

# ANALISA KEKUATAN GELADAK KAPAL IKAN KATAMARAN 5 GT BAHAN FIBERGLASS DENGAN MENGGUNAKAN METODE FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)

Imam Handhika<sup>1)</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1)</sup>, Hartono Yudo<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : [dhika.kapal@gmail.com](mailto:dhika.kapal@gmail.com).

## Abstrak

Kapal ikan katamaran 5 GT bahan fiberglass yang sangat mudah dalam perawatannya ini masih sangat jarang digunakan di Indonesia. Namun jika ditinjau dari sisi lain seperti permasalahan kekuatan geladak kanal katamaran masih perlu dianalisa lebih lanjut untuk meyakinkan kepada para nelayan bahwasanya kapal ikan jenis *fiberglass* memanglah kuat. Dari permasalahan tersebut maka dilakukan analisa kekuatan geladak kanal untuk kapal ikan katamaran dengan menggunakan metode elemen hingga dengan menggunakan MSC. Patran 12.2 dengan variasi analisa torsional, melintang, sagging dan hogging. Dari hasil perhitungan manual dan analisa menggunakan MSC. Nastran menunjukkan bahwa pada analisa torsional yang dipengaruhi oleh kondisi air tenang dimana pengaruh hidrostatis pada lambung kapal yang tercelup air sebesar 6,027 N terjadi tegangan sebesar  $1,37E+02 \text{ N/m}^2$  dan terdapat pada bagian tengah kapal, pada analisa melintang kapal pengaruh hidrostatis sama dengan torsional menunjukkan besarnya tegangan terjadi pada geladak kanal kapal sebagai geladak penghubung dua lambung kapal dengan besar tegangan  $3,69E+07 \text{ N/m}^2$ , sedangkan pada analisa sagging dan hogging besarnya tegangan dipengaruhi oleh gelombang trochoid sebesar 0,544 m, sehingga tegangan maksimal pada sagging terjadi pada midship kapal dengan tegangannya sebesar  $6,78E+05 \text{ N/m}^2$  dan pada analisa hogging besarnya tegangan terjadi pada midship kapal dan lebih mengarah pada geladak ruang muat satu sebesar  $6,45E+05 \text{ N/m}^2$ . Dengan tegangan izin BKI sebesar  $8,0E+07 \text{ N/m}^2$  dan tegangan bahan sebesar  $9,87E+07 \text{ N/m}^2$ , maka kondisi kapal pada muatan penuh pada seluruh kondisi dalam keadaan aman.

Kata kunci : Katamaran, *fiberglass*, *torsional*, *transverse*, *sagging*, *hogging*, MSC. Patran

## Abstract

Catamaran fishing boat deck 5 GT fiberglass materials are very easy to maintain is still very rarely used in Indonesia. However, when viewed from the other side of such issues strength deck catamaran channels still need to be analyzed further to convince the fishermen that fish the type of fiberglass boats is indeed powerful. From the problems deck strength analysis is carried canal for fishing boats catamarans using the finite element method with using MSC. Patran 12.2 with a variation of torsional analysis, transverse, sagging and hogging. From the results of manual calculations and analysis using MSC. Nastran analysis showed that the torsional influenced by the calm water conditions where the hydrostatic effect on the submerged hull of water was 6.027 N occur voltage of  $1,37E + 02 \text{ N / m}^2$  and located on the central part of the ship, the ship-sectional analysis of the effect of hydrostatic equal to shows the amount of torsional stress occurs on the deck of the ship as deck canal connecting the two hulls with large voltage  $3,69E + 07 \text{ N / m}^2$ , while on the analysis of sagging and hogging the magnitude of the voltage is affected by the wave trochoid of 0,544 m, so that the maximum voltage at the sagging occurs in midship ship with a voltage of  $6,78E + 05 \text{ N / m}^2$  and on the analysis of hogging magnitude of the voltage occurs in midship ships and more lead to the deck of the cargo hold one of  $6,45E + 05 \text{ N / m}^2$ . With permission BKI voltage of  $8,0E + 07 \text{ N / m}^2$  and voltage sebsar materials  $9,87E + 07 \text{ N / m}^2$ , then the condition of the ship on a full charge at all the conditions are safe

Keywords: catamaran, fiberglass, torsional, transverse, sagging, hogging, MSC. Patran

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan kapal tradisional mengalami perubahan bentuk yang tidak dapat dihindarkan baik dalam segi desain, bahan, sistem penggerak dan sebagainya.

Dalam mendukung hasil tangkap ikan daerah pesisir jawa timur laut selatan pemerintah melalui balai besar penangkapan ikan semarang (BBPI Semarang) memberikan bantuan kapal ikan lagambar atau katamaran bahan fiberglass 5 GT sebanyak 6 unit masing-masing 2 buah kapal untuk nelayan daerah Pacitan, Trenggalek & Malang agar dapat memaksimalkan hasil tangkap saat melaut.

Namun dari kapal tersebut ada kekurangan analisa yang dilakukan [1], yakni *deck strength* [1] yang belum dianalisa dengan baik. Dengan ketentuan yang telah ditentukan oleh BKI maka perlu dilakukan analisa tegangan kapal apakah telah memenuhi yang disyaratkan oleh BKI untuk kapal ikan katamaran 5 GT berbahan fiberglass ini [2]. Seperti berapa nilai tegangan maksimal geladak kapal ikan katamaran yang dihasilkan dan berapa besar nilai beban muat yang dapat ditambahkan diatas geladak kanal kapal tersebut.

Namun dalam menganalisa perlu dilakukan batasan masalahnya seperti pemodelan kapal menggunakan *MSC Patran* dan *MSC Nastran* sebagai finite elemen analisis, menghitung kekuatan kapal kondisi torsional, melintang dan saat terkena gelombang sagging, data kapal ikan katamaran yang dipakai adalah data kapal ikan katamaran yang sudah ada dari BBPI Semarang, analisa perhitungan manual menggunakan teori balok sederhana, *rules* yang digunakan adalah *Rules* BKI untuk kapal jenis *fiberglass*

Sehingga dari permasalahan yang ada maka didapatkan tujuan dalam analisa, yaitu melakukan analisa perhitungan kekuatan torsional, melintang dan sagging pada geladak kapal ikan katamaran dengan menggunakan metode perhitungan manual dan finite elemen analisis, mengetahui nilai kekuatan maksimal geladak kapal ikan katamaran untuk memberi rekomendasi pada nelayan agar dapat memaksimalkan muatan pada geladak kapal ikan tersebut .

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kapal Katamaran

Kapal katamaran pada umumnya adalah bentuk konfigurasi perubahan dan pengembangan dari jenis lambung monohull menjadi demihull (lambung ganda kembar). Bila dibandingkan dengan kapal berbadan tunggal, banyak sekali kelebihan dari kapal katamaran ini yaitu stabilitas melintang yang lebih baik, hambatan yang nilainya kecil, dan area geladak yang lebih luas [2].

### 2.2 Karakteristik Kapal Katamaran 5 GT Bahan Fiberglass

Kapal lagambar atau katamaran yang telah dirancang oleh BPPI semarang ini adalah jenis katamaran untuk kapal ikan dengan menggunakan *hand rail* sebagai alat tangkap ikan, dengan menggunakan bahan fiberglass jenis E-Glass terdiri dari susuan csm 300, wr 600 dan wr 800 E-Glass dimana karakter dari E-Glass itu sendiri adalah lebih kuat, isolator, dan tahan korosi lebih lama [7].



Gambar 1. Kontruksi lambung katamaran dengan menggunakan profil U

Dari gambar diatas haruslah sesuai dengan ketentuan dari BKI 1996 mengenai fiberglass dengan *mechanical properties* dari FRP [1], yaitu

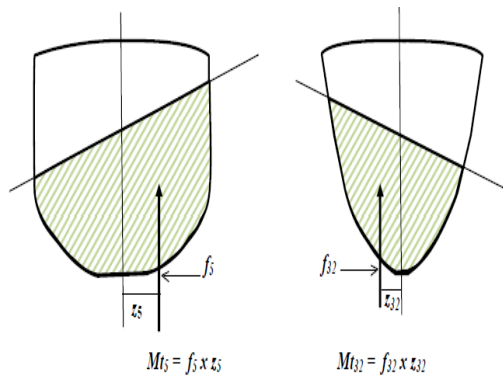
1. Tensile strength 10 kg/mm<sup>2</sup>
2. Modulus of tensile elasticity 700 kg/mm<sup>2</sup>
3. Bending strength 15 kg/mm<sup>2</sup>
4. Modulus of bending elasticity 700 kg/mm<sup>2</sup>

### 2.3. Analisa Tegangan Torsional, Melintang dan Sagging

#### 2.3.1. Analisa Tegangan Torsional

Untuk mengetahui tegangan torsional disepanjang kapal, maka dilakukan sebagai berikut[5]:

1. Perhitungan resultante penyebaran gaya berat dan gaya tekan keatas pada setiap penampang lintang dengan jaraknya terhadap centre line, disepanjang kapal.
2. Perhitungan momen puntir pada setiap penampang lintang.
3. Total momen puntir pada penampang lintang sejauh x dari AP, yang merupakan penyebaran momen puntir sepanjang kapal



Gambar 2. Penampang kapal untuk analisa torsional

Setelah diketahui seperti pada gambar diatas, selanjutnya untuk menghitung harga tegangan puntirannya digunakan rumus [5]

$$\tau(x, \rho) = \frac{M_t(x) \cdot \rho(x)}{I_p(x)} \quad (1)$$

### 2.3.2. Analisa Tegangan Melintang

Pada analisa melintang kapal hal yang perlu diperhatikan adalah kapal akan mengalami tegangan geser pada tiap penampang kapal maka, ini dapat dicari dengan menggunakan rumus [8]:

$$\sigma_{\text{transverse}} = \frac{M_{\text{max}}}{W} \quad (2)$$

### 2.3.3. Analisa Tegangan Akibat Gelombang Sagging

Dengan menggunakan rumus henschel untuk analisa gelombang sagging dimana  $Y=H.c$  maka untuk mencari rumus tegangan akibat gelombang sagging dapat dicari menggunakan rumus [8] :

$$\sigma_{\text{bottom}} = \frac{M_{\text{max}}}{W_{\text{bottom}}}$$

$$\text{dan} \quad \sigma_{\text{deck}} = \frac{M_{\text{max}}}{W_{\text{deck}}} \quad (3)$$

## 2.4. MSC. Patran dan MSC Nastran

MSC Patran dan Nastran adalah sebuah program analisis elemen hingga untuk analisis tegangan (stress), getaran (vibration) dan perpindahan panas (heat transfer) dari struktur dan komponen mekanik . Di dalam software MSC Nastran terdapat dua program utama yaitu [6]:

1. Pre/post processor yang disebut Femap. Femap berfungsi untuk merancang model, memvalidasi dan melihat hasil analisis metode elemen hingga.
2. MSC Nastran berfungsi menganalisa model yang diinginkan, sehingga didapat hasil sesuai dengan jenis analisisnya.

MSC Nastran bekerja dimulai dengan tiga proses yang berlainan, yaitu :

1. Pre-processing yaitu kegiatan dalam pembuatan geometri, yang mana pada penggambaran ini dapat di import dari CAD (Computer Aided Design) ataupun dibuat dalam nastran itu sendiri, kemudian memasukkan jenis dan sifat material.
2. Meshing, dapat dibuat dengan berbagai metode, yaitu Generate Between, Generate Region, On Geometri, Boundary Mesh dan transition.
3. Post-processing yaitu proses penganalisaan dari geometri tersebut.

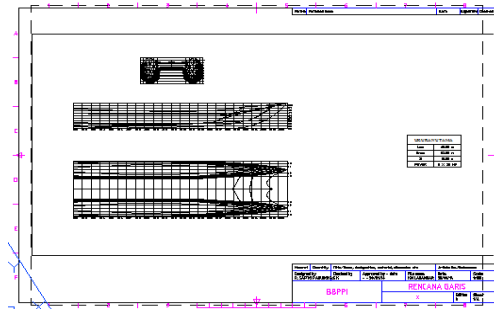
## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Studi Literatur

Pada studi literatur ini didapat ukuran utama kapal, line plan dan gambar tiga dimensi dari software bantu, sehingga akan memudahkan dalam menganalisa berituk adalah data yang telah didapat, yaitu:

Tabel 1. Ukuran urama kapal

Main Dimension	
Catamaran Fishing Vessel	
LOA (m)	12
B (m)	3,5
D (m)	1,0
Fisher (2)	2
Engine (HP)	2 x 30



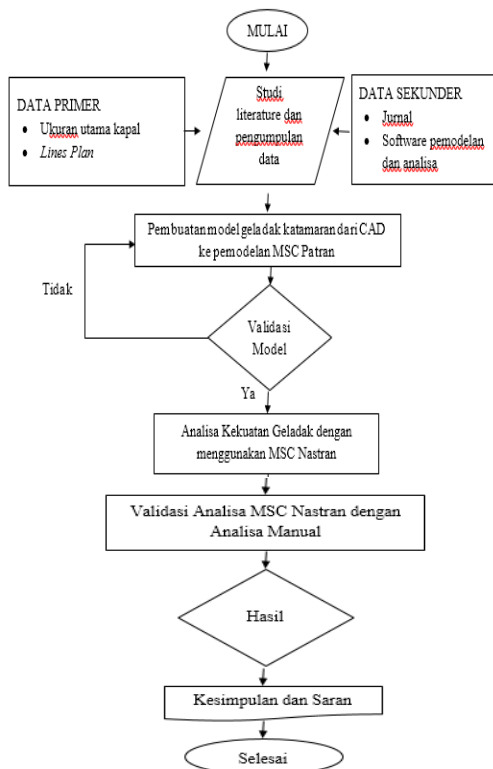
Gambar 3. Lines Plan Katamaran 5 GT bahan fiberglass

### 3.2 Parameter Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada analisa yang dihasilkan dari perhitungan yang telah dilakukan apakah dibawah tegangan izin atau tidak. Parameter yang dipakai adalah parameter tetap yaitu sebagai berikut:

1. Length Perpendicular (LPP) (m)
2. Breadth (B) (m)
3. Draft (T) (m)
4. Kecepatan kapal
5. Sudut oleng kapal ( $\Theta$ ) ( $30^0$ )
6. LWT dan DWT

### 3.3 Diagram Alir Penelitian

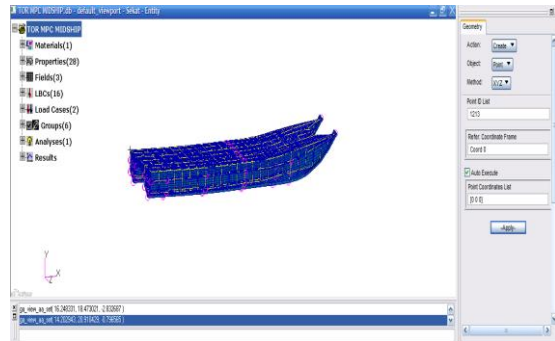


Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

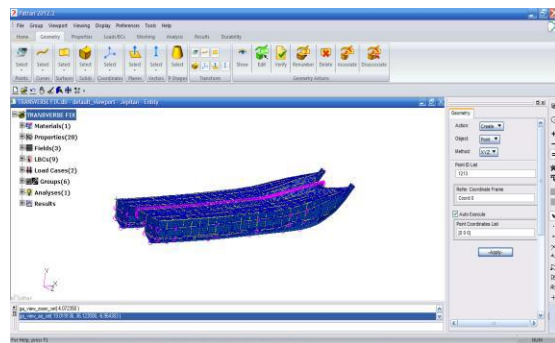
### 4.1. Pemodelan menggunakan MSC. Patran

Pemodelan yang dilakukan melalui geometry pada *workpage* dengan memasukkan nilai point – point yang telah diukur dari CAD dengan metode XYZ yang selanjutnya dibuat curve hingga surface dan meshing. Berikut ini adalah hasil pemodelan yang telah dibuat dibantu dengan menggunakan MSC. Patran.



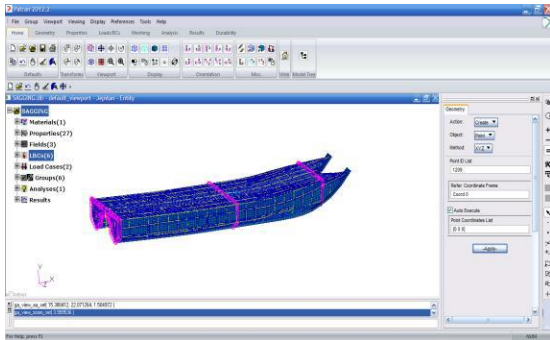
Gambar 5. Model kapal dengan kondisi Torsional pada MSC. Patran

Pada gambar 5 adalah Boundary condition yang dilakukan adalah fix all, untuk selanjutnya pada tiap penampang melintang diberi momen dari hasil analisa yang telah dilakukan.



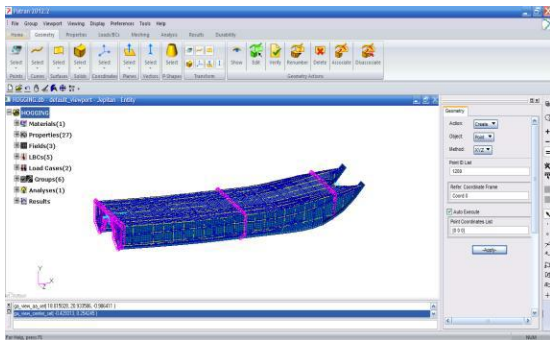
Gambar 6. Model kapal dengan kondisi Melintang pada MSC. Patran

Pada gambar 6 adalah model analisa melintang dengan MPC pada bagian geladak kanal atau geladak penghubung kapal sehingga akan memudahkan dalam menganalisanya.



Gambar 7. Model kapal dengan kondisi akibat Gelombang Sagging pada MSC. Patran

Pada gambar 7 adalah model analisa sagging dengan MPC pada bagian midship kapal



Gambar 8. Model kapal dengan kondisi Hogging pada MSC. Patran

Pada gambar 8 adalah model analisa hogging dengan MPC pada bagian buritan haluan dan *midship* sehingga akan memudahkan dalam menganalisanya.

#### 4.2. Analisa perhitungan manual

Analisa perhitungan manual terbagi menjadi 3, analisa tegangan torsional, analisa tegangan melintang, dan analisa gelombang sagging. Berikut ini adalah perhitungannya:

##### 4.2.1 Analisa Tegangan Torsional

Analisa torsional merupakan analisa yang dilakukan ketika kapal menerima beban puntiran yang bisa diakibatkan oleh beban statis berupa kondisi berat kapal kosong beban muatan dan letak beban muatan karena dalam kondisi air tenang, dalam analisa ini perhitungan dilakukan ketika kapal mengalami oleng  $30^0$  dan area boundary condition berada pada ujung buritan kapal sehingga perhitungan ini akan sama dengan teori dari landasan kekuatan kapal, namun perlu diketahui besaran gaya

berat kapal dan gaya angkat kapal terlebih dahulu, sehingga didapat sebagai berikut:

Tabel 2. Pembagian ruangan

No	Nama	ton	m <sup>3</sup>
1	R. Pelampung B	0,949	0,949
2	R.Muat 3	2,147	2,147
3	R.Muat 2	1,259	1,259
4	R.Muat 1	0,965	0,965
5	R.Penyimpanan	0,618	0,618
6	R.Pelampung H	1,250	1,250
7	Lightship	16,776	
8	Deadship		17,594

Ket : 1-6 kondisi 1 lambung  
7-8 kondisi 2 lambung

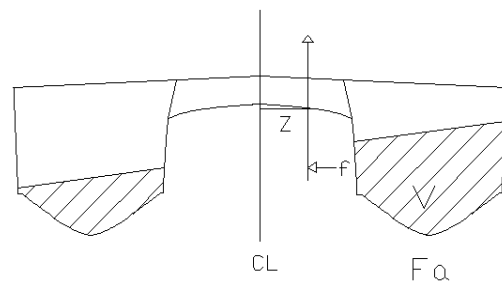
Pada tabel tersebut selanjutnya adalah didapatlah total gaya berat kapal yaitu;

$$\begin{aligned} \sum W &= m.g \\ &= 16,776 \text{ ton} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 164,404 \text{ ton.m/s}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya didapatkan gaya angkat kapal total, yaitu

$$\begin{aligned} \sum F_b &= \gamma_a \cdot V_d \cdot g \\ &= 1,025 \text{ ton/m}^3 \times 17,594 \text{ m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 176,731 \text{ ton.m/s}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya jika ingin mengetahui besaran momen puntir pada kapal dapat dilakukan sebagai berikut:



Gambar 9. Penampang melintang untuk analisa torsional saat oleng  $30^0$

Terlebih dahulu cari momen torsi pada tiap penampang yang memiliki bidang pada kapal terlebih dahulu dengan menggunakan rumus

$$M_t = f \times z \quad [\text{Nm}]$$

Dari rumus tersebut Maka perlu dicari terlebih dahulu nilai z sebagai lengan jarak



resultan gaya pada penampangnya yaitu  $f$ , moment torsi ini dipengaruhi oleh sudut oleng kapal sebesar 30o yang didapat dari ketentuan sudut oleng kapalnya. Sehingga dengan persamaan

$$Z = Gm \times \sin \Theta$$

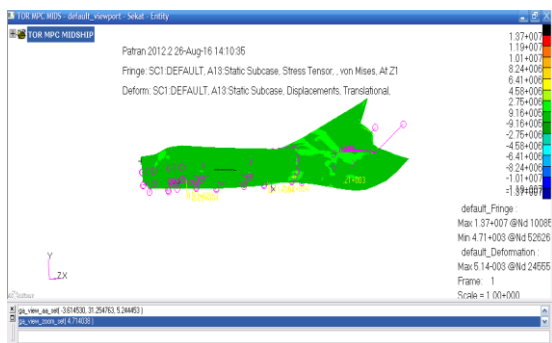
Maka didapatkanlah hasil sebagai berikut;

Tabel 3. Nilai momen pada tiap penampang

No	Momen Puntir	Nilai (Nm)
1	Mt <sub>0-1</sub>	2139
2	Mt <sub>1-3,5</sub>	4839,2
3	Mt <sub>3,5-6</sub>	2835,9
4	Mt <sub>6-8</sub>	2175,11
5	Mt <sub>8-9</sub>	1392,88
6	Mt <sub>9-12</sub>	2817,52

Dari tabel tersebut dengan perhitungan lanjutan, maka didapat result condition moment puntir yaitu  $M_t 5,34 E+04 N/m^2$  dan tegangan maksimal puntirnya adalah  $\tau(x_0) 7,91E+05 N/m^2$ , dengan tegangan izin bahan dari BKI  $9,80E+07 N/m^2$

Setelah hasil didapatkan maka masukan dalam MSC. Nastran untuk dianalisa dengan menggunakan software seperti gambar dibawah ini yang menunjukkan hasil analisa dari tegangan melintang kapal.

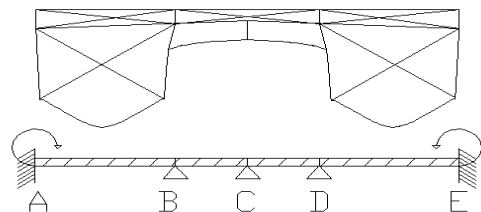


Gambar 10. Model hasil analisa tegangan torsional pada MSC. Nastran

Dari gambar analisa diatas didapatkan hasil yaitu tegangan maksimal sebesar  $1,37E+07 N/m^2$  dan letak tegangan maksimal terjadi pada bagian tengah kapal pada geladak penghubung kapal dikarenakan adanya perbedaan gaya berat dan angkat pada bagian haluan dan buritan kapal sehingga terjadi tegan yang besar pada bagian tersebut.

#### 4.4.2. Analisa Tegangan Melintang

Pada analisa melintang ini merupakan analisa yang sangat penting dilakukan pada kapal katamaran karena ini berkaitan dengan kekuatan geladak kanal atau geladak penghubung kapal katamaran ini sehingga akan mengetahui seberapa besarkah kemampuan kapal dalam menahan ataupun menerima beban yang terjadi pada kapal, dalam perhitungan ini dilakukan dengan memasukan beban statis pada kapal pada kondisi air tenang sehingga kapal akan diketahui berapa besaran teganga yang terjadi pada kapal, berikut ini adalah metode yang digunakan dalam menganalisa kekuatan geladak kanal kapal katamaran berupa analisa metode cross, metode ini dikembangkan oleh harry cross tahun 1933, dan masih digunakan dalam dunia teknik hingga saat ini karena dalam perhitungan ini dapat diketahui berapa besaran tegangan yang terjadi pada kapal dan jika diberi beban dan pada arah manakah penampang tersebut berubah.



Gambar 11. melintang kapal dengan menggunakan metode cross

Pada pembebanan  $q_1=q_3$  ( $q_1$  adalah penyebaran beban A sampai B dan  $q_2$  adalah penyebaran B sampai C), dimana bagian ini memiliki beban muatan sebesar 2147 kg dan beban geladak 200kg (100kg x 2 orang) dengan daerah sepanjang 1,165 m dan ditopang oleh gading dengan jarak 0,55 m maka[8],  $q_1= 1108,0257kg/m$  dan pada pembebanan  $q_2$ , dimana berat pada bagian ini hanya 2 orang x 100 kg, untuk daerah selebar 1,17 m dan ditopang oleh gading dengan jarak 0,58 m  $q_2= 99,1452 kg/m$ .

Selanjutnya adalah Perhitungan modulus penampang dengan mencari angka kekakuan batang ( $k$ ) dan koefisien distribusi ( $\mu$ ) karena profil geladak dan profil kanal memiliki ukuran yang sama maka:

Tabel 4. Perhitungan Modulus

Nama Bagian	No	lebar	tinggi	luas
-------------	----	-------	--------	------

		b	h	F
Gading	1	0,05	0,07	0,0035
	2	0,05	0,07	0,0035
	3	0,05	0,07	0,0035
	4	0,05	0,07	0,0035
Jumlah				0,042
jarak A-A'	F.a	F.a <sup>2</sup>	Io = 1/12.b.h <sup>3</sup>	
a				
0,5	0,00175	0,000875	1,42917E-06	
1	0,0035	0,0035	1,42917E-06	
1,5	0,00525	0,007875	1,42917E-06	
2	0,007	0,014	1,42917E-06	
Jumlah	0,0525	0,07875	0,00001715	

Selanjutnya adalah menghitung nilai-nilai dibawah ini dalam perhitungan ini tanda momen adalah (+) untuk searah jarum jam dan (-) untuk berlawanan arah jarum jam. Maka didapatkan hasil perhitungan dalam tabel berikut ini.

Tabel 5. Perhitungan pembagian beban

Titik Hubung		A		B		
Batang		AB	BA	BC		
Distribusi Faktor (DF)		0,00	0,43	0,57		
Siklus 1	FEM	-	125,32	-11,31		
	BAL	125,32	0,00	49,00	65,01	
Siklus 2	CO	24,50	0,00	0,00	0,00	
	BAL	0,00	0,00	0,00	0,00	
Siklus 3	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	
	BAL	0,00	0,00	0,00	0,00	
Jumlah		100,82	174,32	53,70		
C		D		E		
CB	CD	DC	DE	ED		
0,50	0,50	0,57	0,43	0,00		
11,31	-11,31	11,31	-	125,32		
		-	125,32	125,32		
0,00	0,00	65,01	-49,00	0,00		
32,51	-32,51	0,00	0,00	-24,50		
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Jumlah		43,82	-43,82	53,70	174,32	100,82

Karena katamaran maka perhitungan cukup sampai CL pada geladak katamaran sehingga untuk modulus penampang bernilai  $W = 0,021 \text{ m}^3$  dan momen maksimum yang terjadi sepanjang batang 53,68 kgm, maka dengan menggunakan rumus;

$$\sigma_{\text{transverse}} = \frac{\sigma \max}{W}$$

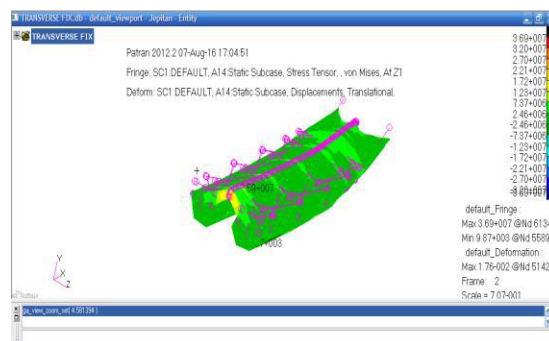
dari rumus diatas didapatkan, sebagai berikut:

Tabel 6. Tegangan melintang pada tiap bagian

No	$\sigma_{\text{transverse}}$	Nilai (N/m <sup>2</sup> )
1	0-1	1,63E+04
2	1-3,5	2,51E+04
3	3,5-6	2,05E+04
4	6-8	1,57E+04
5	8-9	1,05E+04
6	9-12	1,05E+04

Dari tabel tersebut didapatkan tegangan maksimal melintang sebesar  $1,07E+05 \text{ N/m}^2$  dan berada dibawah tegangan izin bahan BKI sebesar  $9,80E+07 \text{ N/m}^2$ .

Setelah hasil didapatkan maka masukan dalam MSC. Nastran untuk dianalisa dengan menggunakan software seperti gambar dibawah ini yang menunjukkan hasil analisa dari tegangan melintang kapal.



Gambar 12. Model hasil analisa tegangan melintang pada MSC. Nastran

Dari gambar analisa diatas didapatkan hasil nilai tegangan maksimal sebesar  $3,69E+07 \text{ N/m}^2$  dan tegangan terbesar terjadi pada geladak kanal kapal yang merupakan geladak penghubung antara 2 lambung kapal.

#### 4.4.3 Sagging

Pada analisa sagging digunakan analisa pada kondisi gelombang trochoid

karena gelombang permukaan pada air laut diawali oleh kondisi gelombang yang memiliki sudut yang curam sebelum akhirnya memiliki panjang gelombang yang cukup untuk membentuk gelombang sinusoidal, maka untuk menganalisa kapal dengan kondisi tersebut digunakan metode henschel (Sagging / Hogging), metode ini digunakan atas syarat kapal yaitu letak mesin berada diluar atau dibelakang kapal / tempel [2] sehingga untuk menentukan kekuatan memanjang kapal akibat gelombang sagging maka sebagai berikut:

Dengan persamaan :

$$Y = H \cdot c$$

Dari persamaan yang ada maka didapatkan hasil sebagai berikut;

Tabel 7. Tabel gelombang trochoid

Frame	C	Y
AP	1	0,54
1	0,794117647	0,432
2	0,595588235	0,324
3	0,396875	0,2159
4	0,198529412	0,108
5	0	0
6	0,198529412	0,108
7	0,396875	0,2159
8	0,595588235	0,324
9	0,794117647	0,432
FP	0,992647059	0,54

Selanjutnya adalah Gelombang aktual dari tinggi gelombang 0,544 m memiliki displacement 6892 kg, sebagai berikut:

Tabel 8. Displacement pada poros gelombang aktual

Absis	[1]	[2]
	C	Y
AP	1	0,54
0,5	0,897821351	0,4856
1	0,794117647	0,432
2	0,595588235	0,324
3	0,396875	0,2159
4	0,198529412	0,108
5	0	0

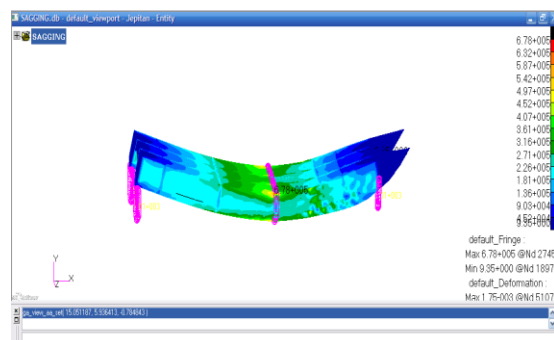
6	0,198529412	0,108
7	0,396875	0,2159
8	0,595588235	0,324
9	0,794117647	0,432
9,5	0,894117647	0,4856
FP	0,992647059	0,54

[3]	[4]	[3.4]
f.simp	csa	H.G
0,50	0,607398	0,303699
2,00	0,6537881	1,30757621
1,50	0,699496	1,049244
4,00	0,780296	3,121184
2,00	0,838427	1,676854
4,00	0,847727	3,390908
2,00	0,799229	1,598458
4,00	0,698995	2,79598
2,00	0,572869	1,145738
4,00	0,30318	1,21272
1,50	0,047149	0,0707235
2,00	0,0237491	0,04749825
0,50	0	0

Dari perhitungan tabel diatas didapatkan hasil tegangan maksimal akibat gelombang sagging yaitu sebesar 5,51E+03 N/m<sup>2</sup>.

Selanjutnya adalah memasukan hasil yang didapat ke dalam MSC. Nastran untuk

dianalisa dengan software, berikut ini adalah hasil analisa yang didapat



Gambar 13. Model hasil analisa tegangan akibat gelombang sagging pada MSC. Nastran

Pada gambar diatas dapat dinyatakan dalam hasil yaitu tegangan maksimal dari hasil analisa software yaitu 1,58E+05 N/m<sup>2</sup> dan besarnya tegangan terjadi pada daerah



midship kapal dengan besarnya gelombang 0,544 m dan pengaruh hidrostatik

#### 4.4.4 Hogging

Pada analisa hogging digunakan analisa pada kondisi gelombang trochoid karena gelombang permukaan pada air laut diawali oleh kondisi gelombang yang memiliki sudut yang curam sebelum akhirnya memiliki panjang gelombang yang cukup untuk membentuk gelombang sinusoidal, maka untuk menganalisa kapal dengan kondisi tersebut digunakan metode henschel (Sagging / Hogging), metode ini digunakan atas syarat kapal yaitu letak mesin berada diluar atau dibelakang kapal / tempel [2] sehingga untuk menentukan kekuatan memanjang kapal akibat gelombang sagging maka sebagai berikut:

Dengan persamaan :

$$Y = H \cdot c$$

Dari persamaan yang ada maka didapatkan hasil sebagai berikut;

Tabel 9. Tabel gelombang trochoid

Frame	C	Y
AP	1	0,54
1	0,794117647	0,432
2	0,595588235	0,324
3	0,396875	0,2159
4	0,198529412	0,108
5	0	0
6	0,198529412	0,108
7	0,396875	0,2159
8	0,595588235	0,324
9	0,794117647	0,432
FP	0,992647059	<b>0,54</b>

Selanjutnya adalah Gelombang aktual dari tinggi gelombang 0,544 m memiliki displacement 6892 kg, sebagai berikut:

Tabel 10. Displacement pada poros gelombang aktual

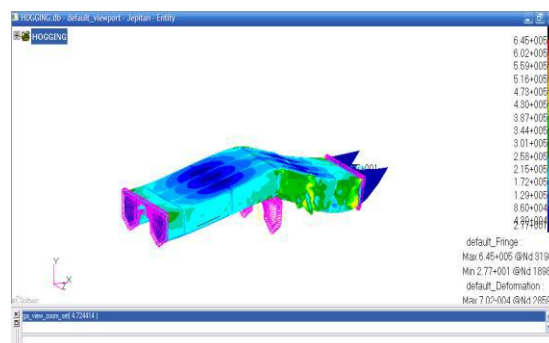
Absis	[1] c	[2] Y
AP	1	0,54
0,5	0,897821351	0,4856
1	0,794117647	0,432
2	0,595588235	0,324
3	0,396875	0,2159

4	0,198529412	0,108
5	0	0
6	0,198529412	0,108
7	0,396875	0,2159
8	0,595588235	0,324
9	0,794117647	0,432
9,5	0,894117647	0,4856
FP	0,992647059	0,54

[3] f.simp	[4] csa	[3.4] H.G
0,50	0,607398	0,303699
2,00	0,653468	1,306937
1,50	0,699496	1,049244
4,00	0,780296	3,121184
2,00	0,838427	1,676854
4,00	0,847727	3,390908
2,00	0,799229	1,598458
4,00	0,698995	2,79598
2,00	0,572869	1,145738
4,00	0,30318	1,21272
1,50	0,047149	0,070724
2,00	0,023585	0,047171
0,50	0	0

Dari perhitungan tabel diatas didapatkan hasil tegangan maksimal akibat gelombang sagging yaitu sebesar 1,71E+04 N/m<sup>2</sup>.

Selanjutnya adalah memasukan hasil yang didapat ke dalam MSC. Nastran untuk dianalisa dengan software, berikut ini adalah hasil analisa yang didapat



Gambar 14. Model hasil analisa hogging pada MSC. Nastran

Pada gambar diatas dapat dinyatakan dalam hasil yaitu tegangan maksimal dari hasil analisa software yaitu 6,45E+05 N/m<sup>2</sup> dan besarnya tegangan terjadi pada daerah midship kapal dengan besarnya gelombang 0,544 m dan pengaruh hidrostatik

#### 4.4.4 Perhitungan *Safety Factor* dan Tegangan Izin

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik dari beban luar, yaitu beban tekan maupun tarik.

Sebelum menghitung *safety factor*, dicari terlebih dahulu nilai tegangan ijin sesuai dengan ketentuan BKI 2014 Vol II sec 9 B 3.1. yaitu dengan rumus;

$$\sigma_{Pr} = \sigma_{perm} + \sigma_{LB} - 2[(\sigma_{LB} + \sigma_{LD})/H]$$

Setelah didapatkan tegangan ijin sesuai BKI yaitu sebesar  $8,0E+07 \text{ N/m}^2$  maka selanjutnya untuk mencari nilai *safety factor* berdasarkan perhitungan mekanika teknik yaitu dimana dicari berdasarkan rumus [4]:

$$\text{Tegangan ijin} = \frac{\text{Tegangan suatu bahan}}{\text{Tegangan ijin bahan}}$$

Dari rumus diatas maka didapatkanlah tabel perbandingan tegangan bahan dan tegangan ijin suatu bahan sebagai berikut;

Tabel 11. Perhitungan *safety factor* menurut kriteria bahan

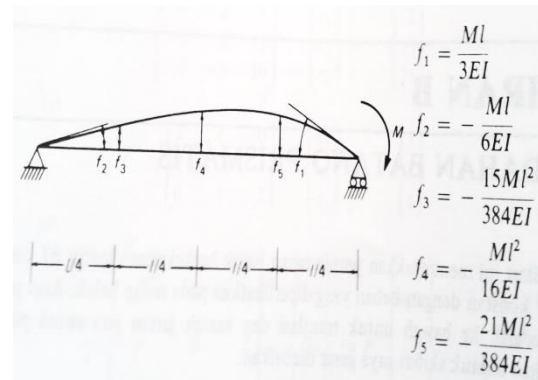
Hasil Analisa	Tegangan Max (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan Ijin (N/mm <sup>2</sup> )	SF	Ket
Torsional	8,73E+05	9,80E+07	112	Safet y
Melintang	3,69E+07	9,80E+07	2,6	Safet y
Sagging	1,58E+05	9,80E+07	620	Safet y
Hogging	6,78E+05	9,80E+07	620	Safet y

Tabel 12. Perhitungan *safety factor* menurut tegangan ijin BKI

Hasil Analisa	Tegangan Max (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan Ijin (N/mm <sup>2</sup> )	SF	Ket
Torsional	8,73E+05	8,0E+07	91,6	Safet y
Melintang	3,69E+07	8,0E+07	2,16	Safet y
Sagging	1,58E+05	8,0E+07	506,32	Safet y
Hogging	6,78E+05	8,0E+07	620	Safet y

#### 4.4 Validasi Model

Validasi model merupakan suatu hal yang penting karena hal ini akan menunjukkan keakuratan pemodelan pada *software* dengan model pada aslinya. Model yang sudah jadi pada *software* diberi sebuah kondisi sederhana sesuai dengan kondisi pada rumus mekanika teknik [4].



Gambar 15. Rumus mekanika teknik untuk mencari deformasi

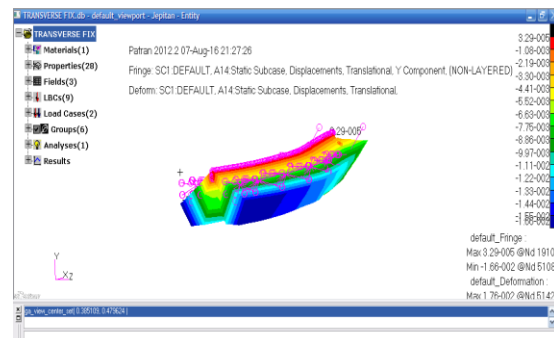
$$f_4 = \left| -\frac{Ml^2}{16EI} \right|$$

Dimana:

- M = momen (N.m)
- l = panjang penampang (m)
- E = modulus elastisitas (Pa)
- I = momen inersia (m<sup>4</sup>)

#### 4.4.1. Hasil menggunakan *Software*

Model pada *software* diberi momen M pada titik independen bagian ujung depan model dan diberi jepit sederhana pada bagian depan dan belakang sesuai dengan Gambar 14 Kemudian dilakukan analisa model.

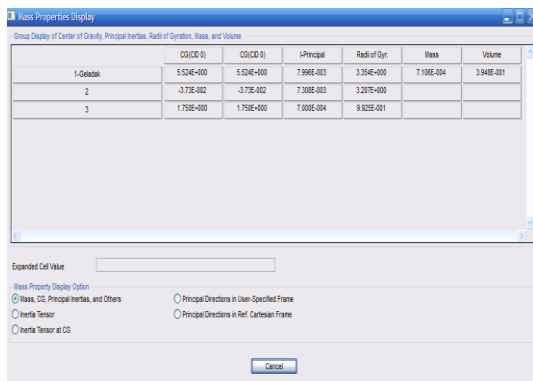


Gambar 16. Hasil analisa model menggunakan *software*

Dari gambar diatas hasil nilai deformasi pada bagian tengah model dari hasil menggunakan validasi *software* Msc. Patran sebesar  $4,41 \times 10^{-3} \text{ m}$ .

#### 4.4.2. Hasil menggunakan Rumus Mekanika Teknik

Momen Inersia model dapat diketahui dari *software* dengan melihat tabel *Mass Properties*.



Gambar 17. *Mass Properties Display Model*

Perhitungan Validasi Model Menggunakan Rumus Mekanika Teknik

$$f_4 = \left| -\frac{Ml^2}{16EI} \right|$$

$$f_4 = \left| -\frac{2,51E+04 \times 3,5^2}{16 \times 68,6E+07 \times 7,308 \times 10^{-3}} \right|$$

$$f_4 = 4,12 \times 10^3 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan rumus mekanika teknik didapatkan hasil deformasi yang hasilnya dibandingkan dengan hasil dari *software*. Untuk dapat dikatakan mendekati benar, maka persentase validitasnya harus dibawah 10% agar nilai tersebut dapat dikatakan valid.

Tabel 13. Validasi Perhitungan

<i>Software</i>	Hasil Deformasi	
	Mekanika Teknik	Persentase Validitas
4,41x 10 <sup>-3</sup> m	4,12x10 <sup>-3</sup> m	93,42 %

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil analisa yang dilakukan pada kapal katamaran dengan kondisi torsional, melintang, sagging dan hogging menunjukkan hasil tegangan secara

keseluruhan berada dibawah tegangan bahan dan ijin dari BKI, dengan kondisi pada tiap masing masing analisa yaitu untuk torsional tegangan geser puntir maksimal dengan pengaruh air tenang sebesar 8,73E+05 N/m<sup>2</sup> terletak pada daerah penampang melintang antara ruang muat pelampung dan ruang muat BBM dipengaruhi oleh kondisi volume yang berbeda, pada analisa melintang tegangan maksimal kapal dengan pengaruh kondisi air tenang sebesar 3,69E+07 N/m<sup>2</sup> terletak pada daerah geladak kanal kapal yang merupakan geladak penghubung antara 2 lambung kapal, pada analisa sagging dipengaruhi oleh kondisi gelombang trochoid sebesar 0,544 m dan tegangan terbesar terjadi pada midship kapal sebesar 6,78E+05 N/m<sup>2</sup> sedangkan pada analisa hogging dengan tegangan terbesar terjadi daerah midship kapal yang lebih mengarah pada ruang muat satu sebesar 6,45E+05 N/m<sup>2</sup> dan semua dalam kondisi aman menurut perhitungan BKI dengan tegangan bahan sebesar 9,87E+07 N/m<sup>2</sup> dan tegangan ijin BKI sebesar 8,0E+07 N/m<sup>2</sup>.

2. Dengan hasil analisa yang didapat tersebut nelayan tidak perlu khawatir pada kondisi kapal katamaran apabila bermuatan penuh pada lambung kapalnya karena masih dalam kondisi batas yang aman menurut perhitungan BKI bahkan nelayan masih dapat menambahkan muatannya pada geladak kapal tersebut hingga 200 kg sepanjang geladak penghubung kapal hal ini disebabkan karena tegangan terbesar terjadi pada geladak penghubung lambung pada kondisi muatan penuh kapal dengan tinggi

### 5.2. Saran

Adapun saran- saran yang dapat dilakukan oleh peneliti selanjutnya terhadap analisa ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam meletakan muatan kapal lebih baik perhatikan kondisi muatan antar volume ruang muat sisi kanan dan kirinya sehingga kapal tidak akan mengalami perbedaan beban muat yang berbeda yang dapat mengakibatkan tidak stabilnya kapal atau bahkan mengalami puntiran meskipun sanat kecil pengaruhnya

2. Dalam berlayar apabila bermuatan penuh maka nelayan harus memperhatikan kondisi gelombang laut yang ada agar kondisi kapal tetap dalam keadaan aman sehingga kapal tidak akan mengalami anomali guncangan ombat laut yang hebat yang dapat mengakibatkan pecahnya lambung

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biro Klasifikasi Indonesia, PT. Persero. 1996. *Rules for fiberglass*, Jakarta : Biro Klasifikasi Indonesia
- [2] Chen , Nian-Zhong,dkk. 2003. *Reliability analysis of a ship hull in composite material*. Composite structure pp.59-66
- [3] Handayanu. 2012. *Metode Elemen Hingga*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [4] Popov, E.P. 1978. *Mekanika Teknik*, 2nd edition, New Jersey: Prentice-Hall
- [5] Santosa, Budi. 2013. *Diktat Dasar Teori Kekuatan Kapal*. Surabaya : Fakultas Teknologi Kelautan
- [6] The MSC Software Corporation. 1999. *Practical Finite Element Modeling Techniques using MSC. NASTRAN*, Colorado: The MacNeal-Schwendler Corporation
- [7] Tim BPPI. 2014. Kementerian Kelautan dan Perikanan Direktorat Jendral Perikanan Tangkap Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan, Semarang:BPPI Semarang
- [8] Yulistriadi, Andianto. 1997. *Analisa kekuatan melintang dan memanjang kapal katamaran 10 Gt Metode Elemen Hingga*, Tugas Akhir, Program Studi S1 Teknik Mesin, Jakarta: Universitas Indonesia