

ANALISA KEKUATAN MODIFIKASI KONSTRUKSI GELADAK UTAMA KAPAL LCT VIP JAYA 893 GT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Abdul Aziz Romani¹, Imam Pujo Mulyatno¹, Good Rindo¹

¹)Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: Azizromani_naval10@yahoo.com

Abstrak

PT. Victoria Internusa Perkasa Jakarta adalah perusahaan yang bergerak dibidang pelayaran, perusahaan ini memiliki beberapa kapal dengan tipe LCT (*Landing Craft Tank*), mereka menyewakan kapal-kapalnya untuk *project cargo* di seluruh Indonesia. Oleh karena itu kapal yang dimilikinya harus mampu membawa muatan apapun yang akan diangkut oleh calon penyewa. Kapal LCT VIP JAYA ini di desain untuk mengangkut truk / alat-alat berat. Dengan tuntutan bahwa kapal ini harus mampu membawa muatan yang bermacam-macam maka tidak menutup kemungkinan bahwa nantinya kapal ini juga akan beralih fungsi sebagai kapal *container*. Dengan merubah muatan kapal dari truk/ alat-alat berat menjadi *container* maka diperlukan beberapa perubahan atau modifikasi pada beberapa aspek yang sangat penting. Antara lain lain adalah perubahan pada bentuk konstruksi kapal terutama konstruksi pada geladak kapal yang dipengaruhi oleh beban maksimum. Setelah dilakukan beberapa perubahan tentunya perlu dianalisis ulang supaya memenuhi persyaratan keamanan dan keselamatan baik untuk kapal itu sendiri dan orang-orang yang ada di atasnya. Untuk perubahan konstruksi akan dilakukan perhitungan seperti yang terdapat pada rules BKI. Penambahan sistem disesuaikan dengan ruangan yang ada, analisis konstruksi dengan menggunakan metode elemen hingga dengan menggunakan alat bantu *software* Ansys. Dalam proses analisa ini dilakukan beberapa variasi pembebanan yaitu kondisi air tenang, kondisi *sagging* dan kondisi *hogging* dimana pembebanan menggunakan beban statis. Dari hasil analisa kekuatan konstruksi geladak kapal didapatkan nilai tegangan maksimum sebesar 182,3 N/mm² terjadi pada kondisi *sagging main deck* modifikasi muatan *container* dan terdapat pada *node* 37145. Tegangan maksimum yang terjadi masih dibawah tegangan ijin dari BKI yaitu sebesar 186,8 N/mm², dan juga masih dalam batas aman material sebesar 235 N/mm². Jadi dapat dikatakan kondisi geladak utama kapal dalam kondisi aman.

Kata kunci : LCT, Modifikasi Kontruksi, Metode Elemen Hingga

Abstract

PT. Victoria Internusa Perkasa Jakarta is a company engaged in shipping, the company has several ships with LCT (Landing Craft Tank) type, they rent vessels for project cargo throughout Indonesia. Therefore it has to be able to ship carrying any cargo to be transported by prospective tenants. LCT VIP JAYA is designed to transport truck / heavy equipment. With the demands that this ship should be able to carry cargo manifold then it is possible that this ship will also be converted as container ships. By changing a boatload of truck / heavy equipment into the container will require some changes or modifications to some very important aspects. Among others, the other is the change in the form of boat construction, especially the construction of the deck of a ship which is influenced by the maximum load. Having made some changes would need to be re-analyzed in order to meet the requirements of security and safety both for the ship itself and the people in it. For construction changes will be calculated as found in the ICC rules. The addition of a system adapted to existing space, construction analysis using finite element method using ANSYS software tools. In the process of this analysis is some variation of loading is calm water conditions, the condition of sagging and hogging conditions where loading using a static load. From the analysis of the strength of the ship's deck construction obtain maximum voltage value of 182.3 N / mm² occurred on the main deck sagging condition modification cargo container and contained in the node 37145. The maximum voltage that

occurs is still below the allowable stress of the ICC in the amount of 186.8 N/mm^2 , and also still within safe limits of material of 235 N/mm^2 . So it can be said ship's main deck conditions in a safe condition.

Keywords: LCT, Modification Construction, Finite Element Method

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal adalah alat transportasi yang mampu beroperasi dilaut dengan kemampuan sistem yang sangat kompleks. Kontruksi bangunan kapal tidak hanya dirancang sedemikian rupa agar mempunyai kekuatan untuk menahan adanya gaya-gaya yang terjadi dari luar, akan tetapi konstruksi bangunan kapal dituntut untuk mampu memenuhi tujuan-tujuan keselamatan, tidak hanya muatan dan barang bawaan di dalam kapal, akan tetapi yang paling penting dan harus diperhatikan adalah keselamatan orang yang berada didalam kapal tersebut. Dengan semakin berkembangnya dunia transportasi laut menuntut setiap perusahaan akan selalu berusaha untuk dapat memenuhi semua ketentuan yang berlaku dan akan berusaha memenuhi order atau permintaan dari pihak penyewa kapalnya, begitu pula dengan PT. Victoria Internusa Perkasa merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pelayaran, perusahaan ini memiliki beberapa kapal dengan tipe *Landing Craft Tank* (LCT), untuk angkutan laut *project cargo* di seluruh Indonesia.

Dengan tuntutan bahwa kapal ini harus mampu membawa muatan yang bermacam-macam maka tidak menutup kemungkinan bahwa nantinya kapal ini juga akan beralih fungsi sebagai kapal *container*. Dengan merubah muatan kapal dari alat berat ke *container* maka diperlukan modifikasi pada beberapa aspek antara lain bentuk kontruksi kapal terutama kontruksi pada geladak kapal yang dipengaruhi oleh beban maksimum.

Perubahan-perubahan inilah yang melatar belakangi penulis untuk melakukan analisa secara teknis pengaruh modifikasi dari kapal LCT muatan kendaraan berat menjadi muatan *container* terhadap kekuatan kontruksi geladak kapal tersebut. Analisa kekuatan kontruksi geladak yang dilakukan penulis adalah untuk mengetahui apakah kontruksi geladak dalam kondisi aman/kondisi tegangan yang diijinkan sesuai dengan rules BKI (Indonesia) setelah dilakukan modifikasi.

1.2 Perumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang di atas, dapat dirumuskan masalah yang dihadapi dalam penyusunan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kekuatan kontruksi geladak kapal sebelum dan sesudah modifikasi berdasarkan kebutuhan akibat dari perubahan muatan dari kapal pengangkut kendaraan berat menjadi kapal *container*?
2. Apakah kontruksi geladak kapal dalam kondisi aman/kondisi tegangan yang diijinkan sesuai dengan rules BKI (Indonesia) setelah dilakukan analisa?
3. Bagaimanakah karakteristik tegangan pada kontruksi geladak kapal tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui tegangan maksimum pada geladak akibat modifikasi kontruksi geladak kapal pada *Landing Craft Tank* VIP JAYA dengan menggunakan alat bantu *software*.
2. Mengetahui faktor keselamatan pada kontruksi geladak kapal yang mengalami perubahan.
3. Mengetahu karakteristik tegangan pada kontruksi geladak kapal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

1.2 LCT VIP JAYA 893 GT

Landing Craft Tank VIP JAYA adalah kapal yang pada umumnya memiliki fungsi yang sama dengan kapal LCT lainnya yaitu mengangkut berbagai muatan atau jenis barang yang berukuran besar dan berbobot besar (misalnya: *truck, dozer, escavator*, alat kontruksi, *steel structure, boiler*, mesin turbin, material project, dll) ke berbagai penjuru Indonesia, terutama ke daerah pertambangan atau lokasi proyek yang berada di pulau atau pantai dan jalur sungai. Namun

tingginya aktivitas dan juga permintaan akan kebutuhan mengakibatkan kapal ini harus dapat beroperasi dengan fungsi yang lain (*multifungsi*).



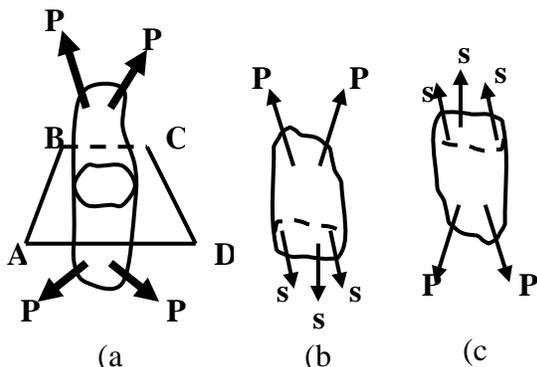
Gambar 1. LCT VIP JAYA 893 GT

1.3 Definisi Geladak

Geladak merupakan lantai pada kapal yang berfungsi untuk menampung muatan berupa, biasanya terdapat hampir pada seluruh kapal dibedakan berdasarkan fungsinya. Geladak adalah komponen struktur kontruksi yang fitil karena perannya dapat berfungsi ganda yaitu sebagai pondasi struktur di atasnya. Pada umumnya geladak yang berada dibawah sendiri dinamakan geladak dasar serta geladak yang diatas dinamakan geladak atas atau geladak utama (*main deck*). Bila antara geladak dasar dan geladak atas terdapat geladak lagi, maka geladak tersebut dinamakan geladak antara.

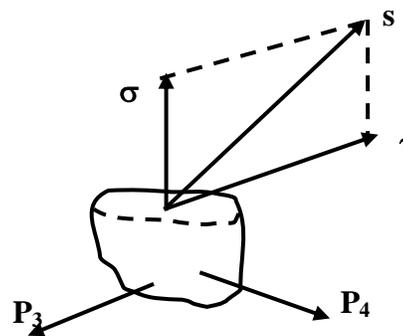
1.4 Tegangan (Stress)

Pada umumnya tegangan adalah gaya yang bekerja pada luasan yang kecil tak berhingga pada sebuah potongan, akan terdiri dari bermacam-macam besaran dan arah, seperti yang di perlihatkan secara diagramatis dalam Gambar 2.2 (b) dan (c). Gaya-gaya dalam ini merupakan vektor dan bertahan dalam keseimbangan terhadap gaya-gaya luar terpakai.



Gambar 2. Pengirisan sebuah benda

Pada umumnya, intensitas gaya yang bekerja pada luasan kecil tak berhingga pada suatu potongan berubah – ubah dari suatu titik ke titik yang lain, umumnya intensitas gaya ini berarah miring pada bidang potongan. Penguraian intensitas ini pada luas kecil tak berhingga diperlihatkan pada gambar 2.2 Intensitas gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (*normal stress*) pada sebuah titik.



Gambar 3. Komponen-komponen normal dan geser dari tegangan [5]

1.5 Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik menerima beban dari luar, yaitu beban tekan maupun tarik. Gaya yang diperlukan agar terjadi tingkat optimal bahan di dalam menahan beban dari luar sampai akhirnya menjadi pecah disebut dengan beban *ultimat* (*ultimate load*). Dengan membagi beban ultimate dengan luas penampang, kita akan memperoleh kekuatan ultimate (*ultimate strength*) atau tegangan ultimate (*ultimate stress*) dari suatu bahan. Karena tegangan dikalikan luas sama dengan gaya, maka tegangan ijin dari *ultimate* dapat diubah dalam bentuk gaya atau beban yang diijinkan dan *ultimate* yang dapat ditahan oleh sebuah batang. Suatu perbandingan (*ratio*) yang penting dapat ditulis :

$$FS = \frac{\sigma_{ultimate}}{\sigma_{ijin}} \quad (1)$$

2.5 Metode Elemen Hingga

Metode elemen berhingga (*finite element*) biasa dipandang sebagai perluasan dari metode perpindahan (untuk struktur rangka) ke masalah kontinum berdimensi dua dan tiga seperti pelat, struktur selaput (*shell*) dan benda pejal. Dalam metode ini, kontinum sebenarnya diganti dengan sebuah struktur ideal ekuivalen yang terdiri dari elemen-elemen unik (*discrete element*). Elemen ini disebut elemen berhingga dan dihubungkan bersama sama di sejumlah titik simpul.[7]

2.6 Permodelan ANSYS

ANSYS adalah program bantu dalam analisa metode elemen hingga. Program ANSYS ini ada beberapa program diantaranya, *fluid dynamics, structural mechanics, Electromagnetics, systems and multiphysics*. Untuk pengerjaan analisa struktur ini dalam ansys digunakan program *Structural mechamics (Mechanical APDL)* [1]

3. METODOLOGI

Untuk proses penyusunan Tugas Akhir ini dibutuhkan data – data dari objek yang dianalisa. Adapun proses pengambilan data terbagi menjadi beberapa tahap antara lain :

3.1 Studi Lapangan

Dalam penelitian Tugas Akhir “Analisa Kekuatan Modifikasi Kontruksi Geladak Utama Kapal LCT VIP JAYA 893 GT Dengan Metode Elemen Hingga perlu dilakukan studi lapangan yang bertujuan untuk melengkapi kebutuhan data untuk pengerjaan Tugas Akhir ini, adapun studi lapangan tersebut antara lain:

1. Pengambilan data Penelitian Studi lapangan dilakukan secara langsung dan wawancara.
2. Metode yang dilaksanakan adalah wawancara dan observasi lapangan.
3. Waktu dan tempat penelitian di PT WAHANA TIRTA SAMUDERA SEMARANG.

3.2 Studi Literatur

Mempelajari tentang sistematika perhitungan pembebanan dan software yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan.

3.3 Pembuatan Model

Dari data awal yang telah diambil, kemudian dilakukan pembuatan model dengan menggunakan program ANSYS :

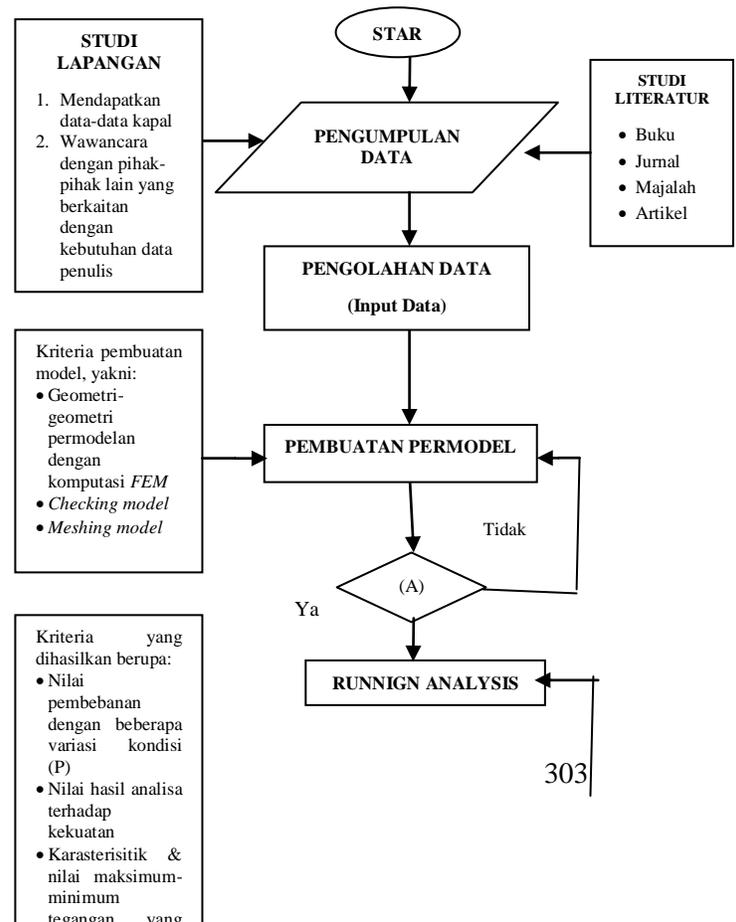
- *Problem Specifications*
- *Define Materials*
- *Problem Descriptions*
- *Build Geometry*
- *Generate Mesh*
- *Attribute Mesh to model*
- *Obtains Solutions*
- *Review Result*

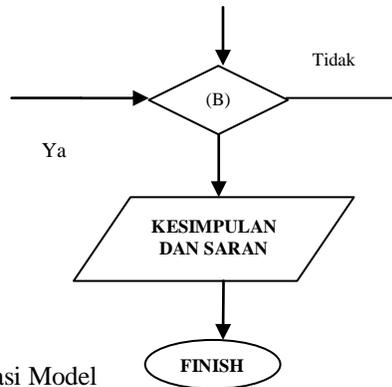
3.4 Penyajian Data Hasil Perhitungan

Semua hasil pengolahan data berupa gambar model, *display* hasil analisis, serta parameter-parameter yang diperlukan seperti tegangan maksimum, regangan, deformasi dapat diperoleh hasil dari proses tersebut, kemudian dilakukan pengelompokkan agar mudah dalam penyusunan laporan.

3.5 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Penyusunan penelitian Tugas Akhir ini didasarkan pada sistematika metodologi yang diuraikan berdasarkan urutan diagram alir atau *flow chart* yang dilakukan mulai penelitian hingga selesainya penelitian





Ket : (A) Validasi Model
(B) Validasi Hasil

Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kapal LCT VIP JAYA 893 GT

Kapal LCT VIP JAYA 893 GT merupakan Kapal LCT milik PT Victoria Internusa Perkasa dibangun pada tahun 2012. Kapal ini berbendera Indonesia, dan berkelaskan BKI. Kapal ini akan di fungsikan untuk angkutan laut *project cargo* di seluruh Indonesia.



Gambar 5. Geladak utama LCT VIP JAYA

(Principal dimensions) sebagai berikut:

Loa	:70,52 m
Lpp	:64,00 m
BDeck	:15,85 m
Draught design	:2,785 m
Dept	:3,66 m
DWT	:1800 Ton
Vs	:10,00 Knot

4.2 Perhitungan Beban Beban kendaraan

Beban kendaraan dihasilkan dari muatan kendaraan yang di distribusikan sesuai dengan rancangan umum penataan kendaraan pada geladak utama.

$$\begin{aligned} (W_{tf}) &= \text{berat Truck FUSO} \times \text{gravitasi} \\ &= 24,8 \text{ ton} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 243288 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (W_{oh}) &= \text{OH Truck} \times \text{gravitasi} \\ &= 43,1 \text{ ton} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 422810 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (W_{ex}) &= \text{Exavator} \times \text{gravitasi} \\ &= 20,01 \text{ ton} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 196298 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (W_{cd}) &= \text{Crawler Dozer} \times \text{gravitasi} \\ &= 20,6 \text{ ton} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 202086 \text{ N} \end{aligned}$$

Beban persatuan luas masing masing kendaraan

$$\begin{aligned} (P_{tf}) &= W_{tf} / L_{tf} \\ &= 243288 \text{ N} / 20,95 \text{ m} \\ &= 0,011 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (P_{oh}) &= W_{oh} / L_{oh} \\ &= 422811 \text{ N} / 24,96 \text{ m} \\ &= 0,016 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (P_{ex}) &= W_{ex} / L_{ex} \\ &= 196298 \text{ N} / 26,54 \text{ m} \\ &= 0,007 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (P_{cd}) &= W_{cd} / L_{cd} \\ &= 202086 \text{ N} / 24,74 \text{ m} \\ &= 0,008 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Beban Container

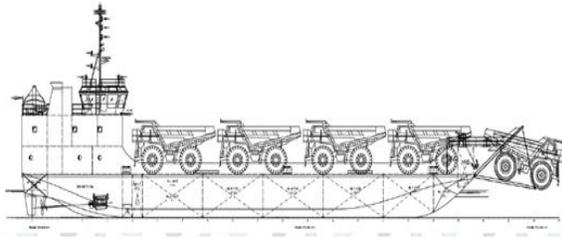
Beban *container* dihasilkan dari muatan *container* yang di distribusikan sesuai dengan rancangan umum penataan *container* pada *main deck*. Besarnya beban *container* @ 17,5 ton

$$\begin{aligned} (W_c) &= \text{Container} \times \text{gravitasi} \\ &= 17,5 \text{ ton} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 171675 \text{ N} \end{aligned}$$

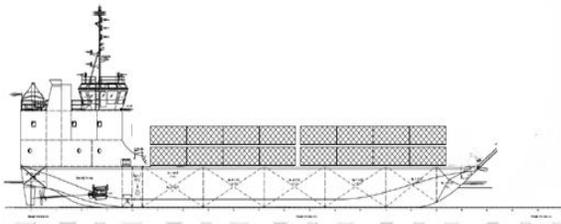
Beban persatuan luas masing masing container

$$\begin{aligned} (P_c) &= W_{c20ft} / L_{c20ft} \\ &= 171675 \text{ N} / 13,846 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 0,012 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 6. LCT muatan kendaraan berat



Gambar 7. LCT muatan *container*

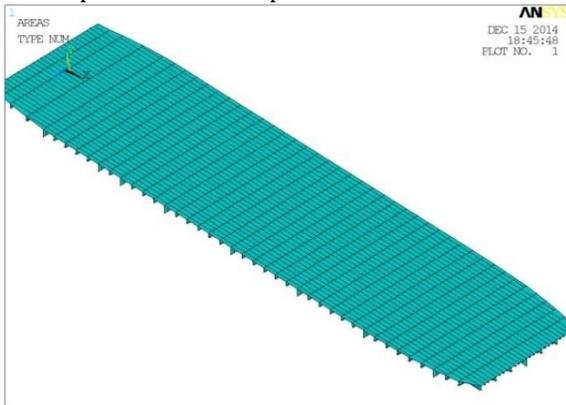
Skenario Pembebanan dan Analisa menggunakan Ansys

Variasi kondisi pembebanan antara lain :

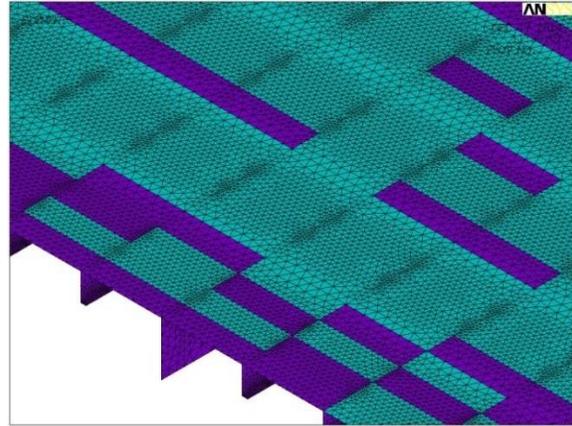
- Kondisi air tenang muatan penuh
- Kondisi hogging
- Kondisi sagging

4.3 Geometri Model

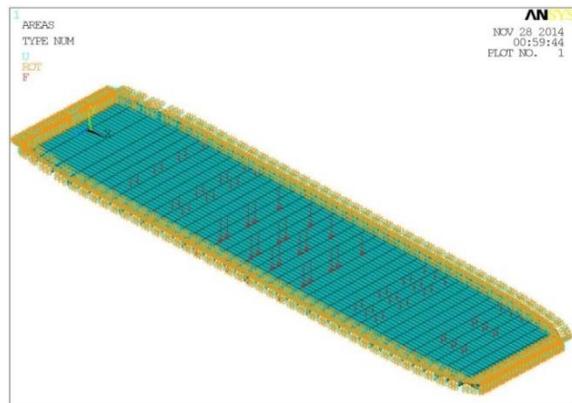
Pemodelan dalam *software* ANSYS akan mendapatkan model seperti berikut :



Gambar 8. Model ANSYS

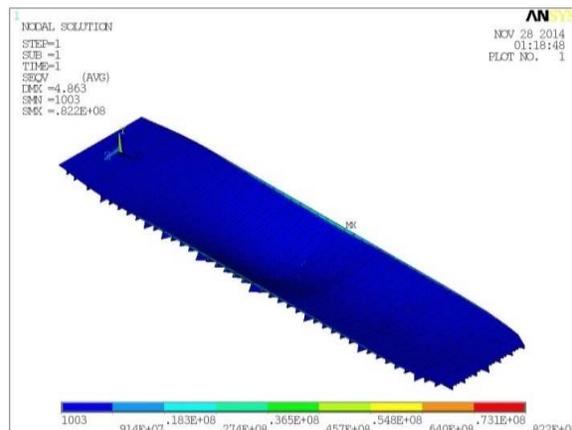


Gambar 9. Proses *Meshing* ANSYS



Gambar 10. Proses pembebanan & boundary condition ANSYS

Gambar 10. menunjukkan pembebanan yang disimulasikan kepada kontruksi geladak kapal, gaya yang terjadi dapat dilihat sesuai panah merah yang ada pada gambar



Gambar 11. Hasil analisa plot result ANSYS

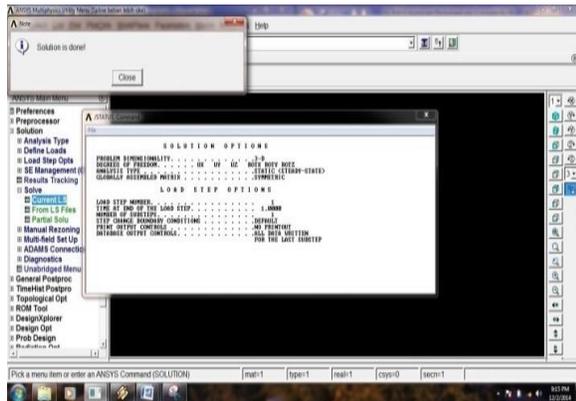
Dari hasil analisa *software* ANSYS *mechanical APDL* didapatkan sebuah hasil yang ditunjukkan pada gambar.

4.4 Output Data

Dari hasil *post processing* program ANSYS *Mechanical APDL* didapatkan data tegangan pada struktur geladak utama kapal, sehingga letak titik kritis pada geladak utama kapal dari hasil *post processing* akan diketahui apakah masih dalam batas aman untuk sebuah desain suatu sistem. *Output* data dari *software* ANSYS adalah tegangan *von misses* yang digunakan untuk menghitung kriteria kegagalan dari kekuatan material pada suatu sistem struktur.

4.5 Validasi Permodelan Dengan Ansys

Validasi dilakukan setelah pemodelan selesai, tujuan validasi adalah untuk mengoreksi elemen-elemen model yang dibuat. Pada pemodelan ANSYS *Mechanical APDL* akan ada validasi yang muncul apabila ketika kita selesai melakukan proses *running* pada model.



Gambar 12. Validasi pada ANSYS

Ketika proses *running* selesai, maka akan muncul pada pojok kiri atas layar sebuah *dialog box* yang betuliskan “*solution is done!*”, hal ini berarti tidak ada masalah pada pembuatan model dan *meshing* sehingga didapat bisa didapat *result* dari model yang dianalisa.

4.6 Hasil Analisa Perhitungan

4.6.1 Tegangan Ijin Berdasarkan Rules BKI

1. Main Deck Kondisi Awal Muatan Kendaraan Berat

Table 1. Hasil Analisa berdasarkan Rules tegangan ijin BKI

Kondisi	σ_{mak} N/mm ²	Lokasi Nodal	σ_{ijin} N/mm ²	Fs (σ_v / σ_{mak})	Ket
Air tenang	82,2	53145	186,8	2,27	Aman
Hogging	91,9	85191	186,8	2,03	Aman
Sagging	142,6	50530	186,8	1,30	Aman

2. Main Deck Kondisi Awal Muatan Container

Table 2. Hasil Analisa berdasarkan Rules tegangan ijin BKI

Kondisi	σ_{mak} N/mm ²	Lokasi Nodal	σ_{ijin} N/mm ²	Fs (σ_v / σ_{mak})	Ket
Air tenang	145,2	66530	186,8	1,28	Aman
Hogging	193,6	82580	186,8	0,96	Failed
Sagging	192,1	50530	186,8	0,97	Failed

3. Modifikasi Main Deck Muatan Container

Table 3. Hasil Analisa berdasarkan Rules tegangan ijin BKI

Kondisi	σ_{mak} N/mm ²	Lokasi Nodal	σ_{ijin} N/mm ²	Fs (σ_v / σ_{mak})	Ket
Air tenang	139,7	66530	186,8	1,33	Aman
Hogging	179,6	85191	186,8	1,04	Aman
Sagging	182,3	37145	186,8	1,02	Aman

4.6.2 Tegangan Ijin Berdasarkan Kemampuan Material

Kriteria baja grade A-BKI

Modulus elastisitas	= 200.000 Mpa
Ultimate stress	= 400 Mpa
Yield	= 235 Mpa

1. Main Deck Kondisi Awal Muatan Kendaraan Berat

Table 4. Hasil Analisa berdasarkan Batas Aman Material

Kondisi	σ_{mak} N/mm ²	Lokasi Nodal	σ_{ijin} N/mm ²	Fs (σ_y / σ_{mak})	Ket
Air tenang	82,2	53145	235	2,85	Aman
Hogging	91,9	85191	235	2,55	Aman
Sagging	142,6	50530	235	1,64	Aman

2. Main Deck Kondisi Awal Muatan Container

Table 5. Hasil Analisa berdasarkan Batas Aman Material

Kondisi	σ_{mak} N/mm ²	Lokasi Nodal	σ_{ijin} N/mm ²	Fs (σ_y / σ_{mak})	Ket
Air tenang	145,2	66530	235	1,61	Aman
Hogging	193,6	82580	235	1,21	Aman
Sagging	192,1	50530	235	1,22	Aman

3. Modifikasi Main Deck Muatan Container

Table 6. Hasil Analisa berdasarkan Batas Aman Material

Kondisi	σ_{mak} N/mm ²	Lokasi Nodal	σ_{ijin} N/mm ²	Fs (σ_y / σ_{mak})	Ket
Air tenang	139,7	66530	235	1,68	Aman
Hogging	179,6	85191	235	1,30	Aman
Sagging	182,3	37145	235	1,28	Aman

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisa kekuatan konstruksi geladak utama kapal LCT VIP JAYA 893 GT

menggunakan program numerik *FEM Software* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan terbesar akibat modifikasi konstruksi geladak utama kapal terjadi pada kondisi *Sagging* muatan penuh sebesar 182,3 N/mm² dan terdapat pada *node* 37145
2. Faktor keamanan (*safety factor*) yang dihasilkan dari hasil analisa adalah sebagai berikut :
 - a. Faktor keamanan (*safety factor*) yang dihasilkan dari *maindeck* kondisi awal muatan kendaraan berat dinyatakan aman baik menurut tegangan ijin BKI maupun batas aman material.
 - b. Faktor keamanan (*safety factor*) yang dihasilkan dari *maindeck* kondisi awal muatan *container* dinyatakan pada kondisi *hogging* tegangan maksimum sebesar 193,6 N/mm² dan kondisi *sagging* sebesar 192,1 N/mm² ternyata melebihi tegangan ijin dari BKI sebesar 186,8 N/mm². Sehingga dikatakan tidak aman (*failed*) berdasarkan rules BKI karena faktor keamanan <1. Namun secara batas aman material kedua kondisi tersebut masih dikatakan aman karena nilainya masih dibawah 235N/mm²
 - c. Faktor keamanan (*safety factor*) yang dihasilkan dari modifikasi *maindeck* muatan *container* dinyatakan aman baik menurut tegangan ijin BKI maupun batas aman material.
3. Karakteristik tegangan yang terjadi pada konstruksi geladak utama kapal LCT VIP JAYA dalam beberapa variasi kondisi pembebanan dengan menggunakan program berbasis FEM adalah sebagai berikut:
 - a. Pada saat *maindeck* kondisi awal muatan kendaraan berat
 - Kondisi air tenang = 82,2 N/mm²
 - Kondisi hogging = 91,9 N/mm²
 - Kondisi sagging = 142,6 N/mm²
 - b. Pada saat *maindeck* kondisi awal muatan *container*
 - Kondisi air tenang = 145,2 N/mm²

- Kondisi hogging = 193,6 N/mm²
 - Kondisi saggging = 192,1 N/mm²
- c. Pada saat *modifikasi* maindeck muatan *container*
- Kondisi air tenang = 139,7 N/mm²
 - Kondisi hogging = 179,6 N/mm²
 - Kondisi saggging = 182,3 N/mm²

- [6] Sonief.A.As'ad. (2003), "*Diktat Metode Elemen Hingga*". Universitas Brawijaya, Malang
- [7] Arif,Kuntoro Prasetyo. (2012). "*Modifikasi Kapal LCT Pengangkut Alat Berat (ANDI AZULA) Menjadi Kapal Container*".Istitut Teknologo Sepuluh November,Surabaya
- [8] Logan. L. Daryl. *A first Course in the Fenite Element Method*, University of Wisconsin, Platteville.

5.2 Saran

- 1.Untuk mencapai ketelitian yang maksimal dalam analisa dengan menggunakan program berbasis FEM, pemodelan harus dilakukan dengan membuat geometri yang baik dan teliti.
- 2.*Very fine mesh* yang tepat akan menambah ketelitian perhitungan pada *software*
- 3.Penggunaan *software* ANSYS *Mechanical APDL* sangat baik untuk analisa struktur kapal, diharapkan diadakan penelitian lebih lanjut dalam analisa struktur kapal menggunakan *software* tersebut.
- 4.Menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi akan membantu memperlancar serta bisa menghemat waktu, ketika pengerjaan dan *running*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANSYS, Inc.(2005) *Structural Analysis Guide*,ANSYS Release 11.0 Documentation.
- [2] ANSYS, Inc.(2005)*Ansys, Inc. Theory Reference*, ANSYS Release 11.0 Documentatio
- [3] International Group of AuthoritiesThomas Lamb, Editor 2003, "Ship Design and Construction".
- [4] Biro Klasifikasi Indonesia, PT. Persero. 2013. "*Rules fot the classification and construction*" vol. II Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- [5] Popov, E. P., 1978, *Mechanics of Material, 2nd edition, Prentice-Hall, Inc.*, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.