



Kajian Struktur Dasar Ganda pada *Accommodation-Work Barge* (AWB) Akibat Perubahan Fungsi Operasional dengan Pendekatan Metode Elemen Hingga

Hariyono^{1,*}, Alamsyah¹, Ferdian Pasha Anwar¹, Chris Jeremy Verian Sitorus¹, Harlian Kustiawansa²,
Cindy Lionita Agusty², Azhar Aras Mubarak² dan Anwar³

¹Departement of Naval Architecture of Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia

²Departement of Naval Architecture of 19 November University of Kolaka, Indonesia

³Departement of Mechanical Engineering of Lambung Mangkurat University, Banjarbaru, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Juni 02, 2025

Revised Juli 18, 2025

Accepted Juli 30, 2025

Keywords:

Dasar Ganda

Metode Elemen Hingga

Work Barge

Sagging

Hogging

ABSTRACT

Accommodation-Work Barge (AWB) merupakan jenis kapal tongkang tanpa sistem propulsi yang berfungsi sebagai tempat akomodasi bagi pekerja di sektor migas dan industri kemaritiman. Untuk menunjang sistem tambat, pemilik kapal melakukan modifikasi dengan mengubah tangki air tawar menjadi ruang *mooring* dan *anchor winch*. Alih fungsi ini menyebabkan terjadinya perubahan pola pembebanan pada struktur double bottom. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja struktur double bottom sebelum dan sesudah modifikasi pada tiga kondisi pembebanan, yaitu air tenang, *sagging*, dan *hogging*. Beban yang dianalisis meliputi muatan *fresh water* pada kondisi awal serta beban *mooring* dan *anchor winch* pada kondisi setelah modifikasi. Hasil analisis menggunakan pendekatan metode elemen hingga menunjukkan bahwa tegangan maksimum terjadi saat kondisi *hogging* sebesar 162,19 MPa sebelum modifikasi dan meningkat menjadi 184,66 MPa setelah modifikasi. Evaluasi faktor keamanan pada *frame* 20–25 di bawah ruang *mooring* mengalami penurunan, baik kriteria bahan maupun tegangan ijin BKI. Nilai *Safety Factor* minimum setelah modifikasi adalah 1,02 saat *hogging*. Hasil ini menunjukkan bahwa modifikasi ruang tangki berpengaruh signifikan terhadap penurunan kekuatan struktur *double bottom*.

©2025 This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

*Corresponding Author:

Hariyono

Departement of Naval Architecture

Institut Teknologi Kalimantan

Balikpapan, Indonesia

Email: hariyono@lecturer.itk.ac.id

PENDAHULUAN

Minyak dan gas bumi merupakan kebutuhan vital yang menunjang berbagai aspek kehidupan masyarakat di seluruh dunia. Untuk memenuhi permintaan energi yang terus meningkat, berbagai upaya dilakukan guna meningkatkan produktivitas sektor minyak dan gas, salah satunya melalui eksplorasi dan eksploitasi sumber daya di wilayah laut dalam (*deep water*). Dalam kegiatan pengeboran minyak di laut dalam, diperlukan sarana penunjang yang memadai, terutama untuk akomodasi para pekerja. Salah satu sarana tersebut adalah *Accommodation Work Barge* (AWB), yakni kapal yang digunakan sebagai tempat tinggal sekaligus mendukung operasi pengeboran (Widodo, 2025). Untuk menunjang kinerja AWB di laut dalam, dilakukan modifikasi kapal, antara lain dengan menambah jumlah jangkar, rantai jangkar, dan mengganti *mooring winch* dengan kapasitas yang lebih besar (Tetuko Pujikuncoro et al., 2016).

Penggantian *mooring winch* dengan kapasitas lebih besar menuntut penyesuaian pada ruang penyimpanannya, mengingat alat tersebut memerlukan area instalasi yang lebih luas. (Prastyo et al., 2016). Untuk mengakomodasi hal ini, dilakukan modifikasi pada struktur kapal, yakni dengan memperluas ruang *mooring winch* ke area tangki air tawar (*fresh water tank*) yang terletak di depan ruang tersebut (Wulandari et al., 2022). Akibatnya, ruang yang sebelumnya berfungsi sebagai *fresh water tank* dialihfungsikan menjadi ruang *mooring winch* yang juga mencakup penempatan jangkar dan rantai jangkar di dalamnya (Wu et al., 2001)

Perubahan fungsi ruang ini berdampak langsung pada beban yang diterima oleh struktur dasar kapal, khususnya pada bagian *double*

bottom (Ardianti et al., 2021). Beban yang semula berupa cairan dalam tangki air tawar kini berubah menjadi beban padat akibat penempatan alat berat seperti *mooring winch*, jangkar, dan rantai. Namun, perubahan beban ini tidak diikuti dengan perubahan desain atau penguatan pada struktur *double bottom* itu sendiri, sehingga dikhawatirkan dapat menurunkan ketahanan struktur dan tingkat keselamatan kapal (Muhammad Zubair Muis Alie et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan analisis kekuatan struktur pada *double bottom* kapal *Accommodation Work Barge* yang telah mengalami alih fungsi ruang, guna mengetahui apakah struktur tersebut masih memenuhi standar keamanan melalui evaluasi nilai *safety factor* (Agustian et al., 2016)

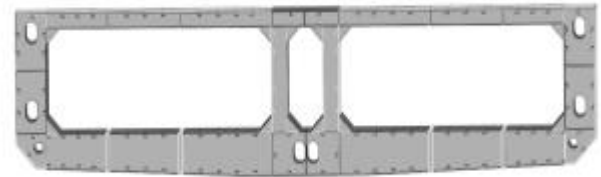
METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan *Finite Element Method* (FEM), dimana objek penelitiannya adalah sebuah Konstruksi *double bottom* yang terdapat pada kapal *Accommodation Work Barge* (AWB) (Tupper, 2013). Sebelum menentukan tegangan maksimum dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap yakni tahap pertama Pengumpulan data, Permodelan, Pemilihan material yang digunakan, Penentuan Pembebanan, peletakkan beban muatan dan Konvergensi Meshing (Wu et al., 2001). Objek penelitiannya adalah Tangki *fresh water* pada kapal *Accommodation Work Barge* sebelum modifikasi yang terdapat pada frame 20 – 25 yang ditunjukkan pada Gambar 1.

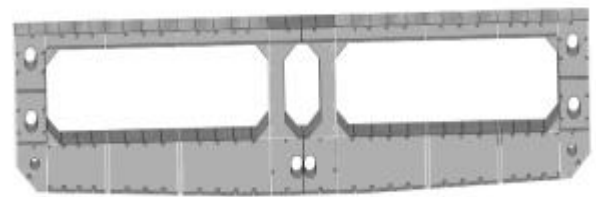


Gambar 1. General Arrangement kapal AWB Permata Barito

Tahap selanjutnya yaitu permodelan menggunakan *software* dengan pembuatan model pendekatan FEM (Damanik et al., 2016). Pembuatan model dengan memasukkan data-data dimensi model sesuai pembagian searah sumbu x, y, z atau dikenal dengan *3D modeling*. *Double bottom* yang terletak dibawah ruang *mooring winch* (H. Schneekluth and V. Bertram, 1998) yang baru antara *frame 20* sampai *frame 25* merupakan hasil modifikasi dari *double bottom* dibawah tangki air tawar *frame 20* sampai *frame 25*. Sebelum dilakukan modifikasi, tinggi *double bottom* setinggi 1 meter, namun setelah dimodifikasi tinggi *double bottom* menjadi 1,5 meter. Modifikasi dilakukan dengan jalan menambah tinggi *bottom transverse* setinggi 0.5 meter, sehingga tanktop dan *inner bottom* setinggi 1,5 meter diatas baseline. Selain itu ditambah profil memanjang sebagai penumpu *mooring winch*. Setelah didapatkan ukuran utama selanjutnya dilakukan permodelan pada *software autocad 3D*, sesuai dengan ukuran model yang akan di analisis (Liu, 2003). Model dibuat seperti pada Gambar 2 dan 3 berikut.



Gambar 2. Desain Model Konstruksi Double Bottom Sebelum Modifikasi



Gambar 3. Desain Model Konstruksi Double Bottom Setelah Modifikasi

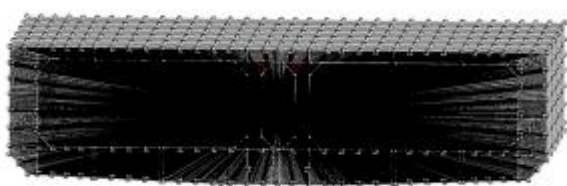
Tahap selanjutnya yaitu Pemilihan material yang digunakan. Material properties yang digunakan pada struktur konstruksi kapal AWB adalah material KI-A36 dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1 berikut berdasarkan rules BKI Vol II *Sec 39 Requirements for Use of Extremely Thick Steel Plates in Container Ships* (BKI, 2025).

Tabel 1. material properties KI-A36

Particular	Besaran	Satuan
Modulus Young	210000	MPa
Poisson's Ratio	0.3	-
Yield Strength	355	MPa
Tensile Strength	490	MPa

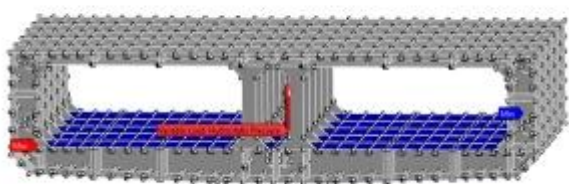
Setelah tahap pemilihan material adalah penentuan pembebanan. Pada penentuan pembebanan dan kondisi syarat batas, penentuan titik pusat massa / netral axis harus diketahui dahulu. Adapun langkah untuk mendapatkan netral axis pada *software Ansys* dengan cara

geometry – measure – mass properties (Lamb, 2004). Setelah *named selection* selesai didapatkan, dilanjutkan pada *remote point*, pada tabel *scope method* klik *named selection* dan pada *geometry* pilih *selection* sesuai *named selection*, maka akan muncul *remote point* seperti pada Gambar 4 berikut.

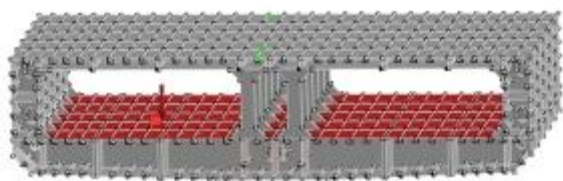


Gambar 4. Remote Point 1

Tahap selanjutnya yaitu Peletakkan Beban Muatan Pada model berupa *Hydrostatic pressure* pada model sebelum modifikasi dan *Pressure* pada model sesudah modifikasi (Muhammad Zubair Muis Alie et al., 2022). Beban diletakkan pada Tangki *Fresh Water* dan Ruangan *mooring winch* seperti pada Gambar 5 dan 6 berikut.

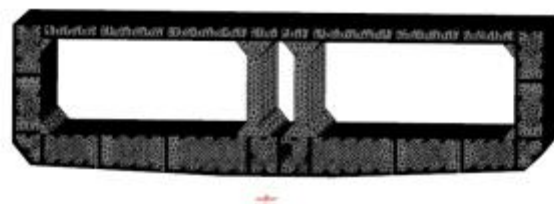


Gambar 5. Peletakkan Beban Muatan pada Tangki Fresh Water



Gambar 6. Peletakkan Beban Muatan pada Ruangan Mooring Winch

Tahap selanjutnya yaitu *Konvergensi* dan *Meshing*. Proses *meshing* merupakan pengaturan jarak antara elemen yang harus dilakukan pada penggunaan *software* berbasis elemen hingga untuk melalui tahap *pre-processing* sebelum melakukan analisis. Adapun salah satu aspek yang harus diatur dalam proses *meshing* yang termasuk juga penulis mengatur aspek tersebut yaitu “*mesh size*”. *Mesh size* ialah jarak yang diatur antara elemen-elemen model tersebut. Jika jarak yang di input bernilai mendekati 0 atau terbilang kecil maka jumlah elemen yang muncul menjadi banyak dan ukurannya yang kecil (Hariyono et al., 2022). Kesimpulan dari *Mesh size* ini ialah semakin banyak jumlah element maka semakin baik pemodelan yang akan di Analisa namun *Mesh size* juga dibutuhkan penyesuaian sehingga benar-benar didapatkan *meshing size* yang tepat. Setelah menentukan *Mesh size* dan didapatkan jumlah *elements* dan *node* pada pemodelan ini maka di lakukan “*solve*”. Jika proses “*solve*” berjalan dengan lancar tanpa adanya gagal dalam proses “*solve*” maka dapat di lanjutkan ke langkah berikutnya yaitu langkah “*analysis*” pada *software* berbasis elemen hingga (Wu et al., 2001). Adapun hasil *meshing* pada model dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Hasil Mesh pada Model

HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Perhitungan Pembebanan pada Model Double Bottom Sebelum Modifikasi

Berikut ini adalah Beban (*load*) yang akan diinputkan pada model *double bottom* sebelum modifikasi sebesar 8 ton = 7257.480 kg (data aktual).

2) Perhitungan Pembebanan pada Model *Double Bottom* Setelah Modifikasi

Berikut ini adalah Beban (load) yang akan diinputkan pada model *double bottom* setelah modifikasi diasumsikan sebagai berikut.

Beban *Mooring Winch + rantai jangkar (full load)* : 15 Ton + 1,42 Ton = 16.42 Ton (data aktual)

$$\begin{aligned} W &= m \times g \\ &= 164,200 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 157,805 \text{ N/m} \end{aligned}$$

3) Perhitungan Pembebanan *Sagging* dan *Hogging*

Berikut ini adalah Pembebanan *Sagging* dan *Hogging* dengan persamaan dari BKI voll II, sec-5-8/27 B (BKI, 2025). Setelah dilakukan perhitungan beban muatan, Kemudian dilakukan perhitungan beban dalam kondisi bergelombang dengan persamaan Sebelumnya harus didapatkan terlebih dahulu nilai C_0 dengan persamaan (1) berikut.

$$C_0 = \left[10.75 - \frac{300-L^{1.5}}{100} \right] \times C_{RW} \quad (1)$$

$$C_0 = \left[10.75 - \frac{300-94,5^{1.5}}{100} \right] \times 1$$

Dimana L adalah LWL kapal tersebut, dan C_{RW} sesuai ketentuan BKI yaitu sebesar 1. Sehingga didapatkan nilai C_0 sebesar 7.804101771. Selanjutnya harus didapatkan pula nilai C_1 . Untuk kondisi *Sagging* digunakan persamaan (2) berikut.

$$C_{1S} = -0.11 (C_B + 0,7) \quad (2)$$

$$C_{1S} = -0.11 (0,81)$$

Maka didapatkan nilai C_{1S} sebesar -0,166. Untuk kondisi *hogging* digunakan persamaan (3) berikut.

$$C_{1H} = 0,29 \times C_B$$

$$C_{1H} = 0,29 \times 0,81$$

Maka didapatkan nilai C_{1H} sebesar 0.154 dari persamaan (4) berikut.

Hogging

$$\begin{aligned} M_{wv} &= L^2 \times B \times C_0 \times C_1 \times C_L \times C_M \\ &= 234472,6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sagging

$$\begin{aligned} M_{wv} &= L^2 \times B \times C_0 \times C_1 \times C_L \times C_M \\ &= -82155,18 \text{ kNm} \end{aligned}$$

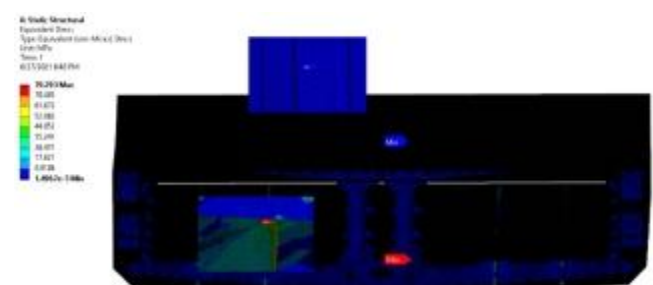
Setelah mendapatkan nilai moment *sagging* dan *hogging* ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Momen *sagging* dan *Hogging*.

Kondisi	Besaran	Satuan
<i>Hogging</i>	234473639	Nmm
<i>Sagging</i>	-821551727	Nmm

4) Nilai Tegangan dan Regangan pada *Double Bottom* dengan pendekatan Metode Elemen Hingga

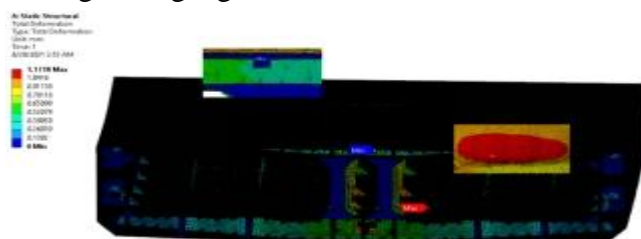
Berikut ini adalah nilai tegangan dan regangan berdasarkan hasil *running* pada model konstruksi *double bottom* sebelum modifikasi dalam kondisi *air tenang*, *sagging* dan *hogging* dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 8. Nilai Tegangan Konstruksi *Double Bottom* Sebelum Modifikasi Kondisi Beban Air Tenang

Hasil analisis tegangan maksimum pada Gambar 8 dalam kondisi *air tenang* adalah sebesar

79.293 *Mpa* yang terletak pada *Node 803143*, sedangkan tegangan terkecil sebesar 1.4967 *MPa*.



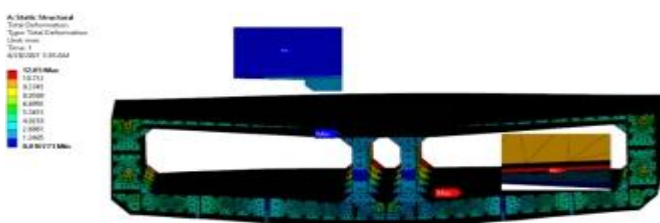
Gambar 9. Nilai Regangan Konstruksi Double Bottom Sebelum Modifikasi Kondisi Beban Air Tenang

Hasil analisis regangan maksimum pada Gambar 9 dalam kondisi *air tenang* adalah sebesar 1.1718 yang terletak pada *Node 803143*, sedangkan regangan terkecil sebesar 0.



Gambar 10. Nilai Tegangan Konstruksi Double Bottom sebelum modifikasi Kondisi Beban Sagging

Hasil analisis *Tegangan maksimum* pada Gambar 10 dalam kondisi *sagging* adalah sebesar 104.07 *Mpa* yang terletak pada *Node 301121*, sedangkan tegangan terkecil sebesar 0.013399 *MPa*.



Gambar 11. Nilai regangan Konstruksi Double Bottom Sebelum Modifikasi Kondisi Beban Sagging

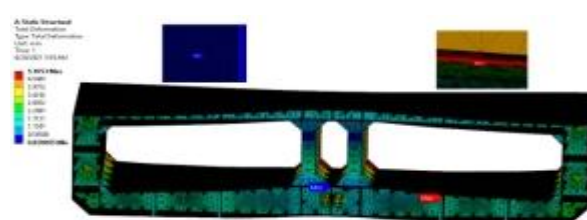
Hasil analisis *Regangan maksimum* pada Gambar 11 dalam kondisi *sagging* adalah sebesar

12.05 yang terletak pada *Node 301121*, sedangkan regangan terkecil sebesar 0.010771.



Gambar 12. Nilai Tegangan Konstruksi Double Bottom Sebelum Modifikasi Kondisi Beban Hogging

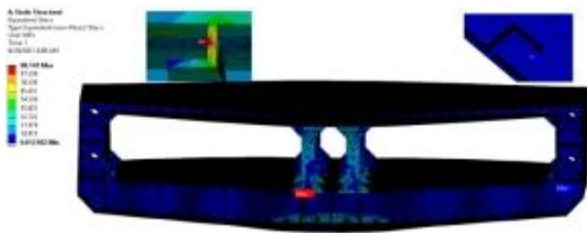
Hasil analisis *Tegangan maksimum* pada Gambar 12 dalam kondisi *hogging* adalah sebesar 162.19 *Mpa* yang terletak pada *Node 301095*, sedangkan tegangan terkecil sebesar 0.0082682 *MPa*



Gambar 13: Nilai Regangan Konstruksi Double Bottom sebelum modifikasi Kondisi Beban Hogging

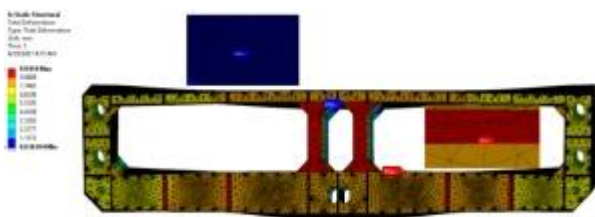
Hasil analisis *Regangan maksimum* pada Gambar 13 dalam kondisi *hogging* adalah sebesar 5.1053 yang terletak pada *Node 301095*, sedangkan regangan terkecil sebesar 0.020005.

Berikut ini adalah nilai tegangan dan regangan berdasarkan hasil *running* pada model konstruksi *double bottom* sesudah modifikasi dalam kondisi *air tenang*, *sagging* dan *hogging* dapat dilihat sebagai berikut.



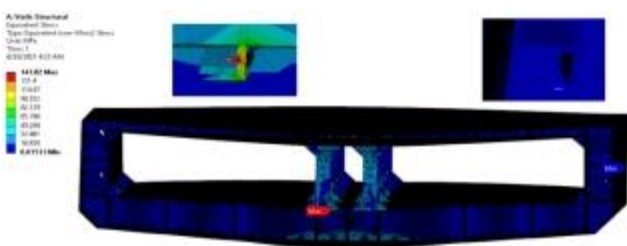
Gambar 14. Nilai Tegangan Konstruksi Double Bottom sesudah modifikasi Kondisi Beban Air Tenang

Hasil analisis tegangan maksimum pada Gambar 14 dalam kondisi air tenang adalah sebesar 98.141 *Mpa* yang terletak pada *Node 311452*, sedangkan tegangan terkecil sebesar 0.012182 *MPa*.



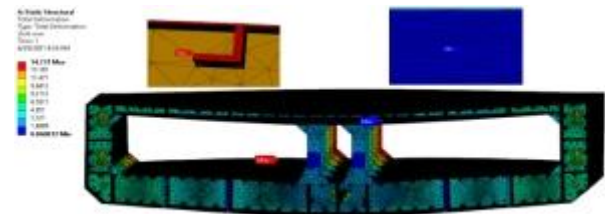
Gambar 15. Nilai Regangan Konstruksi Double Bottom Sesudah Modifikasi Kondisi Beban Air Tenang

Hasil analisis regangan maksimum pada Gambar 15 dalam kondisi air tenang adalah sebesar 9.9414 yang terletak pada *Node 311452*, sedangkan regangan terkecil sebesar 0.036704.



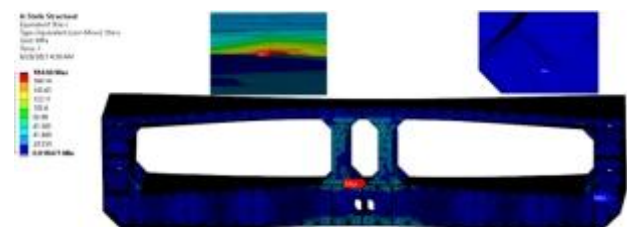
Gambar 16. Nilai Tegangan Konstruksi Double Bottom Sesudah Modifikasi Kondisi Beban Sagging

Hasil analisis tegangan maksimum pada Gambar 16 dalam kondisi *sagging* adalah sebesar 147.82 *Mpa* yang terletak pada *Node 311452*, sedangkan tegangan terkecil sebesar 0.01513 *MPa*.



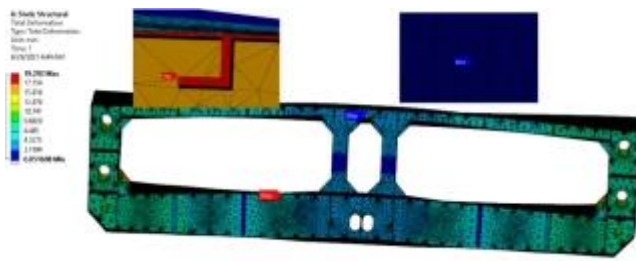
Gambar 17. Nilai Regangan Konstruksi Double Bottom Sesudah Modifikasi Kondisi Beban Sagging

Hasil analisis regangan maksimum pada Gambar 17 dalam kondisi *sagging* adalah sebesar 14.731 yang terletak pada *Node 311452*, sedangkan regangan terkecil sebesar 0.060812.



Gambar 18. Nilai Tegangan Konstruksi Double Bottom Sesudah Modifikasi Kondisi Beban Hogging

Hasil analisis tegangan maksimum pada Gambar 18 dalam kondisi *hogging* adalah sebesar 184.66 *Mpa* yang terletak pada *Node 311464*, sedangkan tegangan terkecil sebesar 0.018471 *MPa*.



Gambar 19. Nilai regangan Konstruksi Double Bottom sesudah modifikasi Kondisi Beban Hogging

Hasil analisis regangan maksimum pada Gambar 19 dalam kondisi *hogging* adalah sebesar 19.292 yang terletak pada *Node 311464*, sedangkan regangan terkecil sebesar 0.051608.

5) Nilai *Safety Factor* Konstruksi Double Bottom Sebelum dan sesudah Modifikasi Berdasarkan Tegangan *Yield Material*

Material yang digunakan adalah pelat baja KI-A36 dan perhitungan *safety factor* mengacu pada sertifikat material berdasarkan *rules* (BKI, 2025). Perhitungan *safety factor* (SF) dilakukan dengan membandingkan hasil tegangan simulasi dengan tegangan *yield* sertifikat material seperti pada persamaan (5) berikut.

$$SF = \frac{\text{Tegangan Izin}}{\text{Tegangan Simulasi}} \quad (5)$$

Sehingga didapatkan hasil perhitungan *safety factor* seperti pada Tabel 3 dan 4 berikut.

Tabel 3. Perhitungan *Safety Factor* Menurut kriteria bahan BKI Double Bottom sebelum modifikasi

Kondisi	Tegangan Maksimum Simulasi [MPa]	Lokasi Node	Tegangan Yield Material [MPa]	<i>Safety Factor</i>	Keterangan
Air Tenang	79.293	803143	355	4.47	Aman
Sagging	104.07	301121	355	3.41	Aman
Hogging	162.19	301095	355	2.18	Aman

Air Tenang	79.293	803143	355	4.47	Aman
Sagging	104.07	301121	355	3.41	Aman
Hogging	162.19	301095	355	2.18	Aman

Tabel 4. Perhitungan *Safety Factor* Menurut kriteria bahan BKI Double Bottom sesudah modifikasi

Kondisi	Tegangan Maksimum Simulasi [MPa]	Lokasi Node	Tegangan Yield Material [MPa]	<i>Safety Factor</i>	Keterangan
Air Tenang	98.141	311452	355	3.61	Aman
Sagging	147.82	311452	355	2.40	Aman
Hogging	184.66	311464	355	1.92	Aman

6) Nilai *Safety Factor* Konstruksi Double Bottom Sebelum dan sesudah Modifikasi Berdasarkan Tegangan *Yield Material*

Perhitungan tegangan ijin yang di gunakan sesuai dengan ketentuan *Rules BKI* (BKI, 2025). Pada *section* tersebut dijelaskan bahwa tegangan ijin maksimal adalah 190, dimana tegangan maksimum yang didapat tidak boleh melebihi dari 190 dengan menggunakan persamaan (6) berikut.

$$\sigma V = \sqrt{\sigma L^2 + 3\tau L^2} \leq \frac{190}{k} \quad (6)$$

Sehingga didapatkan hasil perhitungan *safety factor* seperti pada Tabel 5 dan 6 berikut.

Tabel 5. Perhitungan *Safety Factor* Menurut Tegangan Ijin BKI Double Bottom sebelum modifikasi

Kondisi	Tegangan Maksimum Simulasi [MPa]	Lokasi Node	Tegangan Ijin [MPa]	Safety Factor	Keterangan
Air Tenang	79.293	803143	190	2.39	Aman
Sagging	104.07	301121	190	1.82	Aman
Hogging	162.19	301095	190	1.17	Aman

Tabel 6. Perhitungan Safety Factor Menurut Tegangan Ijin BKI Double Bottom sesudah modifikasi

Kondisi	Tegangan Maksimum Simulasi [MPa]	Lokasi Node	Tegangan Ijin [MPa]	Safety Factor	Keterangan
Air Tenang	98.141	311452	190	1.93	Aman
Sagging	147.82	311452	190	1.28	Aman
Hogging	184.66	311464	190	1.02	Aman

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Tegangan (*stress*) kerja maksimum terbesar yang terjadi sebelum dan sesudah modifikasi berada pada *double bottom frame 20 - 25* pada kondisi *hogging* secara berturut-turut sebesar 162,19 Mpa dan 184,66 Mpa. Nilai *Safety Factor* pada *double bottom frame 20 - 25* dibawah *ruang mooring* dan *anchor winch* Pada *double bottom* sebelum dimodifikasi berdasarkan kriteria bahan BKI didapatkan nilai *Safety Factor* pada pembebanan *Air Tenang* yaitu sebesar 4,47, *sagging* 3,41 dan *hogging* 2,18 dan Pada *double bottom* sesudah dimodifikasi didapatkan nilai *Safety Factor* pada pembebanan *Air Tenang* yaitu 3,61, *sagging* 2,40, dan *hogging* 1,92. Sedangkan berdasarkan tegangan ijin BKI didapatkan nilai

Safety Factor pada pembebanan *air tenang* yaitu sebesar 2,39, *sagging* 1,82 dan *hogging* 1,17 dan Pada *double bottom* sesudah dimodifikasi didapatkan nilai *Safety Factor* pada pembebanan *air tenang* yaitu 1,93, *sagging* 1,28 dan *hogging* 1,02.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, R., Mulyatno, P., Yudho, H., 2016. Analisa Tubrukan Pada Lambung Kapal Accomodation Work Barge (AWB) 5640 Dwt Dengan Jetty Menggunakan Metode Elemen Hingga. J. Tek. Perkapalan 4, 675–684.
- Ardianti, A., Munandar, R., Haryono, H., Sitepu, G., Hamzah, H., 2021. Comparison the Strength of Midship Structures With Margin Plate and Without Margin Plate. EPI Int. J. Eng. 4, 63–70.
- BKI, 2025a. “Rules for Materials, Vol.V”, Biro Klasifikasi Indonesia. Indonesia.
- BKI, 2025b. Rules For Hull Volume II. Jakarta, Indonesia.
- Damanik, L., Mulyatno, I.P., Arswendo, B., 2016. Kajian Teknik Kekuatan Konstruksi Kapal Tugboat 2 X 800 Hp Dengan Metode Elemen Hingga. J. Tek. Perkapalan 4, 113–122.
- H. Schneekluth, V. Bertram, 1998. Ship Design for Efficiency and Economy 385–396.
- Hariyono, Sitepu, G., Alie, M.Z.M., 2022. Strength Analysis Due to the Elongation’s Ladder of Cutter Suction Dredger Ship. EPI Int. J. Eng. 5, 1–9.
- Lamb, T., 2004. Ship Design and Construction: Catamarans. Int. Gr. Authorities II.
- Liu, 2003. The Finite Element Method: A practical Course. Sustain. 11, 1–14.

- Muhammad Zubair Muis Alie, Indah Melati Suci, Andi Muhammad Alfian Arafat, Juswan, Wahyuddin Mustafa, 2022. Modification of Double Bottom Height and Its Effect to the Ultimate Strength. No Title. ASME 2022 41st Int. Conf. Ocean. Offshore Arct. Eng.
- Prastyo, Y., Mulyatno, I.P., Yudho, H., 2016. Analisa Kekuatan Konstruksi Modifikasi Double Bottom Akibat Alih Fungsi Pada Kapal Accommodation Work Barge (Awb) 5640 Dwt Dengan Metode Elemen Hingga 4.
- Tetuko Pujikuncoro, F., Fauzan Zakki, A., Yudo, H., 2016. Studi Analisa Kontruksi Deck Kapal Accommodation Work Barge Pada Fr 0-12 Akibat Penambahan Crane Berbasis Fem. J. Tek. Perkapalan 4, 821–828.
- Tupper, E.C., 2013. Introduction to Naval Architecture, Fifth Edition. Introd. to Nav. Archit. Fifth Ed. 1–476.
- Widodo, P., 2025. Perhitungan Konstruksi Bangunan Atas pada Modifikasi Barge 345 Feet Menjadi Accommodation Work Barge 2, 36–45.
- Wu, Y.-S., Wei-Cheng Cui, Guo-Jun Zhou, 2001. Practical Design of Ships and Other Floating Structures, Practical Design of Ships and Other Floating Structures.
- Wulandari, A.I., Arifuddin, A.M.N., Huda, N., 2022. Analysis on Deck Ship Conversion SPOB to LCT 234 GT Using Finite Element Method. Int. J. Mar. Eng. Innov. Res. 7.