



ISSN

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisis *Hull Strength* Kapal Ikan 5 GT Bahan *Fiberglass* Menggunakan Metode Elemen Hingga

Siska Dearnia Ajjah Purba<sup>1)</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>2)</sup>, Ahmad Firdhaus<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Perencanaan Kapal Dibantu Komputer

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>\*)</sup>e-mail : [siskadearniajjahpur@students.undip.ac.id](mailto:siskadearniajjahpur@students.undip.ac.id)

### Abstrak

*Hull Strength* pada kapal ikan 5 GT bahan *fiberglass* yang memiliki laminasi CSM 300, CSM 450, dan WR 800 menurut BKI memiliki tegangan ijin bahan  $9,80E+07$  N/m<sup>2</sup> dan modulus elastisitas 72,3 GPa. Analisis penelitian ini berfokus pada perhitungan kondisi torsional, sagging dan hogging kapal dengan kondisi gelombang trochoid tertinggi  $h = 0,55$  m. Perhitungan menggunakan simulasi numerikal Metode Elemen Hingga untuk mengidentifikasi area kritis yang rentan terhadap tekanan tinggi pada lambung kapal. Dari hasil perhitungan Analisa menggunakan Metode Elemen Hingga, menunjukkan bahwa pada kondisi torsional kapal mengalami tegangan maksimal sebesar  $1,75E+07$  N/m<sup>2</sup> yang lokasinya berada dibagian depan dan belakang, kemudian pada kondisi sagging kapal mengalami tegangan maksimal sebesar  $2,34E+07$  N/m<sup>2</sup> yang lokasinya berada di midship kapal, dan pada kondisi hogging kapal mengalami tegangan maksimal sebesar  $2,32E+07$  N/m<sup>2</sup> yang terjadi pada ruang palka ikan 1. Melalui perhitungan factor of safety, didapat nilai tegangan maksimum yang berada dibawah tegangan ijin dan tegangan bahan yang telah ditetapkan oleh BKI, kemudian didapat pula validasi model sebesar dengan persentase validitas sebesar 94,27 %.

Kata Kunci : Analisis *Hull Strength*, sagging, hogging, tegangan torsional, FRP

### 1. PENDAHULUAN

konstruksi kapal ikan yang terbuat dari bahan FRP memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan konstruksi yang terbuat dari kayu [1]. Umur atau masa pakai kapal *fiberglass* lebih tahan lama, serta perawatannya jauh lebih sederhana dan lebih murah. Selain itu, kapal ikan *fiberglass* jauh lebih ringan dan lebih cocok untuk kapal ikan [2]. Dengan banyaknya keunggulan dan kelebihan dari kapal ikan bahan *fiberglass* ini, tidak mengherankan jika pada saat ini banyak sekali nelayan yang beralih dari kapal ikan tradisional bahan kayu menjadi kapal ikan bahan *fiberglass*.

Konstruksi kapal akan mengalami pembebanan baik beban internal ataupun beban eksternal. Beban internal yang disebabkan oleh pembebanan yang ada di kapal dan beban eksternal yang disebabkan gelombang laut serta posisi kapal terhadap gelombang itu sendiri dan angin [3]

Kekuatan struktur lambung merupakan salah satu aspek teknis yang mempengaruhi tingkat

keselamatan kapal di saat beroperasi baik di kondisi laut tenang maupun bergelombang. Struktur lambung memiliki batas kekuatan, sehingga Ketika struktur tersebut mendapatkan beban eksternal maupun internal, akan mencapai kekuatan batas atau *ultimate strength* [4].

Pada penelitian lainnya tentang Analisa Kekuatan Batas Lambung Kapal dalam Menahan Momen Lentur Vertikal, dengan menggunakan metode elemen hingga, didapatkan momen  $6,311 \times 10^8$  Nmm pada saat kondisi hogging dan  $-6,311 \times 10^8$  Nmm pada kondisi sagging [4].

Kemudian, pada penelian tentang Studi Perancangan Sistem Konstruksi dan Analisa Kekuatan Fish Processing Vessel dengan Bentuk Lambung Catamaran pada Perairan Indonesia didapatkan tegangan Ultimate sebesar 409.3 MPa pada sagging dengan momen  $-4.44 \times 10^{11}$  Nmm dan 428.5 MPa pada Hogging dengan momen  $5.97 \times 10^{11}$  Nmm pada kondisi air tenang [5].

Selanjutnya, pada penelitian terdahulu tentang Analisis Kekuatan Lambung Kapal Bermaterial Komposit yang Dibuat Menggunakan Metode

VARTM didapatkan Analisis Kekuatan dengan tegangan maksimum pada kondisi sagging sebesar 75,493 Mpa dan tegangan minimum sebesar -63,857 Mpa, kemudian pada saat kondisi hogging tegangan maksimum sebesar 159,16 MPa dan tegangan minimum sebesar -190,82 MPa [6]

Selain itu, pada penelitian sebelumnya tentang Studi Pengaruh Orientasi Komposit FRP Terhadap Kekuatan Lambung Kapal Menggunakan Metode Elemen Hingga didapatkan nilai tegangan maksimal (Ultimate Strength) sebesar 127,48 N/mm<sup>2</sup> dengan flexural strength sebesar 183,35 N/mm<sup>2</sup> [7]

Pada penelitian lainnya tentang Analisis Kekuatan Struktur Lambung Kapal Terhadap Beban Tekan Hidrostatik dan Hidrodinamis: Studi Kasus Kapal Kontainer 600 TEUs didapatkan nilai deformasi terendah dengan 51,14 mm, dan nilai strain terendah dengan  $9,123 \times 10^{-4}$  Nmm [8]

Berdasarkan penelitian diatas, maka penulis akan menganalisa dan menghitung tegangan maksimal lambung kapal ikan bahan *fiberglass*.

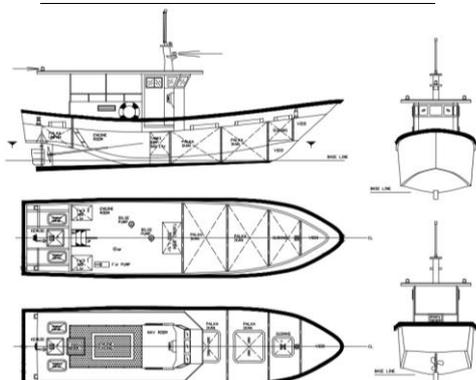
## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah Kapal Ikan 5 GT Bahan *Fiberglass* yang datanya diperoleh dari PT. Jelajah Samudera Internasional yang berada di Jepara. Adapun ukuran utama Kapal Ikan 5 GT bahan *Fiberglass* sebagai berikut :

Tabel 1. Ukuran Utama Ikan 5 GT

Dimensi	SKPT Sabang 46
LOA	11 meter
Breadth	2.6 meter
Height	1 meter
Draught	0.6 meter
GT	5 Ton



Gambar 1. GA Kapal Ikan 5 GT

### 2.2. Pengumpulan Data

Data yang diperoleh bersumber dari pihak galangan Jelajah Samudera Internasional Jepara Serta data pendukung berupa buku, jurnal, dan penelitian sebelumnya.

### 2.3. Pengolahan Data

Dalam pengolahan data, penulis menggunakan beberapa aplikasi seperti AutoCAD, *Rhinoceros*, dan *Ansys R1 2023*, informasi yang telah dikumpulkan dari berbagai sumber diperiksa dan diolah menggunakan bantuan perangkat lunak analitik dan perhitungan manual yang didukung oleh *Excel* dengan mengkalibrasi beberapa formula parameter variable. Prosedur pengolahan data dapat dipaparkan secara ringkas sebagai berikut :

#### 1. Pemodelan 3D dari AutoCad ke *Ansys*

Pertama-tama, lakukan pemodelan 2D kapal ikan menggunakan AutoCAD kemudian import ke *Rhinoceros* untuk mendapatkan hasil yang detail dalam bentuk 3D, dan selanjutnya diimport Kembali ke aplikasi *Ansys R1 2023*

#### 2. Analisa model menggunakan *Ansys*

Dalam menganalisa model menggunakan software *Ansys*, ada beberapa tahap yang harus kita lakukan mulai dari pemodelan geometri, memasukkan *material properties* dan juga *element properties*, Melakukan *meshing*, melakukan pemodelan pada beban, menentukan *connection* antar part, dan melakukan *solving* pada tab *solver*.

#### 3. Melakukan validasi model

Validasi model sangat penting karena akan menunjukkan seberapa akurat perangkat lunak mereproduksi model aslinya. Model divalidasi dengan membandingkan hasil deformasi dari analisis berbasis perangkat lunak dan perhitungan yang dibuat menggunakan rumus mekanika teknik.

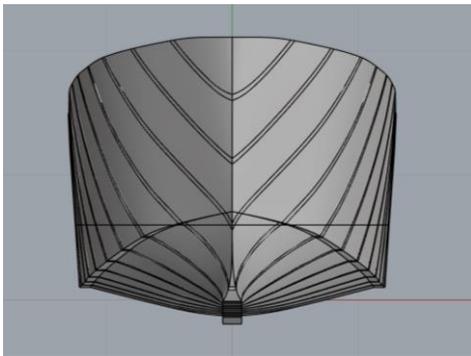
#### 4. Kesimpulan dan hasil

Untuk mengembangkan formula kekuatan yang kuat untuk kapal penangkap ikan *fiberglass*, temuan analisis pengujian akan digunakan untuk menentukan kekuatan lambung kapal di bawah beban terkecil yang dapat ditanggung kapal dan beban tertinggi yang dapat ditanggung oleh material.

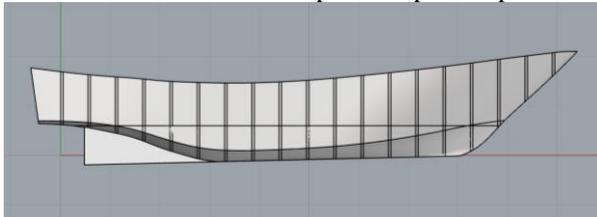
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pemodelan 3D menggunakan *Rhinoceros*

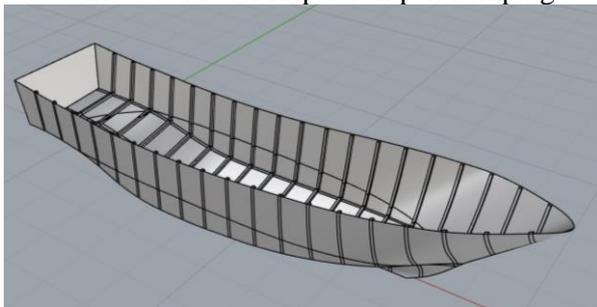
Untuk melakukan analisis FEM menggunakan *Ansys RI 2023*, Kapal Ikan 5GT Bahan *Fiberglass* yang masih berbentuk 2D harus terlebih dahulu dimodelkan kedalam bentuk 3D. Kali ini, saya memilih aplikasi *Rhinoceros* sebagai salah satu alat untuk memodelkan Kapal Ikan 5GT Bahan *Fiberglass* kedalam bentuk 3D karena aplikasi ini sangat mudah dioperasikan dan mudah untuk di *Export* ke aplikasi manapun, termasuk aplikasi *Ansys RI 2023*. Maka bentuk Kapal Ikan 5GT Bahan *Fiberglass* akan seperti gambar 2, 3 dan 4.



Gambar 2. Model Kapal Tampak Depan



Gambar 3. Model Kapal Tampak Samping

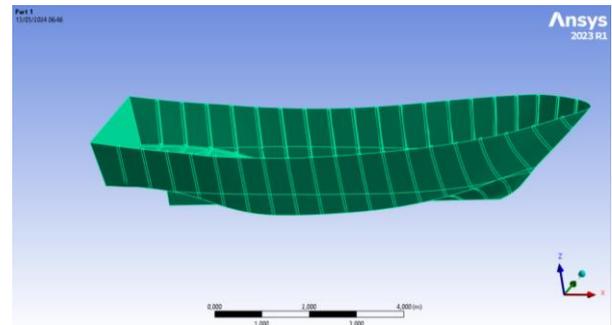


Gambar 4. Model Kapal Tampak Perspektif 3D

#### 3.2. Pemodelan Menggunakan *Ansys RI 2023*

Setelah Kapal Ikan 5GT berbentuk 3D seperti gambar 2, 3 dan 4. untuk memasukkan model tersebut kedalam *Ansys RI 2023*, kita perlu untuk menyimpan file *Rhinoceros* dalam format STEP atau stp guna mengurangi timbulnya eror dalam *running* di *Ansys*. Selanjutnya, setelah model berbentuk STEP, Kita hanya perlu melakukan *import files* pada menu *Ansys RI 2023* dengan cara,

pertama kita harus memilih tipe analisis system yang mau digunakan, untuk FEM, kita dapat memilih *Static Structural* dan memilih opsi *import geometry* dan model akan berbentuk seperti gambar 3



Gambar 5. Model Kapal Ansys

Selanjutnya, untuk dapat menjalankan *running* mengenai berbagai macam kondisi kapal nantinya, model terlebih dahulu harus disiapkan dengan menambahkan *mesh properties* sesuai kondisi dan ketentuan kepada model, mendefinisikan *connection* pada bagian bagian tiap part, melakukan *meshing*, dan menginputkan nilai *load* pada model kapal.

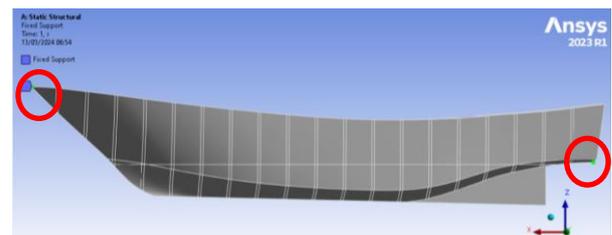
Tegangan akhir yang didapat dari pemodelan ini tidak boleh lebih besar dari peraturan yang telah ditetapkan BKI seperti tabel dibawah ini [10]

Tabel 2. *Material Properties* kapal FRP dari BKI

<i>Properties</i>	Nilai
<i>Density</i>	2580 kg/m <sup>3</sup>
<i>Young Modulus</i>	72300 MPa
<i>Tensile Strength</i>	98 MPa
<i>Poisson Ratio</i>	0,2

##### 3.2.1. Penentuan *Boundary Condition*

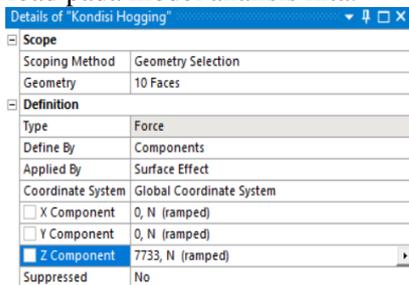
*Boundary Condition* atau yang bisa kita sebut sebagai kondisi batas digunakan untuk menentukan bentuk tumpuan dari suatu objek yang akan dianalisa. Penentuan kondisi batas atau *Boundary Condition* untuk semua kondisi adalah *fix* termasuk *constraint* searah dengan sumbu memanjang dari badan kapal adalah *fix* hal ini tertuang dalam aturan BKI *Analysis Techniques Strength* 2005 [9].



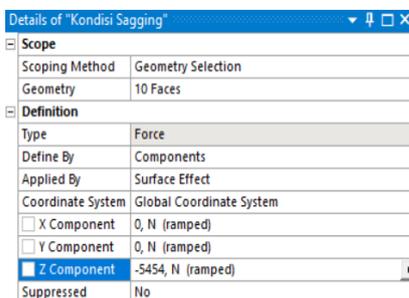
Gambar 6. Penentuan Letak Kondisi Batas

### 3.2.2. Penentuan Load

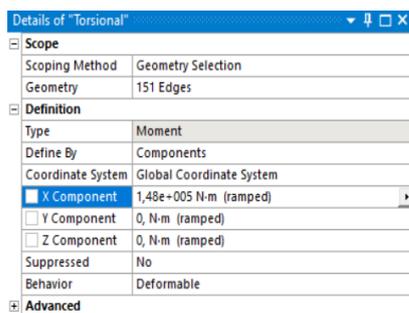
Untuk mendapatkan analisis yang akurat didalam ansys R1 2023 maka, kita juga perlu untuk menentukan muatan atau yang biasa kita sebut sebagai load pada model analisis kita.



Gambar 7. Load Kondisi Hogging



Gambar 8. Load Kondisi Sagging



Gambar 9. Load Kondisi Torsional

### 3.3. Analisa Tegangan Torsional

Analisa tegangan torsional sangat diperlukan untuk menentukan seberapa besar kapal dapat menerima beban puntiran akibat beban statis berupa kondisi berat kapal kosong, beban muat serta letak beban muat karena kondisi air tenang, Analisa perhitungan dapat dilakukan dimana kapal

mengalami oleng 30<sup>0</sup> dan area *Boundary Condition* berada pada ujung buritan kapal sehingga perhitungan ini akan sesuai dengan teori landasan kapal. Untuk itu, kita perlu menghitung gaya angkat dan gaya berat kapal

**Tabel 3. Pembagian Ruangan**

No	Nama	ton	m <sup>3</sup>
1	R. Palka Umpan	0,949	0,949
2	R. Palka Ikan 1	4,294	4,294
3	R. Palka ikan 2	5,734	5,734
4	R. Penyimpanan	0,618	0,618
6	R. Pelampung	1,250	1,250
7	Lightship	2000	
8	Deadship		12,027
9.	Volume total		12,845

Selanjutnya, hasil yang didapat untuk gaya berat kapal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum W &= m \cdot g \\ &= 12,007 \text{ ton} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 117,668 \text{ ton} \cdot \text{m/s}^2 \end{aligned}$$

Dan, gaya angkat kapal didapati hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sum F_b &= \gamma \cdot a \cdot V_d \cdot g \\ &= 1,025 \text{ ton/m}^3 \times 12,845 \text{ m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 129,028 \text{ ton} \cdot \text{m/s}^2 \end{aligned}$$

Kemudian, untuk mengetahui momen torsi pada tiap penampang kapal, kita dapat menggunakan rumus :

$$M_t = f \cdot z$$

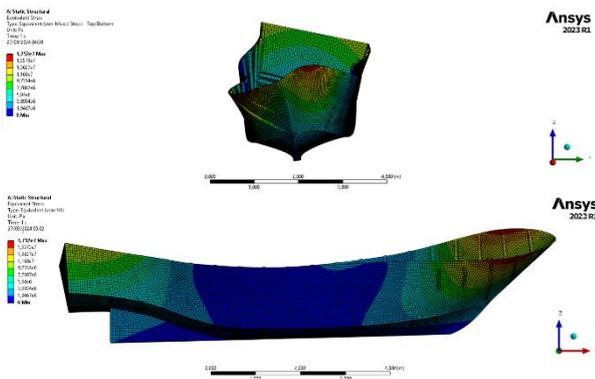
Dari persamaan diatas, kita perlu mencari nilai dari z,

Dan dari perhitungan melalui persamaan diatas, maka akan didapatkan momen puntir pada tiap penampang sebagai berikut :

**Tabel 4. Nilai momen pada tiap penampang**

No	Momen Puntir	Nilai (Nm)
1	M <sub>t0-1</sub>	1097,4
2	M <sub>t1-3,5</sub>	4965,5
3	M <sub>t 3,5-6</sub>	6630,7
4	M <sub>t 6-8</sub>	714,60
5	M <sub>t 8-9</sub>	1445,5

Setelah diketahui momen pada tiap masing-masingnya , maka didapatlah tegangan geser puntir maksimum pada kapal dengan menggunakan mekanika teknik sebesar 1,48E+05 N/m<sup>2</sup> dan tegangan maksimum sebesar 1,75E+07 N/m<sup>2</sup> pada aplikasi *Ansys*.



Gambar 10. Hasil Analisa Tegangan Torsional

### 3.4. Analisa Sagging

Penelitian ini menggunakan kondisi gelombang *trochoid* untuk analisa *sagging* karena gelombang permukaan laut selalu diawali dari gelombang yang mempunyai sudut curam sebelum pada akhirnya memiliki Panjang gelombang untuk membentuk *sinusoidal*, untuk menganalisis kapal dengan kasus ini digunakan metode *hensche (sagging/hogging)* dengan syarat, letak mesin berada diluar atau belakang kapal/tempel. Untuk itu, kita perlu menghitung kekuatan memanjang dari kapal ikan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$Y = H.c$$

Dari perhitungan menggunakan rumus diatas, maka didapat tabel gelombang *trochoid* seperti yang berada pada tabel 5

Frame	C	Y
AP	1	0,55
1	0,792153246	0,435
2	0,595634512	0,327
3	0,396875	0,218
4	0,198453261	0,109
5	0	0
6	0,198453261	0,109
7	0,396875	0,218
8	0,595634512	0,327
9	0,792153246	0,435
FP	0,992612543	0,55

Gelombang aktual dari tinggi gelombang 0,55m.

Tabel 6. *Displacement* pada gelombang aktual

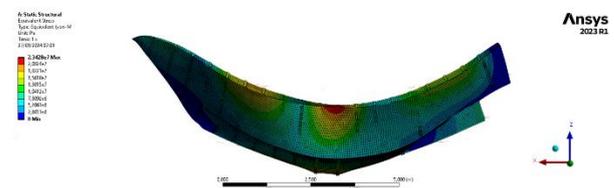
absis	[1]	[2]	[3]
	C	Y	f. simp
AP	1	0,55	0,50
0,5	0,892647059	0,490	2,00
1	0,792153246	0,435	1,50
2	0,595634512	0,327	4,00
3	0,392875	0,218	2,00
4	0,198453261	0,109	4,00
5	0	0	2,00
6	0,198453261	0,109	4,00
7	0,392875	0,218	2,00
8	0,595634512	0,327	4,00
9	0,792153246	0,435	1,50
9,5	0,894134518	0,491	2,00
FP	1	0,55	0,50

[4]	[3.4]
csa	H.G
0,617322	0,392607
0,652204	1,318410
0,697392	1,049259
0,781099	3,121247
0,838231	1,676364
0,847378	3,390417
0,799316	1,598621
0,698365	2,795214
0,572421	1,145632
0,303362	1,212712
0,047945	0,070451
0,024514	0,049193
0	0

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan nilai dari hasil tegangan maksimal yang menggunakan hitungan manual sebesar  $5,45E+03 \text{ N/m}^2$

Kemudian, dilakukan juga penganalisaan kondisi *sagging* menggunakan aplikasi *Ansys RI 2023*, dan hasil yang didapat sebagai berikut



Gambar 11. Hasil Analisis *Sagging*

Dari perhitungan menggunakan aplikasi *Ansys RI 2023*, didapatkan nilai tegangan maksimal sebesar  $2,34E+07 \text{ N/m}^2$ .

### 3.5. Analisa Hogging

Pada analisa *hogging*, kita juga masih menggunakan menggunakan kondisi gelombang *trochoid* untuk analisa *hogging* karena gelombang permukaan laut selalu diawali dari gelombang yang mempunyai sudut curam sebelum pada akhirnya memiliki Panjang gelombang untuk membentuk *sinusoidal*, untuk menganalisis kapal dengan kasus ini digunakan metode *hensche (sagging/hogging)* dengan syarat, letak mesin berada diluar atau belakang kapal/tempel. Untuk itu, kita perlu menghitung kekuatan memanjang dari kapal ikan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$Y = H.c$$

Dari perhitungan menggunakan rumus diatas, maka didapat tabel gelombang *trochoid* seperti yang berada pada tabel 7

Tabel 7. Nilai gelombang *trochoid*

Frame	C	Y
AP	1	0,55
1	0,792153246	0,435
2	0,595634512	0,327
3	0,396875	0,218
4	0,198453261	0,109
5	0	0
6	0,198453261	0,109
7	0,396875	0,218
8	0,595634512	0,327
9	0,792153246	0,435
FP	0,992612543	0,55

Gelombang aktual dari tinggi gelombang 0,55m.

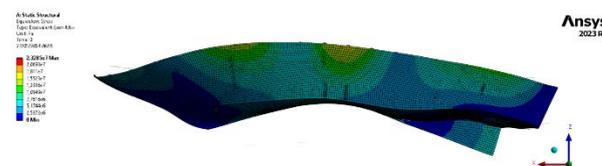
Tabel 8. *Displacement* pada gelombang aktual

absis	[1] C	[2] Y	[3] f. simp
AP	1	0,55	0,50
0,5	0,198453261	0,109	2,00
1	0,392875	0,218	1,50
2	0,595634512	0,327	4,00
3	0,792153246	0,435	2,00
4	0,892647059	0,490	4,00
5	1	0,55	2,00
6	0,892647059	0,490	4,00
7	0,792153246	0,435	2,00
8	0,595634512	0,327	4,00
9	0,392875	0,218	1,50
9,5	0,198453261	0,109	2,00
FP	1	0,55	0,50

[4] csa	[3.4] H.G
0,617322	0,392607
0,650204	1,303412
0,697392	1,049259
0,781099	3,121247
0,838231	1,676364
0,847378	3,390417
0,799316	1,598621
0,698365	2,795214
0,572421	1,145632
0,303362	1,212712
0,047945	0,070451
0,024514	0,049193
0	0

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan nilai dari hasil tegangan maksimal yang menggunakan hitungan manual sebesar 7,73E+04 N/m<sup>2</sup>.

Kemudian, dilakukan juga penganalisaan kondisi *sagging* menggunakan aplikasi *Ansys RI 2023*, dan hasil yang didapat sebagai berikut



Gambar 12. Hasil Analisis *Hogging*

Dari perhitungan menggunakan aplikasi *Ansys RI 2023*, didapatkan nilai tegangan maksimal sebesar 2,32E+07 N/m<sup>2</sup>.

### 3.6. Perhitungan Tegangan Ijin dan *Safety Factor*

Tegangan ijin dan *safety factor* sangat penting dalam analisis struktur kapal karena dengan menghitung hal ini, kita dapat melihat tingkat kemampuan bahan dari pengaruh beban luar seperti beban tarik, maupun tekan.

Untuk menghitung *safety factor*, pertama tam akita ahrus menghitung nilai tegangan ijin menggunakan rumus

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

Setelah melakukan berbagai perhitungan manual menggunakan rumus diatas, didapatkanlah tegangan ijin sesuai dengan BKI sebesar 8,0E+07 N/m<sup>2</sup>, selanjutnya kita akan menghitung nilai *safety factor* mengikuti mekanika teknik menggunakan rumus [11]

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

Dari rumus diatas, maka akan didapatkan tabel nilai sebagai berikut

Tabel 9. *Safety factor menurut tegangan bahan*

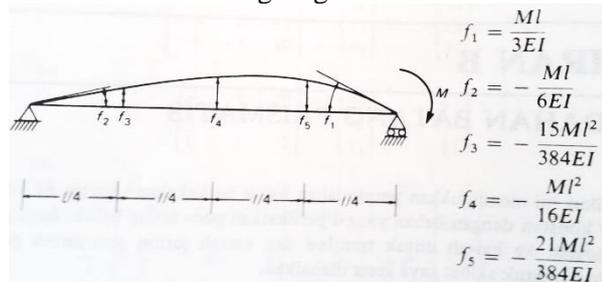
Hasil Analisa	Tegangan Max (N/m <sup>2</sup> )	Tegangan Izin (N/m <sup>2</sup> )	SF	Ket
Torsional	1,75E+07	9,80E+07	5,6	Safety
Sagging	2,34E+07	9,80E+07	4,18	Safety
Hogging	2,32E+07	9,80E+07		

Tabel 10. *Safety factor menurut tegangan ijin*

Hasil Analisa	Tegangan Max (N/m <sup>2</sup> )	Tegangan Izin (N/m <sup>2</sup> )	SF	Ket
Torsional	1,75E+07	8,0E+07	4,57	Safety
Sagging	2,34E+07	8,0E+07	3,41	Safety
Hogging	2,32E+07	8,0E+07	3,44	Safety

### 3.7. Validasi Model

Validasi model sangat penting karena akan menunjukkan seberapa akurat perangkat lunak mereproduksi model aslinya. Model divalidasi dengan membandingkan hasil deformasi dari analisis berbasis Software dan perhitungan yang dibuat menggunakan rumus mekanika teknik. Menurut kondisi dalam rumus mekanika teknik, model yang sudah selesai dalam perangkat lunak diberikan kondisi langsung.



Gambar 10. Rumus Mekanika Teknik

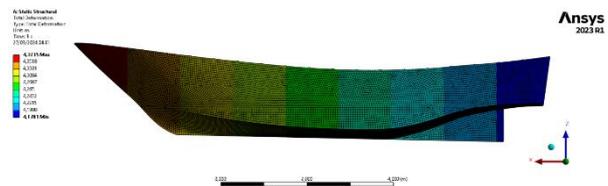
$$f_4 = \left| -\frac{Ml^2}{16EI} \right|$$

Dimana:

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

Modal *software* diberikan momen M pada bagian ujung berupa titik depan model dan diberikan jepit sederhana pada bagian depan dan

juga belakang model, maka hasilnya akan didapat sebagai berikut :



Gambar 13. Hasil Analisa Model

Dari gambar diatas, didapatkan nilai deformasi dari model kapal ikan 5GT menggunakan *software Ansys R1 2023* sebesar  $4,37 \times 10^{-3}$  m.

Selanjutnya, setelah didapatkan hasil dari *software*, maka kita juga perlu melakukan perhitungan manual menggunakan Rumus dari Mekanika Teknik dan hasil yang didapat sebesar  $4,12 \times 10^{-3}$  m. Hasil tersebut akan dibandingkan dengan hasil analisis *software* dan dapat dikatakan benar jika hasil keagalannya lebih kecil dari 10% yang akan terlihat seperti dibawah ini :

Tabel 11. Validasi Perhitungan

Hasil Deformasi <i>Software</i>	Persentase Validitas
$4,37 \times 10^{-3}$ m	94,27 %

Hasil diatas menunjukkan bahwa model memiliki persentase kegagalan sebesar 5,73 % dan dapat dikatakan sebagai valid dan aman

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian diatas adalah, pada saat kapal mengalami kondisi torsional, tegangan maksimum yang dapat diterima oleh kapal sebesar  $1,75 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>, kemudian pada saat kapal mengalami kondisi *sagging*, tegangan maksimal yang dapat diterima oleh kapal pada saat kondisi *sagging* adalah sebesar  $2,34 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>, dan hasil yang didapat juga berbeda pada saat kapal mengalami kondisi *hogging*, tegangan maksimal yang dapat diterima kapal pada saat kondisi *hogging* adalah sebesar  $2,32 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>. Melalui analisa yang telah dilakukan, kapal ikan 5 GT bahan *fiberglass* memiliki hasil tegangan maksimum yang berada dibawah tegangan ijin dan tegangan bahan yang telah ditetapkan oleh BKI dengan persentase validitas model sebesar 94,27 %.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyusunan jurnal penelitian ini terutama PT. Jelajah Samudera Internasional Jepara yang membantu dalam pengumpulan data sekunder sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian, Ir. Imam Pujo Mulyatno, M.T., dan Ahmad Firdhaus, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing, Prof. Dr. Eng Hartono Yudo, S.T., M.T. Selaku Kadep dan Kedua Orangtua, saudara serta semua teman teman yang sudah membantu penulis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alamsyah, R. J. Ikhwan, T. Hidayat, and Suardi, "Kekuatan *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)* Sebagai Bahan Gading Kapal Kayu" *Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, vol. 15, no. 1, hal. 3, 2021
- [2] S. Ardhy, M. E. Putra, and Islahuddin, "Pembuatan Kapal Nelayan *Fiberglass* Kota Padang Dengan Metode *Hand Lay Up*," *J. Rang Teknik*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [3] T. Mairuhu, "Kekuatan Struktur Konstruksi Kapal Akibat Penambahan Panjang," *J Teknol*, vol. 8, no. 1, pp. 835–843, 2011.
- [4] Mubarak, A. A., Sitepu, G and Alie, M. Z. M. "Kekuatan Batas Lambung Kapal dalam Menahan Momen Lentur Vertikal" *Jurnal Penelitian Enjiniring*, Vol. 22(1):56-61, 2018
- [5] M. Nurazim, A. F. Zakki, and B. Arswendo, "Studi Perancangan Sistem Konstruksi dan Analisa Kekuatan Fish Processing Vessel dengan Bentuk Lambung Catamaran pada Perairan Indonesia," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 9, no. 1, 2021.
- [6] Sunaryo, G. Prayogo, S. L. Maharani and G.L. Putra, "Analisis Kekuatan Lambung Kapal Bermaterial Komposit yang Dibuat Menggunakan Metode VARTM," *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII*, 2019.
- [7] A. Z. Syahril, and N. Huda, "Studi Pengaruh Orientasi Serat Komposit FRP Terhadap Kekuatan Lambung Kapal Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Seminar Nasional Cendekiawan Ke-4*, 2018.
- [8] M. S. Akbar, "Analisis Kekuatan Struktur Lambung Kapal Terhadap Beban Tekan Hidrodinamis: Studi Kasus Kapal Kontainer 600 TEUs," *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret*, 2021.
- [9] Biro Klasifikasi Indonesia, "*Rules For Classification And Construction Part 3 Special Ships, Vol. 5 Rules For Fibreglass Reinforced Plastic Ships 2021 Edition*". Jakarta : BKI, 2021.
- [10] Biro Klasifikasi Indonesia, "Guidance for Classification And Construction Part 3 Special Ships Vol. B Guidance for Certification of FRP Fishing Vessel Less Than 12 m 2020 Edition". Jakarta : BKI, 2020.
- [11] Popov, E.P. 1978. *Mekanika Teknik*, 2nd edition, New Jersey: Prentice-Hall