



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Perbandingan Desain Konstruksi Kapal Bulk Carrier di Perairan *North Atlantic Ocean* dan *Indonesian Waterways* Dengan Menggunakan Regulasi BKI

Frima Daim Siregar¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾, Imam Pujo Mulyanto¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: daimfrima20@gmail.com

Abstrak

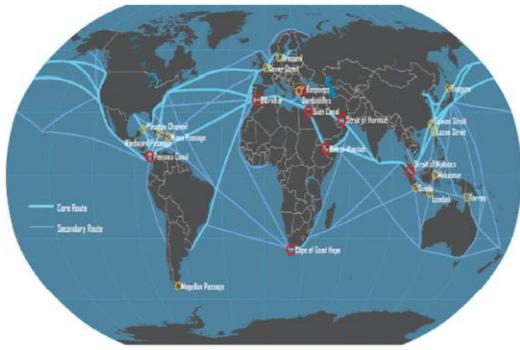
Dalam perkembangannya, regulasi BKI merujuk kepada kondisi perairan Samudra Atlantik Utara, maka dibutuhkan regulasi yang tepat pada kondisi perairan Indonesia yang rata-rata tinggi gelombangnya lebih kecil dibandingkan Samudera Atlantik Utara. Data-data kapal Bulk Carrier meliputi *Lines Plan*, *General Arrangement* kapal dan data perairan Indonesia dikumpulkan. Tujuannya adalah mencari nilai tegangan maksimum pada kapal di setiap gelombang yaitu di *North Atlantic Waterways* dan *Indonesian Waterways* pada variasi kondisi gelombang *flat*, *sagging* dan *hogging* dari kapal Bulk Carrier 9000 T. Pemodelan menggunakan software Msc Patran dilanjutkan perhitungan variasi momen dengan software Hydromax, model dianalisa menggunakan Msc Nastran. Software ini dianggap memenuhi kriteria hasil yang mendekati dengan perhitungan dan model aslinya. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan tegangan yang dihasilkan oleh kapal Bulk Carrier dan mendapatkan model rekomendasi untuk perairan Indonesia. Hasil analisa didapat tegangan sebesar: Kondisi *shagging* pada *North Atlantic Waterways* adalah 34,5 Mpa, kondisi *shagging* pada *Indonesian Waterways* adalah 20 Mpa, pada kondisi *flat* adalah 10,8 Mpa, pada kondisi *hogging* di *North Atlantic Waterways* adalah 46,5 Mpa, , kondisi *hogging* pada *Indonesian Waterways* adalah 22,2 Mpa. Didapatkan hasil memenuhi dengan batas maksimum tegangan atau Safety Factor yang diperbolehkan oleh BKI yakni tidak boleh lebih dari $1,75 \times 10^8$ Pa.

Kata Kunci : Kapal Bulk Carrier, *flat*, *sagging*, *hogging*, *Safety Factor*, Hydromax, *lines plan*, *General Arrangement*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki wilayah perairan yang sangat luas, hal ini tentu harus diikuti dengan perkembangan yang cukup baik juga dari sektor kemaritiman tanah air, terutama dibidang perkapalan, agar pertumbuhan ekonomi dan pendistribusian di tiap wilayah yang

kebanyakan dilakukan melalui jalur laut atau perairan merata di tiap-tiap wilayah Indonesia, begitupun dengan pertumbuhan ekonomi dan perdagangan Indonesia sendiri, yang mana Indonesia telah diuntungkan dengan posisi wilayah Negara yang strategis terletak dijalur perairan ekonomi dan perdagangan global.



Gambar 1 Jalur Pelayaran Dunia

Kondisi perairan di tiap-tiap Negara juga hampir semuanya berbeda, tak terkecuali Indonesia. iklim yang dimiliki Indonesia juga mengharuskan Indonesia memiliki regulasi yang tepat untuk kapal-kapal yang berada diperairan Indonesia, hal ini sangat diperlukan agar nantinya kapal-kapal yang berlayar hanya di daerah perairan Indonesia atau Domistik memiliki regulasi yang tepat untuk kondisi iklim yang ada di Indonesia.

Biro Klasifikasi Indonesia adalah badan klasifikasi yang dimiliki oleh pemerintah Indonesia yang bertugas untuk menentukan kelaik lautan kapal berbendera Indonesia berdasarkan Regulasi BKI [1]. Secara umum regulasi BKI dalam perhitungan kekuatan struktur kapal mengacu pada kondisi perairan Atlantik Utara (*North Atlantic Waterways*) yang merupakan perairan dengan spectrum gelombang tertinggi

Adapun hasil yang diharapkan kedepannya ialah kapal-kapal yang hanya beroperasi diperairan Indonesia memiliki regulasi, standar dan perhitungan sendiri untuk kondisi perairan dan iklim Indonesia, dari hal tersebut juga diharapkan dapat menekan perhitungan kekuatan konstruksi kapal tersebut dikarenakan jalur pelayaran Indonesia sendiri lebih bersahabat dibandingkan kondisi perairan Atlantik Utara yang digunakan sebagai acuan oleh BKI selama ini. hal tersebut juga bisa berdampak pada penekanan biaya produksi kapal tersebut nantinya, sehingga pembuatan kapal menggunakan regulasi BKI yang mengacu pada kondisi perairan Indonesia lebih ekonomis.

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan tegangan maksimal konstruksi kapal

pada setiap kondisi gelombang (*flat, sagging hogging*) di perairan *North Atlantic Waterways*, dan *Indonesian*.

Telah dilakukan pemetakan kondisi gelombang berdasarkan data dari ECMWF (*European Center for Medium Range Weather Forecast*) ditemukan bahwa rata-rata tinggi gelombang pada *North Atlantic Waterways* adalah *10.75 m*, dan *Indonesian Waterways* adalah *3,75 m* [2]. Hasil zonasi sesuai pembagian tinggi gelombang tersebut kemudian digunakan untuk mencari moment tertinggi kapal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal Bulk Carrier

Kapal cargo curah atau disebut juga kapal bulker adalah kapal untuk dagang yang dirancang untuk mengangkut kargo curah *unpacked*, seperti contoh batu bara dan semen. Adapun kelebihan dari kapal ini mempunyai daya angkut yang besar [3].

Kapal Pengangkut Barang Curah merupakan kapal barang yang berfungsi untuk mengangkut barang-barang seperti batu bara, semen, biji-bijian, bijih logam, dan sebagainya di dalam sel-sel/rongga-rongga kargo yang terpisah.

Kapal ini memiliki spesifikasi mengangkut muatan curah. Dikatakan curah karena cara meletakkan muatan dengan cara mencurahkan/menuangkan butiran/biji-bijian. Produk muatan yang berbentuk curah terdiri dari berbagai macam. Berdasarkan jenis muatannya kapal bulk carrier terbagi atas beberapa kelompok :

- Grain carrier (biji tumbuh-tumbuhan)
- Ore carrier (bijih tambang)
- Coal carrier (disingkat : *collier*) atau muatan batu bara
- Oil-ore carrier, muatan yang diangkut batu bara dan minyak secara bergantian
- Coal-ore carrier, memuat batu bara dan bijih besi secara bergantian.

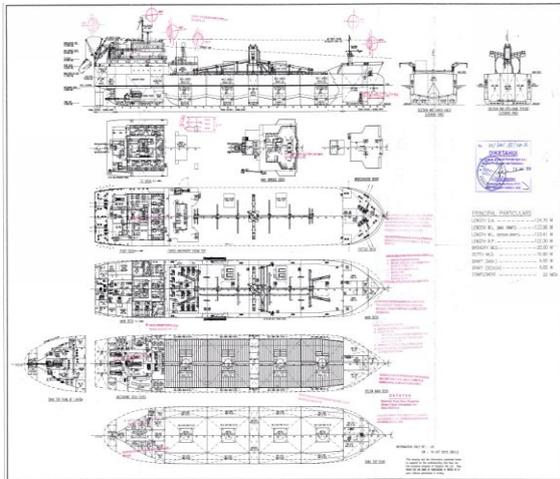


Gambar 2 Kapal Bulk Carrier

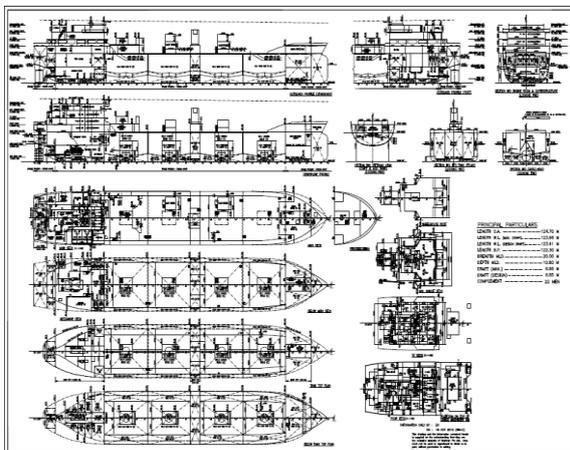
2.2. Kapal Bulk Carrier

Kapal ini mempunyai ukuran utama (*principal dimensions*) sebagai berikut :

(Loa) :	124,70	meter
(Lpp) :	122,30	meter
(B) :	20	meter
(D) :	10,80	meter
(T) :	6,95	meter



Gambar 3 CAD Rencana Umum Kapal



Gambar 4 CAD Profil Umum Kapal

2.3. Regulasi BKI

Safety Factor (faktor keamanan) merupakan sebuah faktor yang berfungsi untuk menunjukkan tingkat kemampuan dari suatu bahan/material teknik dalam menerima beban dari luar, baik itu beban tekan maupun tarik [4]. Awal yang harus dilakukan dalam perhitungan *safety factor* adalah mencari batas nilai tegangan ijin yang diperbolehkan berdasarkan regulasi BKI Vol. II *Section 5 C. 1.1*. Pada *section* tersebut dijelaskan bahwa tegangan ijin maksimal adalah 175/k, artinya tegangan hasil analisa yang didapat tidak boleh melebihi dari 175/k [5].

Tabel 1 Faktor Material

<i>Minimum Yield Stress</i> K <i>ReH in N/mm</i>	
235	1
315	0,78
355	0,72
390	0,68

Pada penelitian ini, kapal *Bulk Carrier* menggunakan material jenis baja *Grade A* yang mempunyai minimum yield (*ReH*) sebesar 235 N/mm². Sehingga tegangan ijin maksimum adalah 175 N/mm² [6].

2.4. Metode Elemen Hingga

Untuk mengetahui tegangan terbesar pada struktur kapal penulis menggunakan Metode elemen hingga, yaitu sebuah metode yang menggunakan pendekatan numerik untuk menganalisa struktur sehingga didapatkan solusi pendekatan dari suatu permasalahan, dimana setiap struktur yang akan dianalisa dibagi terlebih dahulu menjadi elemen-elemen kecil [7].

Ada beberapa jenis analisa yang digunakan dalam metode elemen hingga antara lain :

1. Analisa Linier Statis

Analisa linier statis merupakan analisa yang digunakan untuk mendefinisikan kondisi struktur terhadap pembebanan yang linier atau searah (konstan).

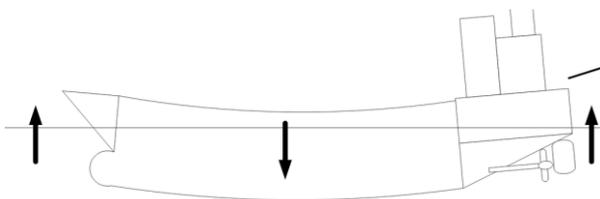
2. Analisa Non Linier Statis

Jika suatu struktur material mengalami pembebanan di atas titik luluhnya (*yield point*), maka dapat didefinisikan bahwa hubungan antara tegangan dan regangan

sudah tidak konstan lagi akan tetapi non linier.

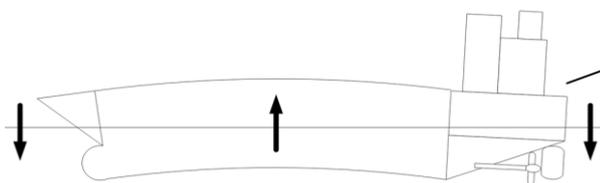
2.5. Kondisi *sagging* dan *hogging*

Sagging adalah apabila muatan dipusatkan pada bagian tengah kapal, sehingga kapal tertekan pada bagian tengahnya yang mengakibatkan bentuk kapal hampir menyerupai huruf "U". *Sagging* juga bisa terjadi karena adanya dua puncak gelombang yang berada di bagian depan dan belakang kapal, sehingga gaya keatas kapal lebih besar pada bagian depan dan belakang namun pada bagian tengah kapal mengalami gaya kebawah yang lebih besar.



Gambar 5 Kondisi *Sagging*

Sedangkan *Hogging* adalah apabila muatan dipusatkan pada bagian depan dan belakang kapal, sehingga kapal tertekan pada bagian ujung-ujungnya yang mengakibatkan bentuk kapal hampir menyerupai huruf "n". *Hogging* juga bisa terjadi karena adanya satu puncak gelombang yang berada di tengah kapal, sehingga gaya keatas kapal lebih besar pada bagian tengah kapal namun pada bagian depan dan belakang kapal mengalami gaya kebawah yang lebih besar.



Gambar 6 Kondisi *Hogging*

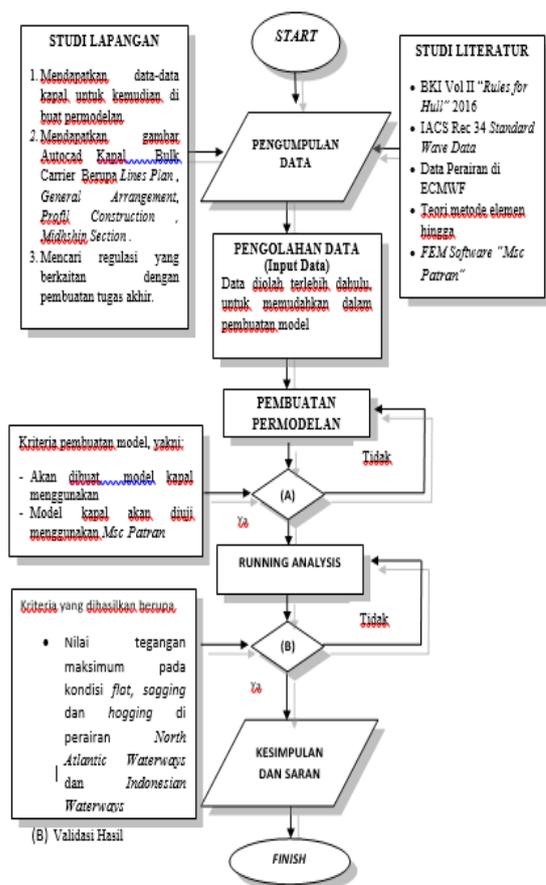
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendekatan Permodelan

Tahapan langkah pembuatan model yang akan dianalisa menggunakan metode elemen hingga dapat dijelaskan secara garis besar menjadi sebagai berikut:

1. Pembuatan Linesplan menggunakan software autocad
2. Pembuatan model 3 dimensi menggunakan software maxsurf
3. Analisa variasi momen pada setiap kondisi menggunakan software hydromax
4. Pemodelan pada Msc Patran, dengan langkah :
 - Pembuatan geometri awal
 - Pemilihan material
 - Proses *meshing*
 - Pemasangan tebal plat
 - Pemasangan profil
 - Proses *equivalence*
 - Penentuan *boundary condition*
 - Analisa

3.2. Flow Chart Metodologi Penelitian



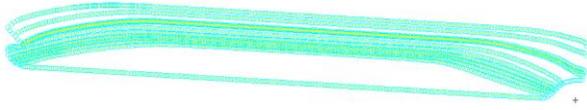
Gambar 7 Flow Chart

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Permodelan Msc Patran dan Analisa Msc Nastran

4.1.1. Pembuatan geometry

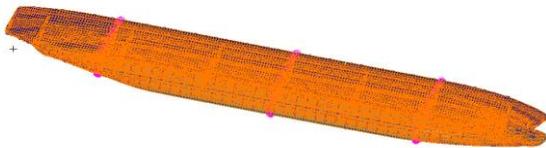
Langkah pertama dalam pemodelan adalah pembuatan geometry.



Gambar 8 Pemodelan dengan MSC Patran

4.1.2. Meshing

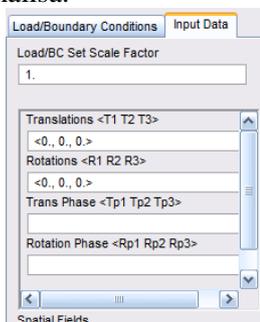
Tahap ini material yang telah dibuat model dibagi menjadi beberapa elemen (metode elemen hingga). Pembagian elemen dilakukan sesuai peletakan beam yang akan dibuat, maka harus sesuai dengan jarak gading kapal.



Gambar 9 Meshing

4.1.3. Kondisi Batas

Untuk analisa linear statis, salah satu tahap yang harus dilakukan adalah menetapkan *Boundary Conditions*. *Boundary Conditions* merupakan tahap akhir dari suatu proses pemodelan elemen hingga, yaitu penentuan tumpuan sebelum model di analisa.



Gambar 10 Penentuan Kondisi Batas

Pada penelitian ini *Boundary Conditions* terletak pada tengah kapal.

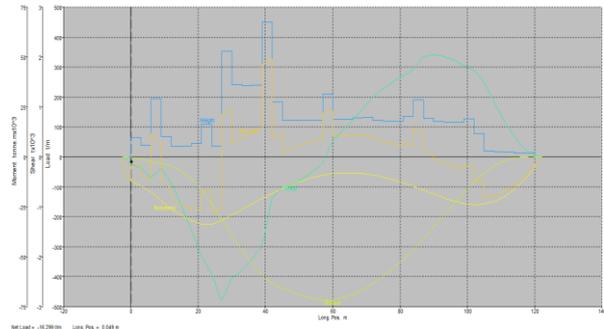
4.2. Hasil Tegangan Maksimal

1. Kondisi *Shagging*

a. *North Atlantic Waterways*

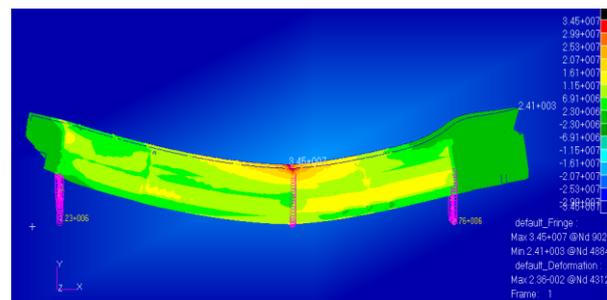
Menurut data dari ECMWF rata rata tinggi gelombang *North Atlantic*

Waterways adalah sebesar 10,75 m Moment terbesar yang dihasilkan menurut analisa *software hydromax* adalah sebesar 703725204 Nm



Gambar 11 Grafik *shagging* di *North Atlantic Waterways*

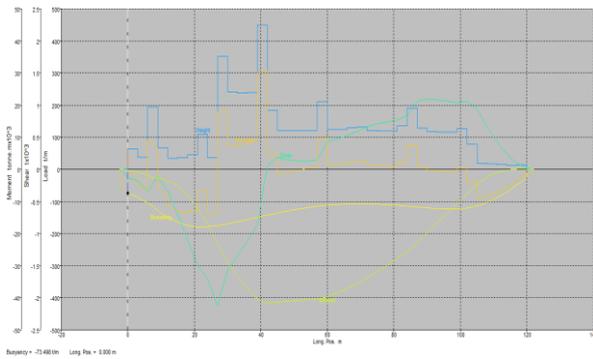
Tegangan maksimal dihasilkan menggunakan permodelan Msc Patran dan Analisa Msc Nastran. Nilai tegangan maksimal yang dihasilkan pada kondisi *shagging* di *North Atlantic Waterways* yaitu $3,45 \times 10^7$ Pa atau 34,5 Mpa pada *Node 90213*



Gambar 12 Kondisi *shagging* di *North Atlantic Waterways*

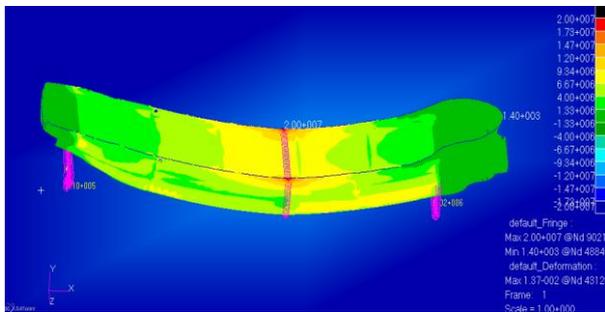
b. *Indonesian Waterways*

Menurut data dari ECMWF rata rata tinggi gelombang *Indonesian Waterways* adalah sebesar 3,75 m Moment terbesar yang dihasilkan pada kondisi *shagging* menurut analisa *software hydromax* di *Indonesian Waterways* adalah sebesar 407887993,45 Nm



Gambar 13 Grafik *shagging* di *Indonesian Waterways*

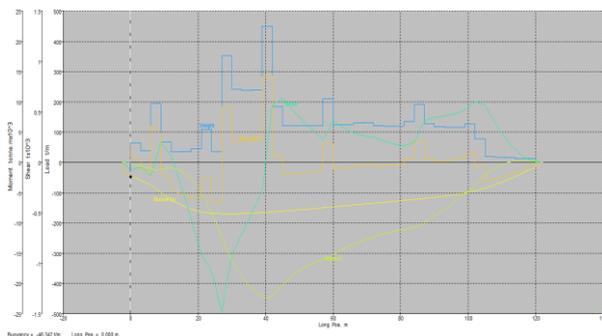
Tegangan maksimal dihasilkan menggunakan permodelan Msc Patran dan Analisa Msc Nastran. Nilai tegangan maksimal yang dihasilkan pada kondisi *shagging* di *Indonesian Waterways* yaitu $2,00 \times 10^7$ Pa atau 20 Mpa pada *Node 90213*



Gambar 14 Kondisi *shagging* di *Indonesian Waterways*

2. Kondisi *Flat*

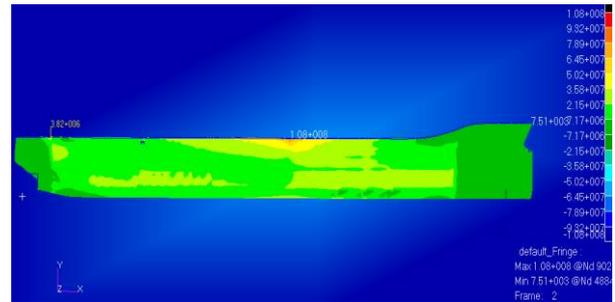
Pada kondisi ini nilai moment terbesar yang didapatkan pada setiap perairan adalah sama, yaitu 219178627,5 Nm



Gambar 15 Grafik *flat*

Tegangan maksimal dihasilkan menggunakan permodelan Msc Patran dan Analisa Msc Nastran. Nilai tegangan maksimal yang dihasilkan pada setiap

daerah perairan (*North Atlantic Waterways*, dan *Indonesian Waterways*) sama, yaitu $1,08 \times 10^7$ Pa atau 10,8 Mpa pada *Node 90213*

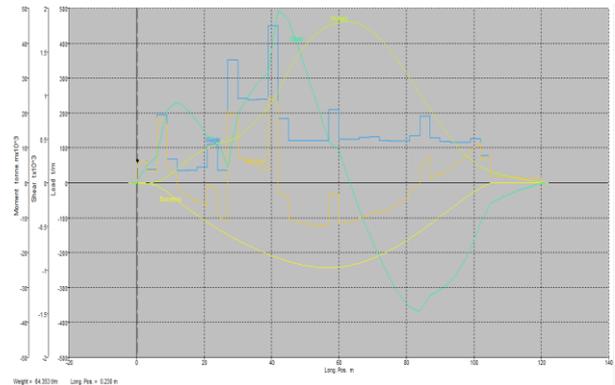


Gambar 16 Kondisi *flat*

3. Kondisi *Hogging*

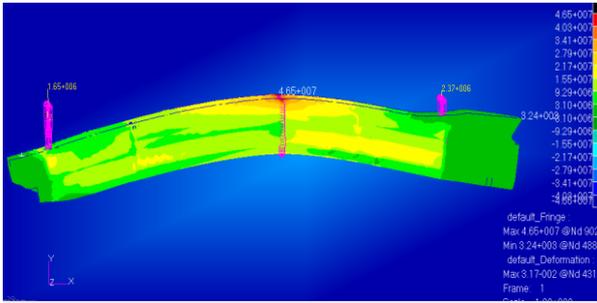
a. *North Atlantic Waterways*

Menurut data dari ECMWF rata rata tinggi gelombang *North Atlantic Waterways* adalah sebesar 10,75 m Moment terbesar yang dihasilkan menurut analisa *software hydromax* adalah sebesar 946988963 Nm



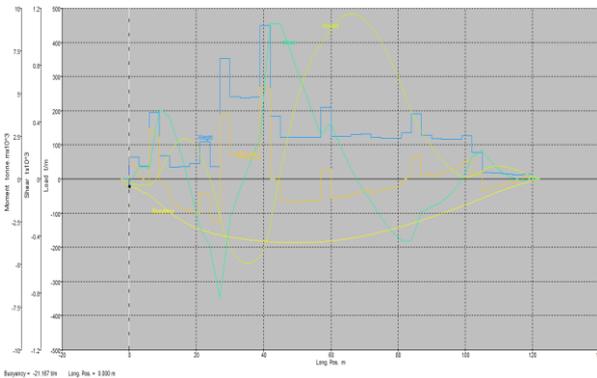
Gambar 17 Grafik *hogging* di *North Atlantic Waterways*

Tegangan maksimal dihasilkan menggunakan permodelan Msc Patran dan Analisa Msc Nastran. Nilai tegangan maksimal yang dihasilkan pada kondisi *hogging* di *North Atlantic Waterways* yaitu $4,65 \times 10^7$ Pa atau 46,5 Mpa pada *Node 90213*



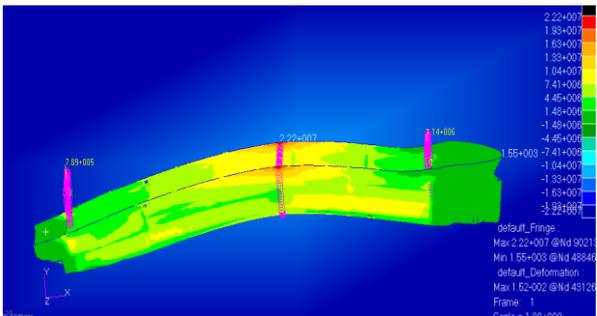
Gambar 18 Kondisi hogging di North Atlantic Waterways

- b. *Indonesian Waterways*
 Menurut data dari ECMWF rata rata tinggi gelombang *Indonesian Waterways* adalah sebesar 3,75 m Moment terbesar yang dihasilkan menurut analisa *software hydromax* adalah sebesar 453155489,8 Nm



Gambar 19 Grafik hogging di Indonesian Waterways

Tegangan maksimal dihasilkan menggunakan permodelan Msc Patran dan Analisa Msc Nastran. Nilai tegangan maksimal yang dihasilkan pada kondisi *hogging* di *Indonesian Waterways* yaitu $2,22 \times 10^7$ Pa atau 22,2 Mpa pada *Node 90213*



Gambar 20 Kondisi hogging di Indonesian Waterways

4.5. Perbedaan Respon Struktur Kapal

Dari hasil analisa yang telah dilakukan menggunakan *MSC Patran*, maka diketahui perbedaan respon struktur sebagai berikut :

Tabel 2 Tegangan Maksimal

Kondisi	North Atlantic	Indonesian Waterways	Tegangan Ijin
Air Tenang	10,8 MPa	10,8 MPa	100 MPa
Sagging	34,5 Mpa	20 Mpa	100 MPa
Hogging	46,5 Mpa	22,2 Mpa	100 MPa

Dari hasil analisa diatas, maka didapatkan perbedaan respon struktur kapal (%) pada perairan *Indonesian Waterways* dan *North Atlantic* adalah :

Tabel 3 Perbedaan Respon Struktur Kapal

Kondisi	North Atlantic	Indonesian Waterways	Reduksi %
Air Tenang	10,8 MPa	10,8 MPa	0 %
Sagging	34,5 Mpa	20 Mpa	42,029 %
Hogging	46,5 Mpa	22,2 Mpa	51,61 %

Diketahui bahwa tegangan tertinggi pada masing masing perairan adalah pada saat kondisi *Hogging*, dan selisih hasil analisa adalah 51,61%. Sedangkan untuk selisih rata rata pada semua kondisi adalah 31,214%.

Sehingga didapatkan ukuran plat dan profil baru untuk desain rekomendasi kapal bulk carrier untuk perairan Indonesia dengan penurunan hasil yang telah didapatkan di atas.

Item	Tebal Plat & Modulus Awal	Tebal Plat & Modulus Akhir	Reduksi %	Sisa Reduksi %	%
Lambung AFT	13	9.0	30.77	69.23	100
Lambung Haluan	15	11.0	26.67	73.33	100
Lambung Midship	11	8.0	27.27	72.73	100
Main Deck	11	8.0	27.27	72.73	100
Second Deck	11	8.0	27.27	72.73	100
Sekat	11	8.0	27.27	72.73	100
Tank Top	12	9.0	25.00	75.00	100
Wrang	12	9.0	25.00	75.00	100
Centrefine Girder	2450	1685.3	31.21	68.79	100
Deck Lngitudinal	250	172.0	31.21	68.79	100
Deck Transvers Web	2450	1685.3	31.21	68.79	100
Main Frame	380	261.4	31.21	68.79	100
Side Deck Girder	2450	1685.3	31.21	68.79	100
Stiffener	380	261.4	31.21	68.79	100
Transverse Stringer	2450	1685.3	31.21	68.79	100
Web Frame Belakang	1650	1135.0	31.21	68.79	100
Web Frame Haluan	2450	1685.3	31.21	68.79	100
Web Frame Midship	2450	1685.3	31.21	68.79	100
TOTAL			528.67	1271.33	1800
TOTAL REDUKSI	29.37	%			

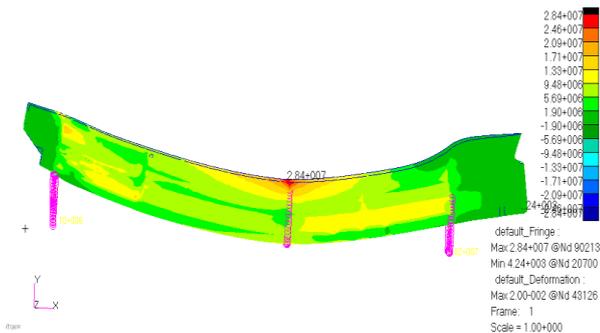
Tabel 4 Perbedaan Respon Struktur Kapal

4.6. Model Rekomendasi

a. Sangging Model Rekomendasi

Menurut data dari ECMWF rata rata tinggi gelombang *indonesian Waterways* adalah sebesar 3,75 m Moment terbesar yang dihasilkan pada kondisi *shagging* menurut analisa *software hydromax* adalah sebesar 407887993,45 Nm

Tegangan maksimal dihasilkan menggunakan permodelan Msc Patran dan Analisa Msc Nastran. Nilai tegangan maksimal yang dihasilkan pada kondisi model rekomendasi *shagging* di *North Atlantic Waterways* yaitu $2,84 \times 10^7$ Pa atau 28,4 Mpa pada *Node 90213*

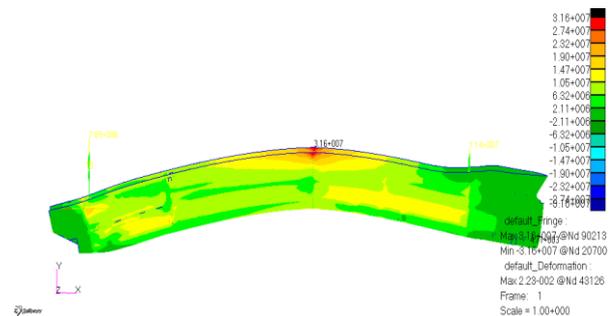


Gambar 21 Kondisi *shagging* model rekomendasi di *indonesian Waterways*

b. Hogging Model Rekomendasi

Menurut data dari ECMWF rata rata tinggi gelombang *Indonesian Waterways* adalah sebesar 3,75 m Moment terbesar yang dihasilkan pada kondisi *hogging* menurut analisa *software hydromax* di *Indonesian Waterways* adalah sebesar 453155489,8 Nm

Tegangan maksimal dihasilkan menggunakan permodelan Msc Patran dan Analisa Msc Nastran. Nilai tegangan maksimal yang dihasilkan pada kondisi model rekomendasi *hogging* di *Indonesian Waterways* yaitu 3.16×10^7 Pa atau 31,6 Mpa pada *Node 90213*



Gambar 22 Kondisi *hogging* model rekomendasi di *Indonesian Waterways*

4.6. Safety Factor

Faktor keamanan (*Safety Factor*) 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 yang diketahui tidak boleh melebihi dari 100/k (N/mm²) sesuai dengan ketentuan BKI Section 24 B.2.3.1.

Tabel 5 Faktor Material

Minimum yield stress	ReH
235	1
315	0,78
355	0,72
390	0,68

Material yang digunakan pada kasus ini adalah baja *Grade A* yang mempunyai *minimum yield (ReH)* sebesar 235 N/mm². Sehingga tegangan ijin maksimum adalah 100 N/mm² atau 100 MPa. Semua hasil analisa memenuhi *Safety Factor* [8].

4.7 Validasi

Validasi hasil perhitungan sangat penting dilakukan guna menunjang keakuratan analisa. Cara yang digunakan adalah dengan membandingkan hasil dari perhitungan *software* dan perhitungan manual.

Untuk menghitung tegangan pada kapal menggunakan rumus :

$$\sigma = M_{max} / W \quad [8]$$

Diketahui momen maksimal pada air tenang yaitu sebesar 219178627,5 Ton meter. Sedangkan untuk menghitung modulus penampang menggunakan rumus :

$$W = I_{NA} / z$$

Data yang didapat :

Nama kapal	:Bulk Carrier 907
Lpp/40 (b)	:3,06
Total luas (At)	:49722,12
Titik berat (Z)(m)	:3,95
At x Zm ³	:195402,39
Momen inersia	:69,97
/NA	:775859,41

Maka, $W = I_{NA} / z$

$$W = 775859,41 / 3,95$$

$$W = 196420,10 \text{ m}^3$$

Perhitungan tegangan air tenang :

$$\sigma = M_{max} / W$$

$$\sigma = 219178627,5 / 196420,10$$

$$= 1115,87 \text{ Ton/m}^2$$

$$= 10,94 \text{ Mpa}$$

Tabel 6 Hasil Validasi

Hasil Analisa	Hasil Perhitungan	Koreksi	Keterangan
10,8 Mpa	10,94 Mpa	98,70%	Memenuhi

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.6 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dengan penelitian ini kita dapat mengetahui tegangan maksimal kapal pada setiap kondisi (*shagging, flat, dan hogging*) di *North Atlantic Waterways dan Indonesian Waterways*.
2. Dengan penelitian ini kita dapat mengetahui perbandingan tegangan maksimal pada perairan yang berbeda, semakin tinggi gelombang maka semakin tinggi juga tegangan maksimalnya.
3. Tegangan maksimal kapal terbesar adalah pada kondisi *hogging* di *North Atlantic Waterways* yaitu sebesar $4,65 \times 10^7$ Pa.
4. Titik bagian kapal yang mengalami moment tegang yang paling besar terjadi di bagian titik pada node 90213 yang diberi MPC pada bagian geladak.
5. Dengan demikian nilai tegangan kapal yang di uji memenuhi nilai besar momen tegangan yakni tidak melebihi dari $1,75 \times 10^8$ Pa atau masih dalam batas aman.

5.7 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan penulis masih dapat dilanjutkan lebih jauh. Beberapa saran dari penulis yang dapat dikembangkan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Membuat variasi jarak gading, tebal plat, dan ukuran profil pada struktur kapal dan kemudian di analisa perbedaan tegangannya.
2. Menambah lebih banyak variasi gelombang pada saat pengujian.

5.8 Daftar Pustaka

1. Biro Klasifikasi Indonesia. 2016. Company Profile. www.bki.co.id/pagestatis-63-company-profile-lang-id. (26 Januari 2017)
2. [European Centre for Medium-range Weather Forecast \(ECMWF\)](http://www.euro-cmwf.eu/). apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype (27 Januari 2017)
3. Anonim. "Kapal Bulk Carrier". 3 November 2016.

https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_BulkCarrier

4. Kendrick, A, Daley, C, Pavic, M. 2006. Comparative Study of Ship Structure Design Standard. Submitted to US Maritime Administration. BMT Fleet Technology.
5. Biro Klasifikasi Indonesia. 2014. Rules BKI Volume II Rules for Hull. Jakarta. Biro Klasifikasi Indonesia.
6. Provov, E.p. 1978. Mechanics of Material, 2nd edition, pretice-hall,inc, Englewood Cliffs. New Jersey. USA
7. Ross, C.T.F. 1985. Finite Element Methods in Structural Mechanic. Chichester: Ellis horwood Ltd.
8. Kendrick, A, Daley, C, Pavic, M. 2006. Comparative Study of Ship Structure Design Standard. Submitted to US Maritime Administration. BMT Fleet Technology