

# OPTIMASI DESAIN PONTON PENGANGKUT BATU BARA 91,5 METER DENGAN VARIASI PERUBAHAN JARAK GADING

Khairunnisa<sup>1\*</sup>, Priyambodo Nur Ardi Nugroho<sup>1</sup>, dan Kharis Abdullah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: [khairunnisa@student.ppns.ac.id](mailto:khairunnisa@student.ppns.ac.id)

## Abstrak

Kelangkaan material akibat dampak pandemi membuat harga material tersebut melambung tinggi dan membuat biaya produksi membengkak. Sehingga langkah optimasi perlu dilakukan untuk menekan biaya produksi namun masih tetap memastikan kualitas dari ponton. Salah satu langkah optimasi yang dapat dilakukan dengan perubahan jarak gading. Dalam penelitian ini akan dilakukan dua variasi jarak gading yaitu 600 mm dan 650 mm untuk mendapatkan nilai yang optimal dari desain awal yang sebesar 610 mm. Dalam pengujiannya tiap model konstruksi akan di analisis besar tegangannya menggunakan software FEM pada kondisi air tenang, *sagging* dan *hogging*. Dari hasil perhitungan konstruksi ukuran profil jarak gading 0.6 lebih kecil dibanding jarak gading 0.65, hal ini terjadi karena nilai modulus yang lebih kecil. Dalam analisis tegangan didapatkan nilai tegangan ijin tertinggi dari kondisi *sagging* pada jarak gading 0.61 m dengan nilai 84.8 MPa. Sedangkan jarak gading paling optimal adalah jarak gading 0.6 dengan optimasi berat sebesar 5.3% dan optimasi biaya sebesar 9.4%.

**Keywords:** *Perubahan Jarak Gading, Tegangan, Optimasi Desain, Sagging Hogging*

## 1. PENDAHULUAN

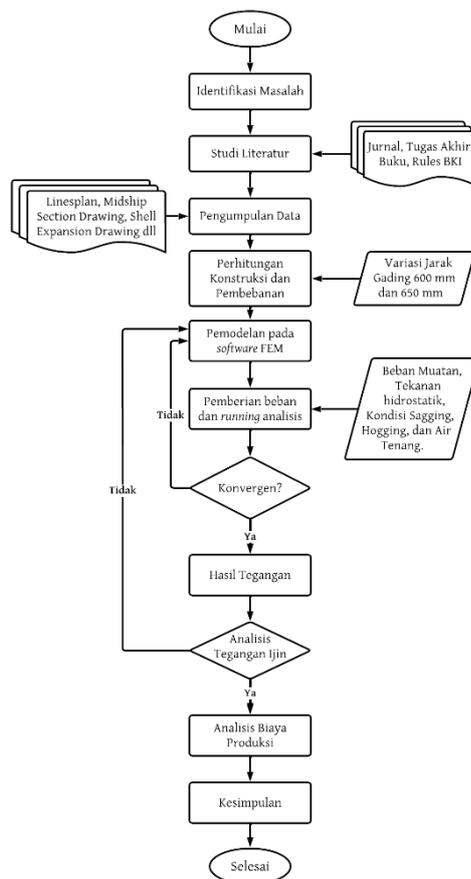
Pandemi saat ini membuat jalur perdagangan antar negara dan antar provinsi lumpuh. Hal ini tentu berdampak pada industri dalam negeri yang membutuhkan material dari luar daerah untuk menjalankan bisnisnya, salah satunya industri perkapalan. Kelangkaan material membuat harga material tersebut melambung tinggi dan membuat biaya produksi membengkak. Sehingga penekanan biaya produksi diharapkan dapat dilakukan agar biaya pembangunan kapal tidak ikut membengkak.

Salah satu hal yang bisa dilakukan adalah dengan merubah jarak gading untuk menciptakan desain alternatif. Dalam memastikan desain baru memiliki kualitas yang tak kalah dengan desain awal, dilakukan pengujian tegangan pada model. Pengujian analisis tegangan ini menggunakan *software finite element method (FEM)* dengan pengondisian *sagging*, *hogging* air tenang dan tekanan hidrostatik agar hasil mendekati realita di lapangan.

Pada penelitian ini diambil studi kasus pada ponton pengangkut batu bara dengan panjang 91,5 m dengan jarak gading awal 0.61 m yang akan diubah menjadi 0.6 m dan 0.65 m. Dari perubahan jarak gading tersebut model akan diuji tegangan dan dihitung biaya material yang digunakan. Kemudian dibandingkan untuk mengetahui jarak gading yang memiliki optimasi paling besar.

## 2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Diagram Alir

### 3. HASIL ADAN PEMBAHASAN

#### Ukuran Utama Kapal

Kapal yang digunakan untuk analisis ini mempunyai ukuran utama yang dapat di lihat di bawah ini:

LOA 91,5 meter  
 LPP 91,5 meter  
 B 24.4 meter  
 T 5,5 meter

#### Konstruksi Desain Lama (Jarak Gading 0.61 m)

Tabel 1. Ukuran Profil Jarak Gading 0.61

List	Jenis Profil	Ukuran Profil
Pembujur Alas	L	120x120x11
Pembujur Geladak	L	120x120x11
Pembujur Sisi	L	120x120x11
Gading Besar	L	450x75x10
Strut daerah A Profil L	L	130x130x12
Strut daerah A Profil H	H	150x150x7/10
Penegar Bulkhead daerah A dan M	L	120x120x11
Senta Bulkhead daerah A	L	300x75x10
Strut daerah M Profil L	L	130x130x12
Strut daerah M Profil H	H	150x150x7/10
Senta Bulkhead daerah M	L	550x100x10
Strut daerah F Profil L	L	130x130x12
Strut daerah F Profil H	H	150x150x7/10
Penegar Bulkhead daerah F	L	130x130x9
Senta Bulkhead daerah F	L	600x100x10

## Konstruksi Desain Baru (Jarak Gading 0.6 dan 0.65 m)

Setelah melakukan perhitungan konstruksi kapal berikut profil yang digunakan untuk jarak gading baru yang dapat dilihat di Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Ukuran Profil Jarak Gading 0.65

Bagian Belakang			
List	Jenis Profil	Modulus	Ukuran Profil
Pembujur Alas	L	99.38	150x90x12
Pembujur Geladak	L	78.26	150x90x9
Pembujur Sisi	L	100.69	150x90x12
Gading Besar Bagian Aft	T	1,430.57	350 X 300 X 13 X 24
Strut daerah A Profil L	L		200x200x20
Strut daerah A Profil H	H	392.90	175x175x7x11
Penegar Bulkhead	L	170.75	150x150x15
Senta Bulkhead	L	71.15	150x90x12
Bagian Tengah			
Pembujur Alas	L	99.38	150x90x12
Pembujur Geladak	L	78.26	150x90x9
Pembujur Sisi	L	100.69	150x90x12
Gading Besar Bagian Middle	T	1,256.50	350 X 300 X 13 X 24
Strut daerah M Profil L	L		200x200x20
Strut daerah M Profil H	H	339.57	175x175x7x11
Penegar Bulkhead	L	170.51	150x150x15
Senta Bulkhead	L	310.51	200x200x15
Bagian Depan			
Pembujur Sisi	L	100.69	150x90x12
Transversal Deck	L	78.26	150x90x9
Transversal Bottom	L	99.38	150x90x12
Strut daerah F Profil L	L		150x150x15
Strut daerah F Profil H	H	162.70	200x100x5.5x8
Penegar Bulkhead	L	27.33	90x90x7
Senta Bulkhead	L	524.88	250x250x25
Gading Besar Bagian Fore	T	628.35	250x200x10x16

Tabel 3. Ukuran Profil Jarak Gading 0.61

Bagian Belakang			
List	Jenis Profil	Modulus	Ukuran Profil
Pembujur Alas	L	53.52	125x75x10
Pembujur Geladak	L	42.15	100x75x10
Pembujur Sisi	L	54.22	125x75x10
Gading Besar Bagian Aft	T	1,320.53	350 X 300 X 13 X 24
Strut daerah A Profil L	L		200x200x15
Strut daerah A Profil H	H	362.67	250x125x6x9
Penegar Bulkhead	L	146.49	150x150x12
Senta Bulkhead	L	65.68	125x75x10
Bagian Tengah			
Pembujur Alas	H	53.52	125x75x10
Pembujur Geladak	L	42.15	100x75x10
Pembujur Sisi	L	54.22	125x75x10
Gading Besar Bagian Middle	T	1,159.85	175x350x12x19
Strut daerah M Profil L	L		200x200x15
Strut daerah M Profil H	H	313.45	248x124x5x8
Penegar Bulkhead	L	146.29	150x150x12
Senta Bulkhead	L	286.63	200x200x15
Bagian Depan			
Pembujur Sisi	L	54.22	125x75x10
Transversal Deck	L	42.15	100x75x10
Transversal Bottom	L	53.52	125x75x10
Strut daerah F Profil L	L		150x150x12
Strut daerah F Profil H	H	150.19	175x90x5x8
Penegar Bulkhead	L	23.37	90x90x7
Senta Bulkhead	L	484.51	200x200x25
Gading Besar Bagian Fore	T	580.01	250 X 200 X 10 X 16

## Perhitungan Beban Muatan

Beban muatan pada kapal ini diletakkan di atas dek kapal dan pada Pemodelan ini diasumsikan sebagai beban merata. Perhitungan beban muatan kapal di mulai dari mendata total muatan kapal, dan menghitung

luas area kargo kapal, dari hasil tersebut didapat tanggungan beban muat tiap meter persegi. Dari total beban tersebut diidentifikasi seberapa besar beban yang ditanggung tiap model berdasarkan luas area kargo pada tiap model. Detail perhitungan beban dapat di lihat pada Gambar 2.

Berat Total =	8,000,000	kg
Berat dalam Newton =	78,400,000	N
Beban per area =	$\frac{\text{Area Model}}{\text{Area Keseluruhan}} \times \text{Total Seluruh Beban}$	
Luas Area keseluruhan =	1,756.69	m <sup>2</sup>
Total seluruh beban =	44,629.38	N/m <sup>2</sup>
<b>JARAK GADING 0.61</b>		
<b>Bagian</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Pressure (N/m<sup>2</sup>)</b>
Jarak Gading 0.61	482.24	12,251.54
Luas Area keseluruhan =	1,757.59	m <sup>2</sup>
Total seluruh beban =	44,606.49	N/m <sup>2</sup>
<b>JARAK GADING 0.65</b>		
<b>Bagian</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Pressure (N/m<sup>2</sup>)</b>
Tengah	513.86	13,041.52
Luas Area keseluruhan =	1,754.06	m <sup>2</sup>
Total seluruh beban =	44,696.43	N/m <sup>2</sup>
<b>JARAK GADING 0.6</b>		
<b>Bagian</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Pressure (N/m<sup>2</sup>)</b>
Tengah	474.34	12,086.92

Gambar 2 Perhitungan Beban

### Perhitungan Momen Lengkung

Beban momen lengkung dalam tugas akhir ini didapat dari analisis kekuatan memanjang yang dilakukan di software Maxsurf Stability. Pertama dilakukan pembuatan model kapal di Maxsurf Modeler kemudian mengatur *grid* sesuai dengan posisi *frame* kapal. Selanjutnya model dimasukkan ke software Maxsurf Stability, dan dilakukan dua *input*. Pertama dimasukkan *load case* kapal dimana pada kapal ini dimasukkan kondisi kapal penuh. Kedua diatur bagian *waveform* atau bentuk gelombang sesuai dengan kondisi sagging, hogging atau air tenang. Hasil analisis tersebut kemudian dikonversi menjadi satuan N.m (Newton meter) dan menjadi *input* di software Ansys. Ringkasan *input* momen lengkung yang akan dimasukkan ke Ansys dapat dilihat pada Tabel 4-6.

Tabel 4. Momen Jarak Gading 0.61

Bagian	momen (ton.m)	momen (N.m)
<b>SAGGING</b>		
Frame 20	-39.712	-3.89E+08
Frame 32	-31.59	-3.10E+08
<b>HOGING</b>		
Frame 20	4.664	4.57E+07
Frame 32	5.193	5.09E+07
<b>AIR TENANG</b>		
Frame 20	-18.955	-1.86E+08
Frame 32	-14.874	-1.46E+08

Tabel 5. Momen Jarak Gading 0.6

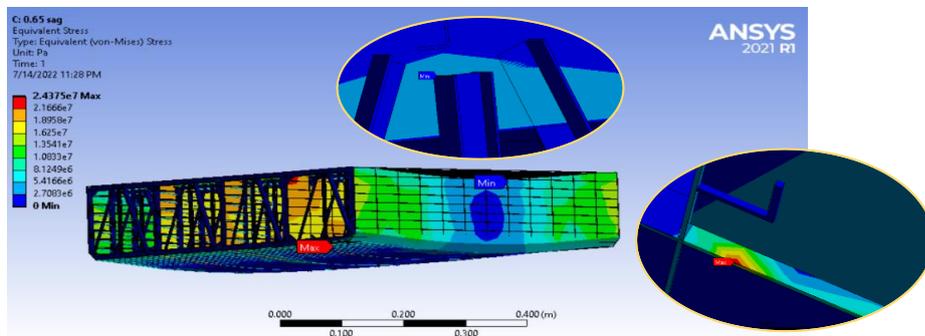
Bagian	momen (ton.m)	momen (N.m)
<b>SAGGING</b>		
Frame 20	-38.778	-3.80E+08
Frame 32	-32.988	-3.24E+08
<b>HOGING</b>		
Frame 20	5.034	4.94E+07
Frame 32	5.228	5.13E+07
<b>AIR TENANG</b>		
Frame 20	-18.29	-1.79E+08
Frame 32	-15.564	-1.53E+08

Tabel 6. Momen Jarak Gading 0.65

Bagian	momen (ton.m)	momen (N.m)
<b>SAGGING</b>		
Frame 20	-43.267	-4.24E+08
Frame 32	-26.254	-2.57E+08
<b>HOGING</b>		
Frame 20	4.235	4.15E+07
Frame 32	5.22	5.12E+07
<b>AIR TENANG</b>		
Frame 20	-20.273	-1.99E+08
Frame 32	-11.693	-1.15E+08

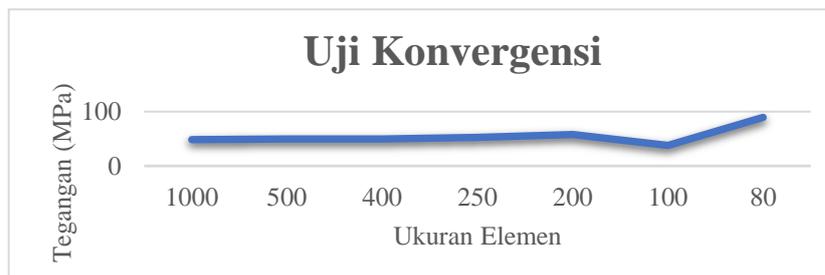
### Simulasi di Ansys

Simulasi Ansys terdiri dari beberapa tahap, mulai dari mengidentifikasi material yang dipakai, melakukan *meshing*, pemberian beban dan kondisi batas dan pemilihan *solution*. Setelah melakukan simulasi hasil tegangan untuk setiap model akan didapatkan, salah satu hasilnya dapat dilihat pada Gambar



Gambar 3 Hasil Simulasi Tegangan di Ansys

Kemudian dilakukan uji konvergensi untuk memastikan nilai tegangan dapat dijadikan acuan. Proses konvergensi ini pada prinsipnya dilakukan dengan mengubah ukuran elemen pada model dan membandingkan hasil analisis tersebut dengan ukuran elemen lain, dari hal tersebut akan terlihat apakah hasil analisis mempunyai nilai yang stabil atau tidak. Jika nilai analisis sudah menunjukkan nilai stabil atau jika di dalam kurva telah membentuk garis lurus maka model tersebut telah konvergen. Hasil tegangan yang telah konvergen inilah yang akan dianalisis tegangan izinnya. Hasil konvergensi salah satu model dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil Uji Konvergensi

### Analisa Tegangan Ijin

Berikut adalah perhitungan tegangan ijin yang diperbolehkan BKI.

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= 150 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 1.50E+08 \text{ N/m}^2 \\
 &= 150 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tersebut menjadi acuan untuk menilai tegangan dari tiap model yang didapatkan di

Anslys. Sehingga dari hal tersebut didapatkan analisis tegangan ijin yang dapat dilihat di Tabel 7.

Tabel 7. Resume Tegangan Ijin

Kondisi	Hasil Tegangan (MPa)	Nilai Tegangan Ijin (MPa)	Status
Jarak Gading 0.6			
Kondisi Sagging	48.78	150	Lulus Kriteria BKI
Kondisi Hogging	48.28	150	Lulus Kriteria BKI
Kondisi Air Tenang	49.39	150	Lulus Kriteria BKI
Jarak Gading 0.61			
Kondisi Sagging	85.04	150	Lulus Kriteria BKI
Kondisi Hogging	67.33	150	Lulus Kriteria BKI
Kondisi Air Tenang	59.63	150	Lulus Kriteria BKI
Jarak Gading 0.65			
Kondisi Sagging	24.56	150	Lulus Kriteria BKI
Kondisi Hogging	22.08	150	Lulus Kriteria BKI
Kondisi Air Tenang	24.53	150	Lulus Kriteria BKI

Dari Tabel 7 dapat terlihat bahwa seluruh model telah lulus tegangan ijin BKI atau dalam kata lain mempunyai tegangan dibawah 150 MPa. Dari tabel tersebut juga dapat dilihat model dengan tegangan terkecil diraih oleh model jarak gading 0.65 dan tegangan paling besar diperoleh jarak gading 0.61.

### Analisa Biaya

Dalam menghitung kebutuhan material dilakukan perhitungan total panjang profil dan luas area pelat yang dibutuhkan kemudian melakukan pencarian harga tiap profil dan pelat lewat katalog. Dalam katalog biasanya juga tertera informasi seperti berat dan ukuran per satuannya, sehingga akan didapatkan total unit pembelian yang harus dilakukan untuk memenuhi kebutuhan profil satu kapal. Sedangkan dalam menghitung bracket dan pelat yang dilakukan adalah menghitung total area yang dipakai kemudian membaginya dengan total area pelat per satuannya sehingga di dapatkan total unit pelat yang harus di beli. Ringkasan hasil dari biaya material tiap variasi jarak gading dapat di lihat pada Gambar 8.

Tabel 8. Ringkasan Biaya Material

Jarak Gading 0.6		
Bagian		Total Biaya
Bagian Belakang	Rp	1,682,618,993.91
Bagian Middle	Rp	13,263,052,816.58
Bagian Depan	Rp	2,336,330,994.20
<b>Total</b>	<b>Rp</b>	<b>17,282,002,804.69</b>
Jarak Gading 0.61		
Bagian		Total Biaya
Bagian Belakang	Rp	1,822,409,869.32
Bagian Middle	Rp	14,833,668,155.14
Bagian Depan	Rp	2,411,914,917.85
<b>Total</b>	<b>Rp</b>	<b>19,067,992,942.32</b>
Jarak Gading 0.65		
Bagian		Total Biaya
Bagian Belakang	Rp	1,931,374,139.31
Bagian Middle	Rp	14,797,818,534.82
Bagian Depan	Rp	1,420,633,324.29
<b>Total</b>	<b>Rp</b>	<b>18,149,825,998.41</b>

Selain biaya material dilakukan juga perhitungan berat konstruksi di tiap variasi jarak gading. Berat konstruksi ini didapat dari penjumlahan total berat profil, pelat dan bracket yang datanya digunakan juga untuk menghitung biaya material. Hasil perhitungan berat dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Ringkasan Berat Material

Jarak Gading 0.6	
Bagian	Total Berat (ton)
Bagian Belakang	98.98
Bagian Middle	780.18
Bagian Depan	125.78
<b>Total</b>	<b>1004.94</b>
Jarak Gading 0.61	
Bagian	Total Berat (ton)
Bagian Belakang	101.74
Bagian Middle	823.77
Bagian Depan	136.23
<b>Total</b>	<b>1061.74</b>
Jarak Gading 0.65	
Bagian	Total Berat (ton)
Bagian Belakang	113.61
Bagian Middle	870.46
Bagian Depan	126.98
<b>Total</b>	<b>1111.05</b>

Dari hasil diatas dapat dianalisis optimasi yang terjadi dengan menggunakan rumus berikut:

$$Optimasi (\%) = \frac{Desain\ awal - Desain\ baru}{Desain\ awal} \times 100\%$$

Hasil optimasi tiap variasi jarak gading berdasarkan berat dan biaya material dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Berat

Bagian	Selisih (ton)	Persentase
Jarak Gading 0.6	56.80	5.3%
Jarak Gading 0.65	-49.30	-4.6%
Biaya Material		
Bagian	Selisih	Persentase
Jarak Gading 0.6	Rp 1,785,990,137.63	9.4%
Jarak Gading 0.65	Rp 918,166,943.90	4.8%

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Perubahan ukuran profil pada jarak gading 0.6 m cenderung lebih kecil dibanding profil jarak gading 0.65 m hal ini disebabkan nilai modulus yang lebih kecil pada jarak gading 0.6 pada posisi yang sama.
2. Kondisi keadaan sekitar kapal saat *sagging*, *hogging* dan air tenang berpengaruh pada besar tegangan yang dialami kapal, terlihat dari perubahan nilai tegangan ijin yang terjadi di tiap kondisi. Nilai tegangan ijin tertinggi didapat dari kondisi *sagging* pada jarak gading 0.61 m dengan nilai 84.87 MPa.
3. Dari analisis biaya didapatkan jarak gading paling optimal adalah jarak gading 0.6 dengan optimasi berat sebesar 5.3% dan optimasi biaya sebesar 9.4%.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

A, B. A., & Arifin, B. (2011). Analisa Kekuatan Deck Pada Ponton Batubara Prawiramas Puri Prima II 1036 DWT dengan Software Berbasis Metode Elemen Hingga. KAPAL, 8(1), 1-5.

Argo, B. D. & Prasetyo, J., 2020. Dasar Metode Elemen Hingga. 1 ed. Malang: UB Press.

- Biro Klasifikasi Indonesia . (2021). Volume II Rules for Hull (1 ed.). Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia
- DNV-GL, 2015. DNVGL-CG-0127: Class Guideline Finite element analysis. Oktober 2015 ed. Høvik, Norway: DNV-GL.
- Rosyadi, F. A. (2021). Analisa Kekuatan Deck Kapal Pembangkit Listrik Kapasitas 60 MW. Undergraduate's Thesis of Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 55.
- Rosyid, D., & Setyawan, D. (2000). Kekuatan Struktur Kapal. Surabaya: PT. Pradnya Paramita Jakarta.
- Utomo, E. (2018). Perbandingan Desain Dermaga Terapung Pada Sistem Konstruksi Melintang dan Memanjang “Studi Kasus Dermaga Pelabuhan Tideng Pale Kabupaten Tana Tidung”. Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil , 2(1), 1-13.
- Wulandari, A. I., Alamsyah, & Dewi, N. A. (2020). Analisis Pengaruh Jarak Gading Terhadap Kekuatan Memanjang Kapal Ferry Ro-Ro 5000 GT. Teknologi Terpadu, 101-105.
- Yunianto, M. Y., & Hardianto, D. (2018). Kekuatan Sruktur Bracket Yang Dilubangi Pada Konstruksi Kapal. Seminar Nasional Kelautan XIII, D2 59 - D2 72.