



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Optimalisasi Desain Struktur Kekuatan Kapal Tunda Pelabuhan Dengan Merubah Jarak Gading

Muhammad Ichwan<sup>1</sup>, Ahmad Fauzan Zakki<sup>1</sup>, Good Rindo<sup>1</sup>

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

Email : [ichwanmuhammad32@yahoo.co.id](mailto:ichwanmuhammad32@yahoo.co.id), [ahmadfzakki@undip.ac.id](mailto:ahmadfzakki@undip.ac.id), [good.rindo@gmail.com](mailto:good.rindo@gmail.com)

### Abstrak

Faktor ekonomi merupakan bagian terpenting dalam merancang sebuah kapal. Pemilik kapal dalam membuat kapal harus mempertimbangkan nilai investasi kapal yang akan dibuat dengan ini kapal harus di desain dengan perhitungan ekonomi dan biaya operasionalnya. Dengan bantuan *software* analisa kapal memungkinkan untuk mempelajari terhadap parameter dalam mendesain kapal. Pertimbangan dalam memdesain kapal bukan hanya secara teknis tapi yang terpenting secara ekonomi yang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain struktur kontruksi yang lebih ringan dari desain struktur awal agar mendapatkan selisih bobot kontruksi dengan ini akan mendapatkan desain kapal yang lebih ekonomis. Kapal yang akan diteliti adalah kapal tunda milik kementerian perhubungan Direktorat Jendral Perhubungan Darat DITLLASDP yang akan beroperasi di selat sunda untuk penyebrangan dari pelabuhan merak ke pelabuhan bakauheni. Optimalisasi struktur konstruksi kapal tunda ini dilakukan dengan cara merubah jarak gading. Dengan merubah jarak gading maka secara langsung akan mengubah ukuran profil dan ketebalan pelat baja pada bagian tertentu kapal. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengurangi penggunaan pelat baja yang berlebihan, waktu pengerjaan, dan keselamatan pekerja. Jarak gading awal kapal tunda pelabuhan sebesar 0,5 m lalu peneliti merubah jarak gading nya menjadi 2 kali lipat yaitu 1 m. Hasil penelitian ini, kedua model sudah memenuhi kekuatan strukturnya berdasarkan tegangan izin masing-masing. Pada model jarak gading 0,5 m memiliki tegangan sebesar 85,4 Mpa pada node 13692 di gading nomor -2 sampai -4 pelat kulit daerah ujung buritan dibawah garis air dengan deformasi sebesar 7,02 mm pada node 24179 di gading nomor 17 sampai 23 pelat sisi di bawah garis air daerah kamar mesin, sedangkan model dengan jarak gading 1 m memiliki tegangan sebesar 55,7 Mpa pada node 8504 di gading nomor 8 sampai 10 pelat kulit daerah kamar mesin di bawah garis air dengan deformasi 4,57 mm pada node 8147 di gading nomor 26 sampai 28 pelat sisi dibawah garis air daerah kamar mesin. Penelitian ini menggunakan *software* berbasis metode elemen hingga yaitu *software patran* untuk pembuatan model dan *software nastran* untuk menganalisa model kapal yang sudah dibuat di *software patran*.

Kata Kunci: kapal tunda pelabuhan, Jarak Gading, Metode Element Hingga, Bobot Kontruksi

## 1. PENDAHULUAN

Faktor ekonomi merupakan bagian terpenting dalam merancang sebuah kapal. Pemilik kapal dalam membuat kapal harus mempertimbangkan nilai investasi kapal yang akan dibuat dengan ini kapal harus didesain dengan perhitungan ekonomi dan biaya operasionalnya.

Dengan bantuan *software* analisa kapal memungkinkan untuk mempelajari terhadap beberapa parameter dalam mendesain kapal. Pertimbangan dalam mendesain kapal bukan hanya secara teknis tapi yang terpenting secara ekonomi yang *efficient*.

Sistem Penggadingan (*framing system*) merupakan bagian dari konstruksi profil pada suatu kapal dan merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam membangun suatu kapal. Persoalan utama dalam sistem penggadingan ialah membuat suatu konstruksi yang kokoh dan kuat dengan berat konstruksi yang ringan-ringannya. [3]

Konstruksi teknik, bagian – bagian pelengkap suatu bangunan atau struktur harus diberi ukuran – ukuran fisik tertentu. Bagian – bagian tersebut harus diukur dengan tepat untuk dapat menahan gaya – gaya yang sesungguhnya atau yang mungkin akan dibebankan. Demikian pula, bagian – bagian suatu struktur komposit harus cukup tegar hingga tidak akan melentur atau melengkung secara berlebihan jika bekerja dibawah beban yang diberikan.

Berdasarkan hal tersebut, penulis mencoba melakukan optimalisasi struktur kekuatan kapal tunda pelabuhan ini dengan cara merubah jarak gading. Dengan merubah jarak gading secara langsung akan merubah ukuran profil dan ketebalan pelat baja pada bagian tertentu. Jarak gading awal kapal tunda pelabuhan sebesar 0,5 m lalu penulis merubah jarak gading menjadi 2 kali lipat yaitu 1 m. Penelitian ini menggunakan *software* berbasis metode elemen hingga yaitu *software patran* untuk pembuatan model dan *software nastran* untuk menganalisa model kapal yang sudah dibuat di *software patran*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kapal Tunda

Meunurt Djaya (2008), Kapal tunda adalah kapal yang fungsinya menarik atau mendorong kapal-kapal lainnya. Dibedakan atas beberapa jenis antara lain kapal tunda samudra, kapal tunda pelabuhan dan kapal tunda sungai/terusan. Sedangkan menurut Prakoso dan Yannes (2010),

kapal tunda adalah kapal pemandu yang biasa digunakan untuk menarik dan mendorong kapal besar di pelabuhan, memandu kapal besar pada jalur yang berbahaya, memperbaiki kapal di laut, melakukan penyelamatan pada air seperti memadamkan api dan salvage. Medan yang dilalui kapal tunda biasanya cukup menyulitkan seperti sungai kecil yang berliku dan laut dangkal berkarang hingga laut luas antar pulau besar, sehingga kapal tunda harus melakukan manuver yang baik.

Berdasarkan tempat dan kinerja kapal tunda terdapat 3 jenis yaitu (Dokkum, 2003)

#### 1. Kapal tunda Samudra

Fungsi dan peran dari kapal tunda samudra untuk pelayaran bebas yaitu menarik atau mendorong kapal yang tidak memiliki alat penggerak sendiri seperti *crane* apung, dok apung atau alat apung lainnya yang berada di laut dengan jarak yang jauh, penyelamatan, jasa lingkungan.

#### 2. kapal tunda sungai/ terusan

Kapal tunda ini digunakan untuk mengawal kapal besar di sepanjang bagian berbahaya. Kapal ini telah dikembangkan setelah sejumlah kecelakaan serius pada kapal tanker dalam beberapa tahun terakhir. Kapal tunda jenis ini memiliki *azimuthing thrusters*, karena memerlukan manuver yang baik.

#### 3. kapal tunda pelabuhan

Kapal tunda pelabuhan digunakan di wilayah pelabuhan, perairan dalam dan daerah pesisir untuk membantu menarik kapal masuk dan keluar pelabuhan, membantu berlayar dilaut sebagai penarik, dan menyelamatkan atau membantu dalam penyelamatan di pelabuhan atau daerah pesisir.



Gambar 1. Kapal Tunda

### 2.2 Kapal Tunda Pelabuhan Bakaehuni-merak

Penggunaan kapal tunda sangatlah penting untuk kegiatan keluar masuk nya kapal niaga didaerah pelabuhan oleh sebab itu pemerintah melalui kementerian perhubungan menghadirkan kapal tunda pelabuhan bakaehuni merak.

Kapal tunda milik kementerian perhubungan di desain oleh galangan PT. SANUR MARINDO SHIPYARD yang berlokasi di Tegal Jawa Tengah yang mempunyai ukuran utama sebagai berikut :

- Loa = 28,00 m
- Lpp = 24,85 m
- B = 9,80 m
- T = 3,40 m
- Cb = 0.57
- Vs = 12.00 knots



Gambar 2. Kapal Tunda Pelabuhan

### 2.3 Sistem Penggadingan (Framing System)

Sistem Penggadingan (Framing System) merupakan bagian dari konstruksi profil pada suatu kapal merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam membangun suatu kapal. Persoalan utama dalam konstruksi kapal ialah membuat suatu konstruksi yang kokoh dan kuat dengan berat konstruksi yang ringan-ringannya. Karena dengan konstruksi yang kuat tetapi ringan, maka kita akan mendapatkan daya muat yang besar sehingga hal ini akan menguntungkan, yaitu pada kapal niaga akan dapat mengangkut muatan yang lebih besar, sedangkan pada kapal perang akan memungkinkan penambahan kecepatan kapal dan jarak jelajah kapal akan menjadi lebih besar. [5]

Konstruksi kapal harus dibuat kuat dan kokoh sehingga dapat menahan / mengatasi gaya dialami oleh kapal pada waktu berlayar. Untuk itu maka konstruksi lambung kapal dibuat (disusun) merupakan suatu kerangka yang terdiri dari :

- Kekuatan hubungan melintang ialah bagian lambung kapal yang membantu kekuatan melintang kapal. Misalnya : gading-gading, balok geladak, dinding kedap air.
- Kekuatan hubungan memanjang ialah lambung kapal yang membantu kekuatan memanjang kapal. Misalnya : Lunas, penguat dasar memanjang, menguat kulit.
- Kekuatan hubungan melintang ialah bagian lambung kapal yang membantu kekuatan

melintang kapal. Misalnya : gading-gading, balok geladak, dinding kedap air.

Dalam pembangunan suatu kapal material yang dipakai salah satu faktor penting. Penggunaan material yang tepat akan mempengaruhi kekuatan kapal tersebut. Struktur material yang biasa digunakan umumnya seperti pelat, profil, pipa, forgings, dan castings. [3]



Gambar. 3 Macam-macam profil pada kapal

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Flow Chart Metodologi Penelitian

Penyusunan penelitian Tugas Akhir ini didasarkan pada sistematika metodologi yang diuraikan berdasarkan urutan diagram alir atau *flow chart* yang dilakukan mulai penelitian hingga selesainya penelitian. Penelitian ini dimulai dengan tahap pengumpulan data – data penunjang untuk penelitian seperti buku konstruksi kapal. Setelah data terkumpul dilakukan perhitungan sistem penggadingannya dengan jarak gading yang baru yaitu 1 m. Setelah perhitungan selesai, selanjutnya dibuat modelnya menggunakan *software* berbasis metode element hingga. Selanjutnya adalah proses validasi model, apabila model valid dilanjutkan analisa kekuatan model. Dari hasil analisa didapatkan nilai tegangan, deformasi dan berat konstruksi yang dilanjutkan dengan kesimpulan dan saran.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Konstruksi Kapal dengan jarak gading 0,5 meter

Jarak gading :

Tabel. 1 Ukuran profil jarak gading 0,5 m

Profil	Ketebalan (mm)
Profil Center Deck Girder Haluan	250X75X8
Profil Center Deck Girder Midship	250X75X8
Profil Center Deck Girder Buritan	250X75X8
Profil Main Frame Haluan	75X75X7
Profil Main Frame Midship	75X75X7
Profil Main Frame Buritan	75X75X7
Profil Web Frame Haluan	250X75X8
Profil Web Frame Midship	250X75X8
Profil Web Frame Buritan	250X75X8
Profil Deck Beam Haluan	75X75X7
Profil Deck Beam Midship	75X75X7
Profil Deck Beam Buritan	75X75X7
Profil Web Beam Haluan	250X75X8
Profil Web Beam Midship	250X75X8
Profil Web Beam Buritan	250X75X8
Profil Stiff BHD	75X75X7
Profil Side Deck Girder Haluan	200X75X8
Profil Side Deck Girder Midship	200X75X8
Profil Side Deck Girder Buritan	200X75X8
Profil Senta Sisi	200X75X8

Tabel. 2 Ukuran pelat jarak gading 0,5 m

Nama pelat	Ketebalan (mm)
Bottom Kell	12
Bottom Shell	8
Center Kell	14
Deck Plate Haluan	8
Deck Plate Midship	8
Deck Plate Buritan	8
Side Girder	11
Side Shell Haluan	10
Side Shell Midship	10
Side Shell Buritan	10
Tank Top	8
BHD	8
Wrang	8

## 4.2 Perhitungan Konstruksi Kapal dengan jarak gading 1 meter

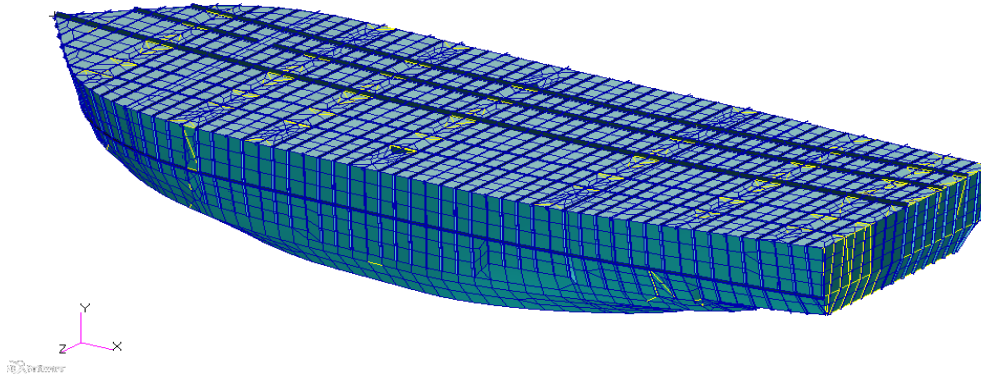
Tabel. 3 Ukuran profil jarak gading 1 m

Profil	Ketebalan (mm)
Profil Center Deck Girder Haluan	140x49,5x11
Profil Center Deck Girder Midship	120x33x11
Profil Center Deck Girder Buritan	120x36x9
Profil Main Frame Haluan	200x100x14
Profil Main Frame Midship	200x100x14
Profil Main Frame Buritan	150x100x14
Profil Web Frame Haluan	550x87,5x17,5
Profil Web Frame Midship	420x54x13,5
Profil Web Frame Buritan	460x65,25x14,5
Profil Deck Beam Haluan	120x80x8
Profil Deck Beam Midship	150x75x9
Profil Deck Beam Buritan	150x75x9
Profil Web Beam Haluan	140x72x16
Profil Web Beam Midship	260x57x19
Profil Web Beam Buritan	180x68x17
Profil Stiff BHD	100x75x9
Profil Side Deck Girder Haluan	110x49,5x11
Profil Side Deck Girder Midship	100x40x11
Profil Side Deck Girder Buritan	110x32x8
Profil Senta Sisi	200X75X8

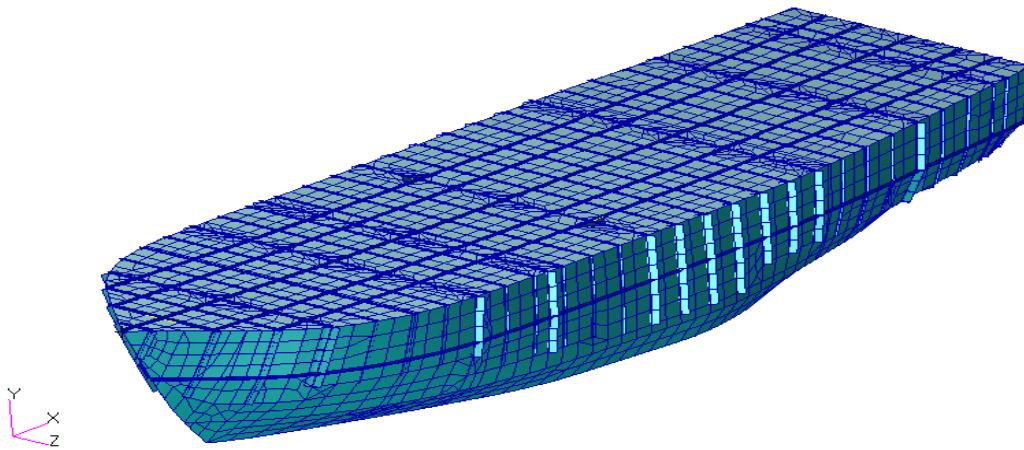
Tabel. 4 Ukuran pelat jarak gading 1 m

Nama pelat	Ketebalan (mm)
Bottom Kell	12
Bottom Shell	12
Center Kell	12
Deck Plate Haluan	10
Deck Plate Midship	10
Deck Plate Buritan	10
Side Girder	10
Side Shell Haluan	10
Side Shell Midship	10
Side Shell Buritan	10
Tank Top	7
BHD	6
Wrang	6

### 4.3 Hasil Permodelan



Gambar. 4 Permodelan kapal tunda jarak gading 0,5m

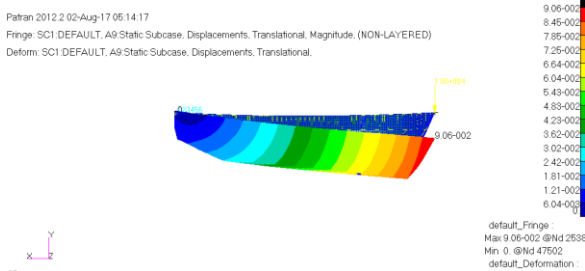


Gambar 5. Permodelan kapal tunda jarak gading 1 m

### 4.4 Validasi Model

Untuk dapat dikatakan mendekati benar, maka persentase validitasnya harus dibawah 10% agar nilai tersebut dapat dikatakan valid.

$$V_{max} = \frac{P.L^3}{3.E.I}$$



Gambar 6. Validasi

Tabel. 5 Hasil validasi

		VALIDASI
MANUAL	4,75368E-11	90,40%
SOFTWARE	0,096	

### 4.5 Perhitungan Tekanan

- Tekanan Hidrostatik Air Laut

$$P = \rho g h$$

$\rho$  = massa jenis air laut (1025 kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

$h$  = kedalaman permukaan (3,4 m)

$$P = 1025 \times 9,8 \times 3,4 = 34153 Pa$$

### 4.6 Kondisi Pembebanan

- Loading Condition

Pada kondisi sarat sesuai dengan sarat yang direncanakan jarak sarat = 3,4 m.

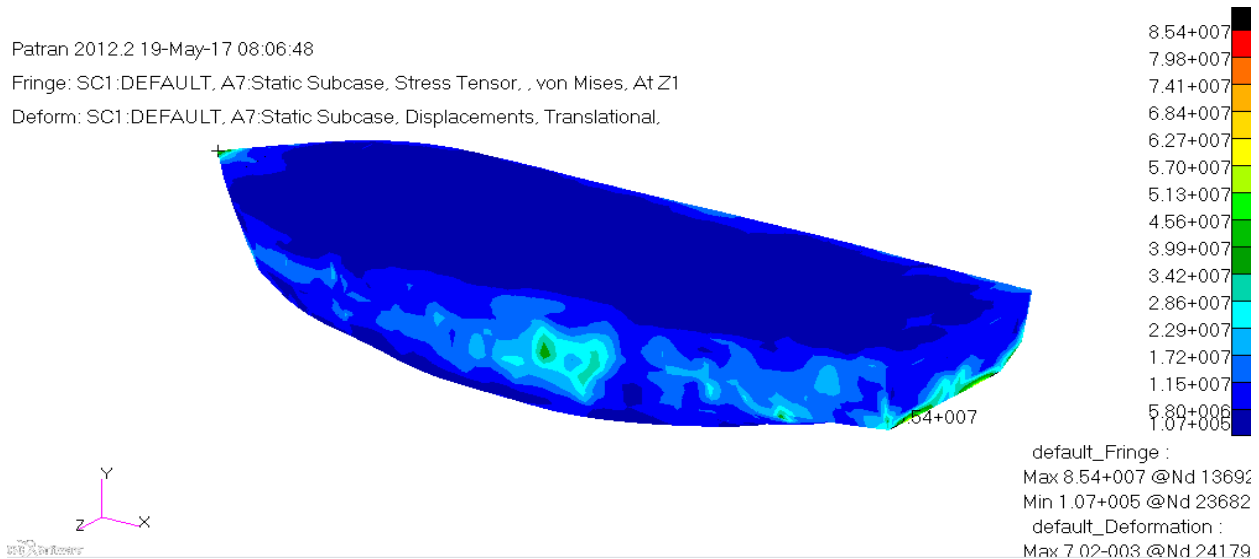
### 4.5 Hasil Analisa Kekuatan

a. Analisa Terhadap Beban Hidrostatik

- Tegangan Maksimal Model Kapal Jarak Gading 0,5 m

Pada kondisi ini tegangan maksimal yang terjadi adalah sebesar  $8,54 \times 10^7$  Pa pada *node* @13692 di

gading nomor -2 sampai -4. Tegangan maksimal terjadi pada pelat kulit daerah ujung buritan dibawah garis air seperti gambar 8.

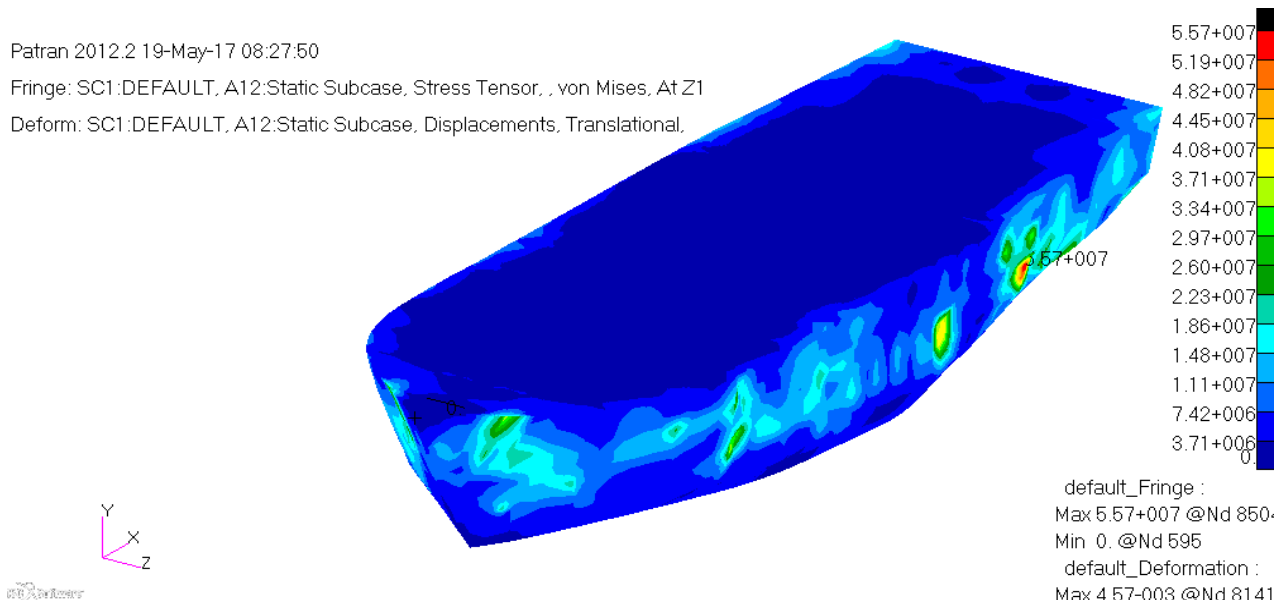


Gambar 7. Tegangan Maksimal Jarak Gading 0,5 m

- Tegangan Maksimal Model Kapal Jarak Gading 1 m

Pada kondisi ini tegangan maksimal yang terjadi adalah sebesar  $5,57 \times 10^7$  Pa pada *node* @8504 di

gading nomor 8 sampai 10. Tegangan maksimal terjadi pada pelat kulit daerah kamar mesin dibawah garis air seperti gambar 9.

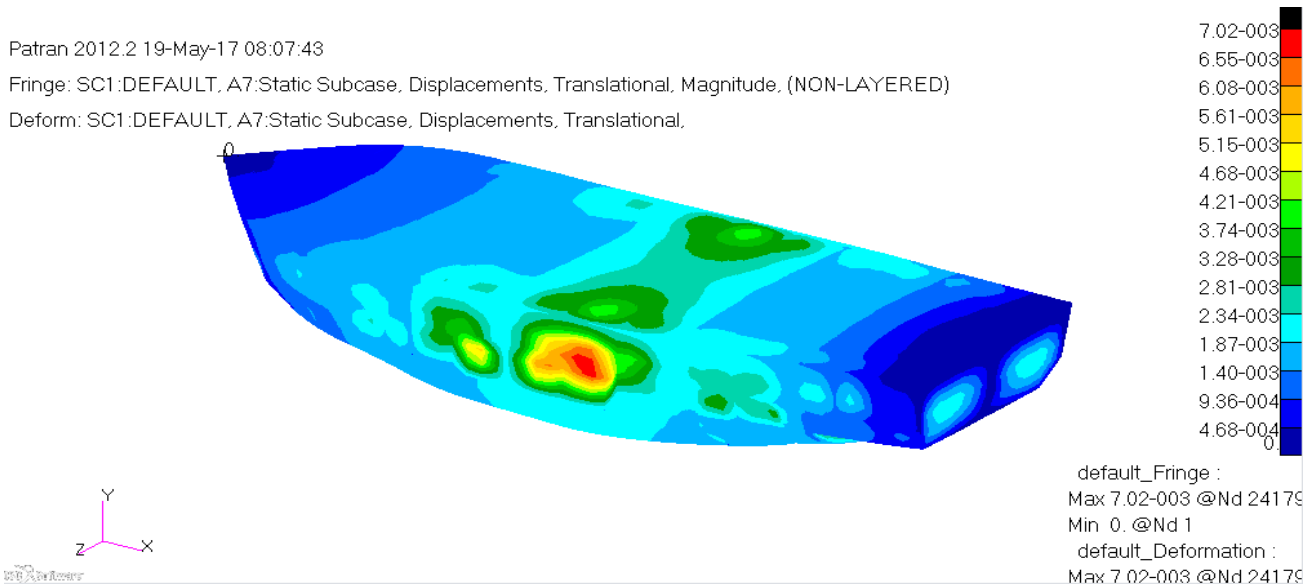


Gambar 8. Tegangan Maksimal Jarak Gading 1 m



- Deformasi Model Kapal Jarak Gading 0,5 m  
Pada kondisi ini deformasi yang terjadi adalah sebesar 7,02 mm pada node @24179 di gading nomor 17 sampai 23. Deformasi terjadi pada pelat

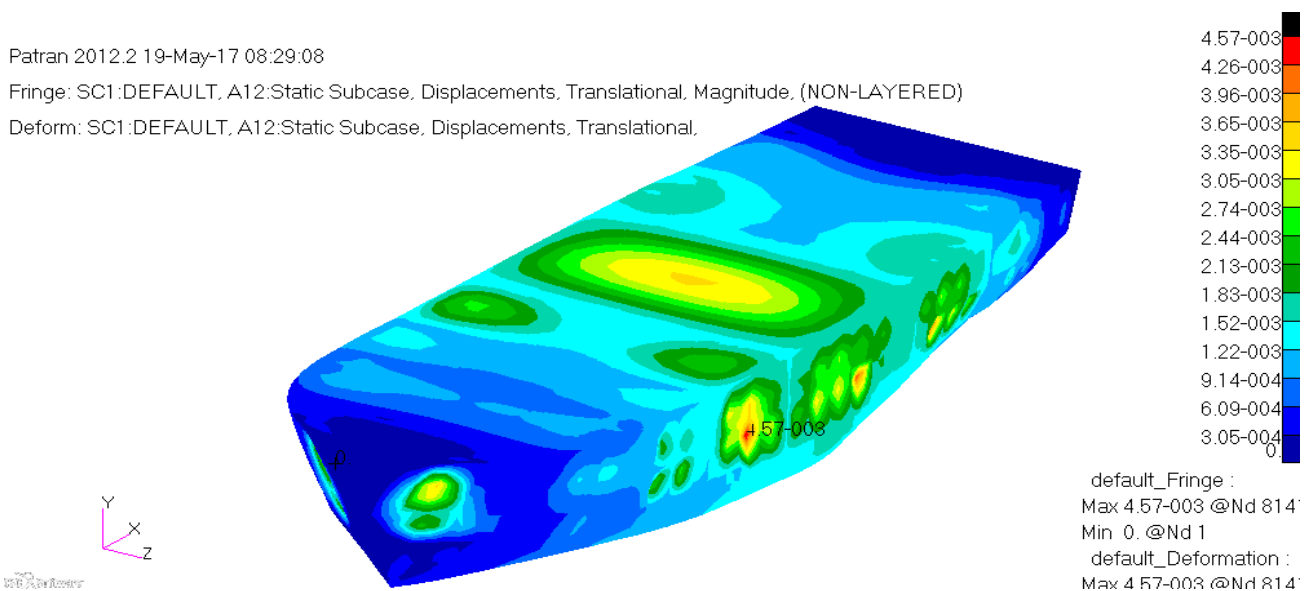
sisi di bawah garis air daerah kamar mesin diantara sekat kamar mesin.



Gambar 9. Deformasi Model Kapal Jarak Gading 0,5 m

- Deformasi Model Kapal Jarak Gading 1 m  
Pada kondisi ini deformasi yang terjadi adalah sebesar 4,57 mm pada node @8147 di gading nomor 26 sampai 28. Deformasi terjadi pada pelat

sisi di bawah garis air daerah kamar mesin diantara sekat kamar mesin.



Gambar 10. Deformasi Model Kapal Jarak Gading 1 m

Tabel 7. Deformasi

Jarak Gading	Node	Deformasi mm	Batas Deformasi mm	Keterangan
0,5 m	24179	7,02	8	ok
1 m	8147	4,57	8	ok

- Bobot Kontruksi Model Kapal Jarak Gading 0,5 m

Pada model kapal jarak gading 0,5 m memiliki bobot kontruksi 132,7 Ton sedangkan pada model kapal jarak gading 1 m memiliki bobot kontruksi 124,4 Ton.

Tabel 8. Bobot Konstruksi

Jarak Gading	Bobot Kontruksi
0,5 m	132,7 Ton
1 m	124,4 Ton

Berikut ini tabel perhitungan *Safety Factor* menurut kriteria bahan dan standart BKI pada kapal model jarak gading 0,5 m dengan kapal model jarak gading 1 m

Tabel 9. Perhitungan *Safety Factor loading condition* menurut tegangan ijin

Jarak Gading	Node	Tegangan Maksimal N/mm <sup>2</sup>	Tegangan Ijin N/mm <sup>2</sup>	Batas Safety factor	safety factor	Keterangan
0,5 m	13692	58,5	92,22	1	1,576410256	ok
1 m	8504	46,1	92,22	1	2,000433839	ok

Tabel 10. Perhitungan *Safety Factor loading condition* menurut kriteria bahan

Jarak Gading	Node	Tegangan Maksimal N/mm <sup>2</sup>	Tegangan Ijin N/mm <sup>2</sup>	Batas Safety factor	safety factor	Keterangan
0,5 m	13692	58,5	400	1	6,837606838	ok
1 m	8504	46,1	400	1	8,676789588	ok

## PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Kedua model memiliki perbedaan pada jarak gading yaitu model dengan jarak gading 0,5 m dan 1 m secara langsung merubah ukuran profil dan ketebalan plat dari desain awal. Hasil pada analisa tegangan menggunakan metode element hingga pada kedua model terletak pada pembebanan yang sama.
2. Hasil penelitian ini, kedua model sudah memenuhi kekuatan strukturnya berdasarkan tegangan ijin masing-masing. Pada model jarak gading 0,5 m memiliki tegangan sebesar 85,4 Mpa pada node 13692 di gading nomor -2 sampai -4 dengan deformasi sebesar 7,02 mm pada node 24179 di gading nomor 17 sampai

23, sedangkan model jarak gading 1 m memiliki tegangan sebesar 55,7 Mpa pada node 8504 di gading nomor 8 sampai 10 dengan deformasi 4,57 mm pada node 8147 di gading nomor 26 sampai 28.

3. Bobot Kontruksi pada model yang di optimalisasi yakni model jarak gading 1 m lebih ringan dengan selisih 8,3 Ton atau 6,23% dari bobot sebelumnya, dengan bobot kontruksi model jarak gading 0,5 sebesar 132,7 Ton sedangkan model jarak gading 1 m sebesar 124,4 Ton.

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan kajian *fatigue* dari struktur kedua model tersebut.
2. Perlu dilakukan kajian analisa puntiran dari struktur kedua model tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biro Klasifikasi Indonesia, *Rules For The Clasification and Construction of Seagoing Stell Ships : Rules For Hull V.2*, Jakarta : Biro Klasifikasi Indonesia, 2013
- [2] Dokkum, K.V. 2003. *Ship Knowledge A Modern Encylopedia*. Dokmar. Enkhuizen, The Netherlands
- [3] Eyres, DJ, 2001, *Ship Construction*, Plymouth, Butterworth-Heineman
- [4] Ghali, A., Neville, A.M. 1985. *Analisa Struktur Edisi Kedua*, Jakarta: Penerbit Erlangga
- [5] Indra Kusna Djaja, dkk., 2008, Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 1, Jakarta, Dinas Pendidikan dan Kebudayaan
- [6] Korean Register. *Rules For The Classification of Steel Ship : Common Structural Rules For Bulk Carriers*. Korea : Korean Register of Shiping
- [7] Lamb, Thomas, 2003, *Ship Design and Construction Vol 1 &2*, Hamburg.
- [8] Popov, E.P. 1978. *Mechanics of Material, 2nd edition, Prentince-Hall, Inc.*, Englewood Cliffs. New Jersey. USA
- [9] Rawson, KJ, 2001, *Basic Ship Theory*, London, Longman Group
- [10] Zakki A.F. 2014. "Metode Elemen Hingga", Semarang, UPT UNDIP Press Semarang.