

ANALISIS KEKUATAN KAPAL BAMBU LAMINASI DAN PENGARUHNYA TERHADAP UKURAN KONSTRUKSI DAN BIAYA PRODUKSI

Nama Mahasiswa : Ahmad Purnomo
NRP : 4109 100 040
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Heri Supomo, M.Sc.

ABSTRAK

Semakin mahal dan langkanya bahan kayu sebagai material utama kapal ikan telah mendorong para praktisi untuk meneliti bahan alternatif pengganti kayu. Bambu laminasi memiliki sifat mekanis yang lebih besar daripada kayu jati, sehingga dinilai mampu menggantikan kayu jati sebagai bahan utama kapal ikan. Namun masih ada keraguan jika material ini digunakan pada kapal dengan kapasitas yang besar. Sehingga muncul pertanyaan sampai ukuran berapakah kapal dengan bahan utama bambu laminasi mampu dibangun berdasarkan aspek kekuatan dan ekonomis. Perhitungan diawali dengan menentukan ukuran utama kapal yang dilanjutkan dengan menghitung ukuran komponen konstruksi kapal berdasarkan BKI tahun 2013. Analisis kekuatan dilakukan dengan pemodelan kapal 3D menggunakan pendekatan Finite Element Method (FEM). Sedangkan analisis ekonomis dilakukan dengan membandingkan kapal berbahan bambu laminasi ori dan betung, dengan kapal berbahan kayu jati. Hasil dari perhitungan dan analisis kekuatan menunjukkan bahwa kapal dengan kapasitas 20 sampai 60 GT berbahan bambu laminasi memenuhi kriteria kekuatan, yakni tidak melebihi tegangan yang diizinkan sebesar 142 Mpa untuk bambu laminasi ori dan 120 Mpa untuk bambu laminasi betung. Hasil perhitungan dan analisis ekonomis menunjukkan bahwa kapal berbahan bambu laminasi memiliki biaya produksi lebih rendah daripada kapal kayu jati. Selisih biaya produksi paling rendah terdapat pada kapal 20 GT sebesar Rp 178.191.571,00; dan semakin besar kapasitas kapal maka selisih biaya produksi menjadi semakin besar. Kapal berkapasitas 60 GT memiliki selisih paling besar, yakni Rp 383.428.715,00. Berdasarkan kondisi aktual dimana kapal kayu paling besar yang umumnya dibangun hanya sampai kapasitas 60 GT, maka perhitungan dan analisis dicukupkan pada kapasitas 60 GT.

Kata kunci: kapal ikan, bambu, laminasi, gross tonnage (GT), kekuatan, ukuran konstruksi

STRENGTH ANALYSIS OF BAMBOO LAMINATE BOAT AND ITS EFFECT TOWARD CONSTRUCTION SIZE AND PRODUCTION COST

Author : Ahmad Purnomo
ID No. : 4109 100 040
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology
Supervisor : Ir. Heri Supomo, M.Sc.

ABSTRACT

The increase of expensiveness and scarcity wood as the main material of fishing boats has encouraged practitioners to examine alternative wood materials. Bamboo laminate has mechanical properties greater than teak, so it is considered capable of replacing the teak wood as the main material of fishing boat. But there are still doubts if this material is used on ships with large capacity. So the question arises as to what is the maximum size of the vessel with the main material of bamboo laminate can be built based on the strength and economical aspects. The calculation begins by determining the main dimension of boats, followed by calculating the size of the components of the boat's construction by BKI 2013 edition. Strength analysis is done by 3D vessel modeling approach using Finite Element Method (FEM). While the economic analysis conducted by comparing boats made from bamboo laminate ori and betung, with boats made from teak wood. The results of the calculation and analysis indicates that the strength of boat with a capacity of 20 to 60 GT made from bamboo laminate meets the criteria of strength, which does not exceed a permissible stress of 142 MPa for bamboo laminate ori and 120 MPa for bamboo laminate betung. The results of calculation and economic analysis indicates that the boats made from bamboo laminate has lower production costs than teak boat. The lowest difference in production cost is in 20 GT vessels IDR 178,191,571.00; and as bigger as boat capacities the production cost difference becomes larger. Boat with a capacity of 60 GT have the biggest difference, at IDR 383,428,715.00. Based on the actual conditions in which most large wooden boats that were built only up to a capacity of 60 GT, the calculation and analysis on the capacity been deferred at 60 GT.

Keyword : fishing vessel, bamboo, lamination, gross tonnage (GT), strength, construction dimension

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal Ikan Tradisional

2.1.1. Umum

Kapal merupakan suatu bangunan terapung yang berfungsi sebagai wadah, tempat bekerja (*working area*) serta sarana transportasi, dan kapal perikanan termasuk didalamnya. Adapun yang dimaksud dengan kapal perikanan adalah kapal, perahu atau alat apung lain yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan dan penelitian/eksplorasi perikanan.

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

- Kecepatan Kapal (*Speed*)

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

- Kemampuan Olah Gerak Kapal (*Manuver Ability*)

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

- Layak Laut (*Seaworthiness*)

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

- Luas Lingkup Area Pelayaran

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

- Konstruksi

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

- Mesin Penggerak

Kapal perikanan membutuhkan tenaga mesin penggerak yang cukup besar, sedangkan volume mesin diusahakan tidak terlalu besar dengan getaran yang kecil.

- Fasilitas Penyimpanan dan Pengolahan Ikan

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

- Alat Bantu Penangkapan (*Fishing Equipment*)

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

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

- a. Memiliki suatu kekuatan struktur badan kapal.
- b. Keberhasilan operasi penangkapan ikan.
- c. Memiliki stabilitas yang tinggi.
- d. Memiliki fasilitas penyimpanan yang lengkap.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perencanaan pembangunan kapal yaitu:

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

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

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

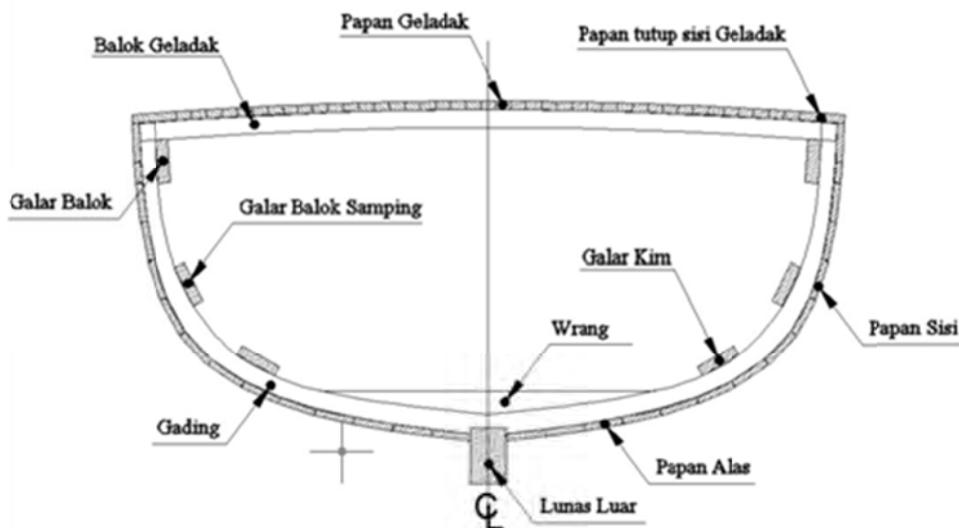
2.1.2. Pembangunan Kapal Ikan

Ketentuan konstruksi dalam membangun kapal kayu di Indonesia ditetapkan melalui Biro Klasifikasi Indonesia (Soekarsono, 1994). Kualitas galangan kapal yang membangun kapal perikanan di Indonesia khususnya kapal kayu, tergolong tradisional dan masih dikelola secara perorangan. BKI dalam hal ini berperan sebagai institusi yang dipercaya oleh pemerintah, sangat erat kaitannya dengan pengawasan galangan yang nantinya mempengaruhi kekuatan konstruksi sebuah kapal.

Tahapan persiapan pembangunan kapal ikan dimulai dari :

- a. Pembuatan gambar-gambar, gambar rencana garis, gambaran potongan gading tengah lengkap dengan ukuran bagian konstruksinya, gambar potongan memanjang kapal dengan semua ukuran bagian konstruksi, semua gambar dilengkapi dengan gambar cara penyambungan serta pengikatan masing-masing bagian konstruksi.
- b. Persiapan untuk penyediaan bahan baku kayu, meliputi : cara penyimpanan supaya tidak rusak dan juga pemisahan jenis serta ukuran kayu sesuai dengan urutan kerja yang sudah direncanakan sebelumnya.
- c. Pembuatan pelantain mal untuk memindah gambar rencana garis menjadi gambar dengan ukuran besar kapal yang sebenarnya.
- d. Pengaturan dan juga penyediaan peralatan yang dipergunakan untuk proses pembangunan kapal.

Terdapat perbedaan metode pembangunan kapal, khususnya pada pembangunan kapal kayu penangkap ikan yang dibuat secara tradisional dan modern. Perbedaannya terletak pada cara pembangunan lambungnya. Pada kapal kayu penangkap ikan tradisional papan lambungnya di konstruksi terlebih dahulu kemudian diikuti pemasangan gading-gading (*frame*), sedangkan pembangunan pada kapal kayu penangkap ikan modern, gading-gading dikonstruksi terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pemasangan lambung kapal. Pada gambar 2.1 ditunjukkan penampang melintang kapal kayu beserta konstruksi didalamnya.



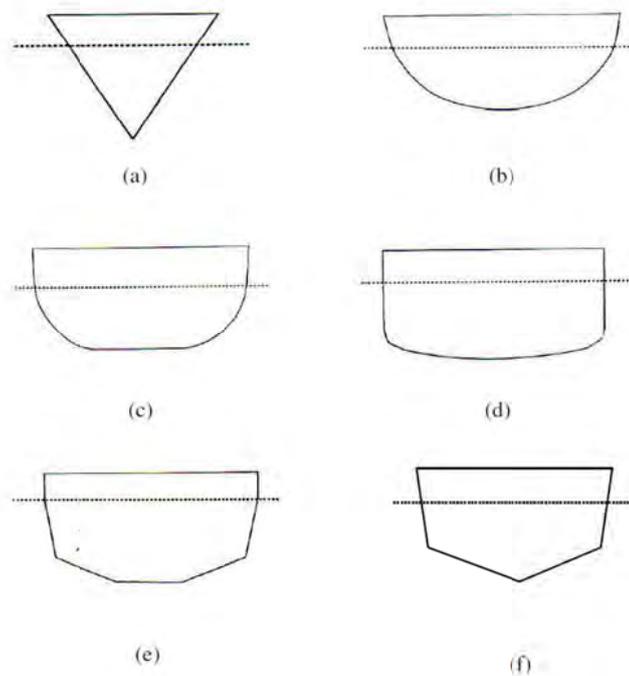
Gambar 2.1. Penampang Melintang Kapal Ikan

Sumber : (Anchor, 2010)

Pada prinsipnya, konstruksi badan kapal perikanan harus kuat karena kapal perikanan banyak berhubungan dengan kondisi laut, harus menahan berat dan getaran mesin kapal serta melindungi muatan dan personel yang ada diatas kapal dari lingkungan air di sekitarnya. Bentuk kasko kapal sangat berpengaruh terhadap daya tampung stabilitas kapal ketika berlayar, karena kapal harus memiliki kapasitas yang cukup dan tetap stabil dalam kondisi apapun.. Bentuk kasko kapal perikanan pada bagian haluan berbentuk "V" *bottom* (Gambar 2.2), sedangkan pada bagian tengah hingga buritan terdapat lima variasi bentuk kasko kapal perikanan, yaitu:

- a. *Round bottom*, yaitu tipe kasko kapal dengan bentuk bulat hampir setengah lingkaran (Gambar 2.2).
- b. *Round flat bottom*, yaitu tipe kasko kapal dengan bentuk bulat yang rata pada bagian bawahnya (Gambar 2.2).

- c. "U" *bottom*, yaitu tipe kasko kapal yang memiliki bentuk seperti huruf "U" (Gambar 2.2).
- d. *Akatsuki bottom*, yaitu tipe kasko kapal yang berbentuk hampir menyerupai huruf "U", tetapi setiap lekukannya membentuk suatu sudut dan rata pada bagian bawahnya (Gambar 2.2).
- e. *Hard chin bottom*, yaitu tipe kasko kapal yang berbentuk hampir sama dengan *Akatsuki bottom*, tetapi pertemuan antara lambung kiri dan kanan kapal pada bagian lunas membentuk suatu sudut seperti dagu (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Bentuk-Bentuk Kasko Kapal

Sumber : (Anchor, 2010)

Keterangan :

- a) Tipe "V" *bottom*
- b) Tipe *round bottom*
- c) Tipe *round flat bottom*
- d) Tipe "U" *bottom*
- e) Tipe *akatsuki bottom*
- f) Tipe *hard chin bottom*

2.1.3. Kayu Sebagai Material Pemuatan Kapal

Terdapat lima jenis pilihan material yang sesuai untuk kapal perikanan yaitu kayu, besi, FRP (*Fibreglass Rainforced Plastic*), *ferrocement*, dan aluminium (Fyson, 1985). Kayu

masih menjadi material yang umum digunakan dalam pembuatan kapal perikanan di Indonesia.. Hal ini disebabkan persediaan kayu di Indonesia cukup banyak serta harganya yang ekonomis dan terjangkau.

Kayu lebih unggul dibandingkan pemilihan material lainnya karena dilihat dari segi pengerjaannya, pembangunan kapal dari bahan kayu lebih mudah dibandingkan dengan bahan lain dan tidak membutuhkan teknologi yang tinggi dalam operasi penangkapan ikan. Meskipun memiliki kelebihan sebagai material kapal perikanan, kayu juga memiliki kelemahan diantaranya adalah kurangnya kekuatan kapal yang disebabkan banyaknya sambungan, yang dapat menyebabkan adanya lubang baut yang mengurangi luas penampang dan konstruksinya berat, serta perubahan fisik akibat air laut dan suhu.

Kayu memiliki sifat fisik dan sifat mekanis yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk pemilihan jenis material kayu yang digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan atau perkapalan. Sifat fisik kayu meliputi penyusutan, kelas kuat, dan berat jenis, sedangkan sifat mekanis kayu meliputi keteguhan lentur statik, tekan pukul, belah geser, tarik sejajar arah serat, dan kekerasan kayu yang diukur dalam keadaan basah. Berat jenis (BJ) merupakan indikator utama dari sifat fisik dan mekanis kayu.

Syarat kayu sebagai material kapal adalah:

- a. Tidak mudah pecah.
- b. Tahan terhadap hewan laut.
- c. Tidak mudah lapuk, liat, dan kuat.

Tingkat kelas awet kayu yang digunakan sebagai material kapal juga merupakan faktor yang dapat mempengaruhi umur teknis kapal perikanan. Tingkat kelas kayu terbagi dua, yaitu tingkat kelas awet (KA) dan tingkat kelas kuat (KK).

Tingkat kelas awet (KA) kayu adalah klasifikasi kayu berdasarkan daya tahan terhadap serangan jamur, rayap dan organisme perusak lainnya. Kriteria kelas awet (KA) kayu dapat dilihat pada Tabel 2.1. Berdasarkan standar BKI (1996) persyaratan untuk membentuk kayu sebagai konstruksi yang penting yaitu harus dipergunakan dengan kayu ukuran minimum kelas kuat III karena peraturan BKI yang menyebutkan untuk lunas, linggi haluan, linggi buritan, wrang, gading-gading, balok buritan, dan tutup sisi geladak harus menggunakan jenis kayu yang memiliki massa jenis minimum $0,7 \text{ ton/m}^3$, untuk gading berlapis massa jenis minimum $0,45 \text{ ton/m}^3$, untuk kulit luar balok geladak, galar balok

digunakan kayu dengan berat jenis minimum $0,65 \text{ ton/m}^3$, untuk geladak dan galar bisa digunakan kayu dengan berat jenis minimum $0,45 \text{ ton/m}^3$.

Tabel 2.1. Tabel Kelas Awet (KA) Kayu

No	Keadaan	Kelas Awet				
		I	II	III	IV	V
1	Selalu berhubungan dengan tanah lembab	8 th	5 th	3 th	Sangat pendek	Sangat pendek
2	Hanya terbuka terhadap angin dan iklim, tetapi dilindungi terhadap pemasukan air dan klemasan	20 th	15 th	10 th	Beberapa tahun	Sangat pendek
3	Di bawah atap, tidak berhubungan dengan tanah lembab dan dilindungi terhadap kelelasan	Tak terbatas	Tak terbatas	Sangat lama	Beberapa tahun	Pendek
4	Seperti point (3) di atas, tetapi dipelihara dengan baik, selalu dicat dan sebagainya	Tak terbatas	Tak terbatas	Tak terbatas	20 th	20 th
5	Serangan oleh rayap	Tidak	Jarang	Agak cepat	Sangat cepat	Sangat cepat
6	Serangan oleh bubuk jayu kering	Tidak	Tidak	Hampir tidak	Tak seberapa	Sangat cepat

Sumber : (Biro Klasifikasi Indonesia, 1996)

Tingkat kelas kuat (KK) kayu adalah pengelompokan kayu berdasarkan berat jenis (BJ) kayu tersebut. Kelas kuat kayu menunjukkan semakin besar berat jenis kayu, maka semakin besar pula keteguhan lentur dan tekan mutlaknya. Bambu dengan kelas kuat I memiliki keteguhan lentur dan tekan mutlak paling besar, sedangkan keteguhan lentur dan tekan mutlak paling kecil dimiliki oleh kayu dengan kelas kuat V.

Tabel 2.2. Kriteria Kelas Kuat (KK) Kayu

Kelas Kuat	Berat Jenis	Keteguhan Lentur Mutlak	Keteguhan Tekan Mutlak
I	$> 0,9$	> 1100	> 650
II	$0,6 - 0,9$	$725 - 1100$	$425 - 650$
III	$0,4 - 0,6$	$500 - 725$	$300 - 425$
IV	$0,3 - 0,4$	$360 - 500$	$215 - 300$
V	$< 0,3$	< 360	< 215

Sumber : (Biro Klasifikasi Indonesia, 1996)

Tabel 2.2 menunjukkan kriteria kelas kuat (KK). Pada umumnya kayu yang digunakan sebagai bahan dasar konstruksi bangunan dan kapal adalah kayu dengan kelas kuat II karena selain kuat juga relatif lebih ekonomis dibandingkan kayu dengan kelas kuat I. Kayu yang dipergunakan untuk bagian konstruksi utama harus baik, sehat, tidak ada celah, dan tidak ada cacat yang membahayakan. Kayu yang kurang tahan terhadap perubahan kering dan basah hanya boleh digunakan untuk bagian di bawah garis air, seperti papan alas. Bagian-bagian konstruksi di atas air seperti papan samping, geladak, bangunan atas, ambang palka harus dibuat dari kayu yang agak besar kelembabannya. Persyaratan teknis kayu untuk bagian konstruksi kapal dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Persyaratan Teknis Kayu Bagian Konstruksi Kapal

No	Penggunaan	Persyaratan teknis	Contoh kayu yang lazim digunakan
1	Lunas	Tidak mudah pecah, tahan binatang laut.	Ulin (<i>Eusideroxylon zwagerii</i>), Kapur (<i>Dryobalanops lanceolata</i>) dan kayu lapis kualitas khusus
2	Gading-gading	Kuat, liat, tidak mudah pecah, tahan binatang laut.	Bangkitirai(<i>Shorea laevifolia</i>), Bungur (<i>Lagerstroemia speciosa</i>) dan Kapur (<i>Dryobalanops lanceolata</i>)
3	Kulit/lambung	Kuat, liat, tidak mudah pecah, tahan binatang laut	Bangkitirai(<i>Shorea laevifolia</i>), Bungur (<i>Lagerstroemia speciosa</i>) dan Meranti merah (<i>Shorea acuminata</i>)
4	Bangunan atas dan dudukan mesin	Ringan, kuat, awet, keras, tidak mudah pecah karena getaran mesin	Kapur (<i>Dryobalanops lanceolata</i>), Meranti merah (<i>Shorea acuminata</i>), Medang (<i>Litsea spp.</i>), Ulin (<i>Eusideroxylon zwagerii</i>) dan Bangkirai (<i>Shorea laevifolia</i>)
5	Pembungkus es & balingbaling	Liat, lunak, sehingga tidak merusak logam	<i>Lignum vitae</i> , kayu Nangka, Sawo (<i>Manikara kauki</i>) dan Bungur

Sumber :(Dumanauw, 1990)

Pada Tabel 2.3 menunjukkan persyaratan teknis yang harus dimiliki kayu untuk tiap-tiap bagian konstruksi kapal tertentu. Persyaratan tersebut didasarkan pada kondisi yang dialami masing-masing bagian konstruksi. Bagian konstruksi kapal yang rawan terhadap kerusakan adalah bagian lambung dan lunas, karena berhubungan langsung dengan air laut dengan beban besar yang diterimanya.

Terdapat pertimbangan-pertimbangan prinsip yang harus diperhatikan dengan pemilihan kayu seperti kekuatan, daya tahan terhadap pembusukan, dan ketersediaan dalam

mutu, jumlah dan ukuran yang diinginkan (Fyson, 1985). Material kayu membutuhkan kekuatan yang tinggi dan tahan terhadap serangan organisme laut. Tingkat kekuatan yang tinggi diharapkan dapat memperlama dalam jangka waktu operasi kapal perikanan.

Aspek teknis yang perlu diperhatikan guna memperoleh umur pakai yang lama dari kapal kayu penangkap ikan adalah:

- a. Sifat fisik dan mekanis dari jenis kayu yang digunakan.
- b. Kelayakan desain dan metode konstruksi kapal.
- c. Pengelolaan dan perawatan kapal.

(Fyson, 1985) menjelaskan pemilihan material kapal perikanan sangat dipengaruhi oleh:

- a. Keahlian galangan kapal, termasuk kemampuan sumberdaya manusia dan teknologi atau peralatan yang tersedia di galangan.
- b. Kemudahan dalam memperoleh bahan.
- c. Keuntungan teknis dari tiap material.
- d. Biaya pembelian bahan material.

2.2. Teori Tentang Bambu

2.2.1. Umum

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

Bambu dikenal sebagai tanaman yang mempunyai masa pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan kayu. Dalam satu hari, pertumbuhan bambu dapat mencapai 30 cm sampai 100 cm dan tingginya dapat mencapai 40 m. Rata-rata pertumbuhan bambu untuk mencapai usia dewasa dibutuhkan 3-5 tahun. Tanaman bambu di Indonesia ditemukan di

daerah rendah sampai pegunungan dengan ketinggian sekitar 300 mdpl diatas permukaan laut dan pada umumnya ditemukan di tempat-tempat terbuka dan daerah bebas dari genangan air. Bambu mempunyai ruas dan buku dimana pada setiap ruas tumbuh cabang-cabang yang berukuran jauh lebih kecil dibandingkan dengan buluhnya sendiri. Pada ruas-ruas ini tumbuh akar-akar sehingga pada bambu dimungkinkan untuk memperbanyak tanaman dari potongan-potongan setiap ruasnya disamping tunas-tunas rimpangnya.

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

Berdasarkan pertumbuhannya, bambu dapat dibedakan dalam dua kelompok yaitu :

a. Bambu Simpodial (berumpun)

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

b. Bambu Monopodial (menjalar)

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

2.2.2. Bagian-Bagian Bambu

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

a. Kulit Luar

Kulit luar adalah bagian yang paling luar, biasanya berwarna hijau atau hitam. Tebal kulit bambu relatif seragam pada sepanjang batang yaitu kurang lebih 1 mm, sifatnya keras

dan kaku. Maka dari itu bambu yang tipis akan mempunyai porsi kulit besar, sehingga kekuatan tinggi, sedangkan pada bambu tebal berlaku sebaliknya.

b. Bambu Bagian Luar

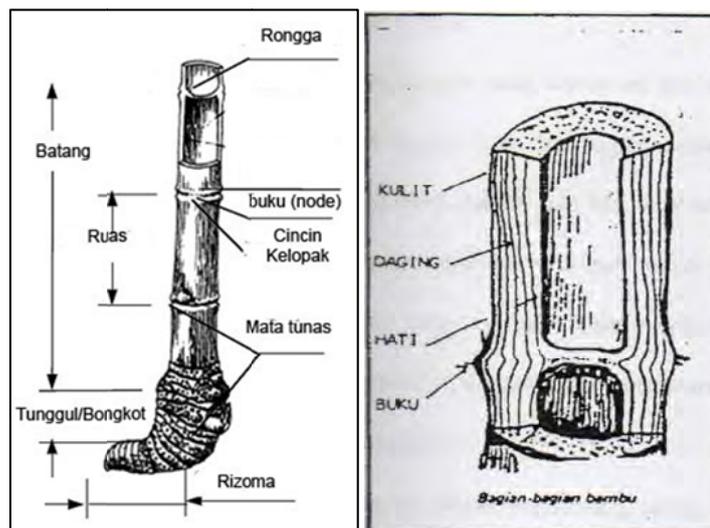
Bagian ini terletak dibawah kulit atau diantara kulit luar dan bagian tengah. Tebal bagian ini kurang lebih 1 mm, sifatnya keras dan kaku.

c. Bagian Tengah

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

d. Bagian Dalam

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



Gambar 2.3. Gambar bagian pohon bambu (kiri) dan bagian –bagian bambu (kanan)

Sumber : (www.bambuawet.com, 2011)

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

a. *Nodia* (ruas/buku bambu)

Nodia adalah bagian lemah terhadap gaya sejajar sumbu batang dari bambu, karena pada nodia serat bambu berbelok. Serat yang berbelok ini sebagian menuju sumbu batang,

sebagiannya lagi menjauh sumbu batang, sehingga pada *nodia* arah gaya tidak lagi sejajar semua serat. Kuat tarik bambu dengan dan tanpa buku tertera dalam Tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.4. Kuat Tarik Bambu Dengan Buku dan Tanpa Buku

Jenis Bambu	Tanpa Buku	Dengan Buku
Ori	2.910	1.280
Petung	1.900	1.160
Hitam	1.660	1.470
Legi	2.880	1.260
Tutul	2.160	740
Galah	2.530	1.240
Tali	1.515	552

Sumber : (Morisco, Bambu Sebagai Bahan Rekayasa, 1996)

Dalam Tabel 2.4 terlihat bahwa bambu dengan buku lebih kuat daripada bambu tanpa buku. Hal ini menunjukkan pengaruh arah serat terhadap kekuatan bambu, yang mana terjadi juga pada kebanyakan material komposit. Perbedaan terbesar kuat tarik bambu dengan dan tanpa buku dialami oleh bambu ori, meskipun dari memiliki kuat tarik terbesar dibandingkan jenis bambu lainnya.

b. *Internodia* (antar ruas)

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

2.2.3. Jenis Bambu

Tanaman jenis bambu di Indonesia merupakan tanaman bambu simpodial, dengan batang-batang yang cenderung mengumpul di dalam rumpun. Di Indonesia terdapat lebih dari 12 spesies yang bisa digunakan untuk struktur bangunan.

1. Bambu Ori (*Bambusa Arundinaceae* (Retz.) Wild)

Bambu ori dicirikan oleh buluh yang berbuku-buku dengan duri pada cabang-cabangnya dan membentuk rumpun padat. Rebung muda berwarna hijau kekuningan dengan bulu hitam tersebar, kadang hijau dengan garis-garis kuning pada pelepahnya. Buluh bambu memiliki tinggi mencapai 25 m, diameter mencapai 15 cm, dinding tebalnya mencapai 3 cm atau kadang hampir tidak berlubang pada buluh yang tumbuh di dataran kering, ruas

panjangnya 25-60 cm, gundul, hijau dengan buku-buku yang menonjol jelas. Buku-buku pada buluh bagian pangkal tertutup akar udara. Percabangan muncul di seluruh buku-bukunya, cabang umumnya tumbuh secara horizontal dan ditumbuhi duri tegak atau melengkung, satu cabang lebih besar daripada cabang lainnya. Pelepah buluh mudah luruh (Myal, 1989) dengan kuping pelepah buluh bercuping, tinggi 2-5 mm, dengan buluh kejur panjangnya 4-25 mm, daun pelepah buluh menyebar (Widjaja, 2001).

Bambu ori mempunyai sifat kuat, keras, dan berdiameter besar, dengan jarak ruas pendek-pendek. Bambu ini digunakan untuk bahan bangunan, tiang rumah, dinding rumah, kerangka cor bangunan pengganti besi, alat-alat perabot rumah tangga, saluran air dan daunnya unyuk makan ternak dan untuk pembuatan kompos.



Gambar 2.4. Pring Ori berduri rapat (kiri), pelepah dan rebungunya.

Sumber : (bamboeindonesia.wordpress.com)

2. Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper* (Schult.) backer ex Heyne)

Bambu ini juga dikenal dengan sebutan Buluh Petung, Buluh Swanggi, Bambu Batueng, Pering Betung, Betong, Bulu Lutong, Awi Bitung, Jajang Betung, Pring Petung, Pereng Petong, Tiing Petung, Au Petung, Bulo Patung dan Awo Petung (Morisco, 1999).

Menurut Morisco (1999), bambu jenis betung ini mempunyai rumpun agak rapat, dapat tumbuh didataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 2000 meter di atas permukaan laut (dpl). Pertumbuhan bambu Betung cukup baik khususnya di daerah yang tidak terlalu kering. Warna kulit batang hijau kekuning-kuningan. Batang dapat mencapai panjang 10-14 meter, panjang buku berkisar antara 40-60 cm dengan diameter 6-15 cm, tebal dinding 10-15 mm.

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

banyak sekali dipakai sebagai bahan bangunan, perahu, kursi, dipan (tempat tidur), saluran air, penampung air aren hasil sadapan, dinding (gedeg), dan berbagai jenis kerajinan. Rebung sari bambu betung ini terkenal paling enak.



Gambar 2.5 Rebung (kiri), dan Buluh (kanan) bambu Betung.

Sumber : (bamboeindonesia.wordpress.com)

2.2.4. Sifat Fisik Bambu

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

a. Berat Jenis

Salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap kekuatan bambu adalah berat jenis bambu. Berat jenis bambu dihitung sebagai nilai perbandingan berat bambu terhadap volume bambu tersebut. Bambu jenis ori dan betung memiliki berat jenis yang paling besar diantara jenis bambu yang lainnya, sebesar 0.744 ton/m^3 untuk bambu ori, sedangkan bambu betung memiliki berat jenis sebesar 0.717 ton/m^3 . Berat jenis bambu tertera pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Berat Jenis Bambu

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

Sumber : (Morisco, Bambu Sebagai Bahan Rekayasa, 1996)

b. Kadar Air

Kadar air dalam batang bambu dapat mempengaruhi sifat mekanisnya. Kadar air pada batang bambu yang telah dewasa berkisaran antara 50-90%. Pada batang yang belum dewasa sekitar 80-150 %, sedangkan untuk bambu yang telah dikeringkan bervariasi antara 12-18 %. Kadar air pada batang meningkat pada usia 1-3 tahun, batang mengalami penurunan kadar air setelah usianya tiga tahun. Hal ini dapat lebih tinggi disaat musim hujan dibandingkan dengan musim kemarau (Dransfield & Widjaja, 1995). Kadar air dihitung sebagai presentase perbandingan berat air dalam bambu dengan berat kering bambu., dengan menggunakan standar ISO 3130 – 1975 (E). Hasil yang diperoleh dihitung menggunakan persamaan :

$$W = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} \times 100 \% \quad (2.1)$$

$$\rho = \frac{m_w}{V_w} \quad (2.2)$$

Dengan :

w = kadar air (%)

m₁ = berat benda uji sebelum dikeringkan (gr)

m₂ = berat benda uji setelah dikeringkan (gr)

ρ_w = kerapatan (gr/cm³)

m_w = berat bambu (gr) pada kadar air w

v_w = volume (cm³) pada kadar air w

c. Pengembangan dan Penyusutan

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

2.2.5. Sifat Mekanik Bambu

Sifat mekanik adalah sifat yang berhubungan dengan kekuatan bahan dan merupakan kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya luar yang bekerja padanya. Sifat mekanik bambu diketahui dari penelitian yang bertujuan untuk memanfaatkan bambu secara maksimal

sebagai struktur dan bahan konstruksi. Beberapa sifat mekanik bambu yang penting untuk perencanaan konstruksi bambu, antara lain :

a. Kuat Tarik

Kuat tarik dibedakan menjadi dua macam yaitu kekuatan tarik tegak lurus serat dan kekuatan tarik sejajar serat. Kekurangan tarik sejajar serat merupakan kekuatan tarik yang terbesar pada bambu. Kekuatan bambu untuk menahan gaya tarik tergantung pada bagian batang mana yang digunakan. Bagian kepala atau ujung memiliki kekuatan 12 % lebih rendah daripada pangkal.

b. Kuat Tekan

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

c. Kuat Geser

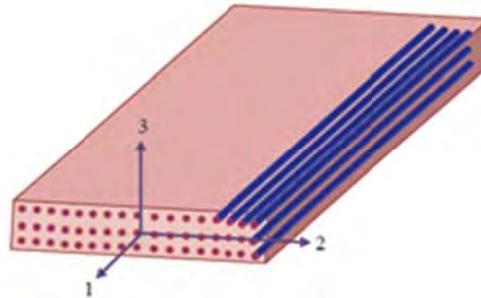
Kekuatan geser untuk menahan gaya geser yang membantu suatu bagian bambu bergeser dari bagian lain di dekatnya. Kekuatan geser berbeda-beda tergantung pada tebalnya dinding batang bambu (kekuatan geser pada dinding 10 mm menjadi 11 % lebih rendah daripada dinding bambu setebal 6 mm), pada bagian ruas (nodia), dan bagian diantara ruas batang bambu (internodia). Bagian batang tanpa penggunaan ruas memiliki kekuatan terhadap gaya geser 50 % lebih tinggi daripada penggunaan batang bambu yang beruas.

2.2.6. Bambu Sebagai Material *Orthotropic*

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

Bambu termasuk dalam katagori material *orthotropic*, yang mana memiliki sifat mekanik yang berbeda pada tiga sumbu axisnya. Sumbu axial ditunjukkan dengan arah sejajar terhadap arah serat material, sumbu radial ditunjukkan dengan arah normal terhadap lingkaran tumbuh material, dan sumbu tangensial ditunjukkan dengan arah tangensial terhadap lingkaran

tumbuh metrial. Sumbu perpotongan material *orthotropic* ditunjukkan pada Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6. Arah sumbu material *orthotropic*, axial (1), radial (2), dan tangensial (3)

Sumber :(<http://nptel.ac.in/>)

2.2.7. Potensi Bambu Sebagai Bahan Konstruksi

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

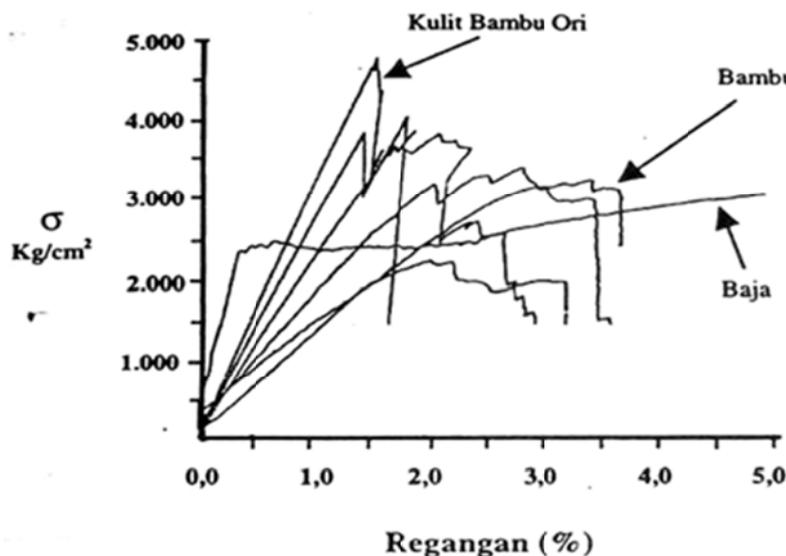
Sebagai bahan konstruksi bambu memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan material bangunan lainnya. Selain murah, sifat bambu yang ringan dan lentur mempunyai kekuatan tinggi. Seratnya yang liat dan elastis sangat baik dalam menahan beban (tekan, tarik, maupun geser).

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

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

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

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



Gambar 2.7. Diagram Perbandingan Tegangan – Regangan Bambu dan Baja

Sumber : (Morisco, Bambu Sebagai Bahan Rekayasa, 1996)

Dalam kenyataannya, bambu mempunyai buku pada setiap batang dengan panjang antar buku yang berbeda untuk setiap jenis bambu dan letak pada setiap batangnya. Sifat dan karakter dari buku bambu sama dan mirip dengan sambungan (*joint*). Hal ini disebabkan

karena pada buku bambu sebagian serat bambu lurus dan ada sebagian lainnya belok tegak lurus yang membentuk buku. Kemudian dari serat membelok yang membentuk akan kembali lurus pada sumbu batang, sehingga ada sebagian serat bambu yang tidak searah atau sejajar dengan sumbu bambu. Buku pada bambu merupakan sebagian terlemah terhadap gaya tarik sejajar sumbu batang bambu. Oleh karena itu penentuan perancangan struktur yang menggunakan bambu harus didasarkan pada bagian buku bambu ini (Morisco, 1996); (CBRC, 2001), dan (Fangchun, 2000).

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

Tabel 2.6. Tensile Strength and Modulus of Elasticity Antara Bambu dengan Buku Dan Tanpa Buku Serta Posisi Batang Bambu dari Tanah

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

Sumber : (CBRC, 2001) (Fangchun, 2000)

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

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

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

2.3. Bambu Laminasi

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

Pemakaian bambu sebagai bahan kayu lapis telah diperkenalkan oleh Guisheng (1985), serta Subiyanto dan Subyakto (1996). Bambu lapis mempunyai kekuatan yang tinggi terhadap abrasi serta momen lentur. Ketahanan lantai bambu terhadap abrasi telah diteliti oleh Mohmod dkk (1990). Dari eksperimen yang telah dilakukan diperoleh bahwa ketahanan lantai bambu adalah sekitar 130 persen dari ketahanan lantai kayu kempas (*Koompasia Malaccensis*), atau sekitar 5 kali ketahanan kayu karet. Menurut Guisheng (1985) kayu lapis yang dihasilkan jika diperbandingkan dengan papan partikel secara acak, mempunyai MOR 4 – 7 kali, dan MOE 4 – 6 kali. Mengingat kekuatan tersebut, bambu lapis cocok digunakan sebagai lantai bangunan gedung, lantai truk, dan bekisting beton (Morisco 2006).

2.3.1. Teknologi perekatan laminasi

Teknologi perekatan bambu laminasi merupakan teknik penggabungan bahan dengan bantuan perekat, bahan bangunan berukuran kecil dapat direkatkan membentuk komponen bangunan sesuai dengan keinginan. Teknik laminasi juga merupakan cara penggabungan bahan baku yang tidak seragam atau dari berbagai kualitas. Menurut Morisco (2006), secara garis besar keuntungan yang dapat diperoleh dari teknologi laminasi antara lain:

- Teknologi laminasi secara tidak langsung dapat mengatasi masalah retak, pecah ataupun cacat akibat pengeringan karena lamina terdiri atas lembaran-lembaran yang tipis sehingga pengeringan lebih cepat dan mudah.
- Produk lamina yang berlapis-lapis memungkinkan untuk memanfaatkan lamina berkualitas rendah untuk disisipkan diantara lapisan luar (*face*) dan lapisan belakang (*back*) seperti halnya produk kayu lapis.

- Teknologi laminasi memungkinkan pembuatan struktur bangunan berukuran besar yang lebih stabil karena seluruh komponen (lembaran) yang digunakan telah dikeringkan sebelum dirakit menjadi produk laminasi.
- Arah serat lamina dapat dipasang saling bersilangan, sehingga susunan ini akan menjadikan kembang-susut produk tidak besar.

2.3.2. Sifat-Sifat Bambu Laminasi

Bambu laminasi sebagai bahan konstruksi perlu ditinjau sifat-sifatnya mengenai sifat mekanis dan sifat fisiknya.

a. Sifat fisik

Sebagai bahan material alam, bambu mempunyai bermacam-macam sifat yang tergantung pada jenis, lingkungan pertumbuhan dan asalnya. Adapun yang termasuk karakteristik fisika bambu, antara lain:

1. Berat jenis

Berat jenis bambu menunjukkan banyaknya massa bambu, dengan kata lain jumlah sel-sel penyusun bambu dengan berat sel masing-masing menunjukkan berat total bambu. Berat jenis bambu dihitung sebagai nilai perbandingan antara berat bambu kering dibagi berat air dengan volume sama dengan volume bambu tersebut.

2. Kadar air

Adalah nilai yang menunjukkan banyaknya air yang ada dalam bambu. Kadar air dihitung sebagai persentase perbandingan berat air dalam bambu dengan berat kering tanur. Berat bambu kering tanur adalah berat bambu total tanpa air akibat pengeringan dalam tanur pada suhu 101 – 105°C.

b. Sifat mekanis

Sifat - sifat mekanis bambu secara teoritis menurut Frick (2004) tergantung pada:

1. Jenis bambu yang berkaitan dengan tumbuh-tumbuhan.
2. Umur bambu pada waktu penebangan.
3. Kelembaban (kadar air kesetimbangan) pada batang bambu.
4. Bagian batang bambu yang digunakan (bagian kaki, pertengahan, atau kepala).
5. Letak dan jarak ruasnya masing-masing (bagian ruas kurang tahan terhadap gaya tekan dan lentur)

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

1. Kuat Tarik

Kekuatan bambu untuk menahan gaya tarik tergantung pada bagian batang yang digunakan. Bagian ujung memiliki kekuatan terhadap gaya tarik 12% lebih rendah dibandingkan dengan bagian pangkal.

2. Kuat Tekan

Kekuatan bambu untuk menahan gaya tekan tergantung pada bagian ruas dan bagian antar ruas batang bambu. Bagian batang tanpa ruas memiliki kuat tekan (8 – 45)% lebih tinggi dari pada batang bambu yang beruas.

3. Kuat Geser

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

4. Modulus Elastisitas

Merupakan keteguhan lentur pada batas elastis bahan. Keteguhan lentur adalah rasio beban terhadap regangan dibawah proporsional. Peningkatan nilai modulus elastisitas seiring dengan peningkatan keteguhan lentur suatu bahan.

2.3.3. Teknologi Laminasi

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

Produk laminasi pada umumnya menghasilkan produk bahan bangunan dengan sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Bentuk seragam pada bidang tertentu sesuai dengan tujuan pembuatannya dan mempunyai kekuatan tinggi. Hal ini lebih baik dibandingkan kayu utuh atau bambu utuh yang selalu dipengaruhi oleh posisi aksial dan radial batang.
- b. Deformasi akan lebih sedikit karena setiap komponen laminasi akan menerima beban sesuai dengan kemampuannya. Defleksi produk dapat diatur dalam desain struktur bangunan.
- c. Mutu produk laminasi dapat diatur dengan mutu lapisan lamina yang digunakan sehingga mampu menghasilkan laminasi yang sesuai dengan tuntutan dan efisien.
- d. Cacat bahan pada laminasi dapat dihilangkan karena titik lemah tersebut diatur kembali sehingga tidak menampilkan pengaruh yang signifikan.
- e. Bentuk laminasi dapat dibuat selera pengguna seperti balok laminasi lurus, melengkung atau kubah, trapesium dan bentuk lain.

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

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

2.4. Beban

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

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

- Beban siklis frekuensi rendah (*quasi-statis*) yang ditimbulkan oleh eksitasi gelombang dengan jumlah sekitar 10^7 s/d 10^8 kali selama umur operasi struktur (25 tahun)
- Beban siklis frekuensi tinggi (dinamis), yang dapat diklasifikasikan menjadi beban transient (slamming, wave slapping, hull whipping) dan steady (mesin, baling-baling, *hull springing*) dengan jumlah sekitar 10^6 kali selama umur operasi struktur (25 tahun)
- Beban siklis frekuensi sangat rendah (statis) akibat perubahan beban (logistik) di atas struktur dan hidrostatik (pasut) dengan jumlah sekitar 4000 ~ 8000 kali selama umur operasi struktur (25 tahun).
- Beban siklis karena gradien panas tak beraturan akibat cuaca dan temperatur muatan dengan jumlah sekitar 7000 kali selama umur operasi struktur (25 tahun).

2.5. Pendekatan Menggunakan Analisis Elemen Hingga

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

Metode elemen hingga mengkombinasikan beberapa konsep matematika untuk menghasilkan persamaan sistem linier atau nonlinier. Jumlah persamaan yang dihasilkan biasanya sangat besar sehingga mencapai lebih dari 20.000 persamaan (Segerling, 1984). Karena itu metode ini mempunyai nilai praktis yang kecil jika tidak menggunakan komputer

yang memadai. Kemajuan perangkat lunak komputer telah mampu mempermudah penyelesaian masalah keteknikan dalam skala yang besar. Demikian pula dalam bidang analisis suatu struktur yang menggunakan metode elemen hingga sebagai dasar penyelesaian masalah, telah banyak bermunculan paket program yang menawarkan berbagai aplikasi penyelesaian yang akurat dan mudah pengoperasian, antara lain ANSYS, MSC/PAL, MSC/NASTRAN, PATRAN, ALGOR, SAP90 ataupun STARDYNE. Paket program tersebut dapat membantu menyelesaikan masalah tanpa harus memahami secara mendalam perhitungan dalam metode elemen hingga.

2.5.1. Pemodelan Struktur Dibantu Komputer

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

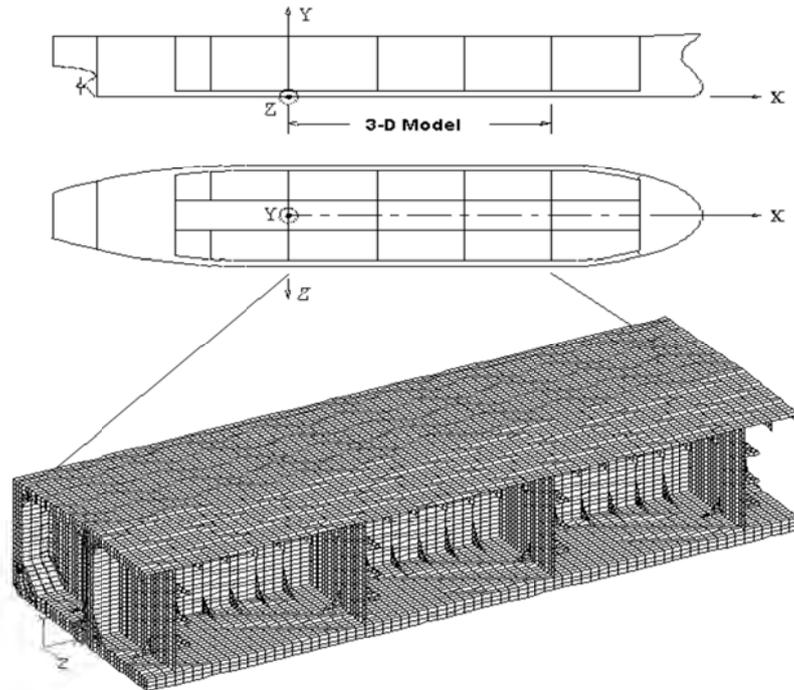
Metode elemen hingga, dalam penyelesaian masalah menggunakan pendekatan diskretisasi elemen untuk menemukan perpindahan titik simpul/joint/grid dan gaya-gaya dari struktur. Persamaan yang menggunakan elemen diskret mengacu pada metode matrik untuk analisis struktur dan hasil yang diperoleh identik dengan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

1. Diskretisasi dan memilih konfigurasi elemen. Langkah ini menyangkut pembagian benda menjadi sejumlah benda kecil yang sesuai yang disebut elemen-elemen hingga. Perpotongan antara sisi-sisi elemen dinamakan simpul atau titik simpul, dan antara elemen-elemen disebut garis simpul. Jumlah elemen yang digunakan akan semakin baik bila mendekati medium kontinum dan jenis elemen yang digunakan tergantung pada karakteristik rangkaian kesatuan dan idealisasi yang dipilih untuk digunakan seperti jenis elemen garis, elemen bidang, dan elemen ruang.

2. Memilih model atau fungsi pendekatan. Dalam langkah ini dipilih suatu pola atau bentuk untuk distribusi besaran yang tidak diketahui yang dapat berupa suatu perpindahan dan/atau tegangan untuk persoalan-persoalan tegangan-deformasi. Titik-titik simpul elemen memberikan titik strategis untuk penulisan fungsi-fungsi matematis yang menggambarkan bentuk distribusi dari besaran yang tidak diketahui pada wilayah elemen. Fungsi matematis yang biasa digunakan biasanya adalah polinomial. Jika u dinyatakan sebagai besaran tak diketahui, maka fungsi interpolasi polinomial dapat dinyatakan sebagai : $U = N_1u_1 + N_2u_2 + N_3u_3 + \dots + N_mu_m$. Dengan $u_1, u_2, u_3, \dots, u_m$ adalah nilai dari besaran-besaran yang tidak diketahui pada titik-titik simpul dan N_1, N_2, \dots, N_m adalah fungsi-fungsi interpolasi.
3. Menentukan hubungan regangan – perpindahan dan tegangan-regangan. Hukum tegangan regangandigunakan dalam analisis ini. Sebagai contoh adalah tegangan terhadap regangan dalam suatu benda pejal : $\sigma = E\varepsilon$; dengan $\sigma =$ tegangan, $E =$ modulus elastisitas, $\varepsilon =$ regangan/deformasi.
4. Menurunkan persamaan-persamaan elemen. Penurunan persamaan elemen dapat menggunakan metode energi dan metode residu berbobot. Penggunaan salah satu dari metode tersebut menghasilkan persamaan yang menggambarkan perilaku suatu elemen, yang dinyatakan sebagai : $[k]\{q\} = \{Q\}$; dengan $[k] =$ matrik sifat elemen/kekakuan, $\{q\} =$ vektor besaran yang tidak diketahui disimpul-simpul elemen/perpindahan simpul, dan $\{Q\} =$ vektor parameter pemaksa simpulelemen/gaya simpul.
5. Perakitan persamaan elemen untuk mendapatkan persamaan global atau persamaan rakitan dan mengenal syarat batas. Proses perakitan didasarkan pada hukum kekontinuan. Persamaan elemen yang diperoleh dijumlahkan untuk memperoleh persamaan global.
6. Memecahkan besaran-besaran primer yang tak diketahui.
7. Memecahkan besaran-besaran penurunan atau sekunder.
8. Interpretasi hasil-hasil.

Dalam pemodelan struktur kapal, FEA direpresentasikan dengan struktur lambung kapal pada tiga ruang muat dalam jangkauan 0.4L *amidship*. Hal ini digunakan untuk menentukan baik respon global *girder* lambung dan perilaku lokal dari struktur pendukung utama. Hasil *stress* dari model-model tersebut harus sesuai untuk evaluasi kekuatan batas kedap ruang muat (atau tangki) dan struktur pendukung utama *non-tight*. The 3D FE analisis

global menetapkan persyaratan *scantling* plat dan penegar, dan cukup untuk menetapkan estimasi berat baja. Rincian struktural dievaluasi oleh 3D lokal berikutnya FE analisis. Model 3D global analisis pada kapal ditunjukkan pada Gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8. 3D model Finite Element Analysis pada kapal tanker

Sumber : (ABS, 2004)

2.6. Biaya Produksi

Biaya produksi adalah sejumlah pengorbanan ekonomis yang harus dikorbankan untuk memproduksi suatu barang. Menetapkan biaya produksi berdasarkan pengertian tersebut memerlukan kecermatan karena ada yang mudah diidentifikasi, tetapi ada juga yang sulit diidentifikasi (Render, 2001).

Biaya produksi dapat di definisikan semua pengeluaran yang dilakukan oleh perusahaan untuk memperoleh faktor-faktor produksi dan bahan-bahan mentah yang akan digunakan untuk menciptakan barang-barang yang diproduksi perusahaan tersebut.

Teori biaya produksi erat kaitannya dengan teori fungsi pengeluaran. Kedua-duanya membedakan analisisnya kepada jangka pendek dan jangka panjang. Kedua-duanya juga dipengaruhi oleh hukum produksi marjinal yang semakin berkurang (Render, 2001).

- a. Jangka pendek yaitu : jangka waktu dimana sebagian faktor produksi tidak dapat di tambah jumlahnya.

- b. Jangka panjang yaitu : jangka waktu dimana semua faktor produksi dapat mengalami perubahan.

Konsep biaya produksi dalam jangka pendek adalah sebagai berikut.

- a. Yang termasuk dalam biaya tetap ini misalnya gaji tenaga administrasi, penyusutan mesin, penyusutan gedung dan peralatan lain, sewa tanah, sewa kantor dan sewa gudang. Dalam jangka panjang biaya tetap ini akan mengalami perubahan.
- b. Biaya variabel merupakan biaya yang besarnya berubah-ubah tergantung dari banyak sedikitnya output yang dihasilkan. Semakin besar jumlah output semakin besar pula biaya variabel yang harus dikeluarkan.
- c. Yang termasuk dalam biaya variabel ini adalah biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, bahan bakar, listrik dsb. Biaya tetap dan biaya variabel ini jika dijumlahkan hasilnya merupakan biaya total.
- d. Biaya variabel total (TVC) adalah biaya yang besar kecilnya mengikuti banyak sedikitnya output yang dihasilkan. Gambar yang menunjukkan bahwa kurva biaya variabel total terus menerus naik. Jadi semakin banyak output yang dihasilkan maka biaya variabel akan semakin tinggi.
- e. Jika antara biaya tetap dan biaya variabel dijumlahkan, maka hasilnya disebut biaya total (TC). Jadi, $TC = TFC + TVC$. Total Cost (TC) berada pada jarak vertikal di semua titik antara biaya tetap total (TFC) dan biaya berubah total (TVC), yaitu sebesar n.

2.7. Biro Klasifikasi Kapal Kayu

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

Salah satu contoh penerapan peraturan biro klasifikasi dalam pembuatan kapal kecil dalam penelitian ini adalah menggunakan BKI Volume VII 2013 yang mengatur pembangunan kapal dari desain, konstruksi, survey dan test kapal kecil yang terbuat dari kayu, alumunium, atau fiber composite.

2.8. Rangkaian Penelitian

Penelitian sifat fisik dan mekanik bambu telah banyak dilakukan oleh para peneliti terdahulu, seperti Morisco, (1999); Krisdianto, (2000); Subiyanto, (1996); Surjokusumo, (1997), Idris, (2005); dan banyak peneliti lainnya. Sedangkan peneliti dari luar negeri banyak dilakukan para peneliti dari Jepang seperti Hayashi, (1996); Ahmad, (2005), Nan Feng, (2005); Fangchun, (2000), Amanda, (1996) dan Kelompok peneliti dari China national Bamboo Research Centre (CBRC). Penelitian yang dilakukan para peneliti tersebut di atas meliputi sifat fisik (kerapatan dan kembang susut) dan sifat mekanik (kuat tarik, kuat tekan dan bendik static)

Penelitian pengaruh buku bambu terhadap kekuatan mekanik telah dilakukan oleh Morisco pada tahun 1999. Penelitian yang dilakukan Morisco tersebut dilakukan pada bambu solid. Demikian juga para peneliti dari luar negeri dilakukan pada bambu solid.

Penelitian Widodo, (2007) mengenai “Karakteristik Material Laminasi Bambu Betung untuk Penggunaan Struktur Kapal” menjelaskan bahwa laminasi bambu betung merupakan material alternatif yang baik sebagai pengganti kayu jati yang selama ini terbukti baik sebagai bahan pembangunan kapal kayu. Hasil laminasi bambu betung mempunyai kerapatan lebih besar 15.67% dibandingkan dengan kayu jati (solid). tetapi sifat mekanik yang dimiliki laminasi bambu betung lebih tinggi (33.36 % - 76.26 %) dibandingkan dengan kayu jati (solid). selain itu hasil penelitiannya juga menjelaskan bahwa kelemahan dari bambu adalah adanya buku (*bamboo node*) sehingga menurunkan kekuatan tariknya namun ketika bambu dibuat bentuk laminasi maka penurunan kekuatan tariknya sebesar 8.69 % dan kekuatan lentur statiknya hanya 6.90 %. Keunggulan lain dari bambu betung ini adalah ketahanan terhadap beban dinamis paling baik dibandingkan dengan laminasi kayu-bambu atau kayu jati (solid). setelah menerima beban berulang-ulang, laminasi bambu betung mengalami penurunan kekuatan paling rendah, sehingga laminasi bambu ini mempunyai rasio ketahanan (*endurance ratio, Re*) yang paling baik.

Pada penelitian Manik, (2002) tentang “Bambu sebagai alternatif Bahan komposit Pembuatan Kulit kapal”, dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa Bamboo-Fiber Reinforced Plastic (BRP) untuk jenis variasi serat anyaman bambu apus yang diiris/diirrat secara radial (B1-1) dan tangensial (B2-1) dari segi kekuatan memenuhi aturan BKI. Hal ini semakin menguatkan hipotesa penelitian ini yang akan menggunakan bahan

bambu laminasi dan planking sebagai material pembuatan kapal untuk menggantikan kayu yang selama ini digunakan.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dan pemodelan ini dilakukan di Laboratorium Produksi Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Proses pemodelan dan analisis meliputi penentuan ukuran dimensi kapal, dimensi konstruksi kapal, dan beban yang bekerja pada kapal.

3.2. Tahap Persiapan dan Studi Literatur

Persiapan yang dilakukan meliputi penentuan kondisi atau permasalahan yang melatarbelakangi penelitian ini. Selain itu ditetapkan pula tujuan yang ingin dicapai dari penelitian yang diteruskan dengan penentuan batasan-batasan masalahnya. Selanjutnya studi literatur dilakukan dalam rangka pemenuhan informasi yang berkaitan dengan penelitian. Literatur yang digunakan berupa *text book*, laporan hasil penelitian, jurnal ilmiah, data statistika, serta informasi lain pendukung.

3.3. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang menyangkut objek dari Tugas Akhir ini didapatkan dari penelitian sebelumnya. Namun sebelumnya dilakukan terlebih dahulu perencanaan dalam pengumpulan data. Data yang dibutuhkan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini diantaranya hasil pengujian kuat dan tarik dari bambu ori, termasuk berat jenis dan karakteristik lainnya. Regulasi yang digunakan dalam laporan Tugas Akhir ini adalah *rule* BKI 1996 dan BKI 2013, sehingga aturan yang berkaitan dengan semua perhitungan yang ada mengacu pada regulasi tersebut.

Kapal yang dijadikan studi kasus untuk pemodelan dan analisis adalah kapal ikan tradisional, dengan jenis kasko *hard chin bottom*. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software* MSC Patran 2010, sedangkan untuk metode analisis menggunakan *software* MSC Nastran 2010. Sifat mekanik bambu laminasi sangat penting dalam perhitungan ukuran konstruksi kapal berbahan bambu laminasi. Sifat mekanik yang diperlukan antara lain berat jenis, kuat tarik, kuat tekuk, dan modulus elastisitas bambu laminasi tertera pada Table 3.1.

Tabel 3.1. *Mechanical Properties of Bamboos*

No	Jenis Bambu	Berat Jenis (kg/m ³)	Kuat Tarik (Mpa)	Kuat Tekuk (Mpa)	MoE (Gpa)
1	<i>Bambusa Arundinacea</i> (Bambu Ori)	0.744	165.70	84.12	18.02
2	<i>Dendrocalamus Asper</i> (Bambu Betung)	0.717	140.80	82.48	16.48

Sumber : (Heri Supomo, 2014)

3.4. Tahap Penentuan Ukuran Utama dan Ukuran Konstruksi Kapal

Untuk mendapatkan ukuran utama kapal dengan ukuran Gross Tonnage (GT) yang telah ditentukan, dilakukan dengan mendapatkan rumus pendekatan dari FAO untuk kapal berukuran < 24 meter (Ayodhya dkk, 1982) sebagai berikut :

$$GT = (L \times B \times D \times C_b \times 0.353) + (l \times b \times t \times C_b \times 0.353)$$

Dimana :

L = panjang keseluruhan (m)

B = lebar (m)

D = dalam (m)

l = panjang bangunan di atas deck (m)

b = lebar bangunan di atas deck (m)

t = tinggi bangunan di atas deck (m) dan $C_b = 0.56$

Penentuan ukuran penampang konstruksi kapal kayu (scantling) didasarkan pada angka penunjuk (Z) yang ditentukan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) tahun 1996 dengan formula :

$$L = \frac{L1+L2}{2}; Z = \left(\frac{B}{3} + H\right) L$$

Dimana :

Z = angka penunjuk

B = lebar kapal (m)

H = dalam (m)

L1 = panjang geladak (m)

L2 = panjang garis air (m)

Sedangkan untuk penentuan ukuran konstruksi kapal dengan jenis bahan laminasi didasarkan pada formula yang terdapat pada BKI Tahun 2013. Untuk ukuran lunas, linggi, dan galar-galar diberikan tabel dengan angka penunjuk penjang masing-masing elemen konstruksi. Sedangkan dimensi wrang, gading, dan penguatan sekat didapatkan dari pendekatan dengan modulus penampang yang didapatkan dari perhitungan.

Perhitungan modulus sangat dipengaruhi oleh besarnya beban yang bekerja pada bagian konstruksi tertentu. Pada perhitungan konstruksi kapal kosong, beban yang bekerja diasumsikan sebagai beban luar yang bekerja akibat air laut. Yang mana, dibagi menjadi dua yakni beban lambung dan baban geladak. Masing-masing beban dibagi menjadi bagian-bagian yang berbeda sesuai area kerja beban. Beban lambung memiliki area kerja 0.4 L *fore* dan *after*, yang terbagi juga menjadi area *side* dan *bottom*. Sedangkan beban geladak memiliki area kerja *main deck* dan *deck within cabin/deckhouse*. Besarnya beban sangat bergantung pada nilai L (panjang konstruksi kapal) kerana pada BKI Tahun 2013, formula yang digunakan dalam menghitung beban kulit dan geladak menggunakan fungsi L. Sehingga semakin besar nilai L maka beban pada kapal akan semakin besar.

Perhitungan tebal kulit, geladak, dan sekat ditentukan dengan formula :

$$t = 0.0452 \times f_k \times b \times \sqrt{\frac{P_d}{\sigma_{RM}}}$$

Dimana :

f_k = faktor untuk pelat yang dilengkung

P_d = beban pada komponen yang diinginkan

b = span

σ_{RM} = ultimate bending strength (N/mm²)

Pada perhitungan gading, wrang, galar kim, dan penguatan sekat, luaran yang didapatkan adalah modulus penampang dari masing-masing komponen konstruksi. Untuk penentuan dimensi *face* dan *web* pada kapal, dilakukan pendekatan menggunakan formula :

$$W = \frac{I_{NA}}{z_1}$$

$$I_{NA} = \frac{bh^3}{12}$$

Dimana:

W = Modulus Penampang (m³)

I_{NA} = Momen Inersia (m⁴)

- z_1 = Titik Berat (m)
- b = Face (m)
- h = Web (m)

3.5. Langkah Pembuatan Model

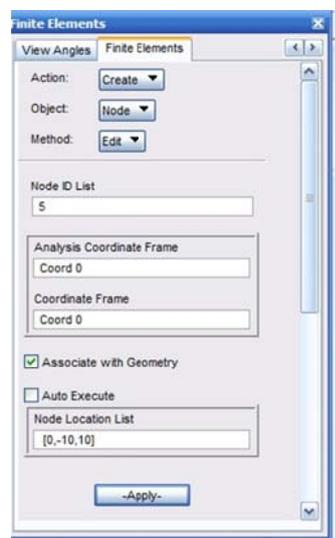
Dalam pembuatan model kapal pada Tugas Akhir ini, software pemodelan yang digunakan adalah MSC Nastran 2010. Pemodelan dan analisis dalam software MSC Nastran dilakukan terpisah, yakni menggunakan MD Patran dan MD Nastran. MD Patran berperan sebagai media pembuatan model yang terdiri dari geometri, *material properties*, kondisi batas, pembebanan, dan pembuatan elemen, sedangkan pada tahap pemrosesan data (running) dilakukan melalui MD Nastran yang bertindak sebagai *solver*.

3.5.1. Pembuatan Model Dasar

Dalam pemodelan struktur kapal, diperlukan adanya bentuk struktur kapal yang akan dimodelkan. Bentuk struktur dari kapal dibuat dalam model dasar yang terdiri dari rangkaian geometri yang saling terhubung. Selanjutnya katagori meterial dibuat sebagai persiapan sebelum diterapkan pada geometri yang telah ditentukan.

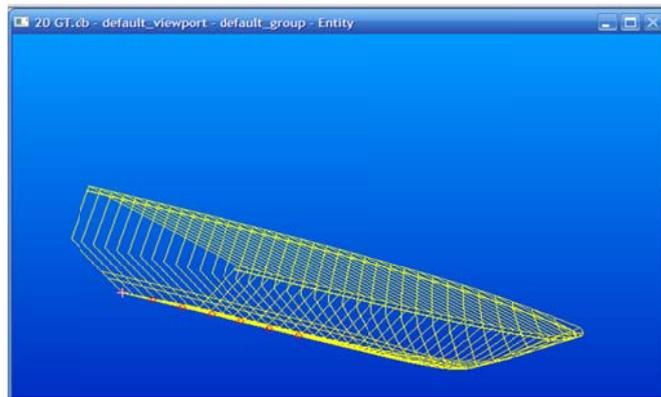
- **Geometri**

Geometri pada model dilakukan dengan sistem *down to up*, yang dimaksud adalah geometri dibuat mulai dari node kemudian dibuat curve/garis, perintah yang digunakan salah satunya (pembuatan node) adalah Meshing > Create > Node > Node Location List > Apply, Masukkan node sesuai model yang yang akan dibuat. Perintah selanjutnya disesuaikan dengan bentuk model yang akan dibuat. Pembuatan node ditunjukkan pada Gambar 3.1 di bawah ini.



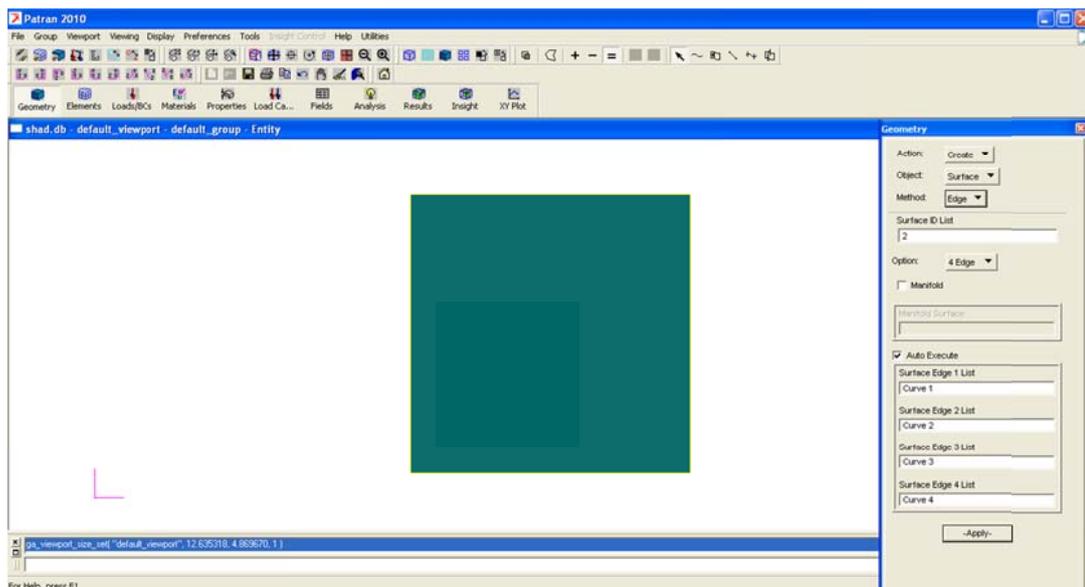
Gambar 3.1. Pembuatan node

Setelah node dibuat maka langkah selanjutnya adalah menghubungkan node tersebut menjadi garis (curve). Perintah yang digunakan adalah Create > Curve > By Point > Apply. Kemudian pilih point yang akan dihubungkan. Pada Gambar 3.2 menunjukkan pembuatan garis dengan acuan dasar titik.



Gambar 3.2. Pembuatan curve

Apabila curve sudah dibuat maka langkah selanjutnya adalah pembuatan surface. Fungsi dari pembuatan surface adalah membentuk elemen sesuai dengan yang kita butuhkan. Perintah yang digunakan adalah Create > Surface > By Edge, karena elemen yang dipakai dalam permodelan ini adalah tetrahedral atau memiliki 4 sisi maka dipilih 4 edge. Setelah itu kita pilih curve yang telah ada. Sebagai hasil pembuatan surface akan didapatkan bentuk yang padat seperti yang terlihat pada Gambar 3.3. Untuk memastikan apakah surface yang dibuat sudah sesuai, dapat dilakukan dengan masuk Home > Show hidden line.



Gambar 3.3. Pembuatan surface

- **Meshing**

Meshing adalah membagi model menjadi elemen-elemen kecil yang seragam dengan tujuan agar analisis akan semakin detail pada setiap titik dalam keseluruhan model tersebut. Proses meshing dalam Metode Elemen Hingga ini sangat penting karena dengan tidak sesuainya meshing maka model bisa jadi tidak dapat dianalisis (running) dan hasil analisis menjadi tidak valid. Oleh karena itu, kita harus menentukan dahulu atribut-atribut material sesuai dengan elemennya agar proses meshing dapat terkontrol.

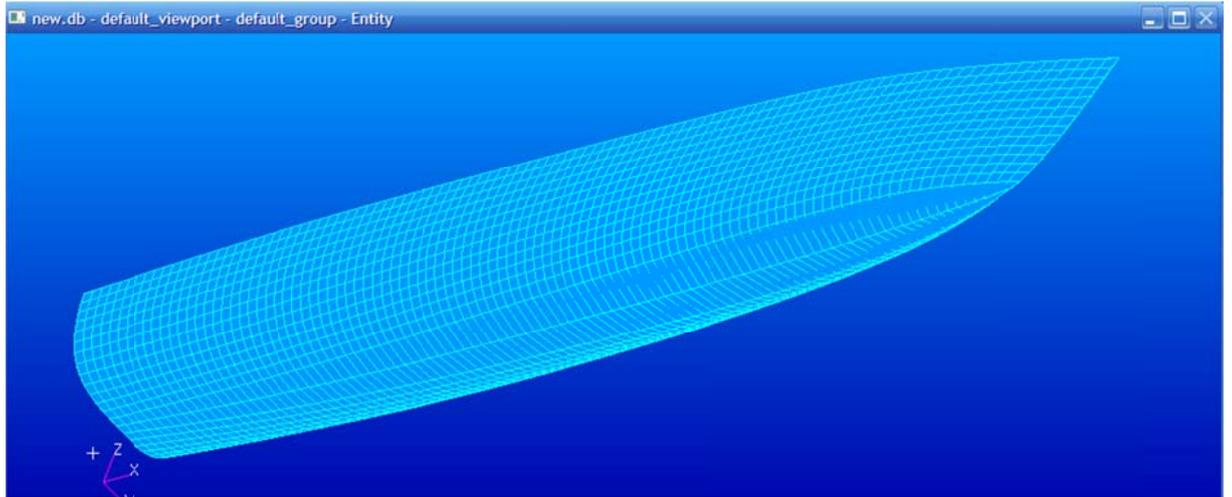
Pemilihan jenis elemen merupakan bagian dari proses diskretisasi sistem atau struktur dengan pertimbangan utama yang mengacu pada bentuk geometri dan perilaku dari struktur yang akan dimodelkan.

Pada MSC/Nastran 10, elemen yang memiliki perilaku shell ini dinamakan elemen pelat yaitu dengan perilaku gabungan membran dan bending pelat. Bentuknya berupa elemen segitiga – datar dengan tiga (3) simpul atau elemen kuadrilateral-datar empat (4) titik simpul. Elemen yang dipakai adalah elemen CTRIAR untuk pelat segitiga dan CQUADR untuk elemen persegi empatnya karena keduanya memiliki derajat kebebasan gabungan antara elemen *membrane* dan *plate bending*, sebagaimana perilaku struktur yang sebenarnya.

Sedangkan kondisi gaya – gaya dan momen dalam elemen platnya diperlihatkan pada Gambar 5. Kemudian Gambar 6 memperlihatkan deskripsi elemen BEAM dalam Nastran yang merupakan elemen uniaksial dengan kemampuan tension, compression, torsion dan bending.

Proses pertama adalah definisi atribut yaitu meliputi : nomor material, konstanta real, dan elemen koordinat. Setelah attribute didefinisikan maka proses meshing dapat dimulai. Proses selanjutnya adalah membagi garis-garis yang membentuk model menjadi bagian kecil-kecil untuk itu digunakan mesh by surface. Kemudian dilakukan operasi mesh pada model yang telah dibagi garisnya tadi. Untuk semua bagian elemen kapal bentuk elemen yang dipakai adalah Quad4 node tetrahedral mapped.

Dalam tugas akhir ini pembentukan diatur sesuai dengan kebutuhan. Setelah dilakukan meshing secara manual pada seluruh model tugas akhir, maka akan dilakukan langkah selanjutnya yaitu melakukan meshing pada model berdasarkan pembagian oleh meshing line sebelumnya. Digunakan perintah : Create > Mesh > Surface > Quad > Apply.



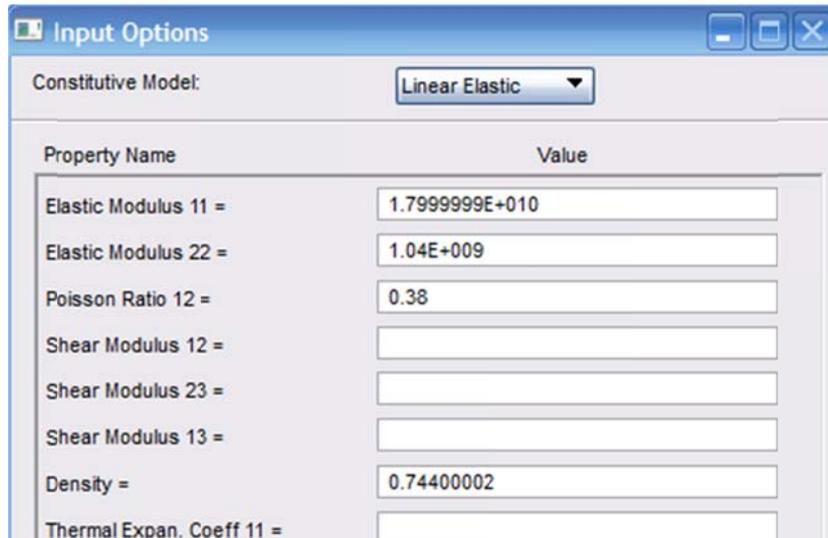
Gambar 3.4. Hasil meshing kapal ikan

- ***Pembuatan Kategori Material***

Langkah selanjutnya setelah melakukan meshing pada model adalah melakukan input material yang akan digunakan pada model. Untuk material yang digunakan pada model kapal ikan tugas akhir ini adalah bambu laminasi ori dan betung. Perintah yang digunakan adalah Create > Orthotropic > Manual input > Material Name > Input properties > Apply

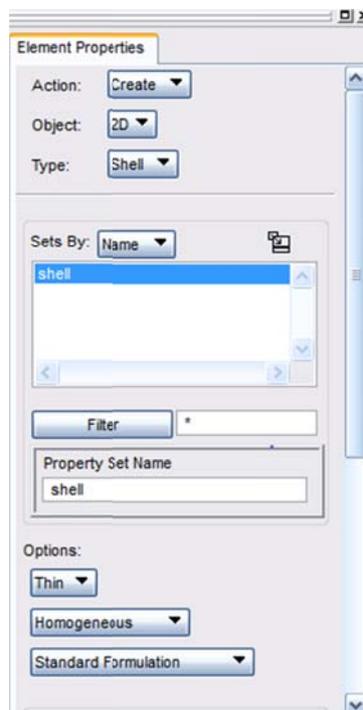


Gambar 3.5. Pembuatan material

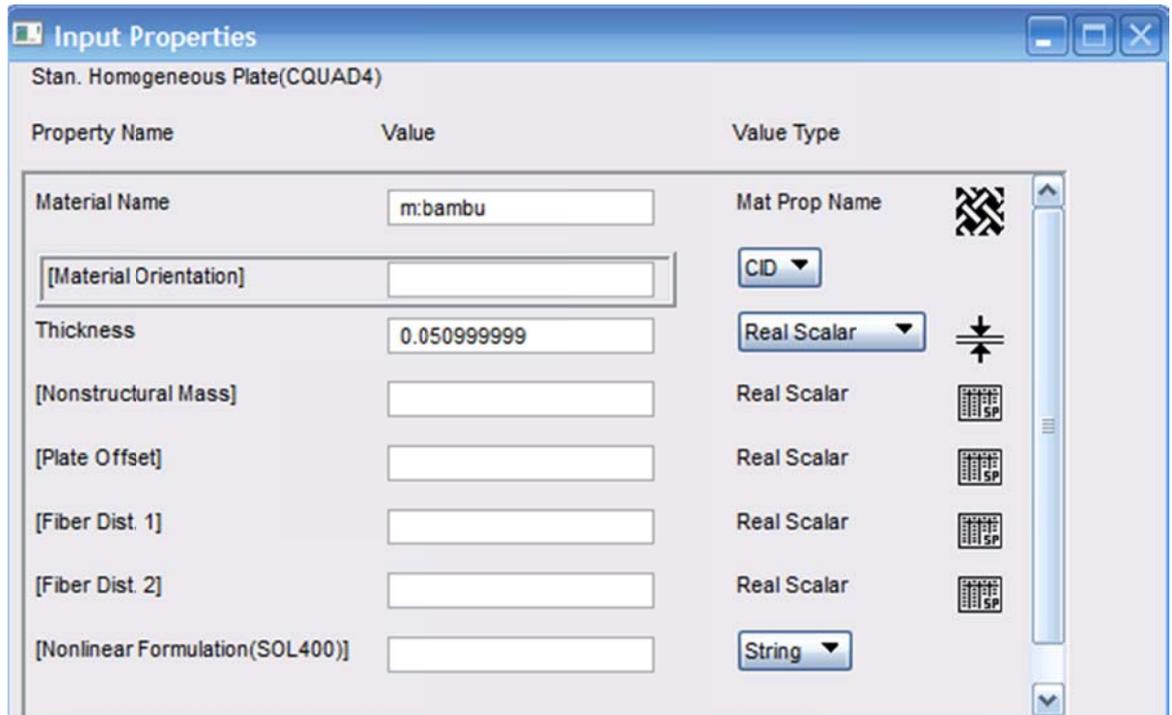


Gambar 3.6. Material properties

Karena model kapal yang dibuat ini diusahakan menyerupai bentuk yang asli yaitu memiliki balok geladak, profil, penegar, dan lain-lain. Maka yang kita lakukan selanjutnya adalah mendefinisikan elemen pada model, seperti memberikan tebal pada material yang telah kita buat sebelumnya. Perintah yang dilakukan adalah Create > 2D > Shell > Input properties > Select application region > Apply.

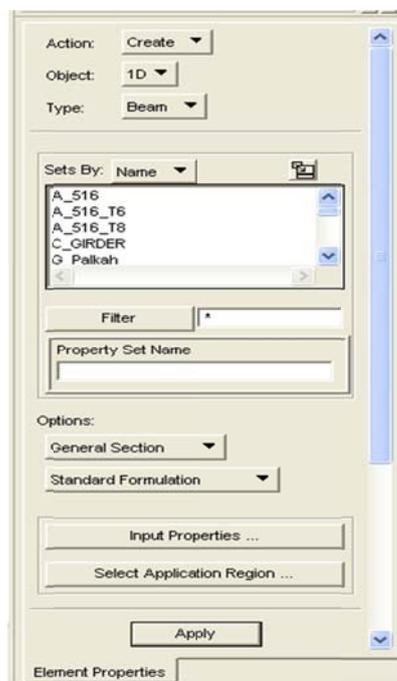


Gambar 3.7. Definisi material properties



Gambar 3.8. Pemberian tebal pada msterial properties

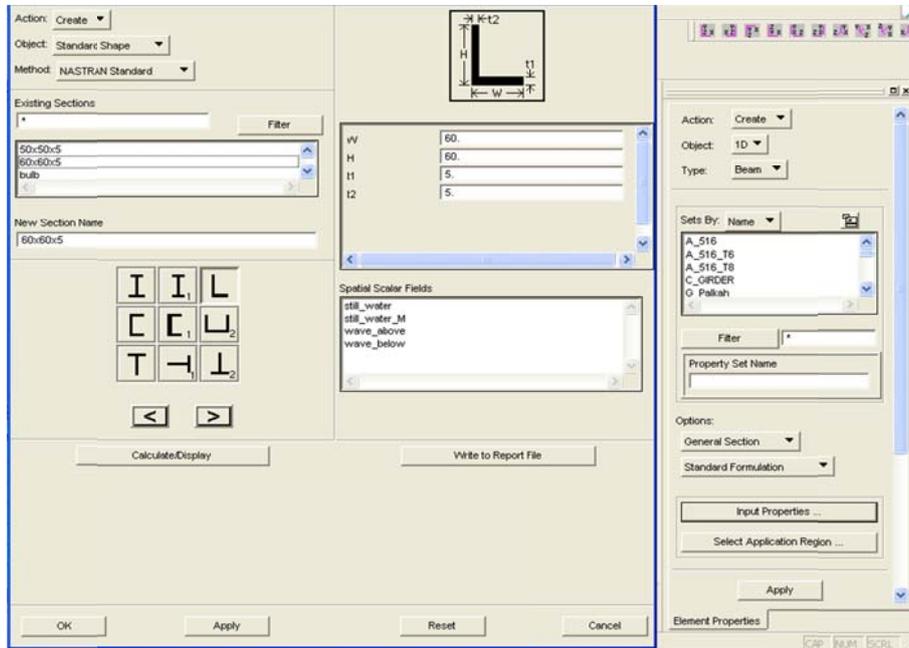
Sedangkan untuk pembuatan elemen bar, yaitu untuk membentuk model berupa profil, penegar dan semacamnya perintah yang digunakan adalah Create > 1D > Beam > Input properties > Select application region > Apply



Gambar 3.9. Definisi material beam 1D

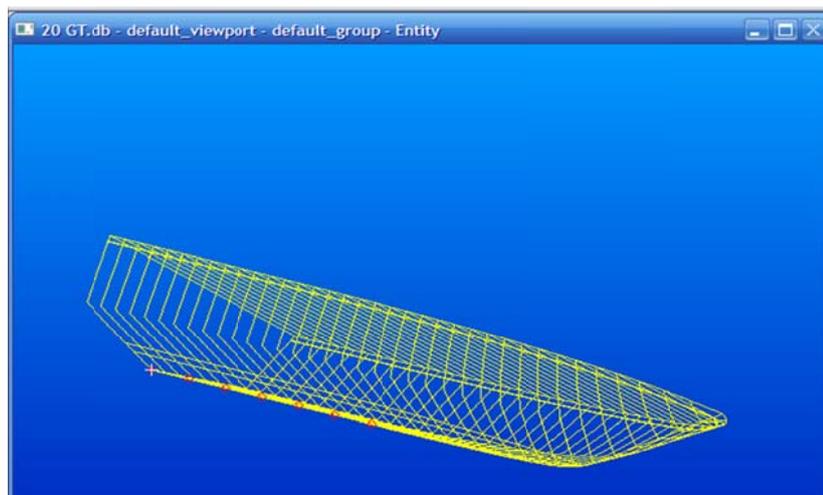
Untuk pembuatan elemen bar, banyak input yang dimasukkan ke dalam proses pembuatannya. Contohnya adalah memberi ukuran profil dan pemilihan bentuk profil yang

akan digunakan misalnya bentuk T, L, Bulb, dll di beam library dalam Nastran. Perintah yang digunakan adalah Create > 1D > Beam > Input properties > Create Sections beam library, setelah itu kita memasukkan data profil yang akan digunakan.



Gambar 3.10. Pembuatan definisi beam

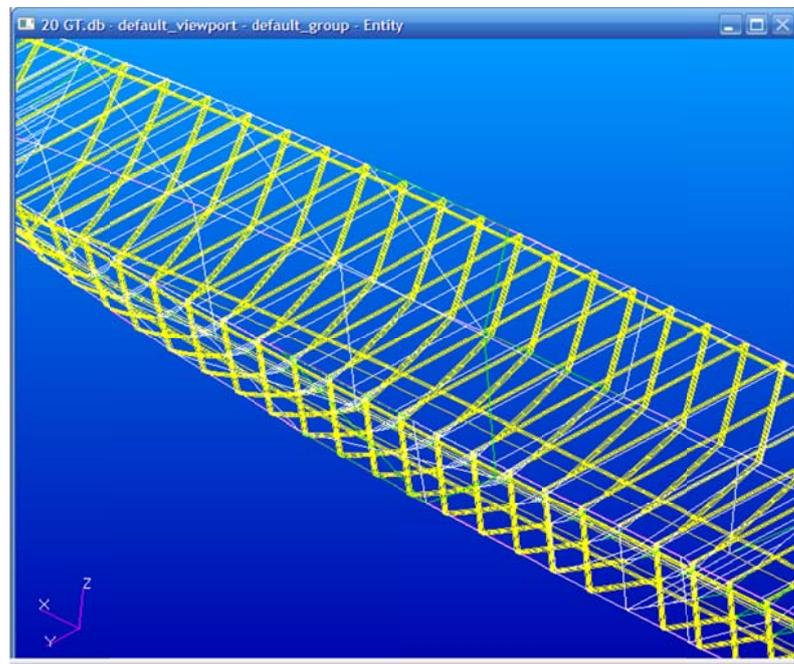
Setelah menentukan bentuk profil yang akan digunakan, maka langkah selanjutnya adalah memberikan definisi mengenai ukuran profil tersebut. Klik lambang properties > material prop name > bar orientation > ok.



Gambar 3.11. Bar element

Setelah metrial properties dibuat, dan element properties dibuat, maka diterapkan pada curve yang telah dibuat sebelumnya. Pada Gambar 3.11 menunjukkan hasil dari penerapan element properties pada curve yang didefinisikan sebagai gading kapal. Metode yang sama

diterapkan pula pada komponen konstruksi yang lain seperti lunas, linggi, balok geladak, dan galar-galar.



Gambar 3.12. Model gading

Penerapan material properties juga dilakukan pada surface yang didefinisikan dengan elemen 2D. Pada Gambar 3.12 menunjukkan komponen konstruksi sekat pada kompartemen bagian belakang kapal ikan. Surface yang telah dibuat sebelumnya didefinisikan sebagai sekat yang memiliki ketebalan tertentu, sehingga dapat dilakukan meshing dan running yang benar.

Perlu diperhatikan bahwa pembuatan mesh pada surface harus dilakukan dengan hati-hati karena hasil meshing sangat mempengaruhi proses running kedepannya. Semakin baik bentuk mesh pada surface, maka semakin baik hasil analisis yang diinginkan. Pada umumnya meshing dilakukan secara kasar terlebih dahulu sebelum dilakukan untuk mengetahui analisis secara global pada suatu struktur. Kemudian meshing yang lebih halus dilakukan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih spesifik pada bagian tertentu atau disebut juga *local area*.

3.5.2. Kondisi Batas Analisis Struktur (Constraint)

Pada pemodelan struktur pemberian kondisi batas (constraint) menjadi bagian yang penting sebelum dilakukan pembebanan karena kondisi batas ini berupa tumpuan yang berguna pada saat proses perhitungan agar proses perhitungan dapat dilakukan dan tegangan dapat ditampilkan. Dalam ABS (2004) disebutkan bahwa pada struktur kapal, kondisi batas yang berlaku terhadap tiga sumbu tertera pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3. Jika tidak diberi

kondisi batas maka gaya reaksi menjadi sangat besar sehingga tidak dapat ditampilkan oleh Nastran dan ini pun tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Tabel 3.2. Perpindahan pada Kondisi Batas

Boundary Conditions	Displacement		
	x	y	z
Symmetry	free	fixed	free
Anti-symmetry	fixed	free	fixed

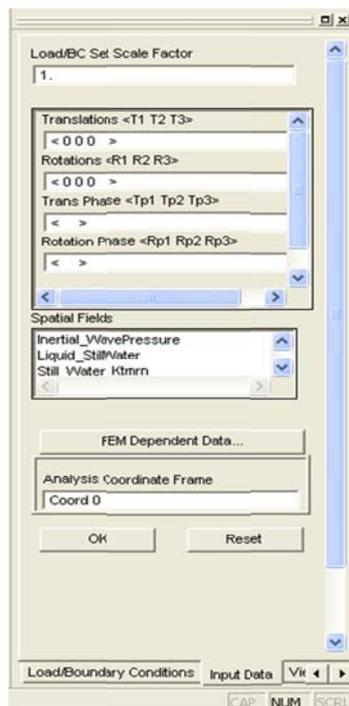
Sumber :(ABS, 2004)

Tabel 3.3. Perputaran pada Kondisi Batas

Boundary condition	Rotation around axes		
	x	y	z
Symmetry	fixed	free	fixed
Anti-symmetry	free	fixed	free

Sumber :(ABS, 2004)

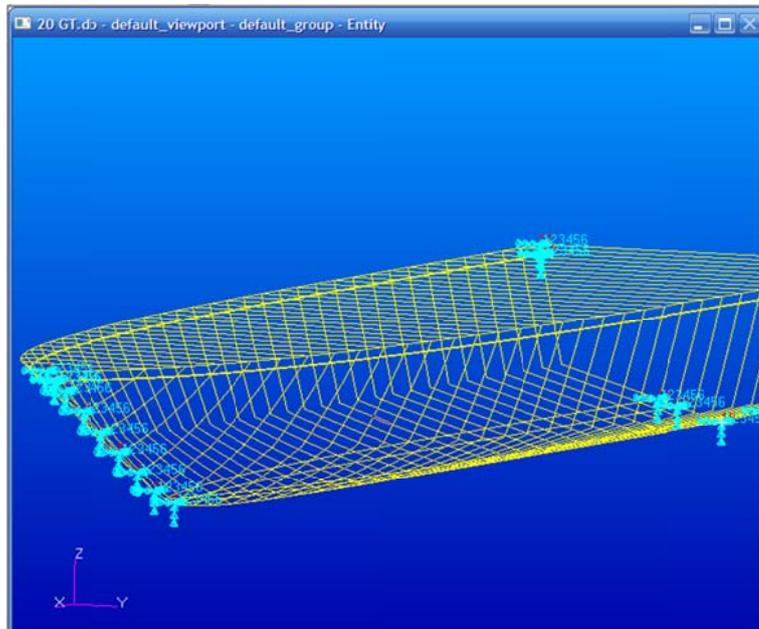
Kondisi saat analisis adalah tumpuan diberikan pada sisi ujung-ujung dari model kapal yang dianggap tidak bergerak selama proses analisis. Perintah yang digunakan adalah Create > Displacement > Nodal > Input Data > Select application region.



Gambar 3.13. Input pada kondisi batas

Kemudian data constraint yang kita masukkan yaitu kondisi jepit oleh karena itu angka yang kita masukkan pada translasi dan rotasi adalah 0. Karena jika diisi dengan angka 1 maka akan memberikan nilai pada kondisi batas tersebut. Inputan kondisi batas ditunjukkan pada

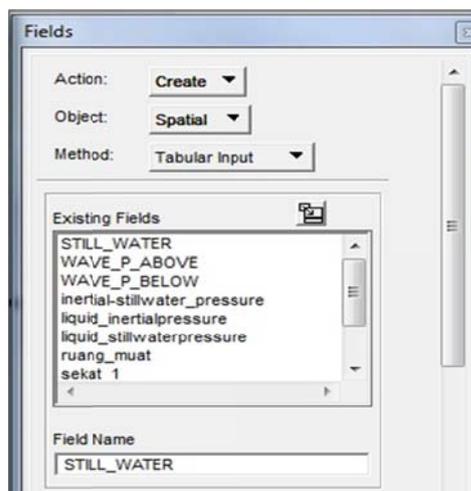
Gambar 3.14 di bawah ini. Sedangkan model dengan kondisi batas yang sudah diterapkan terlihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.14. Pemberian kondisi batas pada model

3.5.3. Pemberian Kondisi Pembebanan

Pada proses pembebanan struktural ini dilakukan dengan mengambil data dari proses pembebanan sea pressure yang diberikan oleh rule. Jadi pembebanan yang dipakai adalah sea pressure. Karena pada dasarnya hal yang dilakukan untuk input kondisi pembebanan sama, maka yang kami tampilkan hanya 1 kondisi pembebanan. Perintah yang adalah klik icon fields kemudian create > spatial > tabular input > field name > input data.



Gambar 3.15. Input kondisi pembebanan

Penjelasan untuk tabular input disini digunakan sebagai data setelah selesai menghitung cara manual, sesuai namanya data yang telah dimasukkan berada dalam bentuk table seperti excel. Setelah selesai memasukkan data kita pilih table definition untuk ke arah sumbu Z, karena merupakan beban sea pressure yang terjadi pada kapal mulai dari baseline hingga sarat tertentu.

Kemudian setelah selesai memasukkan data sea pressure, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah memilih bagian elemen mana saja yang terkena beban sea pressure. Perintah yang dilakukan adalah Create > pressure > element uniform > target element type 2D > input data > select application region > apply. Untuk input data ada pilihan top, edge, dan surf pressure, pemilihan kategori itu juga berdasarkan sumbu yang kita tentukan dalam pada awal pembuatan model. Dalam hal ini yang kami pakai adalah top surf pressure karena acuannya adalah sumbu Z.

3.5.4. Analisis Kondisi Pembebanan

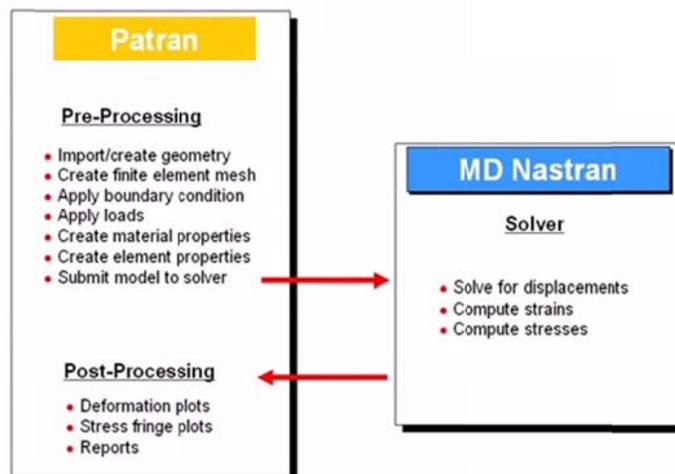
Setelah proses pembebanan struktur selesai, langkah selanjutnya adalah proses solusi pembebanan. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan reaksi terhadap pembebanan. Reaksi ini adalah tegangan sisa dan deformasi yang nantinya hasil dari simulasi ini akan dibandingkan dengan perhitungan manual yang telah dilakukan. Perintah yang digunakan untuk melakukan solusi pembebanan adalah klik icon analysis > entire model > analysis deck > subcases > subcase select > apply.



Gambar 3.16. Pemilihan proses analisis model

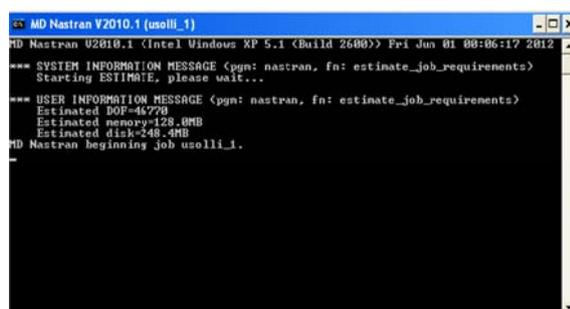
Sebelum memilih subcase, terlebih dahulu kita isi solution type yang berfungsi sebagai output hasil analisis. Nantinya file hasil analisis tersebut bisa kita pilih antara XDB dan OP2, kemudian untuk subcase kita isi sesuai dengan analisis yang kita lakukan dan memberi nama pekerjaan sesuai dengan case yang kita lakukan. Hal ini dimasukkan agar lebih mudah mencari isi file yang sedang kita kerjakan dan telah kita simpan. Langkah selanjutnya setelah mengisi subcase yang telah kita buat, maka proses analisis sudah bisa dilakukan. Namun untuk menjalankan proses analisis tidak bisa langsung diketahui melalui program Patran ini, hal ini disebabkan karena Patran merupakan tahap pre-processing dan untuk bisa menjalankan analisis harus dilakukan melalui MD Nastran yang merupakan solver atau tahap penyelesaian analisis.

Finite Element Analysis Workflow



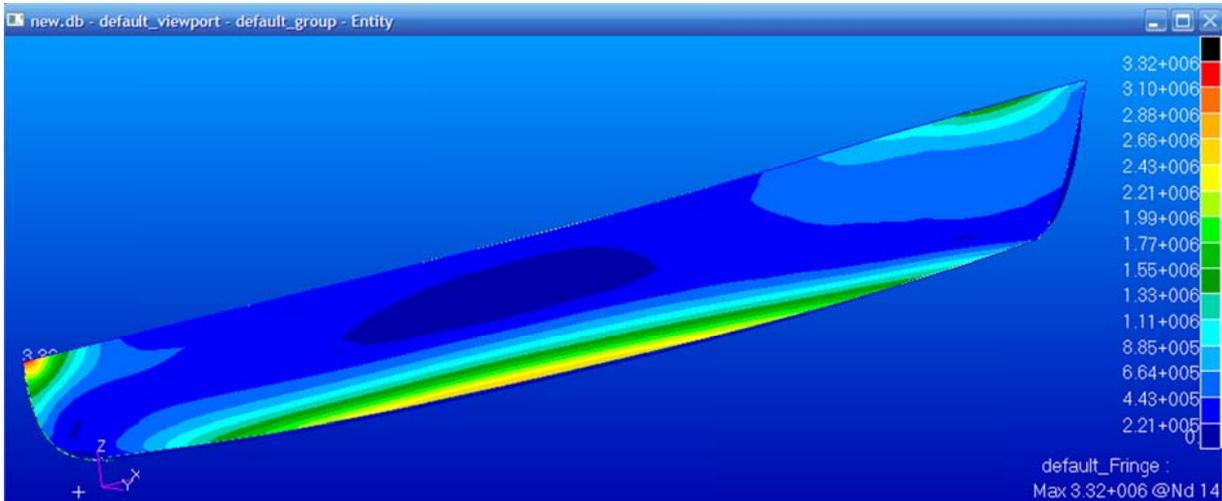
Gambar 3.17. Workflow MSC Nastran

Setelah proses analisis pada MD Nastran selesai maka langkah selanjutnya adalah membuka file hasil analisis yang telah dilakukan. Perintah yang dilakukan adalah Klik icon Analysis > Acces results > read output2 atau xdb >result entities > select result file



Gambar 3.18. Proses analisis

Kemudian setelah memilih file hasil analisis yang telah selesai maka langkah selanjutnya adalah melihat hasil output pada model. Perintah yang dilakukan adalah Klik icon Results maka hasil analisis akan muncul semua dan memilih tegangan yang sesuai untuk dilakukan perbandingan hasil.



Gambar 3.19. Hasil analisis Nastran

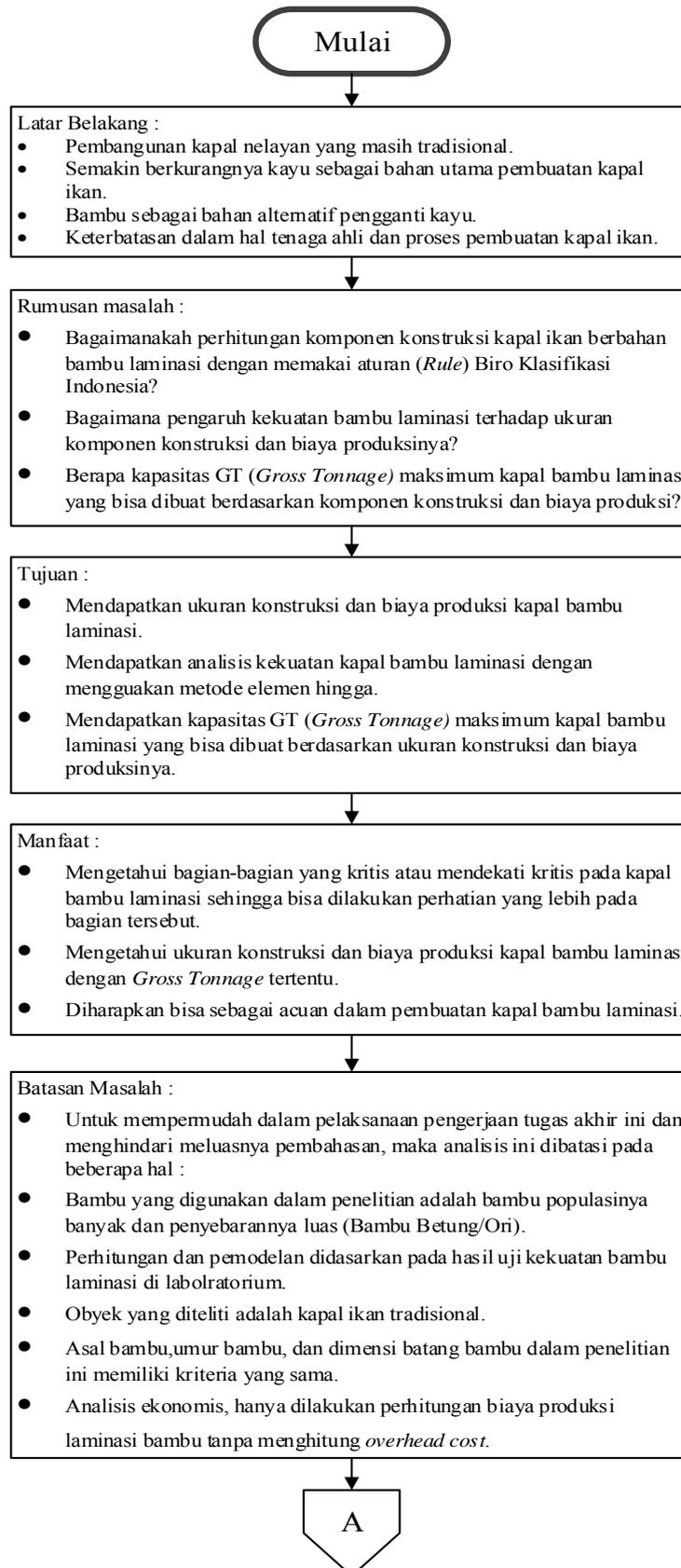
Jika telah selesai menganalisis maka hasil running dari Nastran yang keluar adalah berupa gambar seperti di atas ini. Dimana parameter hasil ditunjukkan dengan warna yang berbeda dan bisa dilihat bagian mana yang menerima tegangan paling tinggi.

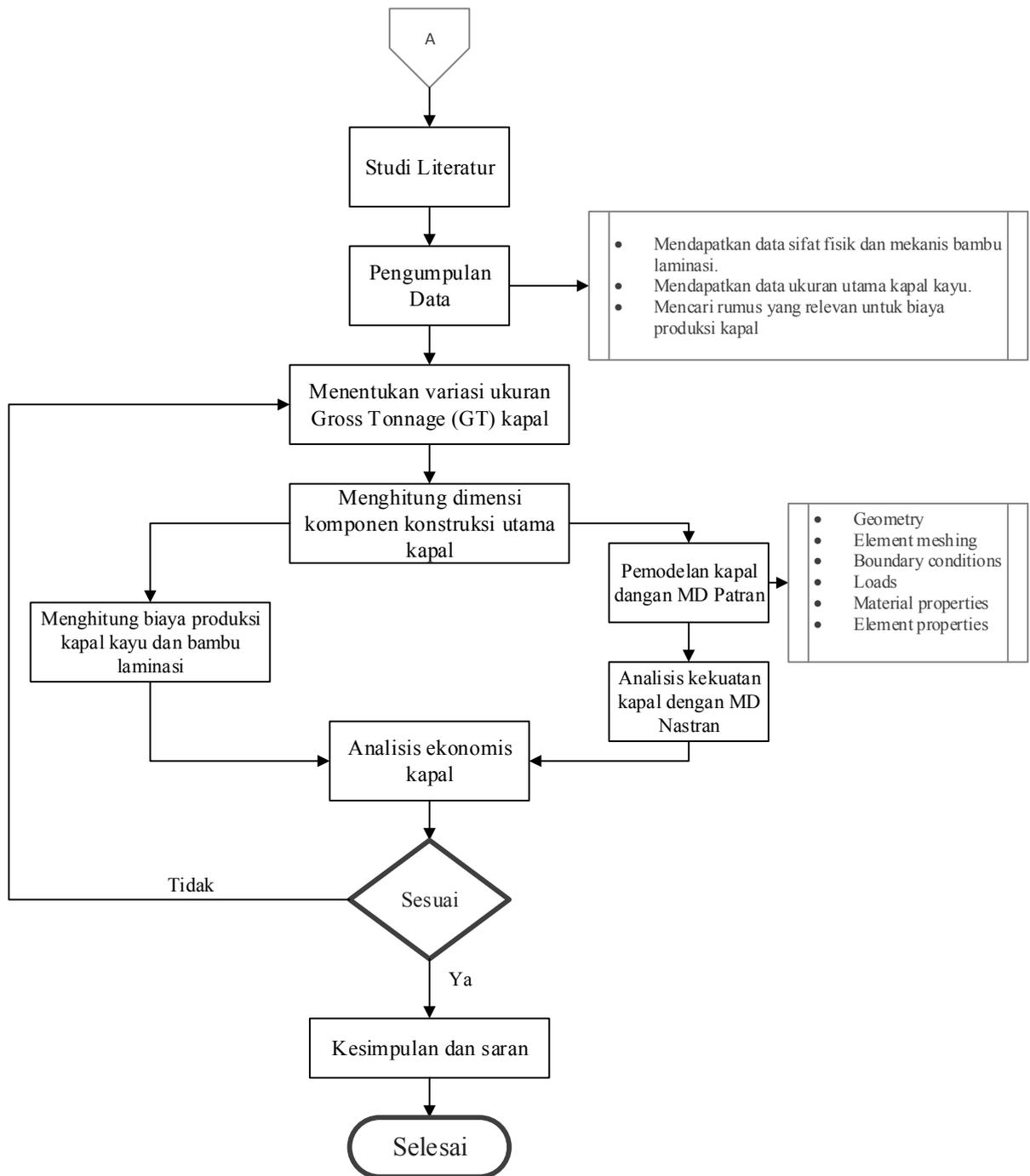
3.5.5. Tahap Analisis Ekonomis

Perhitungan ekonomis akan membahas perbandingan antara balok kayu jati utuh dengan bambu laminasi bila ditinjau dari harganya untuk ukuran yang sama. Perhitungan dilakukan dengan cara menghitung biaya produksi kapal menggunakan bambu laminasi yang terdiri dari biaya *raw material* dan biaya tenaga kerja. Kemudian dibandingkan dengan biaya produksi kapal dengan bahan dasar balok utuh.

3.6. Bagan Alir Penelitian

Urutan pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan adalah mengikuti bagan alir sebagai berikut :





Gambar 3.20. Bagan alir penelitian

BAB 4 TINJAUAN TEKNIS DAN BIAYA PRODUKSI

4.1. Data Struktur

Data struktur dalam pengujian didapatkan dari hasil pendekatan menggunakan formula dari FAO dengan variasi ukuran *Gross Tonnage* (GT), kemudian menggunakan dasar regulasi BKI tahun 1996 untuk mendapatkan ukuran konstruksi kapal kayu, dan regulasi BKI tahun 2013 untuk kapal bambu laminasi.

4.1.1. Ukuran Utama Kapal

Data hasil perhitungan ukuran utama kapal tertera pada tabel 4.1 di bawah ini.

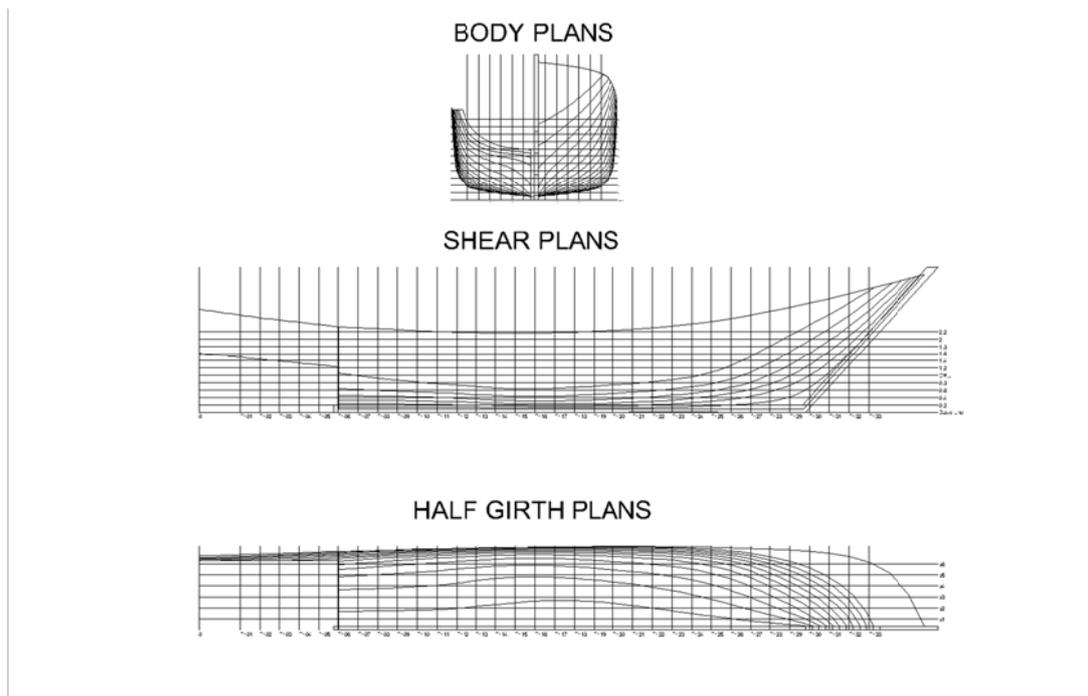
Tabel 4.1. Ukuran Utama Kapal Ikan

UKURAN UTAMA	KAPASITAS GT					satuan
	20 GT	30 GT	40 GT	50 GT	60 GT	
Panjang Kapal (Loa)	18	20.3	21.7	22.3	23.3	meter
panjang garis air (Lwl)	14.5	18.1	18.6	21.6	22.7	meter
panjang geladak	17.5	20.3	21.7	22.3	23.3	meter
lebar kapal (B)	3.8	3.6	4.4	5	5	meter
tinggi kapal (H)	1.7	2.6	2.8	2.9	3.2	meter
syarat (T)	1.1	1.8	2.1	1.8	2	meter
kecepatan	8	8	8	8	8	knot

Sumber : (FAO, 2004)

Pada tabel 4.1 terlihat ukuran kapal yang dijadikan objek analisis adalah ukuran 20 s/d 60 GT. Pada kapal 60 GT panjang utuh kapal sebesar 23.3 meter, dan menjadi kapasitas GT kapal paling besar yang dijadikan objek analisis. Hal ini dikarenakan *rules* yang digunakan, yakni Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) volume VII tahun 2013 hanya mengatur kapal kecil dengan panjang kapal hingga 24 meter. Sehingga pada kapal dengan panjang kapal lebih dari 24 meter, metode perhitungan yang digunakan akan berbeda.

Desain kapal kayu yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah kapal ikan dengan jenis *round bottom*, yakni jenis kapal dimana bagian *bottom* berbentuk kurva. Desain kapal ikan dapat dilihat pada Gambar 4.1. Bentuk *bottom* kapal melengkung membentuk kurva, seperti setengah lingkaran dengan bagian belakang berbentuk transom. Jenis ini banyak digunakan pada kapal nelayan dan kapal ikan yang relatif kecil.



Gambar 4.1. Rencana garis kapal ikan

4.2. Ukuran Konstruksi Kapal Perikanan

Perhitungan ukuran komponen konstruksi kapal dilakukan terhadap kapal dengan 3 (tiga) jenis bahan dasar yang berbeda, yakni kayu, bambu laminasi ori, dan bambu laminasi betung. Kemudian dilakukan perbandingan dimensi antara kapal kayu dengan kapal bambu laminasi ori, dan kapal kayu dengan kapal bambu laminasi betung. Perbandingan meliputi seluruh komponen konstruksi utama kapal berdasarkan hasil perhitungan yang telah didapatkan. Tinjauan yang dilakukan adalah pada luas penampang masing-masing komponen konstruksi kapal, kecuali kulit dan geladak.

4.2.1 Kapal Ikan 20 GT

Hasil perhitungan ukuran konstruksi kapal dengan kapasitas 20 GT dari kapal kayu dan kapal bambu laminasi tertera pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2. Ukuran Konstruksi Kapal Perikanan 20 GT dengan Jarak Gading 355 mm

konstruksi (mm)	Kayu jati			Bambu laminasi ori			Bambu laminasi betung		
	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
lunas	210	310	65100	203	115	23333	211	115	24212
linggi haluan	175	260	45500	60	60	3625	64	64	4050
gading	80	123	9840	40	55	2194	40	59	2380
wrang	123	200	24600	40	71	2859	40	78	3102

konstruksi (mm)	Kayu jati			Bambu laminasi ori			Bambu laminasi betung		
	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
galar kim	55	235	12925	60	80	4815	60	87	5223
galar balok	79	280	22120	60	138	8280	60	143	8591
kulit	39			23			23		
geladak	48			22			22		
balok geladak	250	48	12000	40	47	1868	40	51	2027

Pada Tabel 4.2 dapat terlihat bahwa pengurangan luas penampang terbesar terdapat pada linggi haluan kapal bambu laminasi ori sebesar 92%, sedangkan tebal kulit kapal bambu laminasi betung mendapat pengurangan dimensi terkecil dengan 41%. Hampir keseluruhan dari komponen konstruksi kapal mendapatkan pengurangan dimensi lebih dari 50%.

4.2.2 Kapal Ikan 30 GT

Hasil perhitungan ukuran konstruksi kapal dengan kapasitas 30 GT dari kapal kayu dan kapal bambu laminasi tertera pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3. Ukuran Konstruksi Kapal Perikanan 30 GT dengan Jarak Gading 440 mm

konstruksi (mm)	Kayu jati			Bambu laminasi ori			Bambu laminasi betung		
	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
lunas	250	380	95000	242	140	33871	251	140	35146
linggi haluan	215	255	54825	60	60	3625	64	64	4050
gading	155	100	15500	60	83	4952	60	90	5372
wrang	155	240	37200	60	83	4952	60	90	5372
galar kim	59	270	15930	60	111	6658	60	120	7223
galar balok	72	350	25200	80	141	11290	80	146	11715
kulit	48			38			38		
geladak	55			22			22		
balok geladak	280	56	15680	40	46	1836	40	50	1991

Pada Tabel 4.3 dapat terlihat bahwa pengurangan luas penampang terbesar terdapat pada linggi haluan kapal bambu laminasi ori dan betung sebesar 93%, sedangkan tebal kulit kapal bambu laminasi betung mendapat pengurangan dimensi terkecil dengan 20%. Hampir keseluruhan dari komponen konstruksi kapal mendapatkan pengurangan dimensi lebih dari 50%.

4.2.3 Kapal Ikan 40 GT

Hasil perhitungan ukuran konstruksi kapal dengan kapasitas 40 GT dari kapal kayu dan kapal bambu laminasi tertera pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Ukuran Konstruksi Kapal Perikanan 40 GT dengan Jarak Gading 475 mm

konstruksi (mm)	Kayu jati			Bambu laminasi ori			Bambu laminasi betung		
	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
lunas	265	400	106000	242	140	33871	251	140	35146
linggi haluan	225	335	75375	60	60	3625	64	64	4050
gading	178	185	32930	60	95	5670	60	103	6151
wrang	178	280	49840	60	95	5670	60	103	6151
galar kim	60	270	16200	60	119	7144	60	129	7750
galar balok	76	320	24320	80	141	11290	80	146	11715
kulit	51			42			42		
geladak	57			27			27		
balok geladak	290	58	16820	40	51	2034	40	55	2207

Pada Tabel 4.4 dapat terlihat bahwa pengurangan luas penampang terbesar terdapat pada linggi haluan kapal bambu laminasi ori dan betung sebesar 95%, sedangkan tebal kulit kapal bambu laminasi betung mendapat pengurangan dimensi terkecil dengan 17%. Hampir keseluruhan dari komponen konstruksi kapal mendapatkan pengurangan dimensi lebih dari 50%.

4.2.4 Kapal Ikan 50 GT

Hasil perhitungan ukuran konstruksi kapal dengan kapasitas 50 GT dari kapal kayu dan kapal bambu laminasi tertera pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5. Ukuran Konstruksi Kapal Perikanan 50 GT dengan Jarak Gading 485 mm

konstruksi (mm)	Kayu jati			Bambu laminasi ori			Bambu laminasi betung		
	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
lunas	305	450	137250	274	165	45161	284	165	46862
linggi haluan	255	385	98175	60	60	3625	64	64	4050
gading	194	125	24250	60	103	6182	60	112	6707
wrang	194	280	54320	60	103	6182	60	112	6707
galar kim	62	280	17360	60	129	7721	60	140	8376
galar balok	84	410	34440	80	160	12796	80	166	13278
kulit	57			45			46		
geladak	62			31			31		
balok geladak	320	65	20800	40	54	2178	40	59	2362

Pada Tabel 4.5 dapat terlihat bahwa pengurangan luas penampang terbesar terdapat pada linggi haluan kapal bambu laminasi ori dan betung sebesar 96%, sedangkan tebal kulit kapal bambu laminasi betung mendapat pengurangan dimensi terkecil dengan 20%. Hampir keseluruhan dari komponen konstruksi kapal mendapatkan pengurangan dimensi lebih dari 50%. Jarak gading diasumsikan sama sebagai pembanding utama untuk perhitungan konstruksi kapal, sehingga didapatkan dimensi yang sesuai.

4.2.5 Kapal Ikan 60 GT

Hasil perhitungan ukuran konstruksi kapal dengan kapasitas 60 GT dari kapal kayu dan kapal bambu laminasi tertera pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6. Ukuran Konstruksi Kapal Perikanan 60 GT dengan Jarak Gading 540 mm

konstruksi (mm)	Kayu jati			Bambu laminasi ori			Bambu laminasi betung		
	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)	face	web	luas (mm ²)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
lunas	305	450	137250	274	165	45161	284	165	46862
linggi haluan	255	385	98175	64	64	4051	67	67	4526
gading	220	110	24200	60	123	7361	60	133	7986
wrang	160	250	40000	60	123	7361	60	133	7986
galar kim	63	285	17955	80	121	9685	60	131	7880
galar balok	88	430	37840	80	160	12796	80	166	13278
kulit	57			51			51		
geladak	62			31			31		
balok geladak	320	65	20800	40	55	2182	40	59	2367

Pada Tabel 4.6 dapat terlihat bahwa pengurangan luas penampang terbesar terdapat pada linggi haluan kapal bambu laminasi ori sebesar 96%, sedangkan tebal kulit kapal bambu laminasi betung mendapat pengurangan dimensi terkecil dengan 10%. Hampir keseluruhan dari komponen konstruksi kapal mendapatkan pengurangan dimensi lebih dari 50%.

4.3. Ukuran Komponen Konstruksi

Pada perhitungan konstruksi kapal seperti yang ditunjukkan pada sub bab sebelumnya, hasil dari perhitungan tersebut kemudian digolongkan berdasarkan tiap-tiap komponen konstruksi. Perbandingan luas penampang dilakukan untuk memperoleh besar pengurangan dimensi dari setiap komponen konstruksi. Perbandingan pengurangan ditunjukkan dengan besaran persentase sehingga memudahkan dalam pemahaman dan analisis selanjutnya.

Kemudian luasan tiap-tiap komponen diekspresikan ke dalam bentuk grafik untuk memudahkan dalam menganalisis hasil perhitungan.

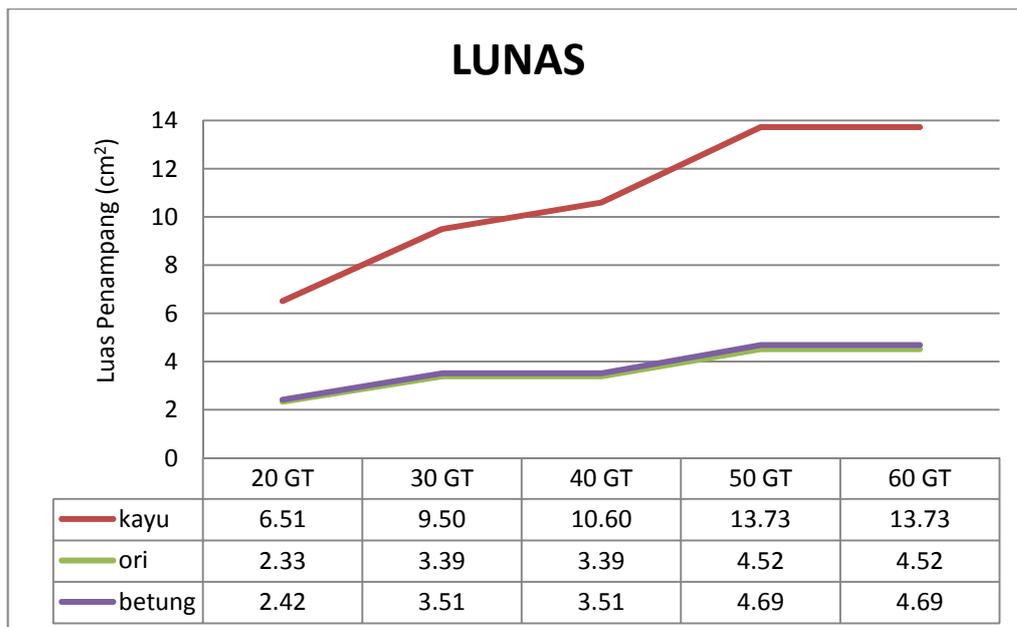
4.3.1 Lunas

Hasil pengelompokkan ukuran lunas kapal ikan ditunjukkan dengan luasan pada masing-masing kapasitas kapal. Data hasil pengelompokkan tertera pada Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.7. Ukuran Lunas Kapal Ikan

Kapasitas (GT)	luas penampang (cm ²)			selisih		persentase	
	kayu	ori	betung	$\Delta[1][2]$	$\Delta[1][3]$	$\{[4]/[1]\} * 100$	$\{[5]/[1]\} * 100$
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
20	6.51	2.33	2.42	4.18	4.09	64%	63%
30	9.50	3.39	3.51	6.11	5.99	64%	63%
40	10.60	3.39	3.51	7.21	7.09	68%	67%
50	13.73	4.52	4.69	9.21	9.04	67%	66%
60	13.73	4.52	4.69	9.21	9.04	67%	66%
	Rata-rata					66%	65%

Pada Tabel 4.7 terlihat bahwa bambu ori memiliki pengurangan dimensi lebih besar dibandingkan bambu betung, walaupun selisihnya kecil. Selain itu terlihat juga bahwa pengurangan dimensi lunas terbesar dialami oleh kapal dengan kapasitas 40 GT, sebesar 68% untuk bambu ori dan 67% untuk bambu betung. Penggambaran pola pengurangan dimensi lunas kapal ditunjukkan pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2. Grafik ukuran lunas kapal perikanan

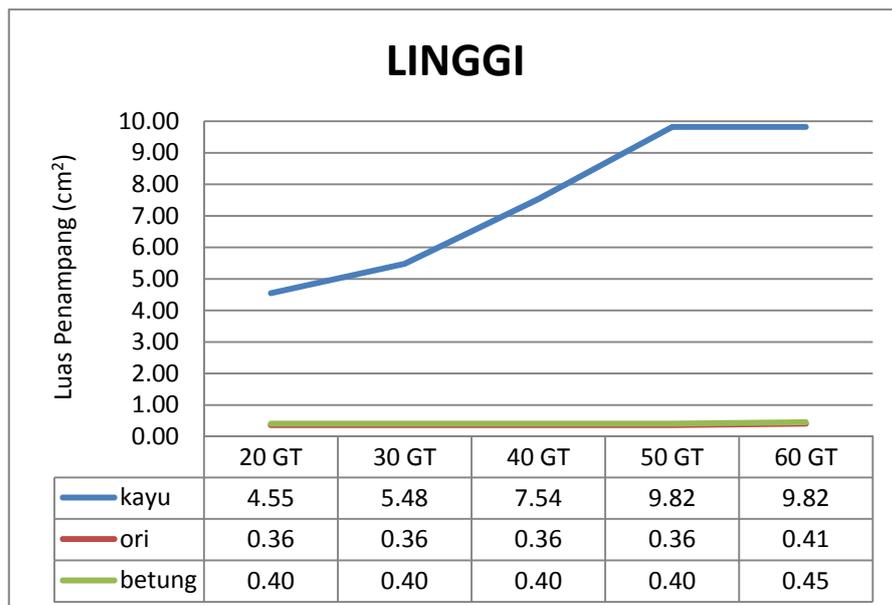
4.3.2 Linggi

Hasil pengelompokkan ukuran lunas kapal ikan ditunjukkan dengan luasan pada masing-masing kapasitas kapal. Data hasil pengelompokkan tertera pada Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.8. Ukuran Linggi Kapal Ikan

Kapasitas (GT)	luas penampang (cm ²)			selisih		persentase	
	kayu	ori	betung	$\Delta[1][2]$	$\Delta[1][3]$	$\{[4]/[1]\} * 100$	$\{[5]/[1]\} * 100$
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
20	4.55	0.36	0.40	4.19	4.15	92%	91%
30	5.48	0.36	0.40	5.12	5.08	93%	93%
40	7.54	0.36	0.40	7.18	7.13	95%	95%
50	9.82	0.36	0.40	9.46	9.41	96%	96%
60	9.82	0.41	0.45	9.41	9.36	96%	95%
	Rata-rata					95%	94%

Pada Tabel 4.8 terlihat bahwa bambu ori memiliki pengurangan dimensi lebih besar dibandingkan bambu betung. Namun selisih persentase pengurangan luasannya sangat kecil. Selain itu terlihat juga bahwa pengurangan dimensi linggi terbesar dialami oleh kapal dengan kapasitas 50 GT dan 60 GT, sebesar 96% untuk bambu ori dan 96% untuk bambu betung pada kapal 50 GT. Secara umum komponen linggi mengalami pengurangan terbesar diantara komponen konstruksi kapal lainnya. Penggambaran pola pengurangan dimensi linggi kapal ditunjukkan pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3. Grafik ukuran linggi kapal perikanan

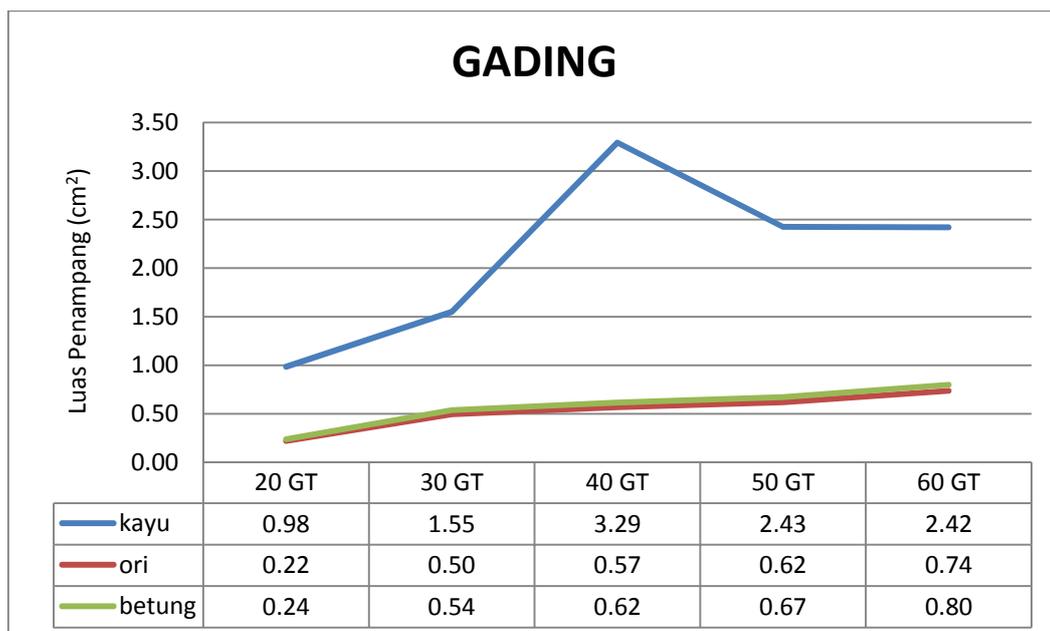
4.3.3 Gading

Hasil pengelompokan ukuran gading kapal ikan ditunjukkan dengan luasan pada masing-masing kapasitas kapal. Data hasil pengelompokan tertera pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Ukuran Gading Kapal Ikan

Kapasitas (GT)	luas penampang (cm ²)			selisih		persentase	
	kayu	ori	betung	$\Delta[1][2]$	$\Delta[1][3]$	$\{[4]/[1]\} * 100$	$\{[5]/[1]\} * 100$
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
20	0.98	0.22	0.24	0.76	0.75	78%	76%
30	1.55	0.50	0.54	1.05	1.01	68%	65%
40	3.29	0.57	0.62	2.73	2.68	83%	81%
50	2.43	0.62	0.67	1.81	1.75	75%	72%
60	2.42	0.74	0.80	1.68	1.62	70%	67%
	Rata-rata					75%	72%

Pada Tabel 4.9 terlihat bahwa bambu ori memiliki pengurangan dimensi lebih besar dibandingkan bambu betung. Selain itu terlihat juga bahwa pengurangan dimensi gading terbesar dialami oleh kapal dengan kapasitas 40 GT, sebesar 83% untuk bambu ori dan 81% untuk bambu betung. Penurunan persentase pengurangan ukuran gading terjadi karena pada kapal 50 GT dengan menggunakan bahan kayu jati memakai gading berganda sehingga luas penampang lebih kecil dari gading kapal 40 GT. Penggambaran pola pengurangan dimensi gading kapal ditunjukkan pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4. Grafik ukuran gading kapal perikanan

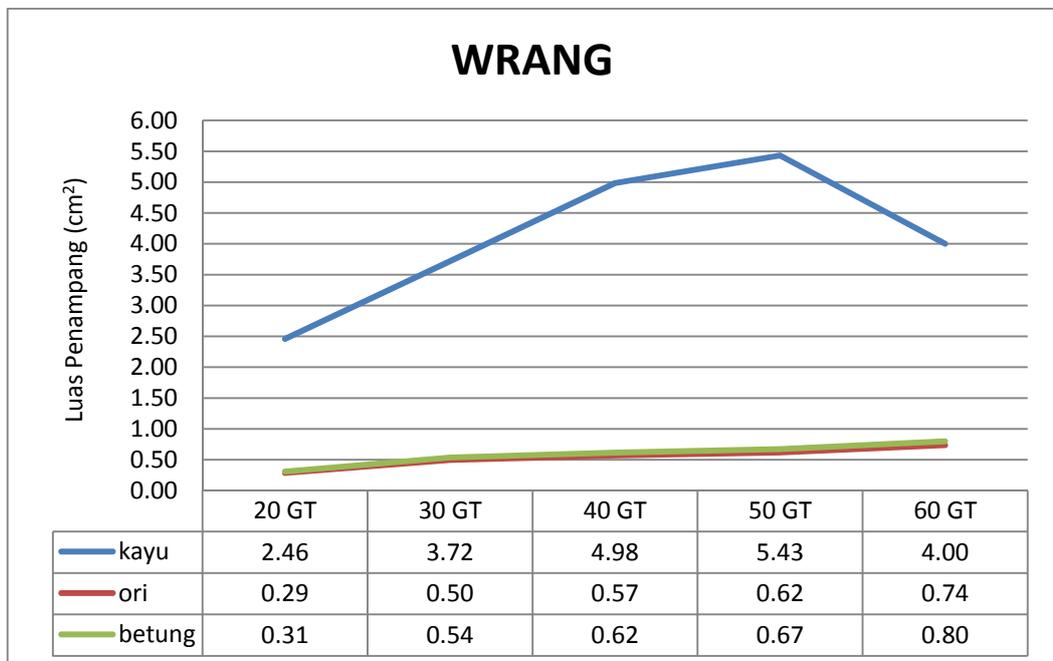
4.3.4 Wrang

Hasil pengelompokkan ukuran wrang kapal ikan ditunjukkan dengan luas penampang pada masing-masing kapasitas kapal. Data hasil pengelompokkan tertera pada Tabel 4.8.

Tabel 4.10. Ukuran Wrang Kapal Ikan

Kapasitas (GT)	luas penampang (cm ²)			selisih		persentase	
	kayu	ori	betung	$\Delta[1][2]$	$\Delta[1][3]$	$\{[4]/[1]\} * 100$	$\{[5]/[1]\} * 100$
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
20	2.46	0.29	0.31	2.17	2.15	88%	87%
30	3.72	0.50	0.54	3.22	3.18	87%	86%
40	4.98	0.57	0.62	4.42	4.37	89%	88%
50	5.43	0.62	0.67	4.81	4.76	89%	88%
60	4.00	0.74	0.80	3.26	3.20	82%	80%
	Rata-rata					87%	86%

Pada Tabel 4.10 terlihat bahwa bambu ori memiliki pengurangan dimensi lebih besar dibandingkan bambu betung, walaupun selisihnya kecil. Selain itu terlihat juga bahwa pengurangan dimensi wrang terbesar dialami oleh kapal dengan kapasitas 40 GT dan 50 GT, sebesar 89% untuk bambu ori dan 88% untuk bambu betung. Penggambaran pola pengurangan dimensi wrang kapal ditunjukkan pada Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5. Grafik ukuran wrang kapal perikanan

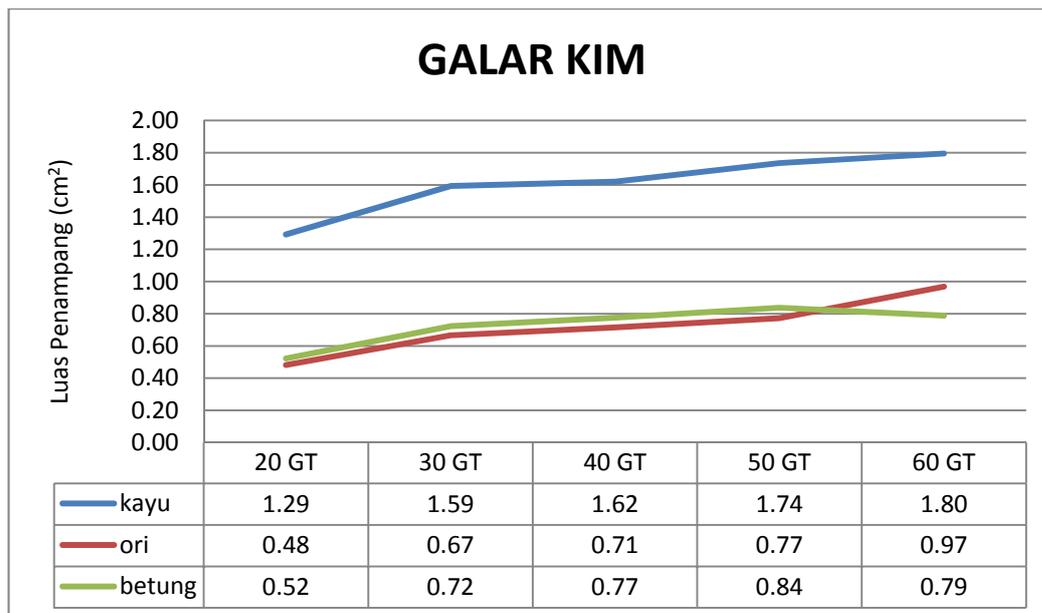
4.3.5 Galar Kim

Hasil pengelompokkan ukuran galar kim kapal ikan ditunjukkan dengan luas penampang pada masing-masing kapasitas kapal. Data hasil pengelompokkan tertera pada Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.11. Ukuran Galar Kim Kapal Ikan

Kapasitas (GT)	luas penampang (cm ²)			selisih		persentase	
	kayu	ori	betung	$\Delta[1][2]$	$\Delta[1][3]$	$\{[4]/[1]\} * 100$	$\{[5]/[1]\} * 100$
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
20	1.29	0.48	0.52	0.81	0.77	63%	60%
30	1.59	0.67	0.72	0.93	0.87	58%	55%
40	1.62	0.71	0.77	0.91	0.85	56%	52%
50	1.74	0.77	0.84	0.96	0.90	56%	52%
60	1.80	0.97	0.79	0.83	1.01	46%	56%
	Rata-rata					56%	55%

Pada Tabel 4.11 terlihat bahwa bambu ori memiliki pengurangan dimensi lebih besar dibandingkan bambu betung, walaupun selisihnya kecil. Selain itu terlihat juga bahwa pengurangan dimensi galar kim terbesar dialami oleh kapal dengan kapasitas 40 GT dan 50 GT, sebesar 56% untuk bambu ori dan betung. Penggambaran pola pengurangan dimensi galar kim kapal ditunjukkan pada Gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4.6. Grafik ukuran galar kim kapal perikanan

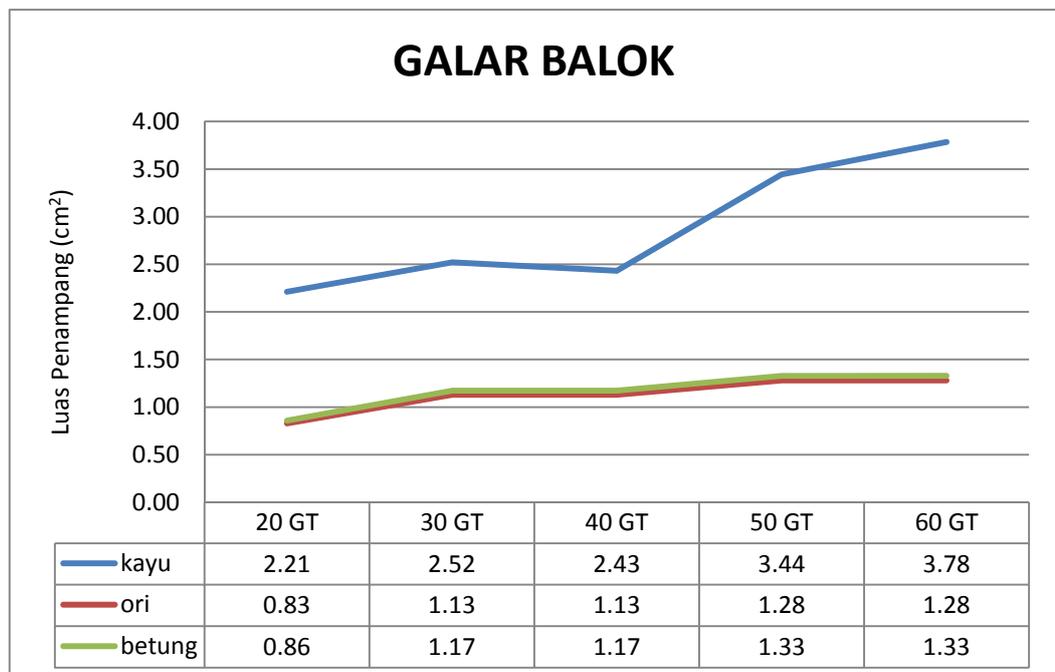
4.3.6 Galar Balok

Hasil pengelompokan ukuran galar balok kapal ikan ditunjukkan dengan luas penampang pada masing-masing kapasitas kapal. Data hasil pengelompokan tertera pada Tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4.12. Ukuran Galar Balok Kapal Ikan

Kapasitas (GT)	luas penampang (cm ²)			selisih		persentase	
	kayu	ori	betung	$\Delta[1][2]$	$\Delta[1][3]$	$\{[4]/[1]\} * 100$	$\{[5]/[1]\} * 100$
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
20	2.21	0.83	0.86	1.38	1.35	63%	61%
30	2.52	1.13	1.17	1.39	1.35	55%	54%
40	2.43	1.13	1.17	1.30	1.26	54%	52%
50	3.44	1.28	1.33	2.16	2.12	63%	61%
60	3.78	1.28	1.33	2.50	2.46	66%	65%
	Rata-rata					60%	59%

Pada Tabel 4.12 terlihat bahwa bambu ori memiliki pengurangan dimensi lebih besar dibandingkan bambu betung, walaupun selisihnya kecil. Selain itu terlihat juga bahwa pengurangan dimensi galar balok terbesar dialami oleh kapal dengan kapasitas 60 GT, sebesar 66% untuk bambu ori dan 65% untuk bambu betung. Penggambaran pola pengurangan dimensi galar balok kapal ditunjukkan pada Gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 4.7. Grafik ukuran galar balok kapal perikanan

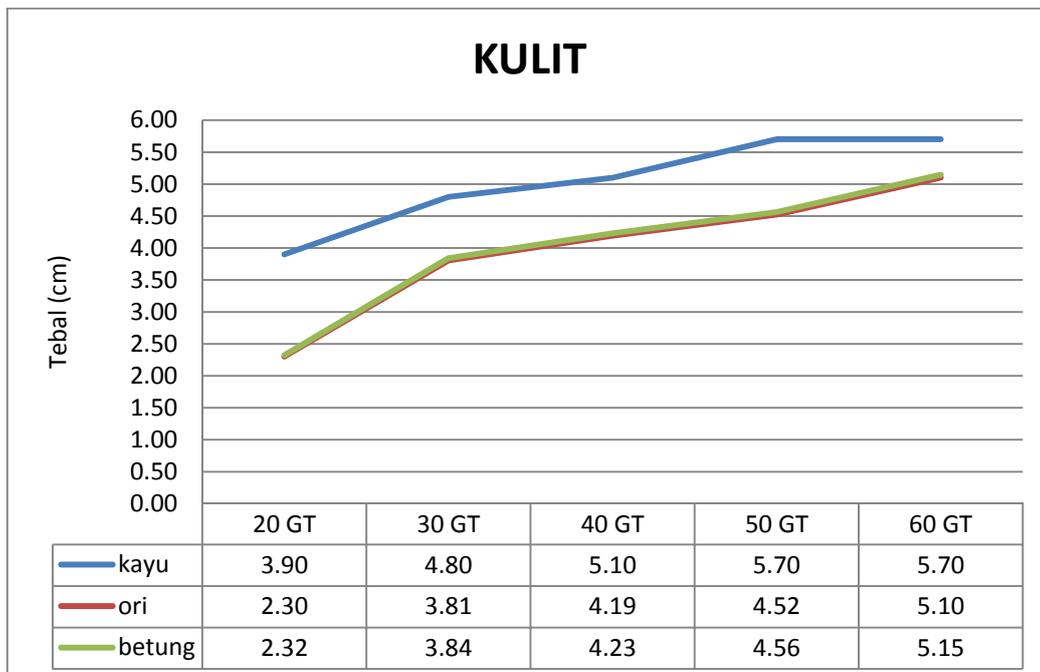
4.3.7 Kulit

Hasil pengelompokkan tebal kulit kapal ikan ditunjukkan dengan tebal pada masing-masing kapasitas kapal. Data hasil pengelompokkan tertera pada Tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4.13. Ukuran Tebal Kulit Kapal Ikan

Kapasitas (GT)	tebal (cm)			selisih		persentase	
	kayu	ori	betung	$\Delta[1][2]$	$\Delta[1][3]$	$\{[4]/[1]\} * 100$	$\{[5]/[1]\} * 100$
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
20	3.90	2.30	2.32	1.60	1.58	41%	40%
30	4.80	3.81	3.84	0.99	0.96	21%	20%
40	5.10	4.19	4.23	0.91	0.87	18%	17%
50	5.70	4.52	4.56	1.18	1.14	21%	20%
60	5.70	5.10	5.15	0.60	0.55	11%	10%
	Rata-rata					22%	21%

Pada Tabel 4.13 terlihat bahwa bambu ori memiliki pengurangan dimensi lebih besar dibandingkan bambu betung, walaupun selisihnya kecil. Selain itu terlihat juga bahwa pengurangan tebal kulit terbesar dialami oleh kapal dengan kapasitas 30 dan 50 GT, sebesar 21% untuk bambu ori dan 20% untuk bambu betung. Penggambaran pola pengurangan tebal kulit kapal ditunjukkan pada Gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4.8. Grafik tebal kulit kapal perikanan

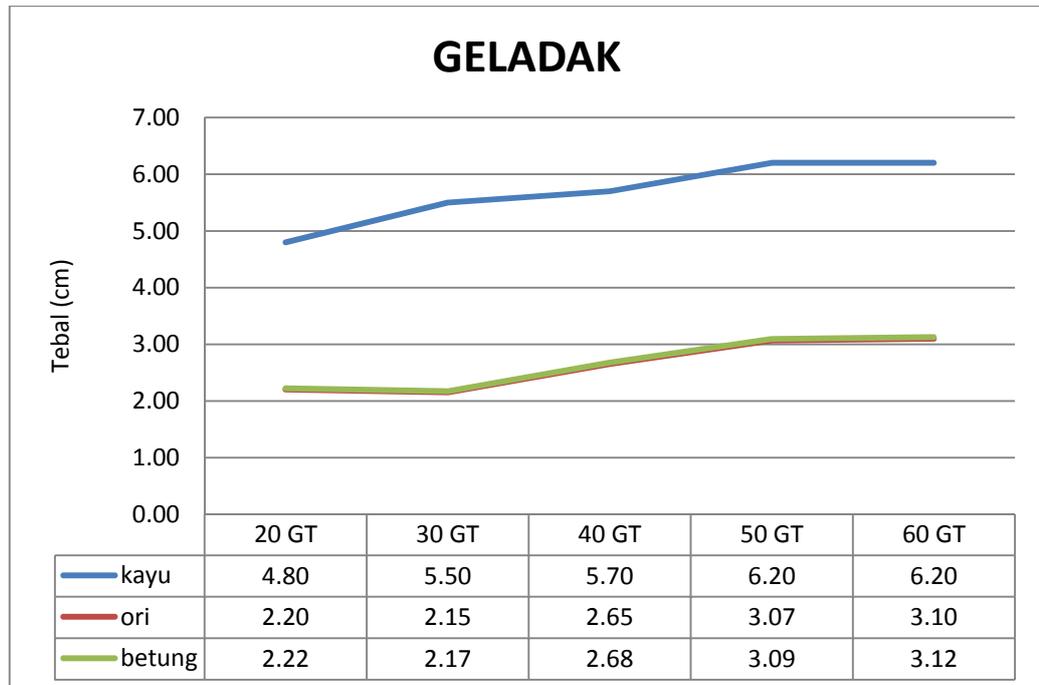
4.3.8 Geladak

Hasil pengelompokkan tebal geladak kapal ikan ditunjukkan dengan tebal pada masing-masing kapasitas kapal. Data hasil pengelompokkan tertera pada Tabel 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.14. Ukuran Tebal Geladak Kapal Ikan

Kapasitas (GT)	tebal (cm)			selisih		persentase	
	kayu	ori	betung	$\Delta[1][2]$	$\Delta[1][3]$	$\{[4]/[1]\} * 100$	$\{[5]/[1]\} * 100$
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
20	4.80	2.20	2.22	2.60	2.58	54%	54%
30	5.50	2.15	2.17	3.35	3.33	61%	61%
40	5.70	2.65	2.68	3.05	3.02	53%	53%
50	6.20	3.07	3.09	3.13	3.11	51%	50%
60	6.20	3.10	3.12	3.10	3.08	50%	50%
	Rata-rata					54%	53%

Pada Tabel 4.14 terlihat bahwa bambu ori memiliki pengurangan dimensi lebih besar dibandingkan bambu betung, walaupun selisihnya kecil. Selain itu terlihat juga bahwa pengurangan tebal geladak terbesar dialami oleh kapal dengan kapasitas 30, sebesar 61% untuk bambu ori dan betung. Penggambaran pola pengurangan tebal geladak kapal ditunjukkan pada Gambar 4.9 di bawah ini.



Gambar 4.9. Grafik tebal geladak kapal perikanan

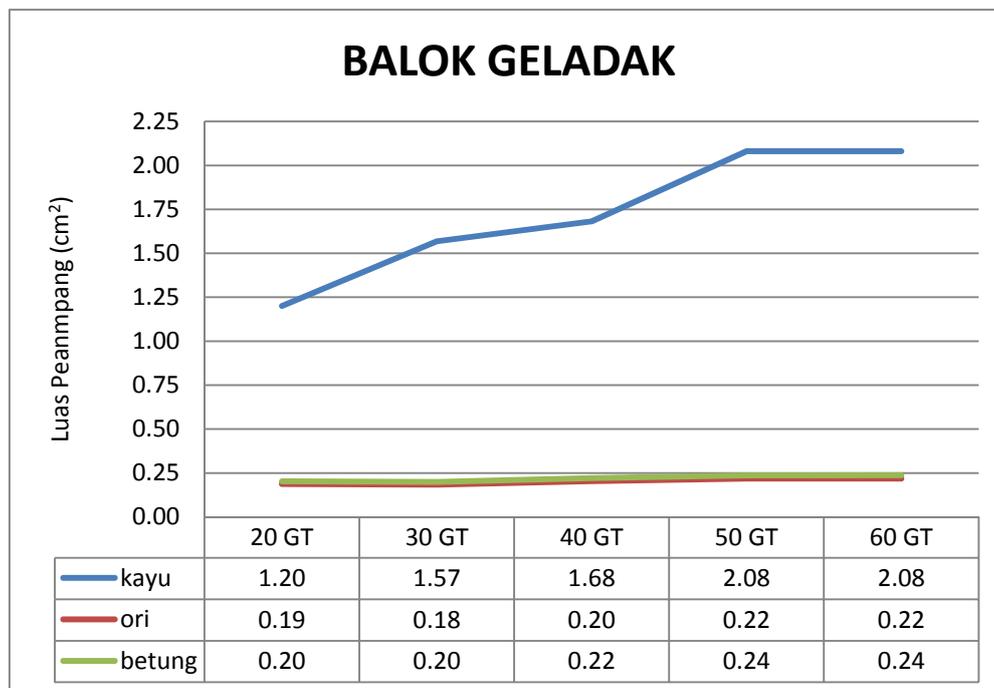
4.3.9 Balok Geladak

Hasil pengelompokkan ukuran balok geladak kapal ikan ditunjukkan dengan luas penampang pada masing-masing kapasitas kapal. Data hasil pengelompokkan tertera pada Tabel 4.15 di bawah ini.

Tabel 4.15. Ukuran Balok Geladak Kapal Ikan

Kapasitas (GT)	luas penampang (cm ²)			selisih		persentase	
	kayu	ori	betung	$\Delta[1][2]$	$\Delta[1][3]$	$\{[4]/[1]\} * 100$	$\{[5]/[1]\} * 100$
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
20	1.20	0.19	0.20	1.01	1.00	84%	83%
30	1.57	0.18	0.20	1.38	1.37	88%	87%
40	1.68	0.20	0.22	1.48	1.46	88%	87%
50	2.08	0.22	0.24	1.86	1.84	90%	89%
60	2.08	0.22	0.24	1.86	1.84	90%	89%
	Rata-rata					88%	87%

Pada Tabel 4.15 terlihat bahwa bambu ori memiliki pengurangan dimensi lebih besar dibandingkan bambu betung, walaupun selisihnya kecil. Selain itu terlihat juga bahwa pengurangan dimensi balok geladak terbesar dialami oleh kapal dengan kapasitas 50 dan 60 GT, sebesar 90% untuk bambu ori dan 89% untuk bambu betung. Penggambaran pola pengurangan dimensi galar balok kapal ditunjukkan pada Gambar 4.10 di bawah ini.

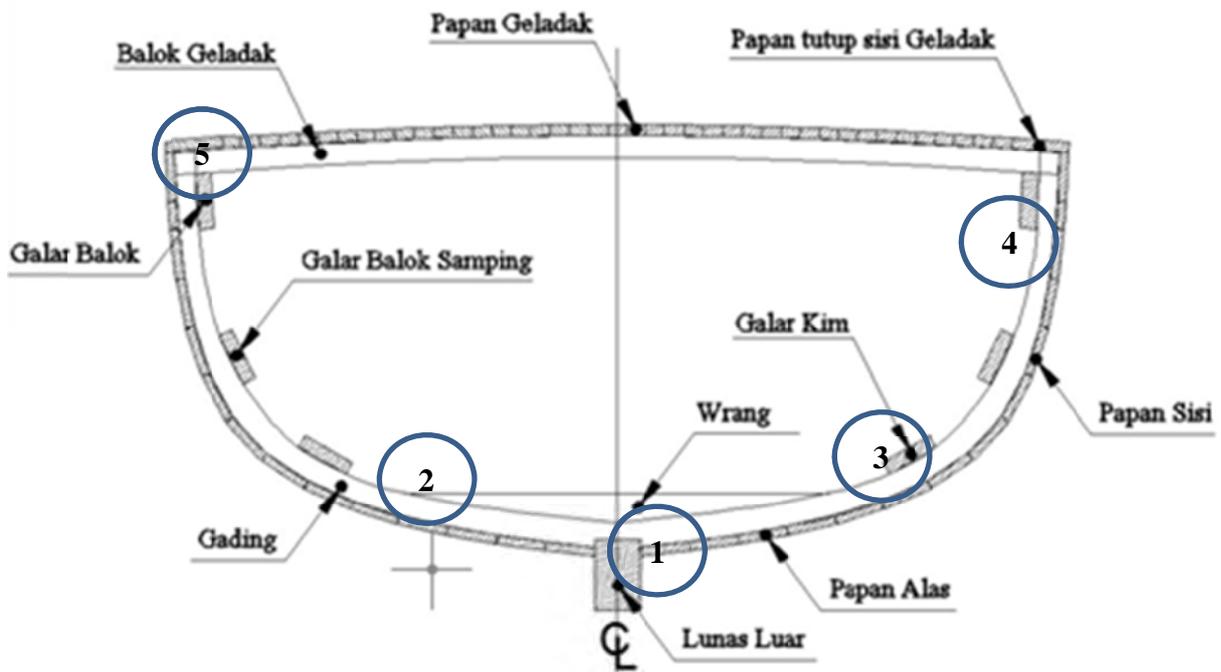


Gambar 4.10. Grafik ukuran balok geladak kapal perikanan

4.4. Data Kekuatan Kapal Perikanan

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

Tinjauan hot spot area, menurut ABS (2004) berada pada daerah-daerah sambungan yang kebanyakan berada pada bottom area dan lambung kapal. Tinjauan hot spot area dilakukan pada AP hingga $0.25L$ dari midship kapal, karena sepanjang area tersebut mengalami momen terbesar dan tegangan terbesar. Daerah sambungan tersebut kemudian dijadikan objek analisis kekuatan kapal. Letak tinjauan analisis pada kapal ikan diunjukkan pada Gambar 4.10 di bawah ini.

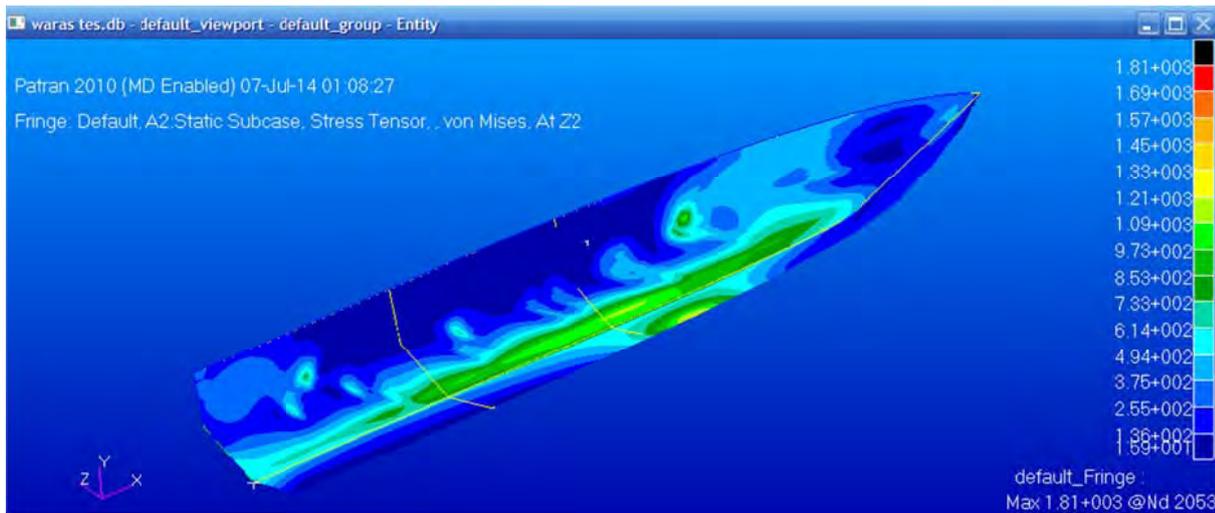


Gambar 4.11. Letak daerah tinjauan analisis

Sumber : (Anchor, 2010)

Pada penulisan Tugas Akhir ini, objek kapal yang dimodelkan dan dianalisis adalah kapal dengan kapasitas 20, 40, dan 60 GT. Hal ini dilakukan dengan asumsi bahwa apabila kapal dengan kapasitas tertentu dinyatakan kuat, maka kapal dengan kapasitas lebih kecil akan kuat pula.

Hasil analisis menggunakan software MSC Nastran ditunjukkan pada Gambar 4.12. Pada gambar tersebut menunjukkan bentuk kapal dengan warna-warna pada daerah-daerah lambung. Warna tersebut menunjukkan tegangan yang terjadi pada elemen tertentu dalam suatu area. Semakin gelap warna, maka semakin besar pula nilai tegangan yang ditunjukkan, begitu juga sebaliknya. Tegangan yang tertera pada hasil analisis menggunakan satuan Pa atau N/m^2 .



Gambar 4.12. Hasil analisis MSC Nastran

Sumber : (MSC Nastran, 2010)

4.4.1 Nilai Tegangan pada Sambungan 1

Sambungan satu didiskripsikan dengan sambungan antara lunas dengan lunas kapal. Hasil tegangan yang terjadi pada sambungan satu tertera pada Tabel 4.16 di bawah ini.

Tabel 4.16. Nilai Tegangan pada Sambungan 1

No Gading	20 GT		30 GT		40 GT		50 GT		60 GT		Satuan
	Ori	Betung									
3	7.86	8.61	7.42	8.52	9.87	16.2	11.3	17.5	10.1	3.55	Mpa
4	5.98	9.3	6.012	9.4	16.7	15.8	18.9	16.9	18.8	7.12	Mpa
5	5.09	20.6	5.21	21.4	1.27	15.2	1.45	16.9	23.8	9.78	Mpa
6	2.8	6.1	2.67	7.2	3.99	4.19	4.15	4.34	2.78	5.9	Mpa
7	4.27	3.63	4.35	3.87	2.82	8.67	2.99	8.97	4.45	3.93	Mpa
8	1.95	1.12	2.16	1.32	2.08	3.62	2.07	3.78	2.57	5.93	Mpa
9	2.54	1.32	2.66	1.44	2.48	3.74	2.67	3.94	2.16	2.88	Mpa
10	3.16	1.32	3.09	1.65	7.38	6.73	7.46	6.82	1.58	3.06	Mpa
11	11.1	8.57	14.5	8.84	9.4	8.6	10.4	9.1	11.1	12.87	Mpa
12	9.27	6.66	9.64	6.89	7.89	6.96	8.05	6.76	9.26	6.5	Mpa

No Gading	20 GT		30 GT		40 GT		50 GT		60 GT		Satuan
	Ori	Betung									
13	5.7	2.76	5.3	2.61	15.2	3.68	16.4	3.52	2.57	15.1	Mpa
14	23.8	2.79	25.4	2.97	15.1	3.59	16.4	3.48	23.8	23.4	Mpa
15	5.93	5.98	6.12	6.11	6.26	6.2	6.75	7.2	5.93	4.57	Mpa
16	6.82	4.89	6.74	4.91	5.33	4.69	5.65	4.34	6.8	3.89	Mpa
17	2.08	5.09	2.11	5.14	10.1	8.61	10.2	8.72	3.25	6.8	Mpa
nilai Max	23.8	20.6	25.4	21.4	16.7	16.2	18.9	17.5	23.8	23.4	Mpa

Pada Tabel 4.16 menunjukkan bagaimana beban bekerja pada struktur kapal ikan. Tegangan yang terjadi adalah akibat beban air laut dan beban muatan dalam kapal. Beban yang bekerja menimbulkan reaksi pada daerah sambungan lunas dengan wrang. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh modulus elastisitas dari bambu laminasi dan juga luas penampang dari lunas dan wrang. Semakin besar nilai tegangan menunjukkan besarnya reaksi diberikan sambungan untuk mengakomodir beban yang ada. Pada kasus nyata apabila nilai tegangan melebihi tegangan yang diizinkan, maka daerah sambungan akan mengalami kerusakan, atau bisa dibilang modulus penampang tidak memenuhi persyaratan yang diberikan.

4.4.2 Nilai Tegangan pada Sambungan 2

Sambungan dua didiskripsikan dengan sambungan antara wrang dengan gading kapal. Hasil tegangan yang terjadi pada sambungan satu tertera pada Tabel 4.17 di bawah ini.

Tabel 4.17. Nilai Tegangan pada Sambungan 1

No Gading	20 GT		30 GT		40 GT		50 GT		60 GT		Satuan
	Ori	Betung									
3	3.54	2.4	3.24	2.9	7.58	3.98	7.61	4.02	6.58	3.49	Mpa
4	6.8	3.94	7	4.06	7.85	4.88	8.012	4.94	7.34	5.24	Mpa
5	6.88	4.28	6.92	4.41	5.67	4.79	5.74	4.61	6.9	7.8	Mpa
6	5.16	4.21	5.24	4.32	4.74	4.22	4.85	4.12	4.85	6.2	Mpa
7	3.31	3.59	3.42	3.68	3.64	3.69	3.74	3.41	3.24	3.6	Mpa
8	2.77	2.79	2.82	2.82	2.9	3.05	3.01	3.25	2.77	2.58	Mpa
9	3.24	2.78	3.62	2.86	3.08	3.16	3.24	3.04	3.25	2.26	Mpa
10	3.27	2.55	3.62	2.24	3.04	2.94	3.26	2.6	3.27	4.21	Mpa
11	3.49	2.71	3.84	2.81	3.23	3.05	3.41	3.14	3.48	3.44	Mpa
12	4.1	2.18	4.6	2.26	3.13	2.4	3.46	2.6	4.08	4.27	Mpa
13	4	1.44	4.2	1.51	2.68	1.61	2.78	1.84	3.98	3.21	Mpa
14	3.29	1.97	6	2.04	2.47	2.25	2.52	2.31	3.27	4.14	Mpa

No Gading	20 GT		30 GT		40 GT		50 GT		60 GT		Satuan
	Ori	Betung									
15	3.21	3.31	3.54	3.64	3.55	3.77	3.64	3.85	3.22	4.55	Mpa
16	2.97	3.46	3.04	3.85	3.56	3.96	3.68	4.01	2.99	3.85	Mpa
17	5.84	2.25	5.96	2.12	3.08	3.75	3.24	3.52	6.84	2.79	Mpa
nilai Max	6.88	4.28	7	4.41	7.85	4.88	8.012	4.94	7.34	7.8	Mpa

Pada Tabel 4.17 menunjukkan bagaimana beban bekerja pada struktur kapal ikan. Tegangan yang terjadi adalah akibat beban air laut dan beban muatan dalam kapal. Beban yang bekerja menimbulkan reaksi pada daerah sambungan wrang dengan gading. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh modulus elastistas dari bambu laminasi dan juga luas penampang dari gading dan wrang. Semakin besar nilai tegangan menunjukkan besarnya reaksi diberikan sambungan untuk mengakomodir beban yang ada.

4.4.3 Nilai Tegangan pada Sambungan 3

Sambungan tiga didiskripsikan dengan sambungan antara galar kim dengan gading kapal. Hasil tegangan yang terjadi pada sambungan satu tertera pada Tabel 4.18 di bawah ini.

Tabel 4.18. Nilai Tegangan pada Sambungan 3

No Gading	20 GT		30 GT		40 GT		50 GT		60 GT		Satuan
	Ori	Betung									
3	4.91	4.14	5.01	4.26	3.97	4.18	4.01	4.25	4.9	3.84	Mpa
4	8.65	6.39	8.75	6.48	7.38	6.73	7.45	6.84	8.65	6.08	Mpa
5	11.1	8.57	12.1	8.63	9.4	8.6	9.6	8.1	11.1	12.87	Mpa
6	9.27	6.66	9.36	6.86	7.89	6.96	7.9	6.78	9.26	9.4	Mpa
7	3.85	3.67	3.74	3.84	3.84	3.75	9.6	3.15	3.85	3.55	Mpa
8	6.8	3.89	6.5	4.01	6.82	4.89	6.94	4.94	5.33	4.69	Mpa
9	2.8	6.1	2.9	6.3	3.99	3.99	4.01	4.02	2.78	5.9	Mpa
10	3.84	3.75	3.74	3.62	3.85	3.55	3.84	3.61	3.85	3.67	Mpa
11	2.74	5.74	2.82	5.84	5.9	6.47	4.5	6.84	4.49	4.74	Mpa
12	2.8	6.1	2.6	6.7	3.99	4.19	3.84	4.25	2.78	5.9	Mpa
13	4.27	3.63	4.34	3.34	3.94	4.07	3.45	4.24	4.45	3.93	Mpa
14	5.93	5.98	5.64	6.01	6.26	6.2	6.64	6.6	5.93	4.57	Mpa
15	6.82	4.89	6.92	4.97	5.33	4.69	5.54	4.15	6.8	3.89	Mpa
16	3.99	3.99	4.08	4.03	2.78	5.9	2.68	6.4	2.8	6.1	Mpa
17	3.94	3.94	4.16	3.6	4.45	3.93	4.19	4.01	4.27	3.63	Mpa
nilai Max	11.1	8.57	12.1	8.63	9.4	8.6	9.6	8.1	11.1	12.87	Mpa

Pada Tabel 4.18 menunjukkan bagaimana beban bekerja pada struktur kapal ikan. Tegangan yang terjadi adalah akibat beban air laut dan beban muatan dalam kapal. Beban yang bekerja menimbulkan reaksi pada daerah sambungan galar kim dengan gading. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh modulus elastisitas dari bambu laminasi dan juga luas penampang dari galar kim dan gading. Semakin besar nilai tegangan menunjukkan besarnya reaksi diberikan sambungan untuk mengakomodir beban yang ada. Pada kasus nyata apabila nilai tegangan melebihi tegangan yang diizinkan, maka daerah sambungan akan mengalami kerusakan, atau bisa dibilang modulus penampang tidak memenuhi persyaratan yang diberikan.

4.4.4 Nilai Tegangan pada Sambungan 4

Sambungan empat didiskripsikan dengan sambungan antara galar balok dengan gading kapal. Hasil tegangan yang terjadi pada sambungan satu tertera pada Tabel 4.19 di bawah ini.

Tabel 4.19. Nilai Tegangan pada Sambungan 4

No Gading	20 GT		30 GT		40 GT		50 GT		60 GT		Satuan
	Ori	Betung									
3	3.85	3.55	3.94	3.62	3.85	3.67	3.95	3.74	3.84	3.75	Mpa
4	6.57	6.47	6.62	6.84	3.94	4.07	4.01	4.12	3.74	5.74	Mpa
5	3.99	4.19	4.12	4.32	6.26	6.2	6.32	6.4	6.78	5.9	Mpa
6	3.94	4.07	3.84	4.21	3.84	3.75	3.94	3.85	4.45	3.93	Mpa
7	6.26	6.2	6.31	6.8	2.74	5.74	2.82	5.86	5.93	4.57	Mpa
8	5.33	4.69	5.41	4.85	6.82	4.89	6.93	4.92	6.26	6.2	Mpa
9	2.78	5.9	2.86	6.2	3.99	3.99	4.01	4.04	4.27	3.63	Mpa
10	4.45	3.93	4.55	4.51	3.94	3.94	4.02	3.84	4.27	3.63	Mpa
11	11.1	8.57	13.6	8.62	9.4	8.6	10.2	9.2	11.1	12.87	Mpa
12	4.27	3.63	4.12	3.75	7.89	6.96	7.95	7.12	3.94	4.07	Mpa
13	5.93	5.98	6.01	6.02	3.84	3.75	3.96	3.85	6.26	6.2	Mpa
14	4.45	3.93	4.65	4.01	9.27	6.66	9.32	6.45	4.27	3.63	Mpa
15	5.93	4.57	6.04	4.65	3.85	3.67	3.94	3.62	5.93	5.98	Mpa
16	6.8	3.89	7.4	3.95	5.33	4.69	5.44	4.78	6.82	4.89	Mpa
17	2.8	6.1	3.1	6.3	2.78	5.9	2.54	6.2	3.99	3.99	Mpa
nilai Max	11.1	8.57	13.6	8.62	9.4	8.6	10.2	9.2	11.1	12.87	Mpa

Pada Tabel 4.19 menunjukkan bagaimana beban bekerja pada struktur kapal ikan. Tegangan yang terjadi adalah akibat beban air laut dan beban muatan dalam kapal. Beban yang bekerja menimbulkan reaksi pada daerah sambungan galar balok dengan gading. Hal

tersebut sangat dipengaruhi oleh modulus elastistas dari bambu laminasi dan juga luas penampang dari galar balok dan gading. Semakin besar nilai tegangan menunjukkan besarnya reaksi diberikan sambungan untuk mengakomodir beban yang ada. Pada kasus nyata apabila nilai tegangan melebihi tegangan yang diizinkan, maka daerah sambungan akan mengalami kerusakan, atau bisa dibidang modulus penampang tidak memenuhi persyaratan yang diberikan.

4.4.5 Nilai Tegangan pada Sambungan 5

Sambungan lima didiskripsikan dengan sambungan antara balok geladak dengan gading kapal. Hasil tegangan yang terjadi pada sambungan satu tertera pada Tabel 4.20 di bawah ini.

Tabel 4.20. Nilai Tegangan pada Sambungan 5

No Gading	20 GT		30 GT		40 GT		50 GT		60 GT		Satuan
	Ori	Betung									
3	6.26	6.2	6.32	6.1	5.93	5.98	6.12	6.12	4.15	3.75	Mpa
4	4.27	3.63	4.35	3.74	4.45	3.93	4.52	4.08	5.9	6.66	Mpa
5	6.26	6.2	6.32	6.8	3.49	2.71	3.52	2.82	2.88	3.05	Mpa
6	4.27	3.63	4.36	3.74	4.1	2.18	5.4	2.21	4.934	5.74	Mpa
7	3.99	3.99	4.01	4.21	11.1	8.57	12.5	8.63	5.4	5.9	Mpa
8	3.85	3.55	3.96	3.63	4.27	3.63	4.34	3.74	3.17	3.67	Mpa
9	4.91	4.14	4.84	4.25	11.1	12.87	12.5	13.2	3.57	3.89	Mpa
10	8.65	6.39	8.54	6.41	9.26	7.56	9.62	7.62	5.48	5.98	Mpa
11	3.13	2.4	3.21	2.6	9.4	8.6	10.2	8.8	5.7	6.1	Mpa
12	2.68	1.61	2.74	1.71	7.89	6.96	7.92	7.14	15.6	15.6	Mpa
13	3.85	3.67	3.92	3.81	3.84	3.75	3.96	3.82	3.15	3.55	Mpa
14	3.85	3.67	3.92	3.82	5.93	5.98	6.14	6.32	4.29	4.57	Mpa
15	2.78	5.9	2.82	6.2	2.8	6.1	2.7	6.5	4.39	4.19	Mpa
16	2.77	2.79	2.84	2.81	7.34	5.24	7.22	5.63	4.29	4.22	Mpa
17	3.24	2.78	3.31	2.84	6.9	7.8	5.4	7.9	3.69	3.69	Mpa
nilai Max	8.65	6.39	8.54	6.8	11.1	12.87	12.5	13.2	15.6	15.6	Mpa

Pada Tabel 4.20 menunjukkan bagaimana beban bekerja pada struktur kapal ikan. Tegangan yang terjadi adalah akibat beban air laut dan beban muatan dalam kapal. Beban yang bekerja menimbulkan reaksi pada daerah sambungan balok geladak dengan gading. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh modulus elastistas dari bambu laminasi dan juga luas penampang dari balok geladak dan gading. Semakin besar nilai tegangan menunjukkan

besarnya reaksi diberikan sambungan untuk mengakomodir beban yang ada. Pada kasus nyata apabila nilai tegangan melebihi tegangan yang diizinkan, maka daerah sambungan akan mengalami kerusakan, atau bisa dibidang modulus penampang tidak memenuhi persyaratan yang diberikan.

4.5. Biaya Produksi Kapal Perikanan

Perhitungan biaya produksi kapal ikan ini dilakukan perghitungan biaya produksi satu meter kubik bambu laminasi jenis bambu ori dan betung. Harga ini dibandingkan dengan harga satu meter kubik kayu jati sebagai material pembuatan konstruksi lambung kapal.

Adapun komponen yang termasuk dalam perhitungan biaya produksi ini adalah : jumlah dan harga bambu laminasi satu meter kubik, jumlah dan banyaknya perekat yang dibutuhkan untuk membuat bambu laminasi serta biaya tenaga kerja yang dibutuhkan. Dalam melakukan perhitungan, diasumsikan bahwa peralatan yang digunakan untuk mengolah bambu mulai dari masih pohon sampai sudah berbentuk bilah merupakan peralatan ekonomis dan siap pakai. Selain itu tenaga kerja yang digunakan merupakan tenaga kerja yang ahli dan sudah berpengalaman dalam mengolah bambu.

4.5.1 Perhitungan Biaya Material Bambu Laminasi

Harga material bambu laminasi didapat dari perhitungan harga bambu per kubik ditambah dengan harga lem yang digunakan untuk menutupi satu kubik area laminasi.

Tabel 4.21. Harga Bambu Ori per meter kubik

Harga Bambu Ori Per Kubik	
Harga bambu 1 pohon (12 m)	Rp 35.000,00
Harga bambu 1 meter	Rp 2.916,66
Harga bambu 1 bilah	Rp 364,58
Volume bilah bambu 1 m ³	0.00015 m ³
Jumlah bilah 1m ³	6666,66 bilah
Harga bambu per m ³	Rp 2.430.313,00
Harga bambu per layer	Rp 12.151,6

Tabel 4.21 berisi perhitungan bambu ori per kubik, harga bambu ori satu pohon dengan panjang 12 m adalah Rp 35.000,00. Bambu dipotong menjadi ukuran 1 meter dengan biaya per meter Rp 2.916,66, setelah itu bambu dibelah menjadi 8 bilah dengan harag per bilah Rp 364,58. Bilah bambu dibuat dengan ukuran 0.5 x 3 x 100 cm sehingga didapatkan volume bilah bambu 0.00015 m3. Karena dilakukan perhitungan bambu laminasi dalam 1m3

maka volume 1 m³ akan dibagi dengan volume bilah bambu sehingga didapatkan jumlah bilah yang diperlukan dalam 1 m³ yaitu 6666,66 bilah. Harga bambu per m³ didapatkan dari harga bambu 1 bilah dikalikan jumlah bilah yang diperlukan dalam 1 m³, sehingga diperoleh biaya Rp 2.430.313,00 untuk 1 m³ bambu ori. Harga bambu per layer Rp 12.151,6 didapatkan dari biaya bambu ori m³ dibagi dengan jumlah layer dalam 1 m³ (200 layer). Biaya per layer ini digunakan untuk mengitung biaya bambu laminasi campuran.

Tabel 4.22. Harga Bambu Betung per meter kubik

Harga Bambu Betung Per Kubik	
Harga bambu 1 pohon (12 m)	Rp 40.000,00
Harga bambu 1 meter	Rp 3.333,33
Harga bambu 1 bilah	Rp 416,67
Volume bilah bambu 1 m ³	0.00015 m ³
Jumlah bilah 1m ³	6666,66 bilah
Harga bambu per m ³	Rp 2.777.500,00
Harga bambu per layer	Rp 13.887,5

Tabel 4.22 berisi perhitungan bambu betung per kubik, harga bambu betung satu pohon dengan panjang 12 m adalah Rp 40.000,00. Bambu dipotong menjadi ukuran 1 meter dengan biaya per meter Rp 3.333,33, setelah itu bambu dibelah menjadi 8 bilah dengan harga per bilah Rp 416,67. Bilah bambu dibuat dengan ukuran 0.5 x 3 x 100 cm sehingga didapatkan volume bilah bambu 0.00015 m³. Karena dilakukan perhitungan bambu laminasi dalam 1m³ maka volume 1 m³ akan dibagi dengan volume bilah bambu sehingga didapatkan jumlah bilah yang diperlukan dalam 1 m³ yaitu 6666,66 bilah. Harga bambu per m³ didapatkan dari harga bambu 1 bilah dikalikan jumlah bilah yang diperlukan dalam 1 m³, sehingga diperoleh biaya Rp 2.777.500,00 untuk 1 m³ bambu betung. Harga bambu per layer Rp 13.887,5 didapatkan dari biaya bambu betung 1 m³ dibagi dengan jumlah layer dalam 1 m³ (200 layer). Biaya per layer ini digunakan untuk mengitung biaya bambu laminasi campuran.

Harga epoxy 1 kg Rp 125.000,00 dengan luasan area pengeleman mencapai 58.064 cm². Luas permukaan atas dan bawah didapatkan dari luas permukaan atas (100x100) + permukaan sisi (50x34). Untuk luasan permukaan total bambu laminasi yang dilem nilainya sebesar 2.340.000 cm². Kebutuhan epoxy 1 m³ adalah 40,3 cm³, nilai ini didapat dari luasan total bambu laminasi dibagi luasan permukaan epoxy. Total biaya pengeleman 1 m³ adalah Rp 5.037.544,778. Perhitungan harga lem per meter kubik ditunjukkan pada Table 4.23.

Tabel 4.23. Harga Lem 1 m³

Perhitungan Harga Lem		
Harga 1 kg epoxy		Rp 125.000,00
Luas permukaan epoxy		58.064 cm ²
Luas permukaan laminasi		
Permukaan atas	100 x 100	10.000 cm ²
Permukaan sisi	0.5 x 100	50 cm ²
	50 x 34	1700 cm ²
Luas permukaan atas dan bawah		11.700 cm ²
Luasan total bambu laminasi		
	200 x 11700	2.340.000 cm ²
Kebutuhan epoxy 1 m ³ bambu		40,3 cm ³
	2.340.000/58.064	
Total biaya	40,3 x Rp 125.000,00	Rp 5.037.544,778

Biaya tenaga kerja per hari Rp 75.000, jam kerja efektif per hari 8 jam, biaya jam orang didapatkan dari biaya tenaga kerja dibagi dengan jam kerja efektif. Waktu yang dibutuhkan dalam pengerjaan bambu laminasi dari batang dibelah menjadi lonjor, dipecah menjadi bilah, diratakan dengan mesin multistripsaw, diplaner dengan mesin planer, dan proses pengeleman dan pengepresan 131,8 jam. Biaya tenaga kerja didapatkan dari total waktu x biaya jam orang. Total biaya tenaga kerja Rp 1.235.625,00. Perhitungan biaya tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 4.24 di bawah ini.

Tabel 4.24. Biaya Tenaga Kerja

Perhitungan Waktu Pengerjaan		
Jumlah batang yang dibutuhkan		
	(6666/8)/6	138,9 batang
138,9 batang dibelah menjadi 666,6 lonjor		
	666,6 x 0.5 menit	333,3 menit
666,6 lonjor dipecah menjadi 6666 bilah		
	666,6 x 1 menit	666,6 menit
6666 bilah diratakan dengan mesin multistripsaw		

	6666 x 0.5 menit	3333 menit
6666 bilah diplanar dengan mesin planar		
	6666 x 0.5 menit	3333 menit
Waktu pengeleman dan pengepresan		240 menit
Total waktu		7905,9 menit
		131,8 jam
Biaya tenaga kerja		
Biaya tenaga kerja per hari		Rp 75.000,00
Jam kerja efektif		8 jam
Biaya jam orang		
	Rp 75.000,00/8 jam	Rp 9.375,00
Biaya tenaga kerja per m ³		
	131,8 jam x Rp 9.375,00	Rp 1.235296,88
Biaya overhead (10% dari biaya tenaga kerja)		Rp 123.529.69
Total biaya tenaga kerja per m ³		Rp 1.358.826.56

Harga total laminasi didapat dari harga bambu 1 m³ ditambah harga lem yang diperlukan dalam 1 m³. Harga total laminasi merupakan faktor yang paling penting dalam perhitungan biaya produksi lambung kapal. Karena semakin besar harga total laminasi maka semakin mahal pula total biaya produksi pembuatan lambung kapal. Harga total laminasi bambu betung dan ori dapat dilihat pada Tabel 4.25 di bawah ini.

Tabel 4.25. Harga Total Laminasi Bambu per meter kubik

Biaya Total Laminasi 1 m ³ Laminasi		
Ori	Rp 1.358.826,87 + Rp 8.588.035,87	Rp 9.946.862,65
Betung	Rp 1.358.826,87 + Rp 8.987.301,5	Rp 10.346.128,37

4.5.2 Perhitungan Kebutuhan Material Kapal Perikanan

Data yang digunakan dalam perhitungan biaya produksi lambung kapal ikan adalah, volume kulit, volume sekat, volume lunas, volume gading, volume balok geladak, jumlah baut sambungan, perhitungan biaya material dan biaya tenaga kerja bambu laminasi. Nantinya

akan dilakukan perbandingan antara bambu laminasi dengan kayu jati. Volume lunas, kulit, gading, wrang, dan balok geladak didapat dari perhitungan berat kapal perbandingan.

- **Kapal Ikan 20 GT**

Kebutuhan material kapal ikan didasarkan pada ukuran komponen konstruksi yang dikalikan dengan dimensi ke tiga dalam desain kapal yang telah dirancang. Hasil dari pengalihan tersebut adalah besarnya volume dari komponen konstruksi yang terpasang pada kapal 20 GT. Kebutuhan material yang dihitung meliputi tiga kapal dengan kapasitas yang sama, namun berbahan dasar berbeda, yaitu kayu jati, bambu laminasi ori, dan bambu laminasi betung. Jumlah kebutuhan material kapal ikan 20 GT dapat tertera pada Tabel 4.26 di bawah ini.

Tabel 4.26. Kebutuhan Material Kapal Ikan 20 GT

Konstruksi	Kuantitas (m ³)		
	Kayu Jati	Bambu Ori	Bambu Betung
lunas	0.898	0.322	0.334
linggi haluan	0.291	0.023	0.026
gading	1.652	0.368	0.399
wrang	2.658	0.864	0.864
galar kim	0.182	0.068	0.074
galar balok	0.402	0.150	0.156
kulit	4.626	2.730	2.754
geladak	2.358	1.083	1.092
balok geladak	1.086	0.169	0.183
sekat	0.469	0.277	0.279
Jumlah	14.623	6.055	6.163

Pada Tabel 4.26 terlihat bahwa jumlah kebutuhan material kayu jatijauh lebih besar daripada kebutuhan bambu laminasi. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran komponen konstruksi pada kapal kayu, meskipun ukuran kapal sama. Kebutuhan bambu laminasi ori lebih kecil daripada bambu laminasi betung, walaupun selisihnya relatif kecil dibandingkan dengan kebutuhan material kayu. Selain itu terlihat pula bagian konstruksi kapal yang paling besar adalah kulit dan geladak. Hal ini menunjukkan besarnya luasan kulit dan geladak kapal dibandingkan jumlah volume bagian konstruksi yang lainnya. Jumlah kebutuhan material ini menjadi acuan utama dalam menghitung seberapa ekonomis kapal untuk dibangun nantinya.

- **Kapal Ikan 30 GT**

Kebutuhan material kapal ikan didasarkan pada ukuran komponen konstruksi yang dikalikan dengan dimensi ke tiga dalam desain kapal yang telah dirancang. Hasil dari pengalihan tersebut adalah besarnya volume dari komponen konstruksi yang terpasang pada kapal 30 GT. Kebutuhan material yang dihitung meliputi tiga kapal dengan kapasitas yang sama, namun berbahan dasar berbeda, yaitu kayu jati, bambu laminasi ori, dan bambu laminasi betung. Jumlah kebutuhan material kapal ikan 30 GT dapat tertera pada Tabel 4.27 di bawah ini.

Tabel 4.27. Kebutuhan Material Kapal Ikan 30 GT

Konstruksi	Kuantitas (m ³)		
	Kayu Jati	Bambu Ori	Bambu Betung
lunas	1.311	0.467	0.485
linggi haluan	0.351	0.023	0.026
gading	3.952	1.263	1.370
wrang	3.593	1.391	1.391
galatim	0.225	0.094	0.102
galatim balok	0.458	0.205	0.213
kulit	5.931	4.702	4.744
geladak	2.810	1.099	1.109
balok geladak	1.529	0.179	0.194
sekat	0.600	0.476	0.480
Jumlah	20.759	9.899	10.113

Pada Tabel 4.27 terlihat bahwa jumlah kebutuhan material kayu jatijauh lebih besar daripada kebutuhan bambu laminasi. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran komponen konstruksi pada kapal kayu, meskipun ukuran kapal sama. Kebutuhan bambu laminasi ori lebih kecil daripada bambu laminasi betung, walaupun selisihnya relatif kecil dibandingkan dengan kebutuhan material kayu. Selain itu terlihat pula bagian konstruksi kapal yang paling besar adalah kulit dan geladak. Hal ini menunjukkan besarnya luasan kulit dan geladak kapal dibandingkan jumlah volume bagian konstruksi yang lainnya. Jumlah kebutuhan material ini menjadi acuan utama dalam menghitung seberapa ekonomis kapal untuk dibangun nantinya.

- **Kapal Ikan 40 GT**

Kebutuhan material kapal ikan didasarkan pada ukuran komponen konstruksi yang dikalikan dengan dimensi ke tiga dalam desain kapal yang telah dirancang. Hasil dari pengalihan tersebut adalah besarnya volume dari komponen konstruksi yang terpasang pada

kapal 40 GT. Kebutuhan material yang dihitung meliputi tiga kapal dengan kapasitas yang sama, namun berbahan dasar berbeda, yaitu kayu jati, bambu laminasi ori, dan bambu laminasi betung. Jumlah kebutuhan material kapal ikan 40 GT dapat tertera pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28. Kebutuhan Material Kapal Ikan 40 GT

Konstruksi	Kuantitas (m ³)		
	Kayu Jati	Bambu Ori	Bambu Betung
lunas	1.463	0.467	0.485
linggi haluan	0.482	0.023	0.026
gading	8.963	1.543	1.674
wrang	4.468	1.506	1.506
galar kim	0.228	0.101	0.109
galar balok	0.442	0.205	0.213
kulit	6.470	5.319	5.366
geladak	3.029	1.410	1.423
balok geladak	2.138	0.259	0.280
sekat	0.658	0.541	0.545
Jumlah	28.340	11.374	11.628

Pada Tabel 4.28 terlihat bahwa jumlah kebutuhan material kayu jatijauh lebih besar daripada kebutuhan bambu laminasi. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran komponen konstruksi pada kapal kayu, meskipun ukuran kapal sama. Kebutuhan bambu laminasi ori lebih kecil daripada bambu laminasi betung, walaupun selisihnya relatif kecil dibandingkan dengan kebutuhan material kayu. Selain itu terlihat pula bagian konstruksi kapal yang paling besar adalah kulit dan geladak. Hal ini menunjukkan besarnya luasan kulit dan geladak kapal dibandingkan jumlah volume bagian konstruksi yang lainnya. Jumlah kebutuhan material ini menjadi acuan utama dalam menghitung seberapa ekonomis kapal untuk dibangun nantinya.

- ***Kapal Ikan 50 GT***

Kebutuhan material kapal ikan didasarkan pada ukuran komponen konstruksi yang dikalikan dengan dimensi ke tiga dalam desain kapal yang telah dirancang. Hasil dari pengalihan tersebut adalah besarnya volume dari komponen konstruksi yang terpasang pada kapal 50 GT. Kebutuhan material yang dihitung meliputi tiga kapal dengan kapasitas yang sama, namun berbahan dasar berbeda, yaitu kayu jati, bambu laminasi ori, dan bambu laminasi betung. Jumlah kebutuhan material kapal ikan 50 GT dapat tertera pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29. Kebutuhan Material Kapal Ikan 50 GT

Konstruksi	Kuantitas (m ³)		
	Kayu Jati	Bambu Ori	Bambu Betung
lunas	1.463	0.467	0.485
linggi haluan	0.482	0.023	0.026
gading	8.963	1.543	1.674
wrang	4.468	1.506	1.506
galar kim	0.228	0.101	0.109
galar balok	0.442	0.205	0.213
kulit	6.470	5.319	5.366
geladak	3.029	1.410	1.423
balok geladak	2.138	0.259	0.280
sekat	0.658	0.541	0.545
Jumlah	28.340	11.374	11.628

Pada Tabel 4.29 terlihat bahwa jumlah kebutuhan material kayu jatijauh lebih besar daripada kebutuhan bambu laminasi. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran komponen konstruksi pada kapal kayu, meskipun ukuran kapal sama. Kebutuhan bambu laminasi ori lebih kecil daripada bambu laminasi betung, walaupun selisihnya relatif kecil dibandingkan dengan kebutuhan material kayu. Selain itu terlihat pula bagian konstruksi kapal yang paling besar adalah kulit dan geladak. Hal ini menunjukkan besarnya luasan kulit dan geladak kapal dibandingkan jumlah volume bagian konstruksi yang lainnya. Jumlah kebutuhan material ini menjadi acuan utama dalam menghitung seberapa ekonomis kapal untuk dibangun nantinya.

- ***Kapal Ikan 60 GT***

Kebutuhan material kapal ikan didasarkan pada ukuran komponen konstruksi yang dikalikan dengan dimensi ke tiga dalam desain kapal yang telah dirancang. Hasil dari pengalihan tersebut adalah besarnya volume dari komponen konstruksi yang terpasang pada kapal 60 GT. Kebutuhan material yang dihitung meliputi tiga kapal dengan kapasitas yang sama, namun berbahan dasar berbeda, yaitu kayu jati, bambu laminasi ori, dan bambu laminasi betung. Jumlah kebutuhan material kapal ikan 60 GT dapat tertera pada Tabel 4.30.

Pada Tabel 4.30 terlihat bahwa jumlah kebutuhan material kayu jatijauh lebih besar daripada kebutuhan bambu laminasi. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran komponen konstruksi pada kapal kayu, meskipun ukuran kapal sama. Kebutuhan bambu laminasi ori lebih kecil daripada bambu laminasi betung, walaupun selisihnya relatif kecil dibandingkan dengan kebutuhan material kayu. Selain itu terlihat pula bagian konstruksi kapal yang paling besar

adalah kulit dan geladak. Hal ini menunjukkan besarnya luasan kulit dan geladak kapal dibandingkan jumlah volume bagian konstruksi yang lainnya. Jumlah kebutuhan material ini menjadi acuan utama dalam menghitung seberapa ekonomis kapal untuk dibangun nantinya.

Tabel 4.30. Kebutuhan Material Kapal Ikan 60 GT

Konstruksi	Kuantitas (m ³)		
	Kayu Jati	Bambu Ori	Bambu Betung
lunas	1.463	0.467	0.485
linggi haluan	0.482	0.023	0.026
gading	8.963	1.543	1.674
wrang	4.468	1.506	1.506
galar kim	0.228	0.101	0.109
galar balok	0.442	0.205	0.213
kulit	6.470	5.319	5.366
geladak	3.029	1.410	1.423
balok geladak	2.138	0.259	0.280
sekat	0.658	0.541	0.545
Jumlah	28.340	11.374	11.628

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran A

Ukuran Utama Kapal Perikanan

UKURAN UTAMA KAPAL PERIKANAN

UKURAN UTAMA

		20 GT	30 GT	40 GT	50 GT	60 GT	
Panjang Kapal (Loa)	=	18	20.3	21.7	22.3	23.3	meter
panjang garis air (Lwl)	=	14.5	18.1	18.6	21.6	22.7	meter
panjnag geladak	=	17.5	20.3	21.7	22.3	23.3	meter
lebar kapal (B)	=	3.8	3.6	4.4	5	5	meter
tinggi kapal (H)	=	1.7	2.6	2.8	2.9	3.2	meter
syarat (T)	=	1.1	1.8	2.1	1.8	2	meter
kecepatan	=	8	8	8	8	8	knot

REKAPITULASI SCANTLING KAPAL KAYU JATI

20 GT			
KONSTRUKSI	lebar (mm)	tinggi (mm)	luas (mm2)
Lunas	210	310	65100
linggi haluan	175	260	45500
gading	80	123	9840
jarak gading	355		
wrang	123	200	24600
galar kim	55	235	12925
galar balok	79	280	22120
kulit		39	
geladak		48	
balok geladak	250	48	12000

30 GT			
KONSTRUKSI	lebar (mm)	tinggi (mm)	luas (mm2)
Lunas	250	380	95000
linggi haluan	215	255	54825
gading	155	100	15500
jarak gading	440		
wrang	155	240	37200
galar kim	59	270	15930
galar balok	72	350	25200
kulit		48	
geladak		55	
galar balok samping	113	113	12769
balok geladak	280	56	15680

40 GT

KONSTRUKSI	lebar (mm)	tinggi (mm)	luas (mm ²)
Lunas	265	400	106000
linggi haluan	225	335	75375
gading	178	185	32930
jarak gading	475		
wrang	178	280	49840
galar kim	60	270	16200
galar balok	76	320	24320
kulit		51	
geladak		57	
galar balok samping	119	199	23681
balok geladak	290	58	16820

50 GT

KONSTRUKSI	lebar (mm)	tinggi (mm)	luas (mm ²)
Lunas	305	450	137250
linggi haluan	255	385	98175
gading	194	125	24250
jarak gading	485		
wrang	194	280	54320
galar kim	62	280	17360
galar balok	84	410	34440
kulit		57	
geladak		62	
galar balok bawah	132	132	17424
balok geladak	320	65	20800

60 GT

KONSTRUKSI	lebar (mm)	tinggi (mm)	luas (mm ²)
Lunas	305	450	137250
linggi haluan	255	385	98175
gading berganda	220	110	24200
jarak gading	540		
wrang	160	250	40000
galar kim	63	285	17955
galar balok	88	430	37840
kulit		57	
geladak		62	
galar balok samping	136	136	18496
balok geladak	320	65	20800

Lampiran B

Perhitungan Ukuran Komponen Konstruksi Kapal Kayu

PERHITUNGAN SCANTLING KAPAL KAYU JATI

DATA KAPAL

Panjang Kapal (Loa)	=	18	meter	
panjang garis air (Lwl)	=	14.5	meter	
panjang geladak	=	17.5	meter	
lebar kapal (B)	=	3.8	meter	
tinggi kapal (H)	=	1.7	meter	
syarat (T)	=	1.1	meter	
L/H	=	8.52941		
t	=	PANJANG BANGUNAN ATAS DAN ATAU RUMAH GELADAK PADA GARIS TENGAH KAPAL (m)		= 4 meter
h	=	TINGGI BANGUNAN ATAS DAN ATAU RUMAH GELADAK PADA GARIS TENGAH KAPAL (m)		= 1.7 meter

NOTED

INPUT	TEXT	HASIL	TEXT	HASIL
-------	------	-------	------	-------

No	Item																																																																																																																
1	<p>UKURAN LUNAS DAN LINGGI DEPAN</p> <p>nilai P = $L \times (B/3 + H)$ $L = (L1 + L2) / 2$ = = = 16 meter L1 = panjang garis air (Lwl) = = = 14.5 meter L2 = panjang geladak = = = 17.5 meter B = lebar kapal maksimal bagian luar = = = 3.8 meter H = tinggi vertikal pada kapal kayu di ukur dari sisi bawah sponeng ke sisi atas papan atas papan geladak pada sisi kapal H = 1.7 meter P = 47.47 dalam tabel masuk dalam range = 50</p> <p>penambahan luas penampang = 7%</p> <p style="background-color: blue; color: white; text-align: center; padding: 2px;">UNTUK PELAYARAN PANTAI</p> <p>penampang menurut tabel = 650 cm2 penambahan karena L/H = 7% maka luas penampang = 695.5 cm2</p> <p>ukuran lunas</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 35%;">Hanya lunas luar</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">=</td> <td style="width: 15%;">lebar</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">x</td> <td style="width: 15%;">tinggi</td> <td style="width: 5%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">210</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">310</td> <td style="text-align: center;">mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>lunas luar</td> <td style="text-align: center;">=</td> <td style="text-align: center;">lebar</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">tinggi</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">165</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">220</td> <td style="text-align: center;">mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Lunas Dalam</td> <td style="text-align: center;">=</td> <td style="text-align: center;">lebar</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">tinggi</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">175</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">165</td> <td style="text-align: center;">mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Linggi haluan</td> <td style="text-align: center;">=</td> <td style="text-align: center;">lebar</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">tinggi</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">175</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">260</td> <td style="text-align: center;">mm</td> </tr> </table> <p style="background-color: blue; color: white; text-align: center; padding: 2px;">UNTUK PELAYARAN LOKAL</p> <p>penampang menurut tabel = 585 cm2 penambahan karena L/H = 7% maka luas penampang = 625.95 cm2</p> <p>ukuran lunas</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 35%;">Hanya lunas luar</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">=</td> <td style="width: 15%;">lebar</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">x</td> <td style="width: 15%;">tinggi</td> <td style="width: 5%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">200</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">295</td> <td style="text-align: center;">mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>lunas luar</td> <td style="text-align: center;">=</td> <td style="text-align: center;">lebar</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">tinggi</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">160</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">205</td> <td style="text-align: center;">mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Lunas Dalam</td> <td style="text-align: center;">=</td> <td style="text-align: center;">lebar</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">tinggi</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">165</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">160</td> <td style="text-align: center;">mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Linggi haluan</td> <td style="text-align: center;">=</td> <td style="text-align: center;">lebar</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">tinggi</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">170</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">245</td> <td style="text-align: center;">mm</td> </tr> </table>	1	Hanya lunas luar	=	lebar	x	tinggi					210	x	310	mm	2	lunas luar	=	lebar	x	tinggi					165	x	220	mm	3	Lunas Dalam	=	lebar	x	tinggi					175	x	165	mm		Linggi haluan	=	lebar	x	tinggi					175	x	260	mm	1	Hanya lunas luar	=	lebar	x	tinggi					200	x	295	mm	2	lunas luar	=	lebar	x	tinggi					160	x	205	mm	3	Lunas Dalam	=	lebar	x	tinggi					165	x	160	mm		Linggi haluan	=	lebar	x	tinggi					170	x	245	mm
1	Hanya lunas luar	=	lebar	x	tinggi																																																																																																												
			210	x	310	mm																																																																																																											
2	lunas luar	=	lebar	x	tinggi																																																																																																												
			165	x	220	mm																																																																																																											
3	Lunas Dalam	=	lebar	x	tinggi																																																																																																												
			175	x	165	mm																																																																																																											
	Linggi haluan	=	lebar	x	tinggi																																																																																																												
			175	x	260	mm																																																																																																											
1	Hanya lunas luar	=	lebar	x	tinggi																																																																																																												
			200	x	295	mm																																																																																																											
2	lunas luar	=	lebar	x	tinggi																																																																																																												
			160	x	205	mm																																																																																																											
3	Lunas Dalam	=	lebar	x	tinggi																																																																																																												
			165	x	160	mm																																																																																																											
	Linggi haluan	=	lebar	x	tinggi																																																																																																												
			170	x	245	mm																																																																																																											

2 GADING

KAPAL PELAYARAN PANTAI

JARAK GADING TUNGGAL	=	355 mm	
JARAK GADING BERGANDA	=	395 mm	
KULIT LUAR	=	45 mm	penambahan karena L/H = 48.15 mm

UNTUK KAPAL KECIL TEBAL PAPAN KULIT LUAR KESELURUHANNYA BOLEH SAMA
 UNTUK KAPAL YANG BESAR PAPAN LAJUR SISI ATAS DAN PAPAN LUNAS HARUS DIPERKUAT (LIHAT TABEL 6a2)

JARAK GADING TUNGGAL	=	355	mm
JARAK GADING BERGANDA	=	395	mm
Tebal sisi dan alas	=	39	mm

KULIT LUAR			
PAPAN LAJUR SISI DAN LUNAS	=	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)
		430	45
PENAMBAHAN KARENA L/H	=	7%	
MAKA UKURAN MENJADI	=	460.1	48.15

MODULUS GADING

NILAI B/3 + H = 2.967 B/3 + H PADA TABEL = 3.2

MODULUS PENAMPANG UNTUK JARAK GADING 100 mm (W100)

YANG DILENGKUNG	TUNGGAL (cm ³)	BERGANDA (cm ³)
	49	41

BERLAPIS	24.5	cm ³
Dari Baja	3.06	cm ³

PENAMPANG GADING GADING

MODULUS SESUAI JARAK GADING

JENIS GADING	GADING DENGAN TEBAL SISI SAMA		GADING DENGAN TEBAL SISI TIDAK SAMA	
	TUNGGAL	BERGANDA	TUNGGAL	BERGANDA
MODULUS YANG DI LENGKUNG	173.95	161.95	173.95	161.95

PEMBACAAN TABEL

MODULUS YANG DI LENGKUNG	202	183	202	183
--------------------------	-----	-----	-----	-----

PENAMPANG GADING

UKURAN GADING YANG DILENGKUNG	TEBAL	TINGGI	
		1	2
GADING DENGAN TEBAL SISI SAMA TUNGGAL	80	123	97
GADING DENGAN TEBAL SISI SAMA BERGANDA	65	130	98
GADING DENGAN TEBAL SISI TIDAK SAMA TUNGGAL	80	123	97
GADING DENGAN TEBAL SISI TIDAK SAMA BERGANDA	65	130	98

UKURAN GADING BERLAPIS	JARAK GADING	W SESUAI JARAK GADING	W PEMBACAAN TEBEL	TEBAL & TINGGI
GADING DENGAN TEBAL SISI SAMA	355	86.98	102	85
GADING DENGAN TEBAL SISI SAMA	395	96.78	102	85
GADING DENGAN TEBAL SISI TIDAK SAMA	355	86.98	102	85
GADING DENGAN TEBAL SISI TIDAK SAMA	395	96.78	102	85

KAPAL PELAYARAN LOKAL

UNDER CONSTRUCTION

3 WRANG

KAPAL PELAYARAN PANTAI							
INDEKS (B/3 + H) =	2.96666667						
PEMBACAAN TABEL 4 =	3						
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">tinggi wrang</th> </tr> <tr> <th>Hanya lunas luar</th> <th>lunas luar dan lunas dalam</th> </tr> <tr> <td>200 (mm)</td> <td>170 (mm)</td> </tr> </table>		tinggi wrang		Hanya lunas luar	lunas luar dan lunas dalam	200 (mm)	170 (mm)
tinggi wrang							
Hanya lunas luar	lunas luar dan lunas dalam						
200 (mm)	170 (mm)						
KAPAL PELAYARAN LOKAL							
INDEKS (B/3 + H) =	2.96666667						
PEMBACAAN TABEL 4 =	3						
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">tinggi wrang</th> </tr> <tr> <th>Hanya lunas luar</th> <th>lunas luar dan lunas dalam</th> </tr> <tr> <td>180 (mm)</td> <td>160 (mm)</td> </tr> </table>		tinggi wrang		Hanya lunas luar	lunas luar dan lunas dalam	180 (mm)	160 (mm)
tinggi wrang							
Hanya lunas luar	lunas luar dan lunas dalam						
180 (mm)	160 (mm)						

4 GALAR KIM

KAPAL PELAYARAN PANTAI				
INDEKS L (B/3 + H) =	47.47			
PEMBACAAN TABEL =	50			
penampang balok galar	galar balok	galar balok samping	galar balok bawah	galar balok kim
	tinggi	tebal	tinggi	tebal
219	280	79	0	0
	jumlah	tinggi	tebal	
	0	0	0	235
		tinggi	tebal	
		0	0	55
KAPAL PELAYARAN LOKAL				
INDEKS L (B/3 + H) =	47.47			
PEMBACAAN TABEL =	50			
penampang balok galar	galar balok	galar balok samping	galar balok bawah	galar balok kim
	tinggi	tebal	tinggi	tebal
200	260	75	0	0
	jumlah	tinggi	tebal	
	0	0	0	220
		tinggi	tebal	
		0	0	53

5 GELADAK

KAPAL PELAYARAN PANTAI					
INDEKS L (B/3 + H) =	47.47				
PEMBACAAN TABEL =	50				
JARAK BALOK	TEBAL GELADAK	TUTUP SISI GELDAK		LUTUT HORIZONTAL	TEBAL PAGAR
		LEBAR	TEBAL		
570	48	250	48	6	35
KAPAL PELAYARAN LOKAL					
INDEKS L (B/3 + H) =	47.47				
PEMBACAAN TABEL =	50				
JARAK BALOK	TEBAL GELADAK	TUTUP SISI GELDAK		LUTUT HORIZONTAL	TEBAL PAGAR
		LEBAR	TEBAL		
540	43	250	44	6	35

Lampiran C

Perhitungan Ukuran Komponen Konstruksi Kapal Bambu Laminasi
Ori

CONTOH PERHITUNGAN SCANTLING KAPAL BAMBU LAMINASI ORI (20 GT)

DATA KAPAL

Panjang kapal (Loa)	=	18	meter	Massa jenis bambu	=	0.744	g/cm ³
Panjang garis air (Lwl)	=	14.5	meter	Bending strength (σ_{BM})	=	84.12	N/mm ²
Panjang geladak	=	17.5	meter	Tensile strength (σ_{SM})	=	165.7	N/mm ²
Lebar kapal (B)	=	3.8	meter	Jarak gading (a)	=	355	mm
Tinggi kapal (H)	=	1.7	meter				
Syarat (T)	=	1.1	meter				
Kecepatan (v)	=	8	knot				
L/H	=	8.5294					
L = (Loa+Lwl)/2	=	16.25					
l	=	PANJANG BANGUNAN ATAS		=		4	meter
h	=	TINGGI BANGUNAN ATAS		=		1.7	meter

NOTED

	INPUT		TEXT	HASIL		TEXT	HASIL
--	-------	--	------	-------	--	------	-------

No Load Determination

1 A 1.9.2 HULL LOADINGS

Table 1.1

Hull area	Motor craft		Sailing craft & motor sailer	
	Design loading [kN/m ²]			
shell bottom	P_{DBM}		P_{DBS}	
≥ 0.4 L ÷ fore	2.7 L + 3.29	47.165	3.29 L - 1.41	52.0525
< 0.4 L ÷ aft	2.16 L + 2.63	37.73	2.62 L - 1.13	41.445
shell side	P_{DSM}		P_{DSS}	
≥ 0.4 L ÷ fore	1.88 L + 1.76	32.31	2.06 L - 2.94	30.535
< 0.4 L ÷ aft	1.5 L + 1.41	25.785	2.63 L - 2.35	40.3875

2 A 1.9.3 CORRECTION FACTORS FOR SPEED

Table 1.2

Loading area	Correction factor		
Shell bottom	$F_{V_{BW}} = 0.075 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.73 \geq 1.0$	0.847813	1.0
Shell side	$F_{V_{S}} = \left(0.024 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.91 \right) (1.018 - 0.0024 \cdot L) \geq 1.0$	0.940253	1.0
Internal Structural members/Floors	$F_{V_{F}} = \left(0.78 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} - 0.48 \right) (1.1335 - 0.01 \cdot L) \geq 1.0$	0.762794	1.0
Web frame at WL Bottom longitudinal frames	$F_{V_{BW}} = 0.075 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.73 \geq 1.0$	0.887568	1.0
Transverse frames Webs at side	$F_{V_{SF}} = \left(0.1 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.52 \right) (1.19 - 0.01 \cdot L) > 1.0$	0.750168	1.0
Side longitudinal frames	$F_{V_{SL}} = \left(0.14 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.47 \right) (1.07 - 0.008 \cdot L) > 1.0$	0.718279	1.0

3 A 1.9.4 DECK AND SUPERSTRUCTURES LOADINGS

Table 1.3

Area		Sailing and motor craft ³ Design loads P_{d0} [kN/m ²]	
Main deck		0.26 L + 8.24	12.465
Cabins	h ≤ 0.5 m	deck ¹	11.2388
		wall	12.485
Deckhouse	h > 0.5 m	deck ^{1,2}	10.2835
		side wall ²	11.4055
		front wall	14.2568

¹ Minimum load for non walk-on cabin decks $P_{d0} = 4.0$ [kN/m²]

² h' = 0.5 h (h = superstructure height above main deck)

³ In the case of special-purpose craft such as fishing craft, the deck load may have to be corrected as appropriate for additional loads present

No	Item										
1	UKURAN LUNAS, LINGGI dan GALAR										
	$k_s = 0.56/\rho = 0.75269$										
1.1	LUNAS										
	Panjang (L) = 13.8 m indeks dalam tabel = 14										
	Sailing Yacht										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> </tr> <tr> <td>105</td> <td>x</td> <td>215</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	105	x	215			
tinggi	x	lebar	mm								
105	x	215									
	Motor Yacht										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> <td>Luas penampang</td> <td rowspan="2">cm²</td> </tr> <tr> <td>115</td> <td>x</td> <td>203</td> <td>233.33</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang	cm ²	115	x	203	233.33
tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang		cm ²					
115	x	203		233.33							
1.2	LINGGI										
	Panjang (L) = 6.4 m indeks dalam tabel = 8										
	Sailing Yacht										
	Linggi haluan bawah										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> </tr> <tr> <td>79</td> <td>x</td> <td>79</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	79	x	79			
tinggi	x	lebar	mm								
79	x	79									
	Linggi haluan atas dan linggi buritan										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> </tr> <tr> <td>68</td> <td>x</td> <td>68</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	68	x	68			
tinggi	x	lebar	mm								
68	x	68									
	Motor Yacht										
	Linggi haluan bawah										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> </tr> <tr> <td>68</td> <td>x</td> <td>68</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	68	x	68			
tinggi	x	lebar	mm								
68	x	68									
	Linggi haluan atas dan linggi buritan										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> <td>Luas penampang</td> <td rowspan="2">cm²</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>x</td> <td>60</td> <td>63.978</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang	cm ²	60	x	60	63.978
tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang		cm ²					
60	x	60		63.978							
1.3	GALAR BALOK										
	Panjang (L) = 17.4 m indeks dalam tabel = 18										
	Sailing Yacht										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> <td>Luas penampang</td> <td rowspan="2">cm²</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>x</td> <td>163</td> <td>97.849</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang	cm ²	60	x	163	97.849
tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang		cm ²					
60	x	163		97.849							
	Motor Yacht										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> <td>Luas penampang</td> <td rowspan="2">cm²</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>x</td> <td>138</td> <td>82.796</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang	cm ²	60	x	138	82.796
tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang		cm ²					
60	x	138		82.796							

2 TEBAL KULIT, GELADAK dan SEKAT

Faktor untuk panel pelat yang ditekuk h/s

h/s	f_k
0 - 0.03	1
0.03 - 0.1	1.15 - 5 h/s
≥ 0.1	0.65

$$= 0 \quad f_k = 1$$

1
1.15
0.65

$$t = 0.0452 \cdot f_k \cdot b \cdot \sqrt{\frac{P_d}{\sigma_{Rm}}}$$

2.1 KULIT

Sailing Yacht

$$b = 680 \text{ mm}$$

Hull area	Thickness	
shell bottom		
$\geq 0.4 L \div$ fore	24	mm
$< 0.4 L \div$ aft	22	mm
shell side		
$\geq 0.4 L \div$ fore	19	mm
$< 0.4 L \div$ aft	21	mm

Motor Yacht

$$b = 680 \text{ mm}$$

Hull area	Thickness	
shell bottom		
$\geq 0.4 L \div$ fore	23	mm
$< 0.4 L \div$ aft	21	mm
shell side		
$\geq 0.4 L \div$ fore	19	mm
$< 0.4 L \div$ aft	17	mm

2.2 GELADAK

Sailing Yacht

$$b = 1267 \text{ mm}$$

Area			Thickness	
Main deck				
			22	mm
Cabins	$h \leq 0.5 \text{ m}$	deck ¹	21	mm
		wall	22	mm
Deckhouse	$h > 0.5 \text{ m}$	deck ^{1,2}	20	mm
		side wall ²	21	mm
		front wall	24	mm

Motor Yacht

$$b = 1267 \text{ mm}$$

Area			Thickness	
Main deck				
			22	mm
Cabins	$h \leq 0.5 \text{ m}$	deck ¹	21	mm
		wall	22	mm
Deckhouse	$h > 0.5 \text{ m}$	deck ^{1,2}	20	mm
		side wall ²	21	mm
		front wall	24	mm

2.3 SEKAT

Sailing Yacht

$$b = 680 \text{ mm}$$

Hull area	Thickness	
$\geq 0.4 L \div$ fore	24	mm
$< 0.4 L \div$ aft	22	mm

Motor Yacht

$$b = 680 \text{ mm}$$

Hull area	Thickness	
$\geq 0.4 L \div$ fore	23	mm
$< 0.4 L \div$ aft	21	mm

3 WRANG, GADING dan BALOK GELADAK

Semua modulus penampang yang didapatkan harus dikalikan dengan k_{10}

$$k_{10} = 152 / \sigma_{RM} = 0.9173$$

3.1 WRANG

see table 1.11

Sailing Yacht

$$\begin{aligned} e &= 355 \text{ mm} \\ l &= 0.355 \text{ m} \\ k_4 &= 1.35625 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_B &= 6.3342552 \text{ cm}^3 & W_5 &= 59.602 \text{ cm}^3 \\ W_{B(\min)} &= 92.452435 \text{ cm}^3 & W_{B(\min)} &= 92.452 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= 92.452435 \text{ cm}^3 \\ W \times k_{10} &= 84.80851 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

lebar	x	tinggi	cm
6	x	9.21	

lebar	x	tinggi	mm
60	x	92	
Luas penampang			cm ²
55.255			

Motor Yacht

$$\begin{aligned} e &= 355 \text{ mm} \\ l &= 0.355 \text{ m} \\ k_4 &= 0.83125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_B &= 6.77345 \text{ cm}^3 & W_5 &= 21.86 \text{ cm}^3 \\ W_{B(\min)} &= 37.137831 \text{ cm}^3 & W_{B(\min)} &= 37.138 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= 37.137831 \text{ cm}^3 \\ W \times k_{10} &= 34.067293 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

lebar	x	tinggi	cm
4	x	7.15	

lebar	x	tinggi	mm
40	x	71	
Luas penampang			cm ²
28.594			

3.2 GADING

see table 1.11

Sailing Yacht

$e = 355 \text{ mm}$
 $l = 0.935 \text{ m}$
 $k_4 = 1.35625$

$W_S = 28.327418 \text{ cm}^3$ $L = 16.25 \text{ m}$
 $W_{S(\min)} = 59.602334 \text{ cm}^3$ $W_{S(\min)} = 59.602 \text{ cm}^3$

 $W = 59.602334 \text{ cm}^3$
 $W \times k_{10} = 54.67444 \text{ cm}^3$

face	x	web	cm
6	x	7.39	

face	x	web	mm
60	x	74	
Luas penampang			cm ²
44.365			

Motor Yacht

$e = 355 \text{ mm}$
 $l = 0.935 \text{ m}$
 $k_4 = 0.83125$

$W_S = 21.859742 \text{ cm}^3$ $L = 16.25 \text{ m}$
 $W_{S(\min)} = 17.277668 \text{ cm}^3$ $W_{S(\min)} = 17.278 \text{ cm}^3$

 $W = 21.859742 \text{ cm}^3$
 $W \times k_{10} = 20.052388 \text{ cm}^3$

face	x	web	cm
4	x	5.48	

face	x	web	mm
40	x	55	
Luas penampang			cm ²
21.938			

3.3 BALOK GELADAK

see table 1.18

Sailing & Motor Yacht

$e = 1.267 \text{ m}$
 $l = 0.355 \text{ m}$
 $k_8 = 0.738$

balok geladak cuaca

$W_{DU} = 4.059 \text{ cm}^3$
 $W_{DU(\min)} = 26.05 \text{ cm}^3$
 $W = 26.05 \text{ cm}^3$
 $W \times k_{10} = 23.9 \text{ cm}^3$

face	x	web	cm
4	x	5.99	

face	x	web	mm
40	x	60	
Luas penampang			cm ²
23.949			

balok dengan rumah geladak

$W_{DU} = 2.47 \text{ cm}^3$
 $W_{DU(\min)} = 15.85 \text{ cm}^3$
 $W = 15.85 \text{ cm}^3$
 $W \times k_{10} = 14.54 \text{ cm}^3$

face	x	web	cm
4	x	4.67	

face	x	web	mm
40	x	47	
Luas penampang			cm ²
18.681			

3.3 GALAR KIM

see table 1.12

Sailing Yacht

e = 935 mm
 l = 0.355 m
 k_s = 0.8625

W_{BL} = 11.16301 cm³ L = 16.25 m
 W_{BL(min)} = 65.893534 cm³ W_{BL(min)} = 65.894 cm³

W = 65.893534 cm³
 W x k₁₀ = 60.445487 cm³

face	x	web	cm
6	x	7.77	

face	x	web	mm
60	x	78	
Luas penampang			cm ²
46.648			

Motor Yacht

e = 935 mm
 l = 0.355 m
 k_s = 0.8625

W_B = 11.893288 cm³ L = 16.25 m
 W_{B(min)} = 70.204254 cm³ W_{B(min)} = 70.204 cm³

W = 70.204254 cm³
 W x k₁₀ = 64.399799 cm³

face	x	web	cm
6	x	8.02	

face	x	web	mm
60	x	80	
Luas penampang			cm ²
48.15			

Lampiran D

Perhitungan Ukuran Komponen Konstruksi Kapal Bambu Laminasi
Betung

CONTOH PERHITUNGAN SCANTLING KAPAL BAMBUI LAMINASI BETUNG (20 GT)

DATA KAPAL

Panjang kapal (Loa)	=	18 meter	Massa jenis bambu	=	0.717 g/cm ³
Panjang garis air (Lwl)	=	14.5 meter	Bending strength (σ _{BM})	=	82.64 N/mm ²
Panjang geladak	=	17.5 meter	Tensile strength (σ _{SM})	=	140.8 N/mm ²
Lebar kapal (B)	=	3.8 meter	Jarak gading (a)	=	355 mm
Tinggi kapal (H)	=	1.7 meter			
Syarat (T)	=	1.1 meter			
Kecepatan (v)	=	8 knot			
L/H	=	8.5294			
L = (Loa+Lwl)/2	=	16.25			
l	=	PANJANG BANGUNAN ATAS		=	4 meter
h	=	TINGGI BANGUNAN ATAS		=	1.7 meter

NOTED

INPUT	TEXT	HASIL	TEXT	HASIL
-------	------	-------	------	-------

No Load Determination

1 A 1.9.2 HULL LOADINGS

Table 1.1

Hull area	Motor craft		Sailing craft & motor sailer	
	Design loading [kN/m ²]			
shell bottom	P _{DBM}		P _{DBS}	
≥ 0.4 L ÷ fore	2.7 L + 3.29	47.165	3.29 L - 1.41	52.0525
< 0.4 L ÷ aft	2.16 L + 2.63	37.73	2.62 L - 1.13	41.445
shell side	P _{DSM}		P _{DSS}	
≥ 0.4 L ÷ fore	1.88 L + 1.76	32.31	2.06 L - 2.94	30.535
< 0.4 L ÷ aft	1.5 L + 1.41	25.785	2.63 L - 2.35	40.3875

2 A 1.9.3 CORRECTION FACTORS FOR SPEED

Table 1.2

Loading area	Correction factor		
Shell bottom	$F_{V_{BW}} = 0.075 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.73 \geq 1.0$	0.847813	1.0
Shell side	$F_{V_{S}} = \left(0.024 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.91 \right) (1.018 - 0.0024 \cdot L) \geq 1.0$	0.940253	1.0
Internal Structural members/Floors	$F_{V_{F}} = \left(0.78 \cdot \sqrt{\frac{v}{L_{WL}}} - 0.48 \right) (1.1335 - 0.01 \cdot L) \geq 1.0$	0.762794	1.0
Web frame at WL Bottom longitudinal frames	$F_{V_{BW}} = 0.075 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.73 \geq 1.0$	0.887568	1.0
Transverse frames Webs at side	$F_{V_{SF}} = \left(0.1 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.52 \right) (1.19 - 0.01 \cdot L) > 1.0$	0.750168	1.0
Side longitudinal frames	$F_{V_{SL}} = \left(0.14 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.47 \right) (1.07 - 0.008 \cdot L) > 1.0$	0.718279	1.0

3 A 1.9.4 DECK AND SUPERSTRUCTURES LOADINGS

Table 1.3

Area		Sailing and motor craft ³ Design loads P _{dB} [kN/m ²]	
Main deck		0.26 L + 8.24	12.465
Cabins	h ≤ 0.5 m	deck ¹	0.235 L + 7.42
		wall	0.26 L + 8.26
Deckhouse	h > 0.5 m	deck ^{1,2}	(0.235 L + 7.42) (1 - h'/10)
		side wall ²	(0.26 L + 8.24) (1 - h'/10)
		front wall	1.25(0.26 L + 8.24) (1 - h'/10)

¹ Minimum load for non walk-on cabin decks P_{dB} = 4.0 [kN/m²]

² h' = 0.5 h (h = superstructure height above main deck)

³ In the case of special-purpose craft such as fishing craft, the deck load may have to be corrected as appropriate for additional loads present

No	Item										
1	UKURAN LUNAS, LINGGI dan GALAR										
	$k_s = 0.56/\rho = 0.78103$										
1.1	LUNAS										
	Panjang (L) = 13.8 m indeks dalam tabel = 14										
	Sailing Yacht										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> </tr> <tr> <td>109</td> <td>x</td> <td>223</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	109	x	223			
tinggi	x	lebar	mm								
109	x	223									
	Motor Yacht										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> <td>Luas penampang</td> <td rowspan="2">cm²</td> </tr> <tr> <td>115</td> <td>x</td> <td>211</td> <td>242.12</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang	cm ²	115	x	211	242.12
tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang		cm ²					
115	x	211		242.12							
1.2	LINGGI										
	Panjang (L) = 6.4 m indeks dalam tabel = 8										
	Sailing Yacht										
	Linggi haluan bawah										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> </tr> <tr> <td>82</td> <td>x</td> <td>82</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	82	x	82			
tinggi	x	lebar	mm								
82	x	82									
	Linggi haluan atas dan linggi buritan										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>x</td> <td>70</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	70	x	70			
tinggi	x	lebar	mm								
70	x	70									
	Motor Yacht										
	Linggi haluan bawah										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>x</td> <td>70</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	70	x	70			
tinggi	x	lebar	mm								
70	x	70									
	Linggi haluan atas dan linggi buritan										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> <td>Luas penampang</td> <td rowspan="2">cm²</td> </tr> <tr> <td>64</td> <td>x</td> <td>64</td> <td>66.388</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang	cm ²	64	x	64	66.388
tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang		cm ²					
64	x	64		66.388							
1.3	GALAR BALOK										
	Panjang (L) = 17.4 m indeks dalam tabel = 18										
	Sailing Yacht										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> <td>Luas penampang</td> <td rowspan="2">cm²</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>x</td> <td>169</td> <td>101.53</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang	cm ²	60	x	169	101.53
tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang		cm ²					
60	x	169		101.53							
	Motor Yacht										
	<table border="1"> <tr> <td>tinggi</td> <td>x</td> <td>lebar</td> <td rowspan="2">mm</td> <td>Luas penampang</td> <td rowspan="2">cm²</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>x</td> <td>143</td> <td>85.914</td> </tr> </table>	tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang	cm ²	60	x	143	85.914
tinggi	x	lebar	mm	Luas penampang		cm ²					
60	x	143		85.914							

2 TEBAL KULIT, GELADAK dan SEKAT

Faktor untuk panel pelat yang ditekuk h/s

h/s	f_k
0 - 0.03	1
0.03 - 0.1	1.15 - 5 h/s
≥ 0.1	0.65

$$= 0 \quad f_k = 1$$

1
1.15
0.65

$$t = 0.0452 \cdot f_k \cdot b \cdot \sqrt{\frac{P_d}{\sigma_{Rm}}}$$

2.1 KULIT

Sailing Yacht

$$b = 680 \text{ mm}$$

Hull area	Thickness	
shell bottom		
$\geq 0.4 L \div \text{fore}$	24	mm
$< 0.4 L \div \text{aft}$	22	mm
shell side		
$\geq 0.4 L \div \text{fore}$	19	mm
$< 0.4 L \div \text{aft}$	21	mm

Motor Yacht

$$b = 680 \text{ mm}$$

Hull area	Thickness	
shell bottom		
$\geq 0.4 L \div \text{fore}$	23	mm
$< 0.4 L \div \text{aft}$	21	mm
shell side		
$\geq 0.4 L \div \text{fore}$	19	mm
$< 0.4 L \div \text{aft}$	17	mm

2.2 GELADAK

Sailing Yacht

$$b = 1267 \text{ mm}$$

Area			Thickness	
Main deck				
			22	mm
Cabins	$h \leq 0.5 \text{ m}$	deck ¹	21	mm
		wall	22	mm
Deckhouse	$h > 0.5 \text{ m}$	deck ^{1,2}	20	mm
		side wall ²	21	mm
		front wall	24	mm

Motor Yacht

$$b = 1267 \text{ mm}$$

Area			Thickness	
Main deck				
			22	mm
Cabins	$h \leq 0.5 \text{ m}$	deck ¹	21	mm
		wall	22	mm
Deckhouse	$h > 0.5 \text{ m}$	deck ^{1,2}	20	mm
		side wall ²	21	mm
		front wall	24	mm

2.3 SEKAT

Sailing Yacht

$$b = 680 \text{ mm}$$

Hull area	Thickness	
$\geq 0.4 L \div \text{fore}$	24	mm
$< 0.4 L \div \text{aft}$	22	mm

Motor Yacht

$$b = 680 \text{ mm}$$

Hull area	Thickness	
$\geq 0.4 L \div \text{fore}$	23	mm
$< 0.4 L \div \text{aft}$	21	mm

3 WRANG, GADING dan BALOK GELADAK

Semua modulus penampang yang didapatkan harus dikalikan dengan k_{10}

$$k_{10} = 152 / \sigma_{RM} = 1.0795$$

3.1 WRANG

see table 1.11

Sailing Yacht

$$e = 355 \text{ mm}$$

$$l = 0.355 \text{ m}$$

$$k_4 = 1.35625$$

$$W_B = 6.3342552 \text{ cm}^3 \quad W_5 = 59.602 \text{ cm}^3$$

$$W_{B(\min)} = 92.452435 \text{ cm}^3 \quad W_{B(\min)} = 92.452 \text{ cm}^3$$

$$W = 92.452435 \text{ cm}^3$$

$$W \times k_{10} = 99.806606 \text{ cm}^3$$

lebar	x	tinggi	cm
6	x	9.99	

lebar	x	tinggi	mm
60	x	100	
Luas penampang			cm ²
59.942			

Motor Yacht

$$e = 355 \text{ mm}$$

$$l = 0.355 \text{ m}$$

$$k_4 = 0.83125$$

$$W_B = 6.77345 \text{ cm}^3 \quad W_5 = 21.86 \text{ cm}^3$$

$$W_{B(\min)} = 37.137831 \text{ cm}^3 \quad W_{B(\min)} = 37.138 \text{ cm}^3$$

$$W = 37.137831 \text{ cm}^3$$

$$W \times k_{10} = 40.091977 \text{ cm}^3$$

lebar	x	tinggi	cm
4	x	7.75	

lebar	x	tinggi	mm
40	x	78	
Luas penampang			cm ²
31.019			

3.2 GADING

see table 1.11

Sailing Yacht

$e = 355 \text{ mm}$
 $l = 0.935 \text{ m}$
 $k_4 = 1.35625$

$W_S = 28.327418 \text{ cm}^3$ $L = 16.25 \text{ m}$
 $W_{S(\min)} = 59.602334 \text{ cm}^3$ $W_{S(\min)} = 59.602 \text{ cm}^3$

 $W = 59.602334 \text{ cm}^3$
 $W \times k_{10} = 64.343429 \text{ cm}^3$

face	x	web	cm
6	x	8.02	

face	x	web	mm
60	x	80	
Luas penampang			cm ²
48.129			

Motor Yacht

$e = 355 \text{ mm}$
 $l = 0.935 \text{ m}$
 $k_4 = 0.83125$

$W_S = 21.859742 \text{ cm}^3$ $L = 16.25 \text{ m}$
 $W_{S(\min)} = 17.277668 \text{ cm}^3$ $W_{S(\min)} = 17.278 \text{ cm}^3$

 $W = 21.859742 \text{ cm}^3$
 $W \times k_{10} = 23.598585 \text{ cm}^3$

face	x	web	cm
4	x	5.95	

face	x	web	mm
40	x	59	
Luas penampang			cm ²
23.798			

3.3 BALOK GELADAK

see table 1.18

Sailing & Motor Yacht

$e = 1.267 \text{ m}$
 $l = 0.355 \text{ m}$
 $k_8 = 0.738$

balok geladak cuaca

$W_{DU} = 4.059 \text{ cm}^3$
 $W_{DU(\min)} = 26.05 \text{ cm}^3$
 $W = 26.05 \text{ cm}^3$
 $W \times k_{10} = 28.12 \text{ cm}^3$

face	x	web	cm
4	x	6.50	

face	x	web	mm
40	x	65	
Luas penampang			cm ²
25.98			

balok dengan rumah geladak

$W_{DU} = 2.47 \text{ cm}^3$
 $W_{DU(\min)} = 15.85 \text{ cm}^3$
 $W = 15.85 \text{ cm}^3$
 $W \times k_{10} = 17.11 \text{ cm}^3$

face	x	web	cm
4	x	5.07	

face	x	web	mm
40	x	51	
Luas penampang			cm ²
20.265			

3.3 GALAR KIM

see table 1.12

Sailing Yacht

e = 935 mm
 l = 0.355 m
 k_s = 0.8625

W_{BL} = 11.16301 cm³ L = 16.25 m
 W_{BL(min)} = 65.893534 cm³ W_{BL(min)} = 65.894 cm³

W = 65.893534 cm³
 W x k₁₀ = 71.135065 cm³

face	x	web	cm
6	x	8.43	

face	x	web	mm
60	x	84	
Luas penampang			cm ²
50.605			

Motor Yacht

e = 935 mm
 l = 0.355 m
 k_s = 0.8625

W_B = 11.893288 cm³ L = 16.25 m
 W_{B(min)} = 70.204254 cm³ W_{B(min)} = 70.204 cm³

W = 70.204254 cm³
 W x k₁₀ = 75.788684 cm³

face	x	web	cm
6	x	8.71	

face	x	web	mm
60	x	87	
Luas penampang			cm ²
52.234			

Lampiran E

Perhitungan Biaya Material Bambu

PERHITUNGAN HARGA MATERIAL BAMBU LAMINASI

Harga Material Bambu Ori			
Harga Material Laminasi Bambu =		Harga bambu per kubik + Harga Lem yang digunakan	
	=	8588035.87	
Biaya Tenaga Kerja =		1358826.56	
Total Biaya Pengerjaan Bambu =		Rp9,946,862	
Harga Bambu Per Kubik			
Harga Bambu 1 pohon (12 m)=	35000		
Bambu dipotong menjadi 12 bagian. Harga bambu 1 meter =		2916.666667	2916.67
300000 / 12 =	2916.666667		
1 meter bambu dibagi menjadi 8 bilah. Harga 1 bilah bambu =		364.5833333	
2916,67/ 8 =	364.5833333		
Jumlah bilah bambu 1 m ³ =			
1m ³ / Volume 1 bilah bambu			
Dimensi 1 bilah bambu			
Panjang =	1 m		
Lebar =	0.03 m		
Tebal =	0.005 m		
Volume 1 bilah bambu =	0.00015 m ³		
Jumlah bilah bambu 1 m ³ =	6666.67 bilah		
	6666 bilah		
Harga bambu per m ³ =	2430313		
Harga bambu per layer =	12151.6		
Harga Lem yang Digunakan			
Harga 1 kg epoxy =	125000		
Coverage Area per galon epoxy adalah 250 ft ²			
1 galon epoxy =	4 kg epoxy		
4 kg epoxy dapat menutupi permukaan seluas 232257.5 cm ²			
1 kg epoxy dapat menutupi permukaan seluas 58064 cm ²			
Luas permukaan perekatan			
Luas Permukaan per layer adalah			
Permukaan atas			
	100 x 100 =	10000 cm ²	33.33333333
Permukaan sisi			
1 layer laminasi terdiri dari 34 bilah			
	0.5 x 100 =	50 cm ²	
	50 x 34 =	1700 cm ²	
Permukaan atas dan bawah =			
	10000 + 1700 =	11700 cm ²	
1 meter kubik bambu laminasi terdiri dari 200 layer			
Luasan total laminasi bambu =			
	200 X 1280 =	2340000 cm ²	
Kebutuhan Epoxy untuk laminasi 1 meter kubik bambu =			
	1 x 2340000 / 58064 =	40.3004 cm ³	
Biaya yang dibutuhkan		5037545	
Biaya laminasi 1 meter kubik bambu = Harga bambu per m ³ + harga lem per m ³			
	=	7467857.278	
Biaya Overhead (15% dari biaya laminasi)		1120178.592	
Total Biaya Laminasi 1 meter kubik bambu		8588035.87	
Biaya per layer		37339.28639	
Dapat dihitung jumlah waktu yang diperlukan untuk memproduksi 6666 bilah adalah dengan menghitung proses produksi dari batang utuh menjadi bilah dengan sebelumnya menghitung jumlah batang yang dibutuhkan adalah			
Banyaknya bilah / Jumlah bilah yang 1 meter / Ukuran bambu yang digunakan =			
	(6666/8)/6 =	138.9 batang	
	138,9 batang dibelah menjadi 666,6 lonjor =	666,6 x 0.5 menit =	333.3 menit
	666,6 lonjor dipecah menjadi 5332.8 bilah =	666,6 x 1 menit =	666.6 menit
	6666 bilah diratakan dengan mesin multistripsaw=	6666 x 0.5 menit =	3333 menit
	6666 bilah diplanar dengan mesin planar=	6666 x 0.5 menit =	3333 menit
	Waktu pengeleman dan pengepresan =		240 menit
		Total=	7905.9 menit
			131.8 jam
Biaya tenaga kerja per hari Rp 75,000			
Jam kerja efektif dalam sehari 8 jam			
Biaya jam orang =	9375		
Biaya tenaga kerja =	1235296.88		
Biaya Overhead (10% dari biaya tenaga kerja) =	123529.6875		
Total Biaya Tenaga Kerja =	1358826.56		

Harga Material Bambu Betung

Harga Material Laminasi Bambu =	Harga bambu per kubik + Harga Lem yang digunakan
=	8987301.495
Biaya Tenaga Kerja =	1358826.56
Total Biaya Pengerjaan Bambu =	Rp10,346,128

Harga Bambu Per Kubik

Harga Bambu 1 pohon (12 m)=	40000
Bambu dipotong menjadi 12 bagian. Harga bambu 1 meter =	
$400000 / 12 =$	3333.333333
1 meter bambu dibagi menjadi 8 bilah. Harga 1 bilah bambu =	
$3333.333 / 8 =$	416.6666667

Jumlah bilah bambu 1 m³ =

1m³ / Volume 1 bilah bambu

Dimensi 1 bilah bambu

Panjang =	1 m
Lebar =	0.03 m
Tebal =	0.005 m
Volume 1 bilah bambu =	0.00015 m ³
Jumlah bilah bambu 1 m ³ =	6666.67 bilah
	6666 bilah
Harga bambu per m ³ =	2777500
Harga bambu per layer =	13887.5

Harga Lem yang Digunakan

Harga 1 kg epoxy =	125000
Coverage Area per galon epoxy adalah 250 ft ²	
1 galon epoxy =	4 kg epoxy
4 kg epoxy dapat menutupi permukaan seluas 232257.5 cm ²	
1 kg epoxy dapat menutupi permukaan seluas 58064 cm ²	
Luas permukaan perekatan	
Luas Permukaan per layer adalah	
Permukaan atas	
$100 \times 100 =$	10000 cm ²
Permukaan sisi	
1 layer laminasi terdiri dari 34 bilah	
$0.5 \times 100 =$	50 cm ²
$50 \times 34 =$	1700 cm ²
Permukaan atas dan bawah =	
$10000 + 1700 =$	11700 cm ²
1 meter kubik bambu laminasi terdiri dari 200 layer	
Luasan total laminasi bambu =	
$200 \times 11700 =$	2340000 cm ²
Kebutuhan Epoxy untuk laminasi 1 meter kubik bambu =	
$1 \times 2340000 / 58064 =$	40.3004 cm ³
Biaya yang dibutuhkan	= 5037545

Biaya laminasi 1 meter kubik bambu = Harga bambu per m³ + harga lem per m³

=	7815044.778
Biaya Overhead (15% dari biaya laminasi)	= 1172256.717
Total Biaya Laminasi 1 meter kubik bambu	= 8987301.495
Biaya per layer	39075.22389

Dapat dihitung jumlah waktu yang diperlukan untuk memproduksi 6666 bilah adalah dengan menghitung proses produksi dari batang utuh menjadi bilah dengan sebelumnya menghitung jumlah batang yang dibutuhkan adalah

Banyaknya bilah / Jumlah bilah yang 1 meter / Ukuran bambu yang digunakan =
 $(6666/8)/6 =$ 138.9 batang

138,9 batang dibelah menjadi 666,6 lonjor =	666,6 x 0.5 menit =	333.3 menit
666,6 lonjor dipecah menjadi 6666 bilah =	666,6 x 1 menit =	666.6 menit
6666 bilah diratakan dengan mesin multistripsaw =	6666 x 0.5 menit =	3333 menit
6666 bilah diplanar dengan mesin planar =	6666 x 0.5 menit =	3333 menit
Waktu pengeleman dan pengepresan =		240 menit
	Total =	7905.9 menit
		131.8 jam

Biaya tenaga kerja per hari Rp 75,000

Jam kerja efektif dalam sehari 8 jam

Biaya jam orang =	9375
Biaya tenaga kerja =	1235296.88
Biaya Overhead (10% dari biaya tenaga kerja) =	123529.6875
Total Biaya Tenaga Kerja =	1358826.56

Lampiran F

Perhitungan Biaya Produksi Kapal Perikanan

PERHITUNGAN BIAYA PRODUKSI KAPAL PERIKANAN (20 GT)

Perhitungan Biaya Produksi Kapal Kayu Jati				
Konstruksi	Kuantitas		Harga per m ³ (IDR)	Jumlah
	Jumlah	Satuan		
lunas	0.898	m ³	16000000	14374080
linggi haluan	0.291	m ³	16000000	4659200
gading	1.652	m ³	16000000	26426398.46
wrang	2.658	m ³	16000000	42528480
galar kim	0.182	m ³	16000000	2915259.6
galar balok	0.402	m ³	16000000	6427859.648
kulit	4.626	m ³	16000000	74021376
geladak	2.358	m ³	16000000	37724160
balok geladak	1.086	m ³	16000000	17382835.2
sekat	0.469	m ³	16000000	7511088
Sub Jumlah Biaya Konstruksi Kapal				Rp 233,970,736.91

kayu jati

Item	luas (mm ²)	luas (m ²)	tebal (m)	volume (m ³)
kulit	1.19E+08	118.624	0.039	4.626
geladak	4.91E+07	49.120	0.048	2.358
transom belakang	3.48E+06	3.480	0.039	0.136
sekat 1	4.88E+06	4.877	0.039	0.190
sekat 2	4.56E+06	4.563	0.039	0.178
sekat 3	2.60E+06	2.597	0.039	0.101

item	luas (mm ²)	luas (m ²)	panjang (m)	volume (m ³)
lunas	65100	0.065	13.800	0.898
linggi	45500	0.046	6.400	0.291
galar kim	12925	0.013	14.097	0.182
galar balok	22120	0.022	18.162	0.402

wrang

no. wrang	luas (m ²)	tebal (m)	tebal (m)
1	0.089	1.23	1.09E-01
2	0.089	1.23	1.09E-01
3	0.089	1.23	1.09E-01
4	0.089	1.23	1.09E-01
5	0.089	1.23	1.09E-01
6	0.089	1.23	1.09E-01
7	0.089	1.23	1.09E-01
8	0.089	1.23	1.09E-01
9	0.089	1.23	1.09E-01
10	0.088	1.23	1.08E-01
11	0.088	1.23	1.08E-01
12	0.088	1.23	1.08E-01
13	0.087	1.23	1.07E-01
14	0.085	1.23	1.05E-01
15	0.085	1.23	1.05E-01
16	0.084	1.23	1.03E-01
17	0.081	1.23	9.96E-02
18	0.079	1.23	9.72E-02
19	0.075	1.23	9.23E-02
20	0.071	1.23	8.73E-02
21	0.066	1.23	8.12E-02
22	0.061	1.23	7.50E-02
23	0.053	1.23	6.52E-02
24	0.048	1.23	5.90E-02
25	0.042	1.23	5.17E-02
26	0.041	1.23	5.04E-02
27	0.038	1.23	4.67E-02
28	0.033	1.23	4.06E-02
29	0.028	1.23	3.44E-02
30	0.021	1.23	2.58E-02
31	0.018	1.23	2.21E-02
jumlah =			2.658

gading

no. Gading	luas (mm ²)	luas (m ²)	panjang (m)	jumlah	volume (m ³)
1	9840	0.010	2.396	2	0.047
2	9840	0.010	2.396	2	0.047
3	9840	0.010	2.395	2	0.047
4	9840	0.010	2.395	2	0.047
5	9840	0.010	2.393	2	0.047
6	9840	0.010	2.389	2	0.047
7	9840	0.010	2.389	2	0.047
8	9840	0.010	2.386	2	0.047
9	9840	0.010	2.382	2	0.047
10	9840	0.010	2.377	2	0.047
11	9840	0.010	2.3772	2	0.047
12	9840	0.010	2.3581	2	0.046
13	9840	0.010	2.3492	2	0.046
14	9840	0.010	2.3389	2	0.046
15	9840	0.010	2.3273	2	0.046
16	9840	0.010	2.3144	2	0.046
17	9840	0.010	2.2999	2	0.045
18	9840	0.010	2.2844	2	0.045
19	9840	0.010	2.2664	2	0.045
20	9840	0.010	2.2489	2	0.044
21	9840	0.010	2.21	2	0.043
22	9840	0.010	2.1901	2	0.043
23	9840	0.010	2.1704	2	0.043
24	9840	0.010	2.1508	2	0.042
25	9840	0.010	2.1332	2	0.042
26	9840	0.010	2.1142	2	0.042
27	9840	0.010	2.0981	2	0.041
28	9840	0.010	2.0826	2	0.041
29	9840	0.010	2.0695	2	0.041
30	9840	0.010	2.0553	2	0.040
31	9840	0.010	2.0441	2	0.040
32	9840	0.010	2.0349	2	0.040
33	9840	0.010	2.0284	2	0.040
34	9840	0.010	1.9653	2	0.039
35	9840	0.010	1.7901	2	0.035
36	9840	0.010	1.5906	2	0.031
37	9840	0.010	1.3815	2	0.027
38	9840	0.010	1.1597	2	0.023
39	9840	0.010	0.9208	2	0.018
40	9840	0.010	0.673	2	0.013
				jumlah =	1.652

balok geladak

no. Balok	luas (mm ²)	luas (m ²)	panjang (m)	volume (m ³)
1	12000	0.012	3.8	0.046
2	12000	0.012	3.7999	0.046
3	12000	0.012	3.7998	0.046
4	12000	0.012	3.7995	0.046
5	12000	0.012	3.7989	0.046
6	12000	0.012	3.7983	0.046
7	12000	0.012	3.7972	0.046
8	12000	0.012	3.794	0.046
9	12000	0.012	3.7909	0.045
10	12000	0.012	3.7876	0.045
11	12000	0.012	3.7774	0.045
12	12000	0.012	1.8882	0.023
13	12000	0.012	1.8654	0.022
14	12000	0.012	1.8435	0.022
15	12000	0.012	1.8265	0.022
16	12000	0.012	1.8119	0.022
17	12000	0.012	1.8107	0.022
18	12000	0.012	1.8042	0.022
19	12000	0.012	1.8032	0.022
20	12000	0.012	3.6042	0.043
21	12000	0.012	3.6024	0.043
22	12000	0.012	1.6446	0.020
23	12000	0.012	1.5842	0.019
24	12000	0.012	1.498	0.018
25	12000	0.012	1.3925	0.017
26	12000	0.012	1.3612	0.016
27	12000	0.012	1.2826	0.015
28	12000	0.012	1.2126	0.015
29	12000	0.012	3.0057	0.036
30	12000	0.012	2.5042	0.030
31	12000	0.012	2.3841	0.029
32	12000	0.012	2.2042	0.026
33	12000	0.012	1.9937	0.024
34	12000	0.012	1.744	0.021
35	12000	0.012	1.4426	0.017
36	12000	0.012	1.0721	0.013
37	12000	0.012	0.6056	0.007
			jumlah =	1.086

Perhitungan Biaya Produksi Kapal Bambu Laminasi Ori

Konstruksi	Kuantitas		Harga per m ³ (IDR)	Jumlah
	Jumlah	Satuan		
lunas	0.322	m ³	9946862.43	3202889.703
linggi haluan	0.023	m ³	9946862.43	230743.9302
gading	0.368	m ³	9946862.43	3662669.09
wrang	0.864	m ³	9946862.43	8598067.887
galar kim	0.068	m ³	9946862.43	675159.3971
galar balok	0.150	m ³	9946862.43	1495736.764
kulit	2.730	m ³	9946862.43	27156031.94
geladak	1.083	m ³	9946862.43	10768166.34
balok geladak	0.169	m ³	9946862.43	1682268.698
sekat	0.277	m ³	9946862.43	2755573.547
Sub Jumlah Biaya Konstruksi Kapal				Rp 60,227,307.30

bambu ori

Item	luas (mm ²)	luas (m ²)	tebal (m)	volume (m ³)
kulit	1.19E+08	118.624	0.023	2.730
geladak	4.91E+07	49.120	0.022	1.083
transom belakang	3.48E+06	3.480	0.023	0.080
sekat 1	4.88E+06	4.877	0.023	0.112
sekat 2	4.56E+06	4.563	0.023	0.105
sekat 3	2.60E+06	2.597	0.023	0.060

item	luas (mm ²)	luas (m ²)	panjang (m)	volume (m ³)
lunas	23333	0.023	13.800	0.322
linggi	3625	0.004	6.400	0.023
galat kim	4815	0.005	14.097	0.068
galat balok	8280	0.008	18.162	0.150

wrang

no. wrang	luas (m ²)	tebal (m)	tebal (m)
1	0.089	0.40	3.56E-02
2	0.089	0.40	3.56E-02
3	0.089	0.40	3.56E-02
4	0.089	0.40	3.56E-02
5	0.089	0.40	3.56E-02
6	0.089	0.40	3.56E-02
7	0.089	0.40	3.56E-02
8	0.089	0.40	3.56E-02
9	0.089	0.40	3.56E-02
10	0.088	0.40	3.52E-02
11	0.088	0.40	3.52E-02
12	0.088	0.40	3.52E-02
13	0.087	0.40	3.48E-02
14	0.085	0.40	3.40E-02
15	0.085	0.40	3.40E-02
16	0.084	0.40	3.36E-02
17	0.081	0.40	3.24E-02
18	0.079	0.40	3.16E-02
19	0.075	0.40	3.00E-02
20	0.071	0.40	2.84E-02
21	0.066	0.40	2.64E-02
22	0.061	0.40	2.44E-02
23	0.053	0.40	2.12E-02
24	0.048	0.40	1.92E-02
25	0.042	0.40	1.68E-02
26	0.041	0.40	1.64E-02
27	0.038	0.40	1.52E-02
28	0.033	0.40	1.32E-02
29	0.028	0.40	1.12E-02
30	0.021	0.40	8.40E-03
31	0.018	0.40	7.20E-03
jumlah =			0.864

gading

no. Gading	luas (mm ²)	luas (m ²)	panjang (m)	jumlah	volume (m ³)
1	2194	0.002	2.396	2	0.011
2	2194	0.002	2.396	2	0.011
3	2194	0.002	2.395	2	0.011
4	2194	0.002	2.395	2	0.011
5	2194	0.002	2.393	2	0.010
6	2194	0.002	2.389	2	0.010
7	2194	0.002	2.389	2	0.010
8	2194	0.002	2.386	2	0.010
9	2194	0.002	2.382	2	0.010
10	2194	0.002	2.377	2	0.010
11	2194	0.002	2.3772	2	0.010
12	2194	0.002	2.3581	2	0.010
13	2194	0.002	2.3492	2	0.010
14	2194	0.002	2.3389	2	0.010
15	2194	0.002	2.3273	2	0.010
16	2194	0.002	2.3144	2	0.010
17	2194	0.002	2.2999	2	0.010
18	2194	0.002	2.2844	2	0.010
19	2194	0.002	2.2664	2	0.010
20	2194	0.002	2.2489	2	0.010
21	2194	0.002	2.21	2	0.010
22	2194	0.002	2.1901	2	0.010
23	2194	0.002	2.1704	2	0.010
24	2194	0.002	2.1508	2	0.009
25	2194	0.002	2.1332	2	0.009
26	2194	0.002	2.1142	2	0.009
27	2194	0.002	2.0981	2	0.009
28	2194	0.002	2.0826	2	0.009
29	2194	0.002	2.0695	2	0.009
30	2194	0.002	2.0553	2	0.009
31	2194	0.002	2.0441	2	0.009
32	2194	0.002	2.0349	2	0.009
33	2194	0.002	2.0284	2	0.009
34	2194	0.002	1.9653	2	0.009
35	2194	0.002	1.7901	2	0.008
36	2194	0.002	1.5906	2	0.007
37	2194	0.002	1.3815	2	0.006
38	2194	0.002	1.1597	2	0.005
39	2194	0.002	0.9208	2	0.004
40	2194	0.002	0.673	2	0.003
				jumlah =	0.368

balok geladak

no. Balok	luas (mm ²)	luas (m ²)	panjang (m)	volume (m ³)
1	1868	0.002	3.8	0.007
2	1868	0.002	3.7999	0.007
3	1868	0.002	3.7998	0.007
4	1868	0.002	3.7995	0.007
5	1868	0.002	3.7989	0.007
6	1868	0.002	3.7983	0.007
7	1868	0.002	3.7972	0.007
8	1868	0.002	3.794	0.007
9	1868	0.002	3.7909	0.007
10	1868	0.002	3.7876	0.007
11	1868	0.002	3.7774	0.007
12	1868	0.002	1.8882	0.004
13	1868	0.002	1.8654	0.003
14	1868	0.002	1.8435	0.003
15	1868	0.002	1.8265	0.003
16	1868	0.002	1.8119	0.003
17	1868	0.002	1.8107	0.003
18	1868	0.002	1.8042	0.003
19	1868	0.002	1.8032	0.003
20	1868	0.002	3.6042	0.007
21	1868	0.002	3.6024	0.007
22	1868	0.002	1.6446	0.003
23	1868	0.002	1.5842	0.003
24	1868	0.002	1.498	0.003
25	1868	0.002	1.3925	0.003
26	1868	0.002	1.3612	0.003
27	1868	0.002	1.2826	0.002
28	1868	0.002	1.2126	0.002
29	1868	0.002	3.0057	0.006
30	1868	0.002	2.5042	0.005
31	1868	0.002	2.3841	0.004
32	1868	0.002	2.2042	0.004
33	1868	0.002	1.9937	0.004
34	1868	0.002	1.744	0.003
35	1868	0.002	1.4426	0.003
36	1868	0.002	1.0721	0.002
37	1868	0.002	0.6056	0.001
			jumlah =	0.169

Perhitungan Biaya Produksi Kapal Bambu Laminasi Betung

Konstruksi	Kuantitas		Harga per m ³ (IDR)	Jumlah
	Jumlah	Satuan		
lunas	0.334	m ³	10346128.06	3456905.448
linggi haluan	0.026	m ³	10346128.06	268153.4342
gading	0.399	m ³	10346128.06	4132847.194
wrang	0.864	m ³	10346128.06	8943193.093
galar kim	0.074	m ³	10346128.06	761829.8435
galar balok	0.156	m ³	10346128.06	1614361.107
kulit	2.754	m ³	10346128.06	28497878.24
geladak	1.092	m ³	10346128.06	11300247.91
balok geladak	0.183	m ³	10346128.06	1898222.115
sekat	0.279	m ³	10346128.06	2891733.21
Sub Jumlah Biaya Konstruksi Kapal				Rp 63,765,371.60

bambu betung

Item	luas (mm ²)	luas (m ²)	tebal (m)	volume (m ³)
kulit	1.19E+08	118.624	0.023	2.754
geladak	4.91E+07	49.120	0.022	1.092
transom belakang	3.48E+06	3.480	0.023	0.081
sekat 1	4.88E+06	4.877	0.023	0.113
sekat 2	4.56E+06	4.563	0.023	0.106
sekat 3	2.60E+06	2.597	0.023	0.060

item	luas (mm ²)	luas (m ²)	panjang (m)	volume (m ³)
lunas	24212	0.024	13.800	0.334
linggi	4050	0.004	6.400	0.026
galat kim	5223	0.005	14.097	0.074
galat balok	8591	0.009	18.162	0.156

wrang

no. wrang	luas (m ²)	tebal (m)	tebal (m)
1	0.089	0.40	3.56E-02
2	0.089	0.40	3.56E-02
3	0.089	0.40	3.56E-02
4	0.089	0.40	3.56E-02
5	0.089	0.40	3.56E-02
6	0.089	0.40	3.56E-02
7	0.089	0.40	3.56E-02
8	0.089	0.40	3.56E-02
9	0.089	0.40	3.56E-02
10	0.088	0.40	3.52E-02
11	0.088	0.40	3.52E-02
12	0.088	0.40	3.52E-02
13	0.087	0.40	3.48E-02
14	0.085	0.40	3.40E-02
15	0.085	0.40	3.40E-02
16	0.084	0.40	3.36E-02
17	0.081	0.40	3.24E-02
18	0.079	0.40	3.16E-02
19	0.075	0.40	3.00E-02
20	0.071	0.40	2.84E-02
21	0.066	0.40	2.64E-02
22	0.061	0.40	2.44E-02
23	0.053	0.40	2.12E-02
24	0.048	0.40	1.92E-02
25	0.042	0.40	1.68E-02
26	0.041	0.40	1.64E-02
27	0.038	0.40	1.52E-02
28	0.033	0.40	1.32E-02
29	0.028	0.40	1.12E-02
30	0.021	0.40	8.40E-03
31	0.018	0.40	7.20E-03
jumlah =			0.864

gading

no. Gading	luas (mm ²)	luas (m ²)	panjang (m)	jumlah	volume (m ³)
1	2380	0.002	2.396	2	0.011
2	2380	0.002	2.396	2	0.011
3	2380	0.002	2.395	2	0.011
4	2380	0.002	2.395	2	0.011
5	2380	0.002	2.393	2	0.011
6	2380	0.002	2.389	2	0.011
7	2380	0.002	2.389	2	0.011
8	2380	0.002	2.386	2	0.011
9	2380	0.002	2.382	2	0.011
10	2380	0.002	2.377	2	0.011
11	2380	0.002	2.3772	2	0.011
12	2380	0.002	2.3581	2	0.011
13	2380	0.002	2.3492	2	0.011
14	2380	0.002	2.3389	2	0.011
15	2380	0.002	2.3273	2	0.011
16	2380	0.002	2.3144	2	0.011
17	2380	0.002	2.2999	2	0.011
18	2380	0.002	2.2844	2	0.011
19	2380	0.002	2.2664	2	0.011
20	2380	0.002	2.2489	2	0.011
21	2380	0.002	2.21	2	0.011
22	2380	0.002	2.1901	2	0.010
23	2380	0.002	2.1704	2	0.010
24	2380	0.002	2.1508	2	0.010
25	2380	0.002	2.1332	2	0.010
26	2380	0.002	2.1142	2	0.010
27	2380	0.002	2.0981	2	0.010
28	2380	0.002	2.0826	2	0.010
29	2380	0.002	2.0695	2	0.010
30	2380	0.002	2.0553	2	0.010
31	2380	0.002	2.0441	2	0.010
32	2380	0.002	2.0349	2	0.010
33	2380	0.002	2.0284	2	0.010
34	2380	0.002	1.9653	2	0.009
35	2380	0.002	1.7901	2	0.009
36	2380	0.002	1.5906	2	0.008
37	2380	0.002	1.3815	2	0.007
38	2380	0.002	1.1597	2	0.006
39	2380	0.002	0.9208	2	0.004
40	2380	0.002	0.673	2	0.003
				jumlah =	0.399

balok geladak

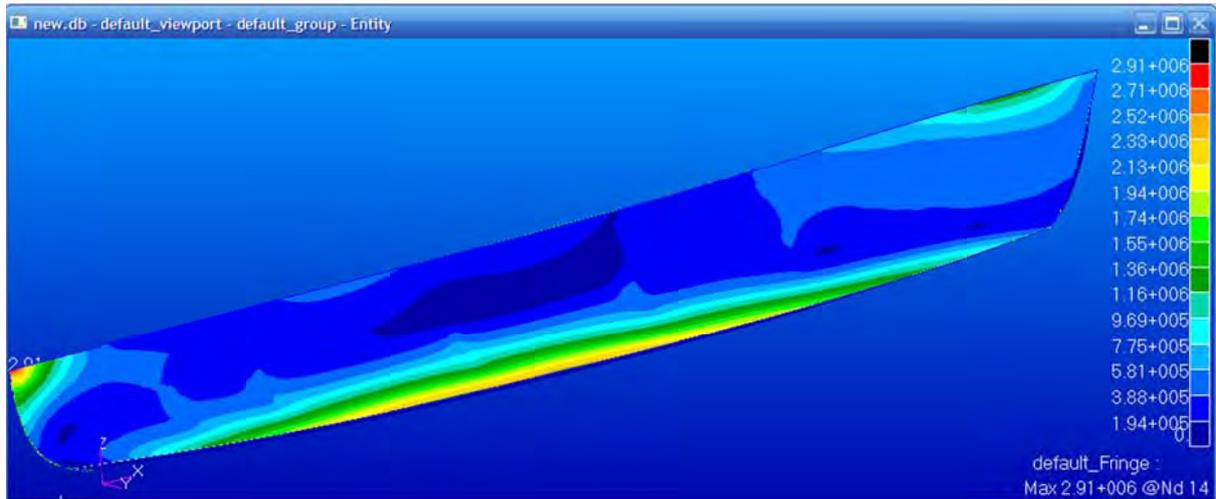
no. Balok	luas (mm ²)	luas (m ²)	panjang (m)	volume (m ³)
1	2027	0.002	3.8	0.008
2	2027	0.002	3.7999	0.008
3	2027	0.002	3.7998	0.008
4	2027	0.002	3.7995	0.008
5	2027	0.002	3.7989	0.008
6	2027	0.002	3.7983	0.008
7	2027	0.002	3.7972	0.008
8	2027	0.002	3.794	0.008
9	2027	0.002	3.7909	0.008
10	2027	0.002	3.7876	0.008
11	2027	0.002	3.7774	0.008
12	2027	0.002	1.8882	0.004
13	2027	0.002	1.8654	0.004
14	2027	0.002	1.8435	0.004
15	2027	0.002	1.8265	0.004
16	2027	0.002	1.8119	0.004
17	2027	0.002	1.8107	0.004
18	2027	0.002	1.8042	0.004
19	2027	0.002	1.8032	0.004
20	2027	0.002	3.6042	0.007
21	2027	0.002	3.6024	0.007
22	2027	0.002	1.6446	0.003
23	2027	0.002	1.5842	0.003
24	2027	0.002	1.498	0.003
25	2027	0.002	1.3925	0.003
26	2027	0.002	1.3612	0.003
27	2027	0.002	1.2826	0.003
28	2027	0.002	1.2126	0.002
29	2027	0.002	3.0057	0.006
30	2027	0.002	2.5042	0.005
31	2027	0.002	2.3841	0.005
32	2027	0.002	2.2042	0.004
33	2027	0.002	1.9937	0.004
34	2027	0.002	1.744	0.004
35	2027	0.002	1.4426	0.003
36	2027	0.002	1.0721	0.002
37	2027	0.002	0.6056	0.001
			jumlah =	0.183

Lampiran G

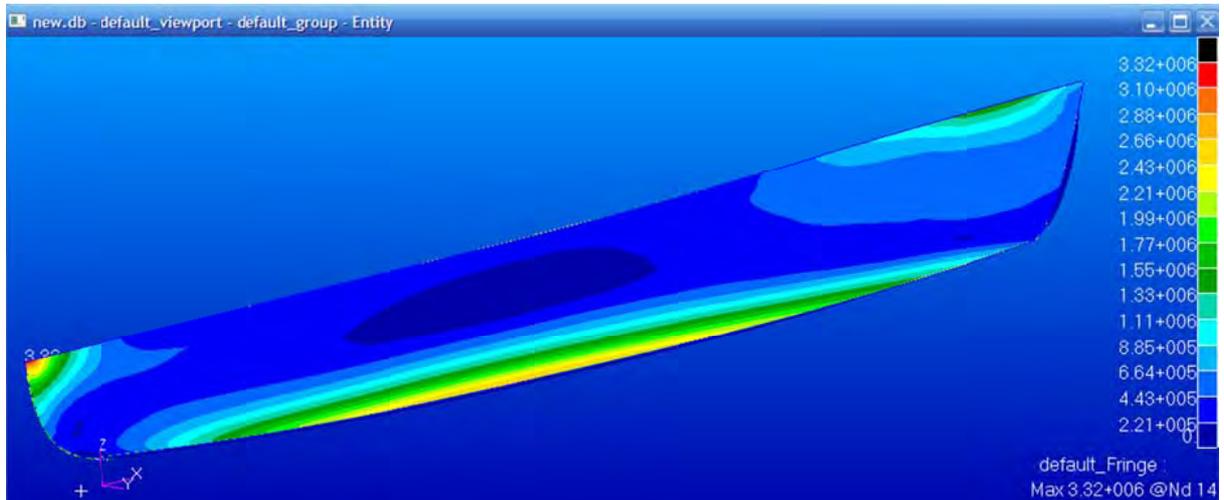
Hasil analisis MSC Nastran

HASIL ANALISIS FEM KAPAL BAMBU LAMINASI

Gambar Hasil Analisis Kapal Perikanan 20 GT Berbahan Bambu Laminasi Ori



Gambar Hasil Analisis Kapal Perikanan 20 GT Berbahan Bambu Laminasi Betung



Gambar Hasil Analisis Kapal Perikanan 30 GT Berbahan Bambu Laminasi Ori



Gambar Hasil Analisis Kapal Perikanan 30 GT Berbahan Bambu Laminasi Betung



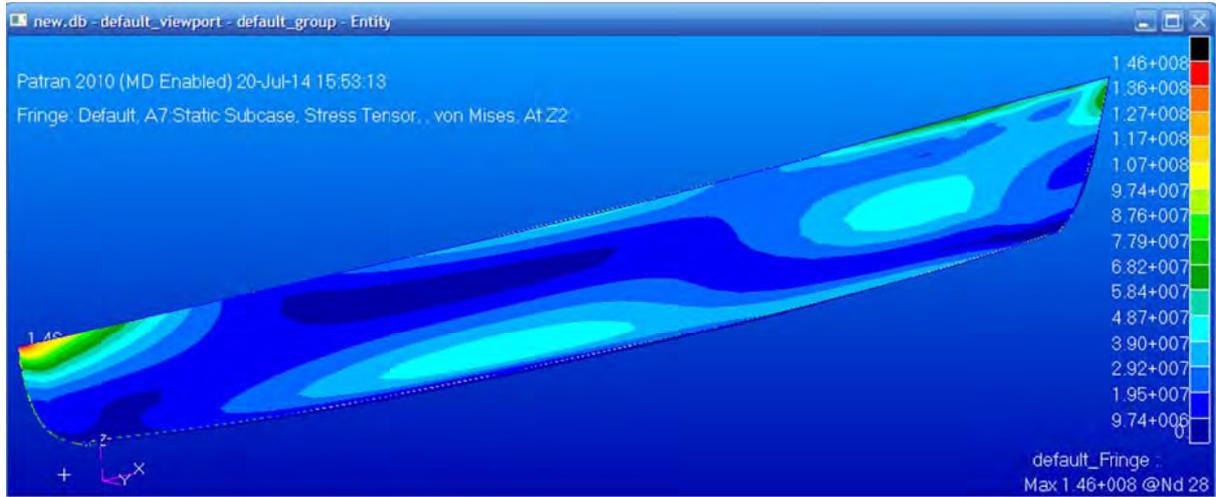
Gambar Hasil Analisis Kapal Perikanan 40 GT Berbahan Bambu Laminasi Ori



Gambar Hasil Analisis Kapal Perikanan 40 GT Berbahan Bambu Laminasi Betung



Gambar Hasil Analisis Kapal Perikanan 50 GT Berbahan Bambu Laminasi Ori



Gambar Hasil Analisis Kapal Perikanan 50 GT Berbahan Bambu Laminasi Betung



Gambar Hasil Analisis Kapal Perikanan 60 GT Berbahan Bambu Laminasi Ori



Gambar Hasil Analisis Kapal Perikanan 60 GT Berbahan Bambu Laminasi Betung



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan pada pelaksanaan tugas akhir ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi komponen konstruksi kapal bambu laminasi lebih kecil dibandingkan dengan komponen konstruksi pada kapal kayu pada kapasitas GT (*gross tonnage*) yang sama.
2. Secara teknis, ditinjau dari hasil analisis software MSC Nastran, kapal dengan bahan dasar bambu laminasi cukup kuat dan dinyatakan memenuhi dalam aspek kekuatan kapal. Yakni tegangan maksimum pada kapal tidak lebih dari 142,07 Mpa untuk bambu laminasi ori, dan 120,69. Secara ekonomis, ditinjau dari hasil perhitungan biaya produksinya, kapal dengan bahan bahan bambu laminasi lebih ekonomis daripada kapal kayu pada kapasitas GT yang sama. Total biaya produksi kapal bambu ori 20 GT sebesar Rp 52.696.772, untuk bambu betung Rp 55.779.166, sedangkan untuk kapal kayu jati sebesar Rp 233.970.737. Total biaya produksi kapal bambu ori 30 GT sebesar Rp 86.154.637, untuk bambu betung Rp 91.530.532, sedangkan untuk kapal kayu jati sebesar Rp 332.149.051. Total biaya produksi kapal bambu ori 40 GT sebesar Rp 98.989.242, untuk bambu betung Rp 105.239.018, sedangkan untuk kapal kayu jati sebesar Rp 453.447.654. Total biaya produksi kapal bambu ori 50 GT sebesar Rp 115.879.991, untuk bambu betung Rp 123.477.641, sedangkan untuk kapal kayu jati sebesar Rp 510.235.813. Dan total biaya produksi kapal bambu ori 60 GT sebesar Rp 131.996.836, untuk bambu betung Rp 140.468.602, sedangkan untuk kapal kayu jati sebesar Rp 515.425.551.
3. Kapasitas kapal ikan dengan bahan dasar bambu laminasi maksimum yang bisa dibangun di Indonesia adalah 60 GT. Hal ini didasarkan pada kondisi aktual dimana umumnya kapal ikan yang dibangun Indonesia adalah pada kapsitas 20 sampai 60 GT.

6.2. Saran

Bagi para praktisi di lapangan, juga saran untuk penelitian selanjutnya, bisa memperhatikan beberapa poin berikut:

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis tidak memperhatikan sifat mekanis bambu kuat geser, kuat tekan, dan sifat mekanis terhadap sumbu radial dan tangensial pada bilah bambu dalam pemodelan kapal. Sehingga perlu dilakukan penelitian tentang berapa besar nilai kuat geser dan sifat mekanis bambu terhadap sumbu radial dan tangensial.

Penelitian selanjutnya dapat melakukan perhitungan dan analisis model kapal jenis bambu yang lain seperti bambu tali, bambu hitam dan bambu duri yang memiliki ketebalan hampir sama dengan bambu betung. Penelitian juga dapat dilakukan untuk jenis bambu betung dan ori tetapi dengan ketebalan layer yang bervariasi.

Pada pengerjaan tugas akhir ini, analisis dicukupkan pada kapasitas 60 GT. Sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada kapasitas yang lebih besar dengan perhitungan yang berbeda. Selain itu bisa juga dilakukan perhitungan konstruksi menggunakan *rule* yang berbeda, karena pada pengerjaan tugas akhir ini menggunakan *rule* BKI tahun 2013.



BIODATA PENULIS

Dilahirkan di Gresik pada 26 September 1990, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga Bapak Sudarno dan Ibu Sujirah. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar mulai Taman Kanak-Kanak sampai dengan SMA di kota yang sama, yaitu di TK Malik Ibrahim, MI Malik Ibrahim, dan SMP Negeri 1 Gresik. Kemudian dilanjutkan di SMA Negeri 1 Gresik. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2009 tanpa melalui tes yaitu melalui jalur PMDK Reguler.

Di Jurusan Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Industri Perkapalan dan banyak terlibat dalam kegiatan-kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi yang diselenggarakan oleh Laboratorium Produksi. Selama masa studi di ITS, selain aktif di berbagai Unit Kegiatan Mahasiswa dan Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Perkapalan (Himatekpal). Penulis memiliki kegemaran bermain sepak bola, *hiking*, *travelling* dan menggambar.

Email: ahmadpurnomo26@gmail.com