



Studi Kekuatan Struktur *Deck Crane Barge* Terhadap Beban *Knuckle Boom Crane* dan *Hydraulic Crane* dengan Pendekatan Metode Elemen Hingga

Muhammad Aysar Santoso, Wiwin Sulistyawati*

"Teknik Perkapalan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Indonesia"

Abstract

This study aims to analyze the deck structural strength of a crane barge subjected to loading from two types of cranes, namely Knuckle Boom Crane and Hydraulic Crane, using a numerical approach based on the Finite Element Method (FEM). Simulations were carried out using Maxsurf Multiframe software by varying parameters such as crane type, lifting loads (0 to 30 tons), and deck plate thickness. The evaluation of the simulation results was conducted by comparing the maximum stress with the allowable stress limits according to classification standards from Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) and Registro Italiano Navale (RINA). The results indicated that the FCC-CBG 45(45)/32 crane produced maximum stress well within the safety limits of both classification rules. In contrast, the Knuckle Boom Crane 60T exceeded allowable stress even under initial load, necessitating structural reinforcement. Reinforcements were applied through stiffener installation, plate thickness increase from 12 mm to 20 mm, and replacement of deck material with AH36 steel. After reinforcement, the maximum stress was reduced by approximately 26%, and the structure was deemed safe for loads up to 20 tons. This study emphasizes the importance of structural strength analysis of crane decks using numerical methods and classification rules to ensure operational safety.

Keywords: *Crane Barge, Knuckle Boom Crane, Hydraulic Crane, Finite Element Method, Classification Rules*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan struktur dek pada kapal *crane barge* terhadap pembebanan dari dua jenis *crane*, yaitu *Knuckle Boom Crane* dan *Hydraulic Crane*, menggunakan pendekatan numerik metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*). Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Maxsurf Multiframe dengan variasi parameter berupa jenis *crane*, beban angkat (0 hingga 30 ton), dan ketebalan pelat dek. Evaluasi hasil simulasi dilakukan dengan membandingkan tegangan maksimum yang terjadi terhadap batas tegangan izin berdasarkan aturan klasifikasi dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dan Registro Italiano Navale (RINA). Hasil simulasi menunjukkan bahwa *crane* FCC-CBG 45(45)/32 menghasilkan tegangan maksimum yang masih berada di bawah batas aman kedua klasifikasi. Sebaliknya, *Knuckle Boom Crane* 60T menunjukkan tegangan melebihi batas izin bahkan pada beban awal, sehingga memerlukan penguatan struktur. Penguatan dilakukan melalui penambahan *stiffener*, peningkatan ketebalan pelat dari 12 mm menjadi 20 mm, serta penggunaan material AH36. Setelah penguatan, tegangan maksimum berkurang hingga $\pm 26\%$ dan struktur dinyatakan aman untuk beban hingga 20 ton. Penelitian ini menunjukkan pentingnya analisis kekuatan struktur dek terhadap pembebanan *crane* berdasarkan pendekatan numerik dan aturan klasifikasi guna menjamin keselamatan operasional kapal.

Kata kunci: *Crane Barge, Knuckle Boom Crane, Hydraulic Crane, Finite Element Method, Aturan Klasifikasi*

* Email Penulis Koresponden: wiwinsulistyawati@upnvj.ac.id

1. Pendahuluan

Kapal crane barge merupakan jenis kapal yang digunakan untuk memindahkan muatan berat di pelabuhan, perairan lepas pantai, maupun proyek maritim lainnya. Crane barge berfungsi sebagai platform pendukung crane untuk mengangkat dan memindahkan beban besar seperti alat berat, komponen struktur, dan kargo. Dengan meningkatnya kebutuhan pengangkutan beban besar, dek kapal dituntut memiliki kekuatan struktural yang memadai agar mampu menahan beban kerja crane tanpa mengalami kerusakan atau deformasi.

Jenis crane dan kapasitas angkutnya memengaruhi distribusi gaya serta tegangan pada struktur dek. Oleh karena itu, diperlukan analisis numerik untuk mengevaluasi kekuatan struktur dek terhadap variasi jenis crane, beban, dan ketebalan pelat. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh parameter-parameter tersebut serta mengevaluasi tegangan maksimum berdasarkan standar klasifikasi BKI dan RINA. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam perancangan struktur dek crane barge yang aman dan efisien.

2. Tinjauan Pustaka

Knuckle boom crane sering digunakan dalam operasi lepas pantai karena kemampuannya menjaga jarak ujung boom dengan permukaan air tetap konstan dalam area tertentu. Tali kerekan dipandu melalui dua katrol di ujung boom, dan bergantung pada orientasi boom, tali hanya menyentuh satu atau kedua katrol tersebut.



Sumber: https://id.made-in-china.com/co_cnthhi-crane/

Gambar 1 *Knuckle-Boom-Crane*

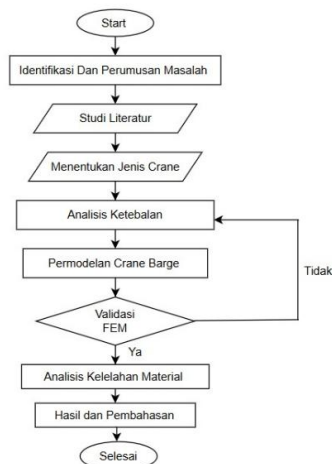


Sumber: <https://www.dgcrane.com/id/yacht-davit-crane/>

Gambar 2 *Hydraulic Crane*

Derek hidrolik pada tongkang mendapat manfaat dari sistem hidrolik tipe tertutup, yang meningkatkan pemanfaatan energi dan mengurangi kemungkinan kegagalan sistem. Sistem ini juga mendukung kapasitas angkat dan bantalan tekanan (Zhaohuan et al., 2019). Derek dilengkapi dengan sistem pengereman canggih dan mekanisme pendinginan untuk memastikan operasi yang aman dan andal.

3. Metodologi



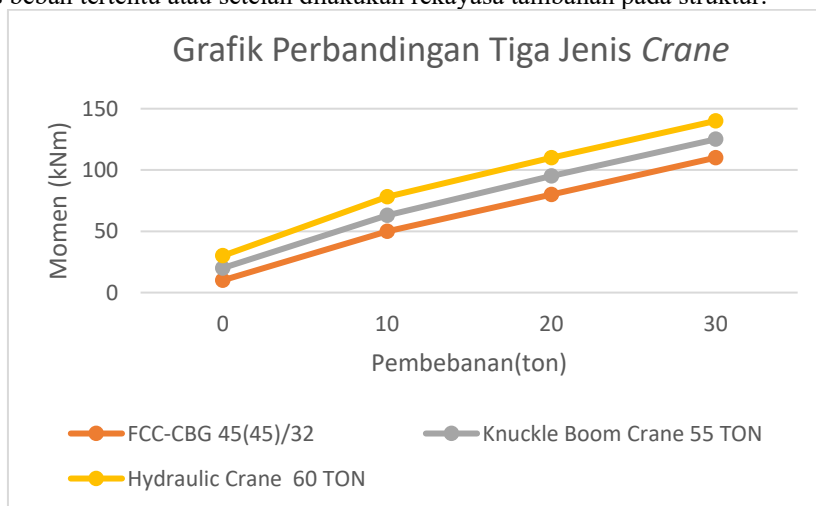
Gambar 3 Diagram Alir

Diagram Alir Penelitian menggambarkan tahapan penelitian yang dimulai dari identifikasi dan perumusan masalah, dilanjutkan dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teori yang relevan. Setelah itu, ditentukan jenis *crane* yang akan dianalisis sebagai sumber beban pada dek kapal. Tahapan berikutnya adalah analisis ketebalan pelat dek, yang kemudian digunakan dalam proses pemodelan struktur *crane barge*. Model yang telah dibuat divalidasi menggunakan metode elemen hingga (FEM). Jika validasi belum memenuhi kriteria, maka dilakukan perbaikan pada analisis ketebalan dan pemodelan ulang. Apabila validasi berhasil, dilanjutkan dengan analisis kelelahan material untuk mengetahui ketahanan struktur terhadap pembebanan berulang. Selanjutnya dilakukan analisis hasil dan pembahasan, dan penelitian diakhiri dengan kesimpulan.

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan numerik menggunakan metode Elemen Hingga (*Finite Element Method/FEM*) untuk mengevaluasi kekuatan struktur dek kapal *crane barge* terhadap pembebanan dari *Knuckle Boom Crane* dan *Hydraulic Crane*. Perangkat lunak Maxsurf Multiframe digunakan dalam proses simulasi, dengan model struktur yang merujuk pada kapal *crane barge* milik PT. Baramulti. Pemodelan difokuskan pada bagian dek tengah (*midship*) dengan material utama berupa baja *mild steel* dan AH36, serta penyesuaian pada profil struktur dan ketebalan plat sesuai keterbatasan versi perangkat lunak. Tiga variabel utama divariasikan dalam penelitian ini, yaitu jenis *crane* (FCC-CBG 45(45)/32, *Knuckle Boom* 55T, dan *Knuckle Boom* 60T), variasi beban (0, 10, 20, dan 30 ton), serta variasi ketebalan plat dek. Simulasi beban dilakukan secara bertahap melalui pembebanan *patch* lokal yang mewakili gaya kerja crane pada permukaan dek. Kondisi batas yang diterapkan mencerminkan dukungan aktual berupa tumpuan tetap dan sendi, sementara struktur dianggap berada dalam kondisi statik linier. Validasi model dilakukan dengan menyesuaikan data geometri, properti material, dan kondisi pembebanan berdasarkan standar klasifikasi dari BKI.

4. Hasil Dan Pembahasan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa momen lentur dan tegangan maksimum pada struktur dek sangat dipengaruhi oleh jenis *crane* dan besar beban yang dikenakan. *Crane* FCC-CBG 45(45)/32 menghasilkan tegangan maksimum sebesar 215 MPa pada beban 30 ton, yang masih di bawah batas aman BKI (308,7 MPa), sehingga struktur dinyatakan aman tanpa perlu penguatan. *Knuckle Boom Crane* 55T menunjukkan nilai tegangan mencapai 310 MPa pada beban 30 ton, yang sedikit melampaui batas aman namun masih dalam toleransi teknis. Sementara itu, *Knuckle Boom Crane* 60T menghasilkan tegangan melebihi batas izin sejak beban awal, yaitu 343,7 MPa, sehingga tidak direkomendasikan tanpa penguatan struktur. Penguatan dilakukan dengan menambahkan *stiffener* tipe T, meningkatkan ketebalan plat dari 12 mm menjadi 20 mm, dan mengganti material dek dengan baja AH36. Hasil penguatan menunjukkan penurunan tegangan hingga $\pm 26\%$, dengan nilai tegangan maksimum menjadi 300 MPa pada beban 20 ton, yang masih aman menurut BKI. Evaluasi terhadap standar klasifikasi BKI dan RINA mengonfirmasi bahwa *crane* FCC-CBG paling aman digunakan, sementara *Knuckle Boom* 55T dan 60T hanya dapat digunakan pada batas beban tertentu atau setelah dilakukan rekayasa tambahan pada struktur.



Gambar 4 Grafik Hasil Perbandingan Tiga Jenis Crane

5. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa jenis *crane*, beban kerja, dan ketebalan pelat dek berpengaruh signifikan terhadap distribusi tegangan dan momen lentur pada struktur dek *crane barge*. *Crane FCC-CBG 45(45)/32* terbukti paling aman digunakan hingga beban 30 ton, sedangkan *Knuckle Boom Crane 55T* masih dapat digunakan hingga beban 20 ton dengan pemantauan teknis. *Crane Knuckle Boom 60T* memerlukan penguatan struktur karena nilai tegangannya melebihi batas izin sejak kondisi tanpa beban tambahan. Penguatan struktur melalui penambahan stiffener, peningkatan ketebalan plat, dan penggunaan material AH36 berhasil menurunkan tegangan secara signifikan, menjadikan struktur aman hingga beban 20 ton. Hasil ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan desain struktural secara komprehensif berdasarkan jenis crane, karakteristik pembebanan, serta ketentuan dari badan klasifikasi seperti BKI dan RINA guna menjamin keselamatan dan efisiensi operasional *crane barge*.

Referensi

- Y B Hadasa et (2021). Study on the effects of lifting loads on the. *IOP Conference Series*:.
 a, M. L. (2024). Statics Analysis of a New Type of. *Journal of Engineering Research and Reports*.
 A.M. Abdullahi a, Z. Mohamed a,†,Z. , H. Selamat a. (2020). Efficient control of a 3D overhead crane with simultaneous. *Mechanical Systems and Signal Processing*.
 Abdullah1*, K. (2023). Strength Analysis of the Deck Crane Barge Using the. *Department of Ship Building Engineering*.
 BABICZ, J. (2014). ENCYCLOPEDIA OF SHIP TECHNOLOGY. *WÄRTSILÄ*.
 Brian Wetzstein a, R. F. (2019). Transportation costs: Mississippi River barge rates. *Journal of Commodity Markets*.
 Diego Hernández-Méñez l. (2023). Methodology for the structural analysis of a. *Revista UIS Ingenierías*.
 e, Y. B. (2024). Study on the effects of lifting loads on the. *IOP Conference Series*:.
 Ferrara, M. (2024). Safety assessment of existing prestressed reinforced concrete bridge decks through different approaches. *Structural Concrete: Volume 25, Issue 3*.
 Helena Polezhayeva; Clive Badger. (2009). Effect of Plate Thickness On Fatigue Strength of Base Material And Butt Welded Specimens Made From EH40 Steel Thick Plates: Phase 1. *The Nineteenth International Offshore and Polar Engineering Conference*.
 Hendrik Vorhölder*, Jakob Christiansen, Hannes Hatecke. (2014). UNIVERSAL CRANE MODEL FOR THE SHIP DESIGN SYSTEM E4. *Proceedings of the ASME 2014 33rd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*.
 HJ Hwang, G. M. (2019). Minimum thickness of flat plates considering construction load effect. *Structural Engineering and Mechanics*, .
 Lauri Pyrhönen · Suraj Jaiswal · Aki Mikkola. (2023). Mass estimation of a simple *Hydraulic Crane* using discrete. *Nonlinear Dyn*.
 Liyana Ramli a, Z. M. (2011). Mechanical Systems and Signal Processing. *Control Strategies for crane systems : A comprehensive review*.
 Musilek, J. (2019). Dynamical Model for Determination of Horizontal.
 Musmar, M. A. (2022). Structural performance of steel plates.
 Sergii Gubskiy1*, Vitalii Yepifanov2. (2019). Integrated Approach to Determine Operational Integrity of. *Periodica*

Polytechnica Mechanical Engineering.

Shipping, A. B. (JANUARY 2025). *STEEL VESSELS FOR SERVICE ON RIVERS* . the State of New York 1862: American Bureau of Shipping.

V. Kovalenko,Oleksandr Vudvud,Vasiliev,. (2023). Numerical experiment on the dynamics of the tower crane.

Xi Pan a,b,*Tingsheng Zhao a. (2024). Pressure deviation monitoring and early warning in large integrated tower. *Measurement: Sensors*.

Xu1PingYan1, O. (2023). Novel methods for reliability study. *scientific reports*.

yasuto, o. (2017). Deck Crane System.

Zhidkova, A. M. (2022). OPTIMIZATION OF THE BARGE-TOWING COMBINATIONS. *BECTHNK*.