

PENGARUH PERUBAHAN PROFIL DECK GIRDER TERHADAP KEKUATAN UPPER DECK ENGINE KAPAL AHTS

Alansyah Wahyu Wijaya¹⁾, Priyambodo Nur Ardi Nugroho²⁾, dan Syafiuddin³⁾

^{1,2,3}Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
E-mail: priyambodo@ppns.ac.id

Abstract

The purpose of this study is to investigate the impact of modifying the deck girder profile on the structural strength of an upper deck engine on an Anchor Handling Tug Supply (AHTS) at 5200 Above Baseline Level (ABL). Structural modifications are often taken into consideration for operational needs, while maintaining safety levels and strength. This analysis was performed numerically, using the Finite Element Method (FEM). The comparison was made by using two design conditions, which were existing profile (T400x9/120x10) in contrast to modified profile (T400x9/200x15) and calculating maximum stress (von Mises type), total deformation and safety factor. The simulation results indicate the modified design reduces the maximum stress from 175,84 MPa to 110,67 MPa, total deformation reduction from 13,131 mm to 2,67 mm and for safety factor from 1,34 to 2,12. Hence these improvements suggest that the modified girder profile improves structural performance and complies with classification standards of the American Bureau of Shipping (ABS). This study also provides a technical framework whereby possibilities for structural redesign can be efficient and safe in building a ship.

Keywords: Finite Element Method (FEM), Upper Deck Engine, AHTS Vessel, Deck Girder Modification, Structural Analysis.

PENDAHULUAN

Kapal *Anchor Handling Tug Supply* (AHTS) merupakan kapal pendukung operasi lepas pantai yang digunakan menangani jangkar, menarik rig, dan mengangkut logistik. Menurut Tamimi et al. (2023), bagian *Upper Deck Engine* mengalami berbagai kondisi pembebanan dan pengaruh lingkungan selama masa operasi yang dapat menyebabkan kegagalan struktur secara tiba-tiba (misalnya, *yield* and *buckling*). Kekuatan struktur menjadi faktor penting dalam menjamin keselamatan kapal, baik saat berlayar, menghadapi ombak, maupun saat berada di dok, karena struktur harus mampu menahan beban internal dari peralatan dan muatan, serta beban eksternal seperti gelombang laut. (Zamzami et al., 2024). Pranatal (2025) menekankan bahwa konstruksi kapal harus memenuhi standar keselamatan awak dan muatan, sehingga pemilihan material yang tepat menjadi kunci dalam membangun kapal yang kokoh dan tahan lama.

Permintaan perubahan desain dari pemilik kapal kerap memengaruhi konfigurasi struktur, termasuk pada area *upper deck engine* yang merupakan penopang utama bagi peralatan berat seperti mesin utama dan sistem pendukung lainnya. Salah satu elemen

krusial dalam mendukung area ini adalah *deck girder*, yang memiliki peran penting dalam mendistribusikan beban menuju struktur inti kapal. Modifikasi pada profil *girder* berpotensi memberikan dampak terhadap kekuatan dan stabilitas keseluruhan struktur, terutama pada area dengan elevasi 5200 *Above Baseline Level* (ABL), yang menjadi titik kritis akibat beban terpusat dari peralatan besar, tempat beban terkonsentrasi.

Dengan demikian, diperlukan analisis terhadap kekuatan struktur sebagai akibat dari perubahan profil *deck girder* dengan menggunakan pendekatan metode elemen hingga (FEM). Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh modifikasi tersebut terhadap distribusi tegangan, tingkat deformasi, serta nilai faktor keamanan struktur, agar desain yang dihasilkan tetap sesuai dengan standar keselamatan yang ditetapkan). (*American Bureau of Shipping*, 2024).

Menurut Siagian et al.,(2020), dalam proses redesain *upper deck engine* kapal AHTS, perubahan pada profil *deck girder* perlu diperhitungkan secara cermat karena dapat memengaruhi tegangan, deformasi, dan respons struktur terhadap beban. Alamsyah et al., (2021), menekankan pentingnya dilakukan analisis untuk mengetahui kondisi struktur sebelum dan sesudah modifikasi serta dampaknya terhadap kekuatan dan keselamatan secara keseluruhan. Dalam penelitian ini, modifikasi dilakukan dengan menambah besaran *face girder* pada *frame* 97 sampai 106 pada bagian longitudinal *girder* pada elevasi 5200 ABL. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh perubahan profil *deck girder* terhadap distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan struktur *upper deck engine* kapal AHTS pada elevasi 5200 ABL. Penelitian ini juga mengevaluasi apakah desain hasil modifikasi mampu meningkatkan performa struktural dibandingkan desain awal, serta memastikan bahwa modifikasi yang dilakukan telah sesuai dan memenuhi kriteria keselamatan standar klasifikasi yang berlaku.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kekuatan struktur *upper deck engine* kapal AHTS sebelum dan sesudah modifikasi pada profil *deck girder* pada ketinggian 5200 ABL, dengan mengukur tiga parameter utama yaitu tegangan maksimum, deformasi maksimum, dan faktor keamanan (*safety factor*). Woloszyk et al., (2024), menjelaskan bahwa terdapat berbagai metode yang tersedia untuk mengevaluasi kapasitas kekuatan batas *deck girder*. Salah satu metode yang paling efisien adalah melakukan simulasi elemen hingga yang mempertimbangkan geometris dan material. Dengan pendekatan numerik menggunakan metode elemen hingga (FEM), penelitian ini

ingin mengevaluasi distribusi tegangan, deformasi, serta nilai faktor keamanan dari kedua kondisi desain. Selain itu, hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan landasan teknis dalam pengambilan keputusan terkait perubahan desain, serta menjadi acuan dalam merancang struktur *deck* yang efisien dan sesuai dengan standar klasifikasi dari *American Bureau of Shipping* (ABS). (Li et al., 2020).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, dilakukan pendekatan numerik menggunakan metode elemen hingga (FEM) untuk menganalisis pengaruh perubahan profil *deck girder* terhadap kekuatan struktur *upper deck engine* kapal AHTS di ketinggian 5200 ABL. Menurut AGUS PRIHANTO, (2023), metode elemen hingga (FEM) merupakan suatu metode numerik berbasis komputer yang membagi menjadi elemen-elemen kecil untuk menganalisis hubungan antara defleksi pada setiap titik dengan beban, sifat material, dan karakteristik geometrinya. Proses pemodelan dan analisis pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *ANSYS Workbench*, yang memungkinkan simulasi struktur secara detail terhadap berbagai beban. Analisis dilakukan untuk mensimulasikan respons struktur terhadap berbagai beban, dengan konfigurasi konstruksi yang dapat berupa sistem melintang, memanjang, atau kombinasi keduanya sesuai kebutuhan desain. (Koostanto, H. K, Zakki, 2020).

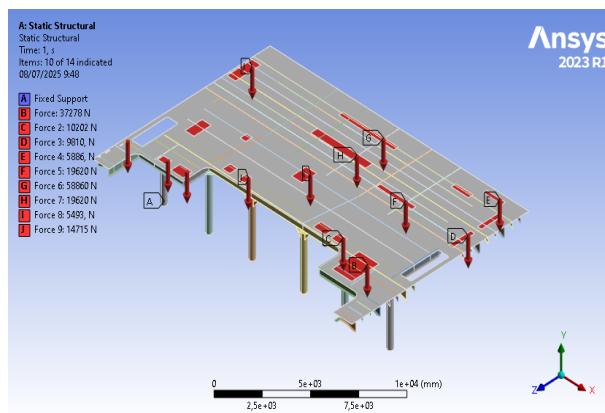
Desain yang ideal adalah yang mampu menahan beban tanpa mengalami deformasi atau kerusakan signifikan, yang sangat bergantung pada rancangan struktur dan pemilihan material yang sesuai. (Alamsyah et al., 2022).

Dalam penelitian ini, pendekatan struktur difokuskan pada analisis perubahan *girder* sebagai komponen utama sistem konstruksi kapal. Pemodelan dilakukan dalam dua kondisi, yaitu desain awal dengan ukuran profil *deck girder* T400x9/120x10 dan desain modifikasi dengan ukuran T400x9/200x15. Material yang digunakan adalah baja ABS *Grade A*, dengan properti mekanik seperti modulus elastisitas, tegangan ijin, dan berat jenis yang dimasukkan ke dalam *software* sesuai standar teknis. (*American Bureau of Shipping*, 2025)

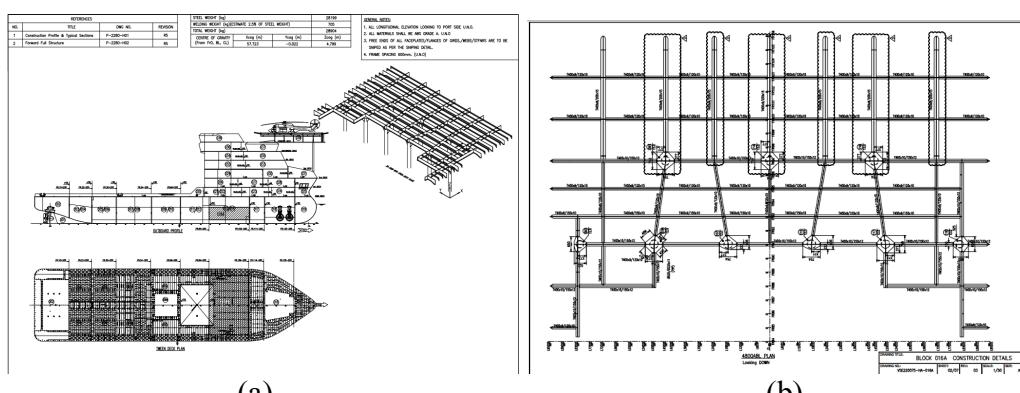
Setelah pemodelan selesai, struktur diberikan pembebanan berupa gaya tekan yang bekerja ke arah vertikal ke bawah (arah -Y). Terdapat sepuluh titik pembebanan yang tersebar di berbagai posisi pada pelat, masing-masing dengan besar gaya berbeda-beda,

yaitu: 37.278 N, 10.202 N, 9.810 N, 5.886 N, 19.620 N, 58.860 N, 19.620 N, 5.493 N, dan 14.715 N. Gaya-gaya ini merupakan representasi dari beban mati yang mungkin terjadi pada struktur bangunan, dengan kondisi batas berupa *fixed support* pada sisi longitudinal dan transversal. (Ahmadi & Ranji, 2024). Proses *meshing* membagi model menjadi elemen kecil, dan uji konvergensi dilakukan untuk memastikan akurasi hasil tidak terpengaruh oleh ukuran *mesh*. (Sulistiyono, 2021)

Simulasi menghasilkan data berupa tegangan *von Mises*, deformasi total, dan nilai faktor keamanan. Seluruh hasil dari kedua model kemudian dibandingkan untuk mengevaluasi bagaimana perubahan profil *girder* memengaruhi kekuatan dan stabilitas struktur. (Feng, Liang et al., 2023) Serta kesesuaianya terhadap standar klasifikasi dari *American Bureau of Shipping (ABS)*.



Gambar 1 Skema Pembebaan pada *upper deck engine*



Gambar 2 Gambar profil konstruksi *upper deck engine* (a), Gambar konstruksi *upper deck* setelah modifikasi (b).

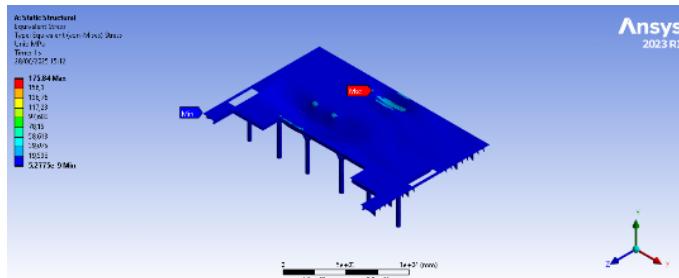
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan dua model analisis, yaitu struktur *upper deck engine* dengan profil *deck girder* desain awal dan setelah dilakukan modifikasi. Hasil simulasi

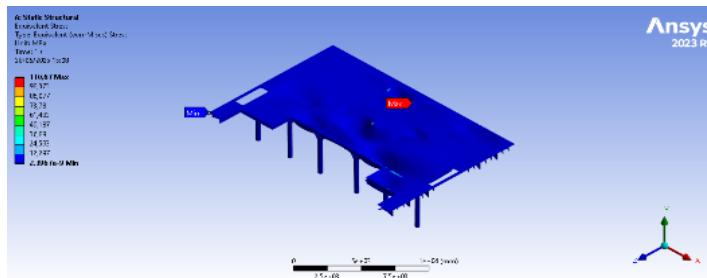
dibandingkan berdasarkan tiga parameter utama: tegangan maksimum (*von Mises*), deformasi total, dan faktor keamanan (*safety factor*).

A. Tegangan Maksimum (*von Mises*).

Berdasarkan simulasi, desain awal menghasilkan tegangan maksimum sebesar 175,84 MPa, sedangkan desain setelah modifikasi menghasilkan tegangan 110,67 MPa (Gambar 3 dan 4)



Gambar 3 Hasil tegangan maksimum model awal

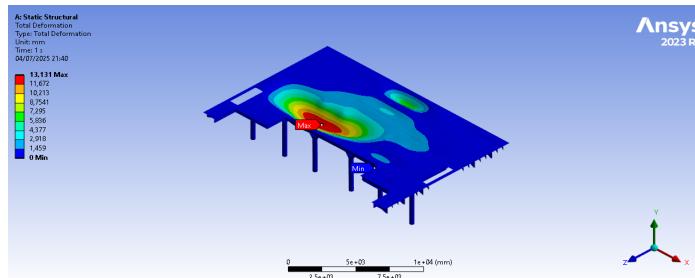


Gambar 4 Hasil tegangan maksimum model modifikasi

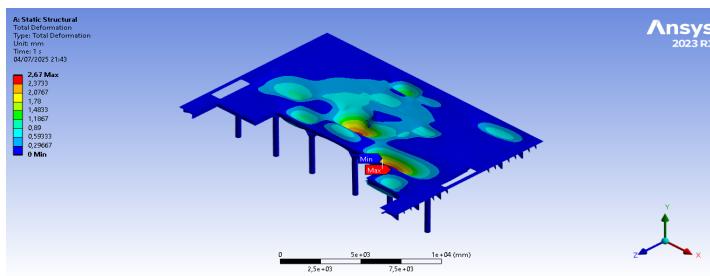
Penurunan tegangan maksimum sebesar 37,06% menunjukkan bahwa profil girder hasil modifikasi mampu mendistribusikan beban lebih merata sehingga mengurangi konsentrasi tegangan. Hasil ini sejalan dengan temuan Li et al. (2020) yang menekankan pentingnya redistribusi beban dalam struktur girder kapal

B. Deformasi Maksimum

Deformasi total yang terjadi pada struktur juga menunjukkan perbedaan seperti terlihat pada gambar 5 dan gambar 6. Pada desain awal, deformasi maksimum mencapai 13,131 mm, sedangkan setelah modifikasi hanya sebesar 2,67 mm. Ini berarti struktur yang dimodifikasi lebih kaku dan lebih stabil dalam menahan beban.



Gambar 5 Hasil deformasi total model awal



Gambar 6 Hasil deformasi total model modifikasi

Penurunan deformasi menunjukkan bahwa perubahan profil girder meningkatkan kekakuan lokal struktur. Hal ini penting untuk menjaga kestabilan dan mencegah getaran berlebih di area *upper deck engine*

C. Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor Keamanan (*Safety Factor*) dihitung berdasarkan perbandingan antara tegangan ijin material terhadap tegangan hasil simulasi. Berdasarkan data tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Tabel hasil *safety factor*

Kondisi	<i>Safety Factor</i>
Desain awal	1,34
Desain modifikasi	2,12

Kenaikan *safety factor* menandakan bahwa struktur hasil modifikasi tidak hanya lebih kuat, tetapi juga memiliki margin keamanan yang lebih besar terhadap kemungkinan kegagalan.

Tabel 2 Hasil analisis tegangan maksimum, deformasi, dan *safety factor*

Parameter	Desain Awal	Desain Modifikasi	Prosentase Selisih (%)
Tegangan Maksimum (MPa)	175,84	110,67	-37,06%
Deformasi Maksimum (mm)	13,131	2,67	-79,67%
<i>Safety Factor</i> (SF)	1,34	2,12	+58,21%

D. Pembahasan

Hasil analisis pada table 2 menunjukkan bahwa perubahan profil *deck girder* pada ketinggian 5200 ABL memberikan peningkatan performa struktural pada *upper deck engine*. Baik dari sisi tegangan, deformasi, maupun faktor keamanan, desain hasil modifikasi terbukti lebih unggul. Hal ini membuktikan bahwa modifikasi struktur sesuai kebutuhan operasional tetap dapat dilakukan, selama didukung oleh analisis teknik yang tepat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada struktur *upper deck engine* kapal AHTS pada ketinggian 5200 ABL disimpulkan bahwa perubahan profil *deck girder* berdampak positif terhadap kekuatan dan kestabilan struktur. Modifikasi desain mampu menurunkan tegangan maksimum dari 175,84 MPa menjadi 110,67 MPa, mengurangi deformasi dari 13,131 mm menjadi 2,67 mm, serta meningkatkan safety factor dari 1,34 menjadi 2,12. Hal ini menunjukkan peningkatan ketahanan struktur terhadap beban kerja. Distribusi tegangan pada desain modifikasi juga menjadi lebih merata jika dibandingkan dengan desain awal, sehingga mengurangi resiko konsentrasi tegangan dan kerusakan lokal. Dengan demikian, perubahan profil *deck girder* dinyatakan aman dan efektif, serta sesuai dengan kriteria klasifikasi *American Bureau of Shipping* (ABS), sehingga layak diterapkan pada struktur kapal AHTS.

Penelitian ini memberikan rekomendasi bahwa setiap moodifikasi deck girder wajib didukung analisis FEM untuk memastikan keselamatan dan kelaikan struktur. Penelitian selanjutnya disarankan mencakup simulasi beban dinamis atau analisis kelelahan untuk mengevaluasi ketahanan struktur kapal dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- AGUS PRIHANTO, B. (2023). Pengaplikasian Metode Elemen Hingga Pada Kapal Landing Craft Tank Teluk Katurei Akibat Perubahan Fungsi Tangki. *Techno Bahari*, 9(1), 14–19. <https://doi.org/10.52234/tb.v9i1.127>
- Ahmadi, F., & Ranji, A. R. (2024). Reliability assessment of ship hull girders considering pitting corrosion and crack. *Engineering Research Express*, 6(1). <https://doi.org/10.1088/2631-8695/ad2641>
- Alamsyah, A., Nurcholik, S. D., Suardi, S., Pawarah, M. U., & Jumalia, J. (2021). The Strength and Fatigue Life analysis of Sedan Car Ramp of The Ferry Ro-Ro 5000 GT Using Finite Element Method. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*, 18(2), 101–110. <https://doi.org/10.14710/kapal.v18i2.37518>

- Alamsyah, A., Wulandari, A. I., Pawara, M. U., & Al-Hafidz, M. Y. (2022). Analisis kekuatan struktur ramp door haluan pada kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT dengan variasi beban menggunakan Finite Element Method. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 11(2), 248–259. <https://doi.org/10.24127/trb.v11i2.2161>
- American Bureau of Shipping. (2024). Rules for Building and Classing: Hull Construction and Equipment. *American Bureau of Shipping*, 28(2), 494–504.
- American Bureau of Shipping. (2025). *Materials and Welding*. July, 15–38. https://doi.org/10.1007/978-3-031-86010-2_2
- Feng, L., Yu, J., Zheng, J., He, W., & Liu, C. (2023). Experimental and Numerical Study On Residual Ultimate Strength of Ship Plate with “Pitting Corrosion-Crack” Coupling Damage. In *Preprint* (Vol. 11, Issue Cicc, pp. 76–84). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4600249>
- Koostanto, H. K, Zakki, A. F. & S. (2020). Studi Perencanaan Konstruksi Dan Analisa Kekuatan Kapal Patroli 165 DWT Pada Perairan Indonesia. *Teknik Perkapalan*, 8(3), 368–374.
- Li, S., Hu, Z., & Benson, S. (2020). Progressive collapse analysis of ship hull girders subjected to extreme cyclic bending. *Marine Structures*, 73. <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2020.102803>
- Pranatal, M. F. F. E. (2025). *Analisis Kekuatan Struktur Deck Akibat Penambahan Boat Crane Pada Kapal Fast Utility Vessel 40 M Dengan Metode Fem Analysis TINJAUAN PUSTAKA FUV (Fast Utility Vessel) Pembebatan Pada Konstruksi Kapal*. Senastitan V, 1–13.
- Siagian, J. M. G., Zakki, A. F., & Iqbal, M. (2020). *Jurnal teknik perkapalan*. 8(3), 360–367.
- Sulistiyono, N. (2021). Ship Building Construction Systems. *KnE Social Sciences*, 2020(Iwpospa), 556–572. <https://doi.org/10.18502/kss.v5i1.8314>
- Tamimi, M. F., Soliman, M., & Khandel, O. (2023). A comprehensive approach for quantifying the reliability of ship hulls under propagating fatigue cracks. *Ocean Engineering*, 279(405). <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114488>
- Woloszyk, K., Goerlandt, F., & Montewka, J. (2024). A methodology for ultimate strength assessment of ship hull girder accounting for enhanced corrosion degradation modelling. *Marine Structures*, 93(July 2023), 103530. <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2023.103530>
- Zamzami, A., Mulyatno, I. P., & Santosa. Ari Wibawa Budi. (2024). Analisis Kekuatan Struktur Forward Ramp Door Pada Kapal Ro-Ro Jackwin Dengan Variasi Beban Menggunakan Finite Element Method. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 12(4), 1. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>