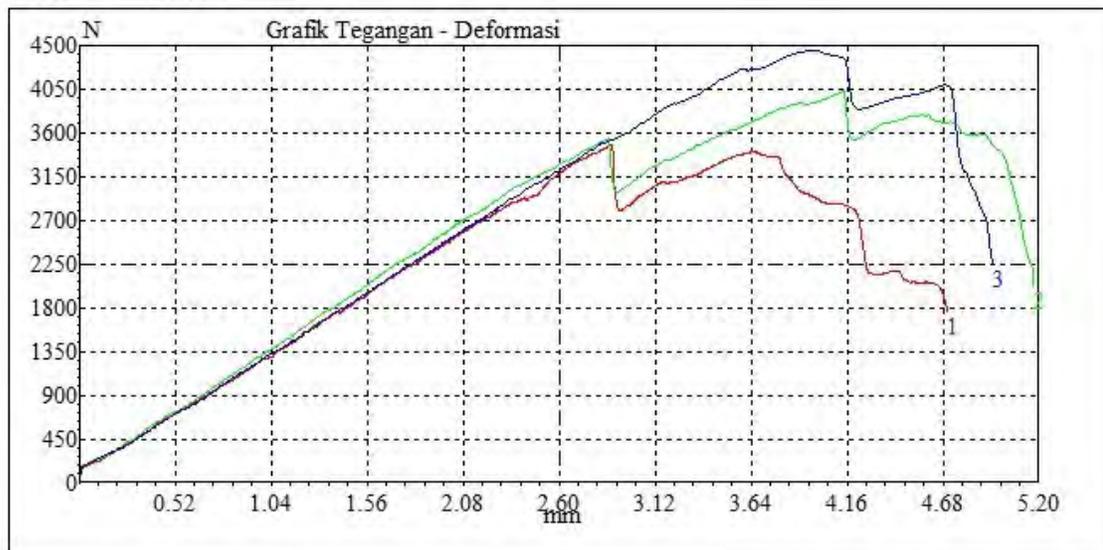
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : Teknik Material dan Produksi Kelautan ITS

Material : Fiberglass Galangan B

Tebal : 13 mm



Test date	Max. Load N	Max. Load mm	Deformasi mm
17-02-2017	3479.52	2.89	4.71
17-02-2017	4023.13	4.15	5.17
17-02-2017	4447.63	4.00	4.94

Bengkalis, 17 Februari 2017

Kepala Lab. Uji Bahan

Suhardiman, ST. MT

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

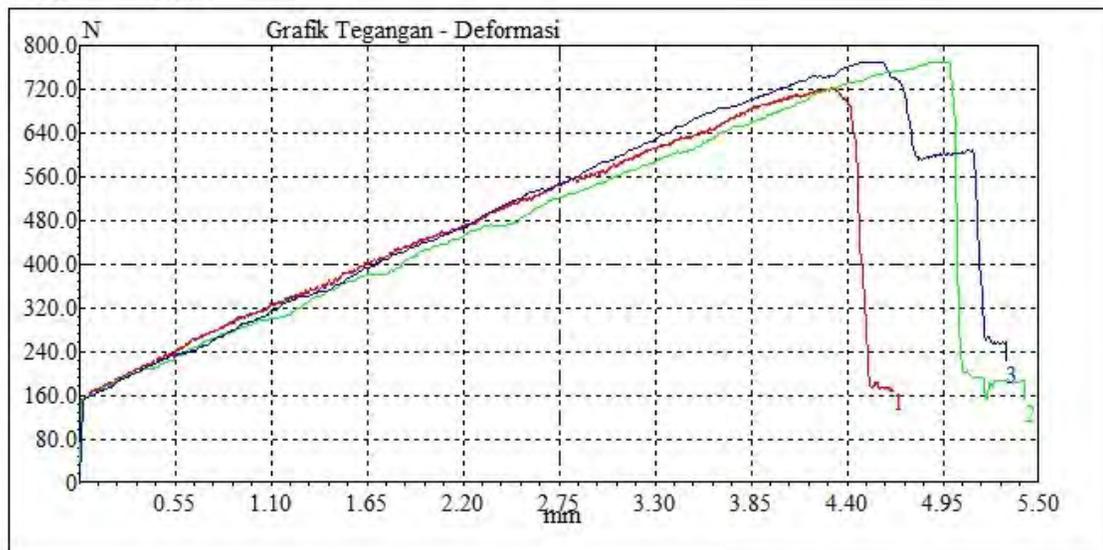
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : Teknik Material dan Produksi Kelautan ITS

Material : Fiberglass Galangan C

Tebal : 5 mm



Test date	Max. Load N	Max. Load mm	Deformasi mm
17-02-2017	720.38	4.31	4.67
17-02-2017	768.39	4.89	5.42
17-02-2017	768.80	4.53	5.31

Bengkalis, 17 Februari 2017

Kepala Lab. Uji Bahan

Suhardiman, ST. MT

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

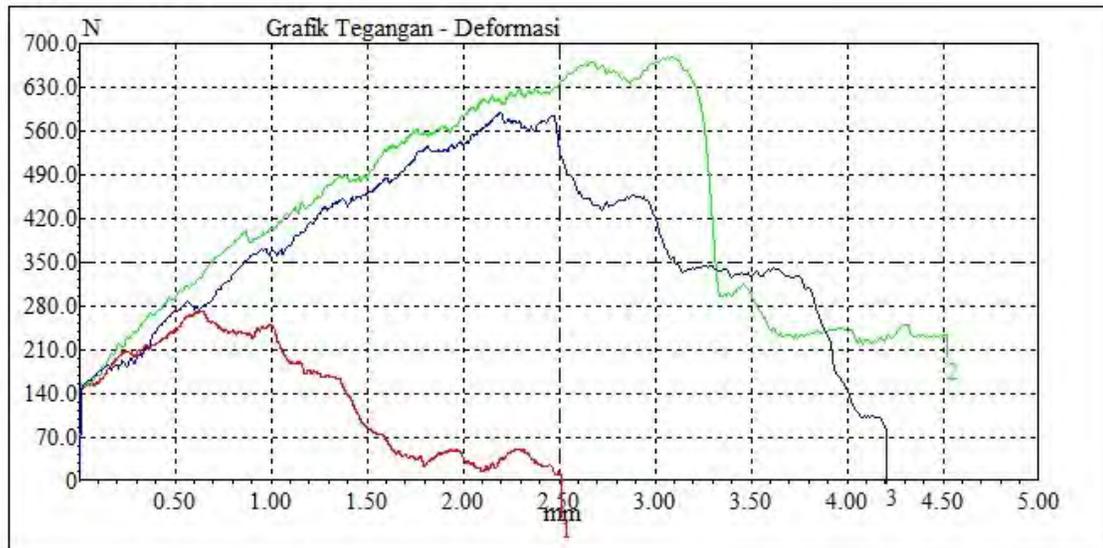
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : Teknik Material dan Produksi Kelautan ITS

Material : Fiberglass Galangan C

Tebal : 7 mm



Test date	Max. Load N	Max. Load mm	Deformasi mm
17-02-2017	271.48	0.64	2.51
17-02-2017	678.70	3.09	4.52
17-02-2017	588.52	2.20	4.20

Bengkalis, 17 Februari 2017

Kepala Lab. Uji Bahan

Suhardiman, ST. MT

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

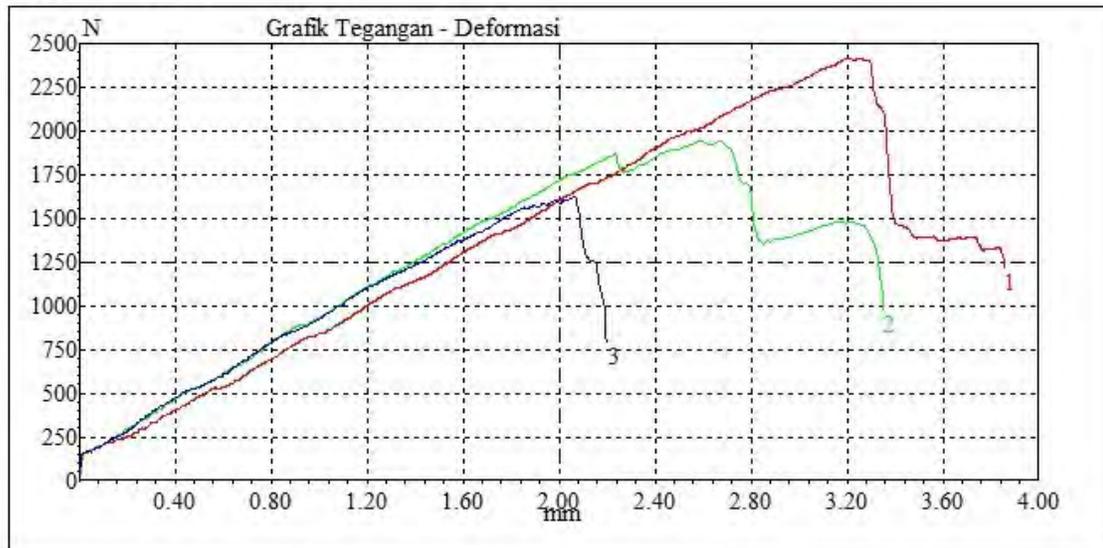
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis RIAU

Jurusan : Teknik Material dan Produksi Kelautan ITS

Material : Fiberglass Galangan C

Tebal : 9 mm

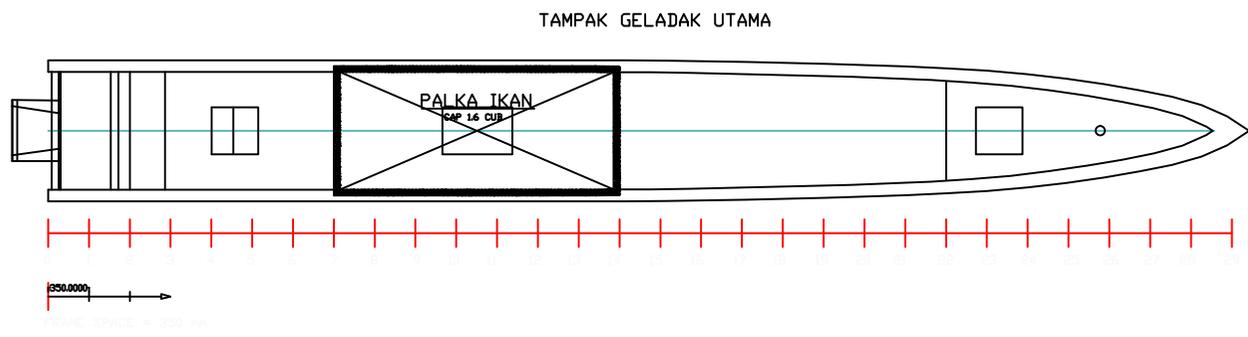
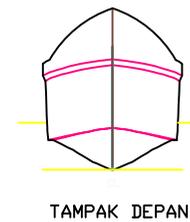
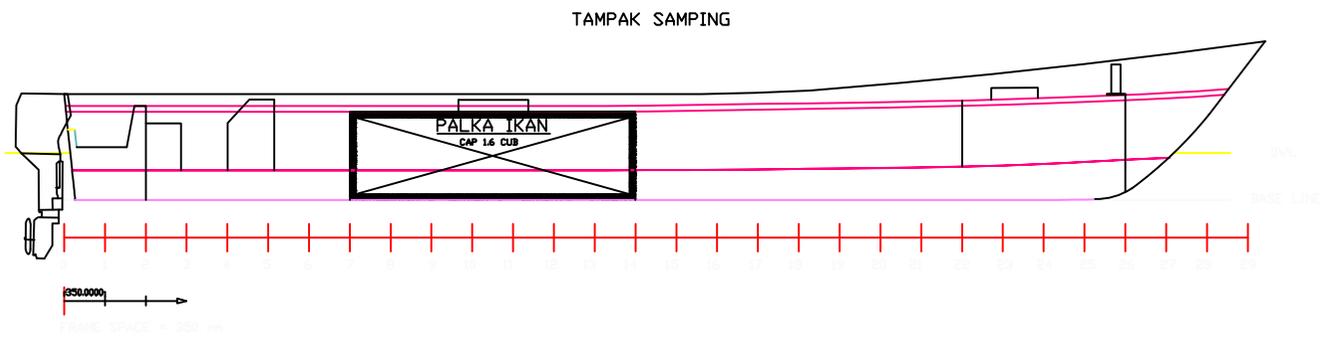


Test date	Max. Load N	Max. Load mm	Deformasi mm
17-02-2017	2412.10	3.21	3.85
17-02-2017	1941.21	2.68	3.35
17-02-2017	1621.38	2.06	2.21

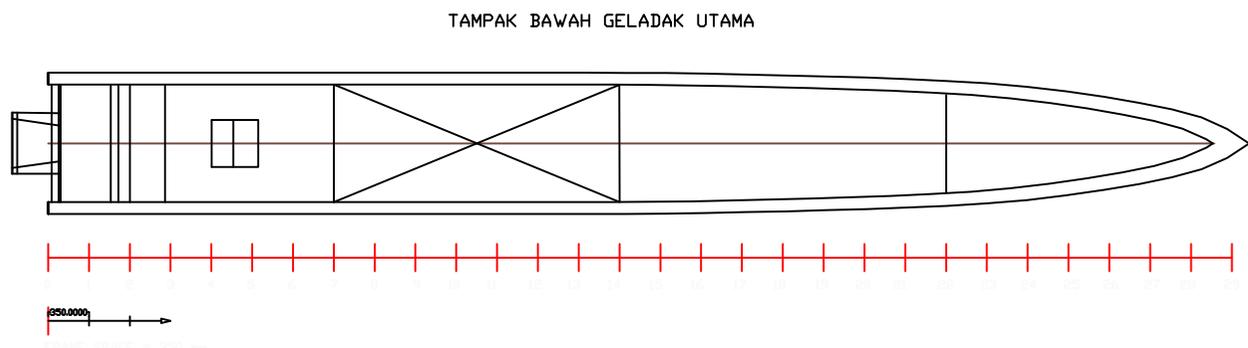
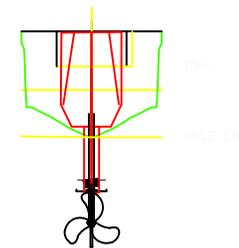
Bengkalis, 17 Februari 2017

Kepala Lab. Uji Bahan

Suhardiman, ST. MT



TAMPAK BELAKANG



PRINCIPAL DIMENSION

LENGTH OVER ALL (L.O.A): 10.30 M
 BREADTH : 1.20 M
 DEPTH : 0.90 M
 DRAFT : 0.40 M
 GROSS TONNAGE : 3.0 GT

PEMILIK KEGIATAN



KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN
 DIREKTORAT JENDERAL PERIKANAN TANGKAP

NAMA KEGIATAN

PERENCANAAN PEMBANGUNAN
 KAPAL IKAN BERBAHAN FRP 3 GT

MENYETUJUI/MENGESAHKAN

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN

ttd

NAMA GAMBAR :

RENCANA UMUM TIPE "V"

SKALA : 1 : 50 @A3

DIRENCANA

DIGAMBAR

PEMILIK KEGIATAN :



KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN
DIREKTORAT JENDERAL PERIKANAN TANGKAP

NAMA KEGIATAN :

PERENCANAAN PEMBANGUNAN
KAPAL IKAN BERBAHAN FRP 3 GT

LOKASI :

NAMA GAMBAR :

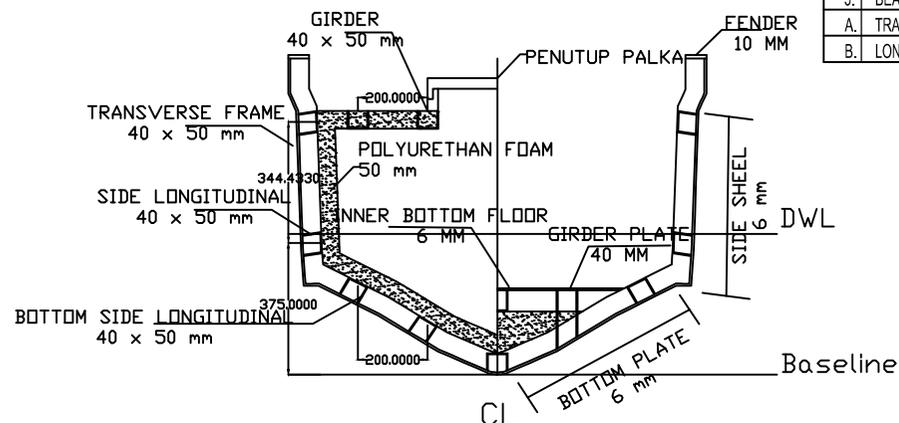
MIDSHIP SECTION

DIGAMBAR OLEH :

MENYETUJUI :

MENGETAHUI :

NO.	ITEM	MATERIAL	Min Psi	LAYER	PROFILE
I. HULL :					
1.	KEEL PLATE	G + M300 + 7M450 + 6WR800		14 Ply	
2.	BOTTOM PLATE	G + M300 + 4M450 + 3WR800		8 Ply	
3.	SHELL PLATE	G + M300 + 3M450 + 2WR800		6 Ply	
II. DECK :					
1.	DECK palka ikan/INNER BOTTOM FLOOR	G + M300 + 3M450 + 2WR800		6 Ply	
III. BULKHEAD :					
1.	SINGLE SKIN	M300 + 2M450 + 2WR800		5 Ply	
2.	BULKHEAD STIFFENER	M300 + 2M450 + 2WR800		5 Ply	40 x 50 mm
IV. FRAMES :					
1.	TRANSVERSE FRAME	M300 + 2M450 + 2WR800		5 Ply	40 x 50 mm
2.	SIDE LONGITUDINAL	M300 + 2M450 + 2WR800		5 Ply	40 x 50 mm
3.	GIRDERS	M300 + 2M450 + 2WR800		5 Ply	40 x 50 mm
4.	FLOORS	M300 + 2M450 + 2WR800	0.381	5 Ply	
5. BEAMS PALKA IKAN :					
A.	TRANSVERSE BEAM	M300 + 2M450 + WR800		4 Ply	40 X 50 mm
B.	LONGITUDINAL BEAM	M300 + 2M450 + WR800		4 Ply	40 X 50 mm



SIMBOL	MATERIAL
G	GELCOAT (500 g/M2)
M300	CHOPPED STRAND MATT 300 (300 g/M2)
M450	CHOPPED STRAND MATT 450 (450 g/M2)
WR800	WOVEN ROVING 800 (800 g/M2)

POTONGAN FRAME 13 POTONGAN FRAME 15

PRINCIPAL DIMENSION

LENGTH OVER ALL (L.O.A)	:	10.30	M
BREADTH	:	1.20	M
DEPTH	:	0.90	M
DRAFT	:	0.40	M
GROSS TONNAGE	:	3.00	GT

SKALA 1 : 15 @A3

LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

4



Spesifikasi Teknis
Kapal Ikan <5 GT
(Mina Maritim 3 VNK – Tanpa Katir)
(TIPE 5)

DAFTAR ISI

BAB I.	U M U M.....	2
1.1.	PENDAHULUAN.....	2
1.2.	TIPE DAN FUNGSI.....	2
1.3.	KETENTUAN UTAMA.....	2
1.4.	PERATURAN KLASIFIKASI.....	3
1.5.	TESTING & TRIAL.....	3
1.6.	STABILITAS.....	3
1.7.	PERUBAHAN SPESIFIKASI DAN DESAIN KAPAL.....	3
1.8.	JAMINAN PEMELIHARAAN.....	4
1.9.	PENGAWAS PEMBANGUNAN.....	4
1.10.	SERAH TERIMA KAPAL.....	4
1.11.	MATERIAL DAN CARA Pengerjaan.....	5
BAB II.	BANGUNAN KAPAL.....	6
2.1.	U M U M.....	6
2.2.	TATA LETAK.....	6
2.3.	SUSUNAN PEMBAGIAN LAMBUNG / RENCANA UMUM.....	6
2.4.	MATERIAL.....	7
2.5.	PENGUAT BAGIAN KONSTRUKSI KAPAL.....	8
2.6.	KONSTRUKSI BANGUNAN KAPAL.....	8
BAB III.	PERLENGKAPAN LAMBUNG.....	10
3.1.	PERALATAN LABUH DAN TAMBAT.....	10
3.2.	PERALATAN KEMUDI.....	10
3.3.	PERALATAN KESELAMATAN.....	10
3.4.	RUANG MUAT IKAN.....	10
3.5.	RUANG PENYIMPANAN ALAT TANGKAP IKAN.....	10
3.6.	PENGECATAN.....	10
BAB IV.	PERMESINAN.....	11
4.1.	MESIN UTAMA.....	11
BAB V.	KELISTRIKAN.....	12
5.1.	MATERIAL.....	12
5.2.	SUMBER DAYA - BATTERY.....	12
5.3.	PENGISI BATTERY.....	12
5.4.	PERALATAN NAVIGASI.....	12
BAB VI.	PERLENGKAPAN / INVENTARIS.....	13
6.1.	PERLENGKAPAN DECK.....	13
6.2.	LAIN - LAIN.....	13
6.3.	DESAIN/GAMBAR YANG DISUPLAI KE GALANGAN KAPAL.....	13

BAB I. U M U M

1.1. PENDAHULUAN

Spesifikasi kapal ikan ukuran kurang dari 5 GT adalah petunjuk untuk membangun kapal ikan tipe lambung “V” jenis *Multi Purpose* dibangun dengan material bahan *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)* yang digerakkan dengan 1 (satu) unit mesin penggerak tempel / *outboard* berbaling baling.

1.2. TIPE DAN FUNGSI

Bentuk lambung kapal dirancang sedemikian rupa dapat memenuhi kriteria kapal ikan, antara lain ruang muat luas, mudah *loading - unloading* ikan, olah gerak (*maneuverability*) dan stabilitas yang baik sesuai dengan ketentuan laik laut, laik tangkap dan laik simpan sehingga mampu menjaga kenyamanan, keamanan dan keselamatan ABK serta terjaminnya kualitas hasil tangkapan selama beroperasi dan berlayar dalam setiap kondisi perairan.

Gambar Rencana Umum (*General Arrangement*) menjelaskan secara umum bentuk geometri kapal secara keseluruhan terdiri dari lambung dengan geladak yang dirancang untuk memenuhi sarana kegiatan penangkapan ikan.

Tipe kapal ukuran kurang dari 5 GT *Multi Purpose* ini pada umumnya dioperasikan oleh 2 orang ABK dengan jenis alat tangkap antara lain *Long Liner*, *Hand Liner*, *Gillnetter*.

1.3. KETENTUAN UTAMA

1.3.a. Data Umum :

- Panjang Utama Kapal (LOA) : 10.30 Meter
- Lebar Maximum (B_{MAX}) : 1.20 Meter
- Tinggi Geladak (H) : 0.90 Meter
- Sarat Benam Air (T) : 0.40 Meter
- Volume Ruang Palka : ± 1.5 M³
- Mesin penggerak *Outboard Engine* : ± 15 - 25 HP
- Tangki Bahan Bakar (*Portable FOT*) : 1 x 25 Liter
- Lama Operasi : 6- 8 jam
- Awak kapal (ABK) : 2 Orang.

1.3.b. Kecepatan

Kecepatan Jelajah ekonomis (V) : 7 - 8 Knot

1.3. c. Jangkauan (*Range*) & *Endurance*.

Kapal sesuai dengan bahan bakar 25 liter dapat beroperasi 6 - 8 jam, pada kecepatan rata-rata 7 – 8 knot.

1.4. PERATURAN KLASIFIKASI

Konstruksi kapal, permesinan dan perlengkapannya dihitung sesuai dengan peraturan BKI dan Perhubungan Laut (untuk surat ukur kapal) dengan pengecualian mempertimbangkan operasi kapal dan kebiasaan (*nature*) yang telah turun menurun dilakukan oleh para nelayan, namun tanpa mengabaikan keselamatan kapal. Sertifikat klas kapal akan diterbitkan oleh BKI. Biaya Sertifikat klas kapal dibebankan kepada Kementerian Kelautan dan Perikanan.

1.5. TESTING & TRIAL

1.3.a. *Testing*

Material dan peralatan utama yang akan dipasang dikapal harus sudah dilakukan pengetesan oleh pabrik pembuat. *Dock trial /Harbor Acceptance Test* dilakukan di galangan kapal pembangun untuk pengetesan yang berkaitan dengan instalasi mesin pokok dan peralatan utama lainnya.

1.3.b. *Trial*

Sea trial dilakukan 1 kali, oleh galangan setelah kapal selesai dibangun.

Sea trial yang dilakukan mencakup aspek :

- Kecepatan
- Olah gerak
- Stabilitas
- Percobaan pelayaran kapal (minimal 2 jam dengan kecepatan Jelajah)
- *Fishing trial* dilakukan bersamaan dengan *sea trial*.

1.6 STABILITAS

Kapal harus memiliki stabilitas yang baik, yaitu memiliki stabilitas dengan tinggi *meta centre* positif.

1.7. PERUBAHAN SPESIFIKSI DAN DESAIN KAPAL

Spesifikasi dan Gambar Rencana Umum adalah merupakan bagian yang tidak terpisahkan, setiap perubahan dengan pertimbangan kearifan lokal harus mendapat persetujuan Pemilik kapal. Bila perubahan tersebut masih memenuhi

total berat kapal dan stabilitas kapal, maka perubahan tersebut baru dapat dilaksanakan.

1.8. JAMINAN PEMELIHARAAN

Galangan kapal pembangun memberikan jaminan pemeliharaan teknis diberikan untuk jangka waktu 6 (enam) bulan terhitung sejak tanggal penyerahan.

Jaminan diberikan pada kerusakan yang diakibatkan oleh kesalahan konstruksi ataupun kesalahan akibat pengerjaan. Kesalahan operasi kapal bukan bagian dari jaminan pemeliharaan.

1.9. PENGAWAS PEMBANGUNAN

Selama pelaksanaan pembangunan kapal ikan ukuran kurang dari 5 GT *fibreglass* di galangan sampai kapal selesai dibangun, akan dilakukan pengawasan oleh petugas pengawas yang ditunjuk pihak pemilik. Di dalam pelaksanaan pengawasan pihak pengawas dan pemilik berhak menolak bahan-bahan dan peralatan yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah disetujui oleh pihak pemilik atau yang tidak memenuhi persyaratan bangunan untuk kegunaan di kapal. Untuk keperluan sertifikasi Kelas Kapal, BKI akan melakukan pengawasan selama pembangunan kapal.

1.10. SERAH TERIMA KAPAL

Setelah kapal selesai diadakan Uji coba berlayar dan siap untuk diserahkan terimakan maka ada beberapa hal yang harus dipenuhi oleh pihak galangan :

a. Dokumen Kapal

Kapal akan dilengkapi dengan surat-surat kapal dan dokumen

- Berita acara serah terima kapal
- Berita acara sea trial lengkap dengan laporannya.
- Daftar inventarisasi kapal dan berita acara serah terima Inventaris.
- Buku Petunjuk (*Manual Book*) mesin induk, mesin bantu, peralatan navigasi / komunikasi dan untuk seluruh peralatan lain yang ada di kapal.
- Gambar-gambar (*Finished Plan*) lengkap dengan kurva dan perhitungan kapal.
- Surat Keterangan Pembangunan atau Sertifikat Galangan.

b. Familiarisasi

Galangan akan memberikan familiarisasi terhadap anak buah kapal yang akan mengoperasikan kapal sebelum serah terima dan dapat dilakukan di galangan atau dilokasi calon penerima kapal.

1.11. MATERIAL DAN CARA Pengerjaan

Seluruh bahan-bahan/material, mesin-mesin dan perlengkapan yang dipergunakan untuk pembuatan kapal ini dan yang akan dipasang dikapal ini adalah bermutu baik dan untuk kegunaan dikapal (*Marine Use*) serta memenuhi ketentuan-ketentuan dari Biro Klasifikasi. Untuk material *fiberglass* dan mesin utama (mesin kapal) harus memiliki *type approval certificate BKI*.

Pada tahap laminasi bagian dasar (kulit bawah) dan lambung (kulit samping) agar dilakukan dengan cermat mengingat lambung adalah *single skin*. Untuk keamanan kerja lantai geladak dilapisi anti slip agar tidak mudah tergelincir.

Pelapisan komposisi material *gelcoat*, *matt* dan *woven roving* agar diperhatikan dengan cermat sesuai ketentuan pelapisan. Urutan pengerjaan laminasi *fiberglass* harus sesuai dengan Spesifikasi pada Bab II. Bangunan Kapal.

BAB II. BANGUNAN KAPAL

2.1. UMUM

Kapal Ikan ukuran kurang dari 5 GT *fibreglass* dengan konstruksi lambung *FRP* (*Fibreglass Reinforced Plastic*) terdiri dari 2 bagian utama yaitu badan kapal bagian bawah (*hull*), bagian geladak kapal (*deck*) dimana masing-masing bagian dibuat dengan konstruksi *FRP* yang dicetak dengan sistem *hand Lay-Up*.

Lapisan-lapisan setiap laminasi serta ketebalan tiap bagian akan dikerjakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku sehingga laminasi tiap bagian sehingga menyatu dengan kekuatan yang memenuhi sesuai perhitungan.

Pekerjaan pembuatan bagian-bagian kapal yang tidak diatur dalam ketentuan yang ada maka pekerjaan tersebut akan dilakukan sesuai dengan pelaksanaan yang lazim dalam pembangunan kapal *FRP*.

2.2. TATA LETAK

Sesuai dengan fungsinya. Tata letak ruangan kapal dirancang dengan memperhatikan aspek-aspek keselamatan, kenyamanan, mobilisasi, distribusi berat serta aspek pemeliharaan.

2.3. SUSUNAN PEMBAGIAN LAMBUNG / RENCANA UMUM

Bagian lambung kapal dibatasi oleh sekat-sekat yang di atur dalam Gambar Rencana Umum dari buritan (AP) ke arah haluan (FP) Ruang-ruang :

1. Muatan Ikan (*Fish Hold*) :
 - 1 (satu) buah ruang muat memanjang kapal dengan total sesuai kapasitas 1.5 m³ untuk 500 kg ikan yang dibatasi oleh sekat kedap air, dan 1 ruang terbuka untuk penyimpanan alat tangkap.
2. Ruang Ceruk Depan atau haluan
 - Ruang ceruk merupakan ruang kosong dan kedap.
3. Terdapat lantai memanjang kapal menerus setinggi 300 mm diatas base line dari ceruk haluan ke ceruk buritan kecuali ruang muat.

2.4. MATERIAL

Bahan utama pembangunan kapal tersebut dari *FRP (Fibreglass Reinforced Plastic)* yang telah disertifikasi oleh klas BKI dimana konstruksi lambung kapal diperkuat dengan penguat-penguat membujur dan melintang yang terbuat dari balok-balok / *frame fibreglass* dengan isi *foam* dengan *density* 60 kg/m³. Material Fiber glass yang di gunakan untuk konstruksi harus memiliki kekuatan uji tarik minimum 85 Mpa.

Material dan *schedule* laminasi

Tabel 1. Laminasi *Schedule* Konstruksi Kapal FRP sebagai berikut :

LAMINASI SCHEDULE			
Part	Material	Layer	
I. Hull			
1.	Keel Plate	G + M300 + 7 M450 + 6 WR800	14 Ply
2.	Bottom Plate	G + M300 + 4 M450 + 3 WR800	8 Ply
3.	Shell Plate	G + M300 + 3 M450 + 2 WR800	6 Ply
II. Deck			
1.	Deck Palka	G + M300 + 3 M450 + 2 WR800	6 Ply
III. Bulkhead			
1.	Single Skin	M300 + 2 M 450 + 2 WR800	5 Ply
2.	Stiffener	M300 + 2 M 450 + 2 WR800	5 Ply
IV. Frames			
1.	Transverse	M300 + 2 M450 + 2WR800	5 Ply
2.	Side Longitudinal	M300 + 2 M450 + 2 WR800	5 Ply
3.	Girders	M300 + 2 M450 + 2 WR800	5 Ply
4.	Floors	M300 + 2 M450 + 2 WR800	5 Ply
<i>Beams</i>			
5.	Transverse Beam	M300 + 2 M450 + WR800	4 Ply
6.	Longitudinal Beam	M300 + 2 M450 + WR800	4 Ply
Catatan :			
No.	SIMBOL	MATERIAL	
1.	G	Gelcoat (500 gr/m ²)	
2.	M 300	Chopped Strand Mat 300 (300 gr/m ²)	
3.	M 450	Chopped Strand Mat 450 (450 gr/m ²)	
4.	WR 800	Woven roving (800 gr/m ²)	

2.5. PENGUAT BAGIAN KONSTRUKSI KAPAL

Kulit (*Shell*), lambung (*hull*), Geladak (*deck*) merupakan satu kesatuan yang utuh. Konstruksi kulit *single skin* dicetak dengan “*female method*” *hand lay-up laminated*.

Jumlah ketebalan laminasi setiap bagian serta pengerjaannya mengikuti ketentuan Badan Klasifikasi. *Gelcoat* adalah permukaan luar kulit kapal (*Outer shell*) dan merupakan bagian dari struktur laminasi.

Bagian-bagian konstruksi kapal seperti penguat, gading, balok dan lain-lain, ukuran dan tebalnya laminasi dibuat sesuai dengan ketentuan kelas, seperti pada gambar *midship section* dan konstruksi *profile*.

2.6. KONSTRUKSI BANGUNAN KAPAL

2.6.1. Pembagian Ruangan

Kapal memiliki beberapa ruangan dengan pembagian berdasarkan sekat melintang yang membagi kapal ke arah memanjang menjadi beberapa ruangan, antara lain:

Dibawah geladak

- ...Ceruk haluan
- ...Ruang penyimpanan alat tangkap.
- ...Ruang muat, tempat penyimpanan ikan.

2.6.2. Pembujur (*Girder*)

Bottom Longitudinal Girder dan *Deck Longitudinal Girder* pada kapal terbuat dari *fibreglass* yang dicetak berbentuk *profile* dengan isi *foam*, dipasang memanjang kapal dari transom kapal ke ujung haluan kapal yang disatukan dengan lambung kapal dengan *fibreglass*, sehingga merupakan kekuatan menyeluruh pada bagian kapal.

2.6.3. Gading-gading (*Frame*)

Kapal dilengkapi dengan konstruksi gading melintang dengan jarak gading 350 mm yang dibuat dari bahan *fibreglass* yang dicetak berbentuk *profile* dengan isi *foam* yang disatukan dengan lambung pada bagian *bottom* kapal.

2.6.4. Sekat Kedap Air (*Water Tight Bulkhead*)

Sekat kedap air dibuat dari bahan *fibreglass* dengan ketebalan yang memenuhi dan diperkuat dengan *profile fibreglass* yang dipasang secara vertikal dan horizontal. Sekat kedap air merupakan penguat melintang yang dipasang dan menyatu atau menerus dengan kulit lambung kapal bagian dalam dengan pelapisan *fibreglass*. Susunan dan peletakan sekat sesuai gambar Rencana Umum.

2.6.5. Konstruksi *Fender*

Sekeliling badan kapal diberi lapisan Pelindung dari benturan (*fender*), terbuat dari karet atau kayu 8 x 6 cm (permukaan di round). *Fender* ini dipasang pada pertemuan antara deck dan lambung dengan pengikatan yang kuat.

BAB III. PERLENGKAPAN LAMBUNG

3.1. PERALATAN LABUH DAN TAMBAT

Alat-alat persauhan dan tambatan dilengkapi dan dipasang sesuai peraturan yang berlaku :

- Jangkar *Galvanize* : 12 kg
- Tali jangkar *nylon* dia. 14 mm : 30 meter
- Tali tambat *nylon* dia 12 mm : 10 meter
- *Bolder steel* : 1 buah

3.2. PERALATAN KEMUDI

Kemudi dan *propeller* merupakan satu bagian dengan *Outboard Engine*.

3.3. PERALATAN KESELAMATAN

Kapal dilengkapi dengan peralatan keselamatan jiwa berupa *Life Jacket* 2 buah.

3.4. RUANG MUAT IKAN

Sistem pendingin palka ikan, adalah :

- Menggunakan Es atau *box storage*.
- Ruang muat dengan volume 1.5 m³ dapat menampung kurang lebih 500 kg ikan, diberi lapisan *Polyurethane foam* sebagai insulasi setebal 5 cm, dan bagian luar dilapisi menggunakan *fibreglass* 4 mm.

3.5. RUANG PENYIMPANAN ALAT TANGKAP IKAN

- Ruang penyimpanan alat tangkap ikan terletak di depan ruang muat penyimpanan ikan, seperti pada gambar rencana umum.

3.6. PENGECATAN

Cat menggunakan standard *marine* yang terdiri dari lapisan dasar, lapisan *finishing* dan *anti fouling*. Warna kapal dari *gelcoat* yang akan ditentukan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan.

BAB IV. PERMESINAN

4.1. MESIN UTAMA

- Kementerian Kelautan dan Perikanan hanya menyuplai mesin utama standard pabrikan dilengkapi dengan 1 (satu) buah *battery* dan 1 (satu) set *toolkit*. Galangan Kapal melaksanakan pemasangan di kapal dan melaksanakan percobaan mesin kapal.
- Material dan peralatan kapal lainnya di luar mesin utama untuk keperluan pembangunan kapal, percobaan kapal dan penyerahan kapal disediakan oleh galangan kapal pembangun.
- Mesin utama bersertifikat klas BKI.
- Kapal menggunakan 1 (satu) buah mesin *outboard* bertenaga 15 – 25 HP, berbahan bakar bensin, sistem pendingin langsung, *electric atau manual starter*. Batery (*Accu*) bagian dari suplai *engine*.
- Dalam pelaksanaan percobaan mesin kapal akan didampingi oleh teknisi dari pabrik pembuat mesin kapal.

BAB V. KELISTRIKAN

5.1. MATERIAL

Kabel sistem kelistrikan dan perlengkapan lainnya harus standard *marine*. Sistem kabel, *plug*, *socket*, dan *switch* harus dipasang sedemikian rupa tidak langsung kena panas maupun jauh dari kegiatan operasional di kapal.

Pengikatan kabel ke lambung kapal dengan menggunakan *hanger*.

5.2. SUMBER DAYA - BATTERY

Sumber daya listrik berasal dari 1 (satu) unit *battery (Accu)* berkapasitas 70 Ah DC 12 Volt lengkap dengan kabel *battery*. *Battery* untuk *start engine* tidak diijinkan digunakan untuk peralatan navigasi dan komunikasi.

5.3. PENGISI BATTERY (CHARGER)

1 (satu) buah pengisi *battery* dipasang dengan tegangan input 220 V AC.

5.4 PERALATAN NAVIGASI

No	Uraian	Volume	Satuan
1	Radio komunikasi VHF/FM Marine + Antenna	1	Set
2	Lampu Navigasi (jalan)	1	Set
3	Magnetic compas , wet type (basah) dia. 3".	1	Unit

BAB VI. PERLENGKAPAN/INVENTARIS

6.1. PERLENGKAPAN DECK

- Untuk mengantisipasi dan memperbaiki kerusakan kecil, maka kapal dilengkapi dengan standard *tool kit*.
- Pintu dan pintu lemari di ruang akomodasi, dilengkapi dengan engsel (*hinges*) dan penarik pintu berbahan *stainless steel*.
- Bagian belakang ruang akomodasi dilengkapi dengan kanopi dari bahan *fiberglass* dengan konstruksi tiang pipa *stainless steel*.

6.2. LAIN-LAIN

Kegiatan berikut merupakan lingkup galangan kapal pembangun:

No	Uraian	Volume	Satuan
1	Biaya Uji coba <i>Sea Trial</i>	1	Paket
2	Biaya Pengiriman Kapal	1	Paket

6.3. DESAIN/GAMBAR YANG DISUPLAI KE GALANGAN KAPAL PEMBANGUN

Untuk mendukung pembangunan kapal, galangan kapal pembangun akan disuplai desain/gambar seperti daftar berikut :

No	NAMA GAMBAR	KETERANGAN
1.	Spesifikasi Teknis	
2.	<i>General Arrangement</i> /Rencana Umum	Approved BKI
3.	<i>Lines Plan</i> /Rencana Garis	Approved BKI
4.	Kurva kecepatan kapal	
5.	Perhitungan Stabilitas	
6.	<i>Midship Section</i> /Potongan Melintang Konstruksi	Approved BKI
7.	Profil Konstruksi/Konstruksi Memanjang	Approved BKI
8.	Detail Konstruksi dan Pelapisan	Approved BKI