



Perbandingan Respon Struktur Kapal *Oil Chemical Tanker* di *North Atlantic* Dan *Indonesian Waterways*

Dimas Romansah^{1)*}, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾, Imam Pujo Mulyatno¹⁾

Topan Firmandha²⁾, Sukron Makmun²⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

²⁾Biro Klasifikasi Indonesia
Jl. Yos Sudarso No. 38-40, Tanjung Priok, DKI Jakarta 14320

diajukan pada : 08/11/17

direvisi pada : 13/11/17

diterima pada : 15/11/17

Abstrak

Perhitungan kekuatan konstruksi sangat diperlukan dalam mendesain sebuah kapal. Desain tersebut tidak lepas juga dari regulasi yang digunakan dalam perhitungan. Dalam hal ini, dilakukan analisa perbandingan desain konstruksi kapal yang diberikan 2 pembebanan, yang pertama pembebanan untuk kondisi perairan *North Atlantic Ocean*, yang kedua pembebanan pada kondisi perairan *Indonesian Waterways*. Perhitungan pembebanan struktur menggunakan regulasi BKI. Diketahui, regulasi BKI tersebut mempunyai rujukan kondisi lingkungan di daerah Samudera Atlantik Utara (H_w untuk nilai C_0). BKI seharusnya mempunyai regulasi desain konstruksi yang disesuaikan dengan kondisi perairan Indonesia, dimana untuk nilai dari C_0 dan H_w lebih kecil. Harapannya dengan hasil ini, perancangan konstruksi dapat lebih efektif dan tidak mubazir. Kapal yang diteliti adalah kapal *oil chemical tanker* type 3. Analisa menggunakan software MSC Patran. Diketahui hasil respon struktur kapal pada perairan *North Atlantic Ocean* pada kondisi air tenang adalah 19,1 Mpa, saggging 23,9 Mpa dan hogging 59,1 Mpa. Kemudian pada perairan *Indonesian Waterways* pada kondisi air tenang adalah 19,1 Mpa, saggging 12 Mpa, dan hogging 48,4 Mpa. Selisih respon struktur adalah 0%, 49,79% dan 18,10%. Untuk rekomendasi desain, perhitungan nilai modulus profil dan tebal plat yang dapat direduksi tidak boleh lebih dari 27,33%.

Copyright © 2017, **KAPAL**, 1829-8370 (p), 2301-9069(e)

Kata Kunci : *Oil Chemical Tanker*, *North Atlantic Ocean*, *Indonesian Waterways*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, terletak pada 6° LU - 11° LS dan 95° BT - 141° BT, letaknya yang berada pada jalur pelayaran dunia membuat Indonesia menjadi negara yang sangat potensial dalam perkembangan dunia maritim. Untuk dapat menjadi poros maritim dunia maka banyak aspek yang harus dibenahi serta tingkatkan, salah satunya adalah aturan regulasi untuk dunia

kemaritiman (Perkapalan, Bangunan Lepas Pantai, dll) dalam hal ini pihak yang mengatur regulasi tersebut adalah Biro Klasifikasi Indonesia (BKl).

Peraturan BKl sendiri telah dikembangkan dari beberapa variasi yang bersumber pada regulasi nasional maupun internasional yang merupakan hasil dari studi ilmiah, penelitian dan juga praktik rekayasa keteknikan. Sekitar 90% dari peraturan regulasi untuk kapal maupun bangunan lepas pantai digunakan pada daerah yang tidak terbatas (seluruh dunia), dan peraturan ini menjamin bahwa desain struktur tersebut dapat tetap bertahan dalam keadaan pengaruh lingkungan di semua kondisi tanpa terkecuali.

*) Penulis Korespondensi :

Email : dimasroman95@gmail.com

Pada *rules* BKI Vol II *Rules for Hull – 2016 Sec.4 Design* [1], disebutkan bahwa untuk menghitung C_0 (koefisien gelombang) menggunakan Persamaan 1 – 3. Nilai 10,75 adalah nilai yang memiliki relevansi dengan kondisi gelombang [2]. Peraturan tersebut diadopsi oleh BKI untuk peraturan *Seagoing Ship* berdasarkan kondisi lingkungan pada daerah Samudera Atlantik Utara (spectrum gelombang *JONSWAP*) [3].

$$C_0 = \left[\frac{L}{25} + 4,1 \right] C_{RW} \quad (1)$$

for $L < 90m$

$$C_0 = \left[10,75 - \left[\frac{300 - L}{100} \right]^{1,5} \right] C_{RW} \quad (2)$$

for $90 \leq L \leq 300 m$

$$C_0 = 10,75 \times c_{RW} \quad (3)$$

for $L > 300 m$

Dengan menggunakan perbedaan rata rata tinggi gelombang (H_w) di wilayah Atlantik Utara dan Perairan Indonesia, maka kita bisa menghitung koefisien gelombang baru yang dapat digunakan untuk menghitung *Design Load* untuk kapal yang beroperasi hanya pada perairan Indonesia, sehingga pembuatan desain strukturnya dapat disesuaikan dan tidak terlampaui berlebihan.

Beberapa penelitian mengenai analisa respon kapal telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya adalah mengenai respon struktur haluan kapal akibat beban slamming [4]. Selain itu penelitian mengenai respon struktur pondasi mesin terhadap interaksi *trust block* juga telah dilakukan oleh [5]. Sedangkan referensi [6] meneliti mengenai respon dari *Car Deck* akibat penambahan geladak / *deck*.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan respon struktur kapal pada daerah perairan Samudera Atlantik Utara dan pada daerah perairan Indonesia. Sehingga besar reduksi total desain konstruksi kapal yang sesuai untuk kapal yang hanya beroperasi di perairan Indonesia dapat diketahui.

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah kapal tanker kimia tipe 3 yang dikhususkan untuk mengangkut produk Kode IBC dengan bahaya lingkungan dan keselamatan yang cukup tinggi yang memerlukan tingkat penanganan sedang untuk meningkatkan kemampuan *survive* dalam kondisi yang ekstrim.

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

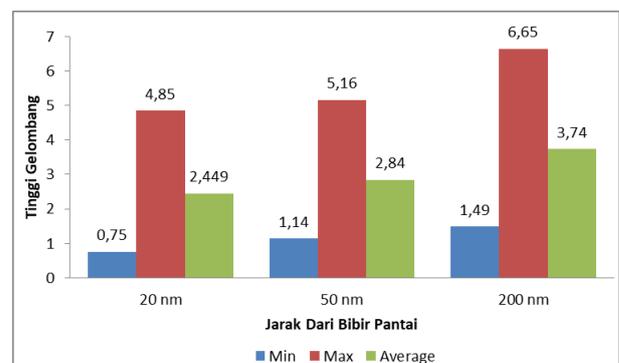
(Loa)	: 99,985 meter
(Lpp)	: 94,50 meter
(B)	: 16,00 meter
(D)	: 6,40 meter
(H)	: 7,70 meter
Vs	: 12,3 knots

Kapal ini termasuk dalam jenis *Oil Chemical Tanker* yaitu sejenis kapal tanker yang berfungsi untuk mengangkut bahan kimia. Populasi kapal jenis ini bisa dikatakan jarang. Tanker ini dirancang khusus untuk mengangkut bahan kimia secara bulk. Kapal tanker tipe ini umumnya memiliki bobot mati antara 5,000 DWT sampai 40,000 DWT. Dimensi ini relatif kecil dibandingkan kapal tanker tipe lainnya. Hal ini disebabkan karena sifat yang khas dari bahan kimia dan juga karena banyaknya batasan yang diterapkan pada pelabuhan. Kapal tanker kimia biasanya dilengkapi dengan tanki khusus yang dilapisi secara khusus. Kapal jenis ini biasanya juga dilengkapi dengan sistem pemanas agar viskositas dapat dipertahankan.

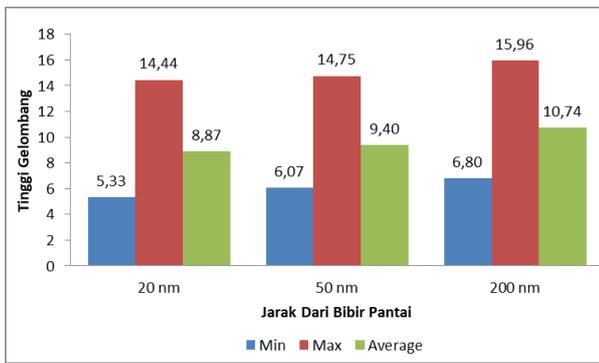
2.2. Perbandingan Perairan Atlantik Utara dan Indonesia

Menurut data yang telah diolah dari *ECMWF* [7] dan *IACS Rec.34 – Standard Wave Data* [8], tinggi gelombang rata rata di *Indonesian Waterways* dan *North Atlantic Ocean* dapat dibagi dalam 3 kategori, yaitu kategori T , L dan P (20, 50 dan 200 *nautical miles* [9]).

Nilai dari tinggi gelombang rata-rata *Indonesian Waterways* ditunjukkan oleh Gambar 1 sedangkan untuk rata-rata tinggi gelombang di *North Atlantic Ocean* ditunjukkan oleh Gambar 2.



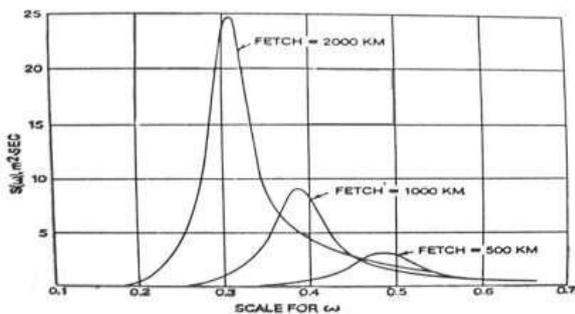
Gambar 1. Tinggi Gelombang (H_w) Perairan Indonesia



Gambar 2. Tinggi Gelombang (H_w) Perairan Atlantik Utara

Pada penelitian yang akan dibahas, peneliti menggunakan nilai dari rata-rata tinggi gelombang pada daerah 200 *nautical miles* yang mempunyai rata-rata nilai H_w tertinggi agar nantinya desain konstruksi yang direncanakan dapat di aplikasikan ke semua wilayah pada masing masing perairan.

Untuk merepresentasikan kondisi gelombang pada lautan terbuka terdapat suatu spektrum gelombang yang dinamakan Spektrum JONSWAP. Spektrum *JONSWAP* secara sederhana adalah sebuah bentuk dari *spectrum Bretschneider* [10].



Gambar 3. Spektrum JONSWAP dalam berbagai hembusan angin (*fetches*)

2.3. Permodelan dan Analisa Respon Struktur

Tahap pendekatan permodelan merupakan pengolahan data dan pembuatan permodelan kapal, permodelan dilakukan dengan menggunakan Autocad untuk membuat *lines plan* kemudian dibuat model 3d dengan bantuan *software* desain lambung kapal yang bernama *Delfship*.

Kemudian *Maxsurf Hydromax* digunakan untuk analisa *Longitudinal Strength* guna mencari momen disaat air tenang, *Sagging* dan *Hogging* sesuai tinggi gelombang yang akan di analisa.

Selanjutnya untuk mendapatkan respon struktur kapal, menggunakan metode elemen hingga dengan program bantu *MSC NASTRAN-PATRAN*.

2.4. Material Kapal

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja Grade A dengan nilai *elastic modulus* $2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, *Poisson Ratio* 0,3, *shear modulus* $8 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, density 7.85 ton/m^3 . Jenis elemen yang telah ditentukan kemudian diberi tebal sesuai material yang diuji. Penentuan material selesai setelah tebal material telah dimasukkan.

2.5. Perhitungan 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/mm^2) sesuai dengan ketentuan BKI Section 24 B.2.3.1.

Tabel 1. Faktor Material

<i>Minimum yield stress ReH in N/mm</i>	k
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/mm^2 . Sehingga tegangan ijin maksimum adalah 100 N/mm^2 atau 100 MPa . Syarat perhitungan *safety factor* pada pengukuran ini nilainya harus lebih dari 1. Sebagai acuannya diambil tegangan yang paling tinggi dari tiap kondisi pembeban pada model, perhitungan *Safety factor* menurut tegangan ijin (σ_{ijin}) BKI yaitu :

$$SF = \frac{\text{Tegangan Ultimate}}{\text{Tegangan Maksimum}} \quad (4)$$

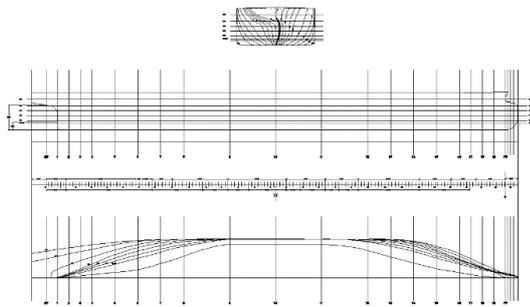
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Permodelan Kapal

Pembuatan model menggunakan berbagai macam *software*, yaitu :

- Autocad

Pembuatan model di autocad adalah untuk membuat *lines plan* yang nantinya dipakai dalam melakukan perhitungan analisa.



Gambar 4. Lines Plan Autucad

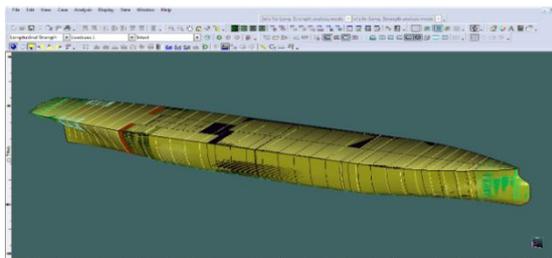
- Delftship
 Pembuatan model di delftship adalah untuk mencari nilai *displacement*, *Cb*, *Cm* dan sebagainya.

Design hydrostatics report.

Designer						
Created by						
Comment						
Filename	G:\BKJ-UNDI\PI01 & Chemical tanker type 3\ANKKKK DRAFT OK.fbm					
Design length	94.500 m					
Length over all	99.896 m					
Design beam	16.000 m					
Beam over all	16.000 m					
Design draft	6.400 m					
Midship location	47.250 m					
Water density	1.025 t/m ³					
Appendage coefficient	1.0000					
Volume properties		Waterplane properties				
Displaced volume	6725.1 m ³	Length on waterline	97.493 m			
Displacement	6893.2 tonnes	Beam on waterline	16.000 m			
Total length of submerged body	99.896 m	Waterplane area	1290.8 m ²			
Total beam of submerged body	16.000 m	Waterplane area	1290.8 m ²			
Block coefficient	0.6574	Waterplane coefficient	0.6076			
Prismatic coefficient	0.6739	Waterplane center of flotation	44.837 m			
Vert. prismatic coefficient	0.8141	Entrance angle	0.000 deg.			
Wetted surface area	2141.5 m ²	Transverse moment of inertia	23059 m ⁴			
Longitudinal center of buoyancy	49.030 m	Longitudinal moment of inertia	786494 m ⁴			
Longitudinal center of buoyancy	0.000 %					
Vertical center of buoyancy	3.496 m					
Midship properties		Initial stability				
Midship section area	99.903 m ²	Transverse metacentric height	6.925 m			
Midship coefficient	0.9756	Longitudinal metacentric height	117.77 m			
Lateral plane						
Lateral area	610.11 m ²					
Longitudinal center of effort	48.987 m					
Vertical center of effort	3.227 m					
The following layer properties are calculated for both sides of the ship						
Layer	Area m ²	Thickness	Weight tonnes	LCG m	TCG m	ICG m
Layer 0	3800.5	0.000	0.000	45.756	0.000	3.162

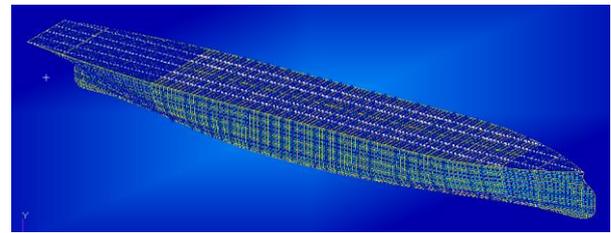
Gambar 5. Design Hydrostatic Report

- Maxsurf
 Pembuatan model maxsurf digunakan untuk analisa kekuatan memanjang agar mendapatkan momen pada tiap daerah per airan yang diinginkan.



Gambar 6. Model Maxsurf

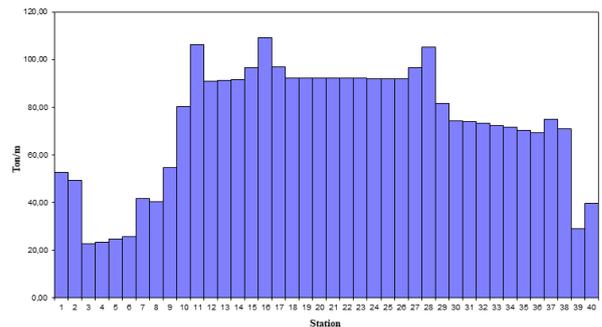
- MSC Patran
 Untuk membuat model elemen hingga, peneliti menggunakan software MSC Patran untuk selanjutnya dilakukan analisa untuk mencari Tegangan.



Gambar 7. Pemodelan dengan MSC Patran

3.2. Pembebanan Struktur

Distribusi berat ini merupakan sebagian pembebanan yang akan menimbulkan bending momen yang merupakan hasil penjumlahan dari penyebaran berat kapal kosong dengan berat muatan (DWT+LWT). Distribusi berat kapal *Oil Chemical Tanker type 3* seperti pada Gambar 8.



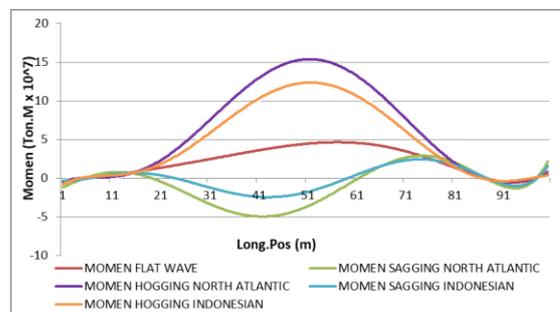
Gambar 8. Distribusi Pembebanan

3.3. Hasil Momen Maksimum Kapal

Diketahui momen maksimal pada saat air tenang, *sagging* dan *hogging* pada masing masing perairan yang di dapatkan dari analisa kekuatan memanjang menggunakan *Maxsurf Hydromax* yaitu pada Tabel 2.

Tabel 2. Momen Maksimal Kapal

Kondisi	North Atlantic	Indonesian Waterways
Air Tenang	47473992,65 T.m	47473992,65 T.m
Sagging	-59398879,05 T.m	-29812216,00 T.m
Hogging	147246849,75 T.m	29812216,00 T.m



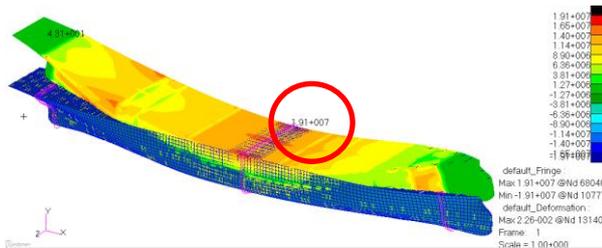
Gambar 9. Perbandingan Grafik Momen

3.4. Hasil Tegangan Maksimum Kapal

Analisa menggunakan *MSC Patran* dilakukan dengan menggunakan pembebanan yang berbeda sesuai dengan kondisi perairan pada masing masing momen yang telah di dapatkan pada analisa kekuatan memanjang.

3.4.1. Kondisi Air Tenang

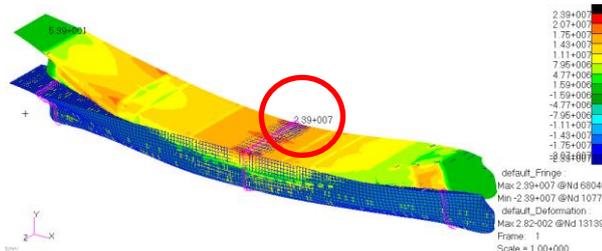
Hasil analisa tegangan maksimum (*von misses*) menggunakan *MSC Patran* yaitu sebesar $1,91 \times 10^7$ Pa atau 19,1 MPa pada Node 68040 yang terletak pada main deck bagian tengah kapal.



Gambar 10. Tegangan Air Tenang

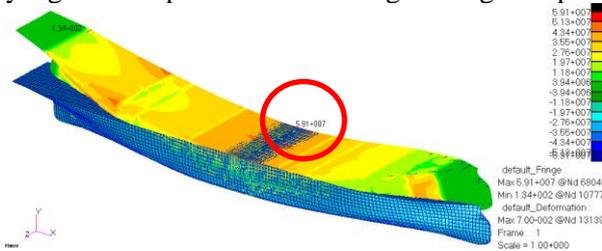
3.4.2. Perairan Atlantik Utara

- Tegangan Sagging North Atlantic
Hasil analisa tegangan maksimum (*von misses*) menggunakan *MSC Patran* yaitu sebesar $2,39 \times 10^7$ Pa atau 23,9 Mpa pada Node 68040 yang terletak pada main deck bagian tengah kapal.



Gambar 11 Tegangan Sagging North Atlantic

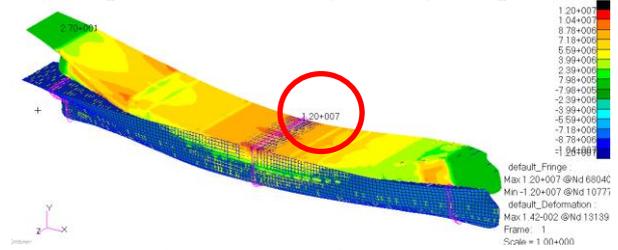
- Tegangan Hogging North Atlantic
Hasil analisa tegangan maksimum (*von misses*) menggunakan *MSC Patran* yaitu sebesar $5,91 \times 10^7$ Pa atau 59,1 Mpa pada Node 68040 yang terletak pada main deck bagian tengah kapal.



Gambar 12. Tegangan Hogging North Atlantic

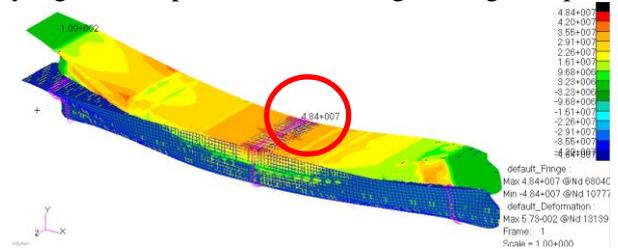
3.4.3. Perairan Indonesia

- Tegangan Sagging Indonesian Waterways
Hasil analisa tegangan maksimum (*von misses*) menggunakan *MSC Patran* yaitu sebesar $1,20 \times 10^7$ Pa atau 12 Mpa pada Node 68040 yang terletak pada main deck bagian tengah kapal.



Gambar 13. Tegangan Sagging Indonesian Waterways

- Tegangan Hogging Indonesian Waterways
Hasil analisa tegangan maksimum (*von misses*) menggunakan *MSC Patran* yaitu sebesar $4,84 \times 10^7$ Pa atau 48,4 Mpa pada Node 68040 yang terletak pada main deck bagian tengah kapal.



Gambar 14. Tegangan Hogging Indonesian Waterways

3.5. Perbedaan Respon Struktur Kapal

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

Tabel 3. Tegangan Maksimal

Kondisi	North Atlantic	Indonesian Waterways	Tegangan Ijin
Air Tenang	19,1 MPa	19,1 MPa	100 MPa
Sagging	23,9 Mpa	12 Mpa	100 MPa
Hogging	59,1 Mpa	48,4 Mpa	100 MPa

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

Tabel 4. Perbedaan Respon Struktur Kapal

Kondisi	North Atlantic	Indonesian Waterways	Reduksi %
Air Tenang	19,1 MPa	19,1 MPa	0 %
Sagging	23,9 Mpa	12 Mpa	49,79 %
Hogging	59,1 Mpa	48,4 Mpa	18,10 %

3.6. Rekomendasi Desain

Rekomendasi desain dilakukan dengan cara mencari batas maksimal dari plat yang dapat direduksi sampai tercapainya batas *safety factor* dari tegangan yang di dapatkan. Diketahui nilai tegangan yang terlebih dahulu mencapai batas *safety factor* adalah pada kondisi *hogging north atlantic*, dengan besar reduksi maksimal sebesar 27,33%. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa untuk rekomendasi desain, nilai dari modulus profil dan tebal plat yang dapat direduksi tidak boleh lebih dari 27,33%. Untuk nilai tegangan baru dari hasil analisa ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Perbedaan Tegangan

Kondisi	Sebelum (Mpa)	Sesudah (Mpa)	Selisih (%)
Air Tenang	19,1	32,2	68,59 %
Sagging NA	23,9	40,3	68,62 %
Hogging NA	59,1	100	69,20 %
Sagging IW	12,0	20,2	68,33 %
Hogging IW	48,4	81,9	69,21 %

Diketahui, selisih tegangan pada setiap kondisi setelah dilakukan reduksi konstruksi berkisar 69%, namun terletak di *Node* yang berbeda dengan sebelum dilakukan reduksi, yaitu pada *Node* 10333 yang terletak pada bagian tengah *main deck*.

3.7. Safety Factor

3.7.1. Safety Factor Sebelum Reduksi

Tabel 6 adalah hasil perhitungan faktor keamanan (*Safety Factor*) sebelum reduksi. Tegangan maksimum yang dihasilkan jauh dari tegangan ijin sehingga desain konstruksi yang dibuat akan sangat berlebihan. Tentunya hal ini akan berakibat tingginya biaya material.

Tabel 6. Safety Factor Sebelum Reduksi

Kondisi	σ Max	σ ijin	SF	Ket
Air Tenang	19,1 Mpa	100 Mpa	5,24	Aman
Sagging NA	23,9 Mpa	100 Mpa	4,18	Aman
Hogging NA	59,1 Mpa	100 Mpa	1,69	Aman
Sagging IW	12,0 Mpa	100 Mpa	8,33	Aman
Hogging IW	48,4 Mpa	100 Mpa	2,07	Aman

3.7.2. Safety Factor Setelah Reduksi

Pada tabel 7 disajikan data faktor keamanan (*Safety Factor*) sesudah reduksi. Hasil menunjukkan bahwa dengan pengurangan desain konstruksi hingga 27,33%, nilai faktor keamanan masih melebihi 1. Hal ini akan berdampak pada pengurangan biaya material yang akan sangat menguntungkan bagi pemilik kapal. Dengan biaya material yang rendah kapal memiliki nilai faktor keamanan lebih dari 1.

Tabel 7. Safety Factor Sesudah Reduksi

Kondisi	σ Max	σ ijin	SF	Ket
Air Tenang	32,2 MPa	100 Mpa	3,10	Aman
Sagging NA	40,3 Mpa	100 Mpa	2,48	Aman
Hogging NA	100 Mpa	100 Mpa	1	Tidak Aman
Sagging IW	20,2 Mpa	100 Mpa	4,95	Aman
Hogging IW	81,9 Mpa	100 Mpa	1,22	Aman

4. KESIMPULAN

Hasil respon struktur kapal *Oil Chemical Tanker type 3* pada daerah perairan *North Atlantic Ocean* pada kondisi air tenang adalah 19,1 Mpa , pada kondisi *sagging* 23,9 Mpa , dan pada kondisi *hogging* 59,1 Mpa. Hasil respon struktur kapal *Oil Chemical Tanker type 3* pada daerah perairan *Indonesian Waterways* pada kondisi air tenang adalah 19,1 Mpa , pada kondisi *sagging* 12 Mpa , dan pada kondisi *hogging* 48,4 Mpa.

Selisih respon struktur pada kondisi gelombang air tenang, *sagging* dan *hogging* yang didapatkan melalui analisa perbandingan ini adalah 0%, 49,79% dan 18,10%. Diketahui besar reduksi konstruksi maksimal yang dapat dilakukan agar tetap memenuhi nilai dari *safety factor* adalah tidak boleh lebih dari 27,33% dari nilai konstruksi sebelumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini adalah hasil kerjasama antara Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro dan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B.K.I, "Vol. II Rules For Hull," dalam *Biro Klasifikasi Indonesia*, Jakarta, 2016.

- [2] A. Kendrick dan C. Daley, "Comparative Study of Ship Structure Design Standard," Ship Structure Committee, Washington, D.C, 2007.
- [3] M. A. Kurniawan, F. A. Prasetyo dan S. Komariyah, "A Comparison of Three Different Water Areas and Its Influence for Development of Rules Regulation," dalam *30 th Asian Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures*, Mokpo, Rep. of Korea, 2016.
- [4] T. Putranto dan A. Sulisetyono, "Analisa Numerik Gerakan Dan Kekuatan Kapal Akibat Beban Slamming Pada Kapal Perang Tipe Corvette," *Kapal*, vol. 12, no. 3, pp. 158-164, 2015.
- [5] I. M. W. Karisma, I. P. Mulyatno dan G. Rindo, "Analisa Kekuatan Struktur Pondasi Mesin Dengan Interaksi Trust Block Pada Kapal Ferry 500 GT Dengan Metode Elemen Hingga," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 5, no. 1, pp. 10-19, 2017.
- [6] A. Mukhsin, I. P. Mulyatno dan S. Jikosisworo, "Analisa Kekuatan Konstruksi Car Deck Akibat Penambahan Deck Pada Ruang Muat Kapal Motor Zaisan Star 411 DWT Dengan Metode Elemen Hingga," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 4, no. 2, pp. 341-351, 2016.
- [7] "European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)," Januari 2017. [Online]. Available: <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>.
- [8] I.A.C.S, IACS Recommendation No.34 Standard Wave Data, 2001.
- [9] M. A. Kurniawan, F. A. Prasetyo dan S. Komariyah, "Study on wave scatter mapping of Indonesia waterways based on hindcast data," dalam *28 th Asia Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures*, Istanbul, Turkey, 2014.
- [10] F. B. Robert, "Volume III. Motion In Waves and Controllability," dalam *Principles of Naval Architecture*, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988.