

ANALISA KEKUATAN STRUKTUR *TANK DECK* PADA KAPAL (LST) *LANDING SHIP TANK KRI.TELUK BINTUNI 7000 DWT* MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Fasya Nurayoga¹⁾, Imam Pujo Mulyatno¹⁾, Berlian Arswendo¹⁾,

¹⁾ Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: fasyanryg@gmail.com, pujomulyatno2@gmail.com

Abstrak

Kapal angkut tank KRI Teluk Bintuni adalah kapal type Landing Ship Tank (LST) milik Departemen Pertahanan yang beroperasi dalam jajaran armada TNI AL untuk wilayah perairan timur Indonesia (ARMATIM) yang di gunakan untuk mendukung dalam operasi militer amfibi. dengan membawa kendaraan, kargo, dan pasukan. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk membuktikan bahwa tank deck pada kapal LST.KRI Teluk Bintuni telah memenuhi tegangan ijin dari class yang di gunakannya yaitu Lloyd's Register sebesar 175 N/mm^2 . Konstruksi tank deck merupakan konfigurasi struktur berupa Ring Construction yang terdiri dari deck, sekat memanjang, sekat melintang, bottom floor dan side hull yang di analisa menggunakan software finite element (NASTRAN-PATRAN), sehingga dapat diketahui penyebaran tegangan yang terjadi akibat beban muatan, struktur bangunan atas dan pengaruh gelombang air laut. ditinjau dari angka factor keamanan (margine of safety) Kondisi tegangan von mises pada ring construction tank deck pada saat menggunakan variasi muatan kosong pada kondisi air tenang sebesar $65,0 \text{ N/mm}^2$, kondisi sagging sebesar 174 N/mm^2 , kondisi hogging sebesar 158 N/mm^2 , kemudian saat menggunakan variasi muatan 10 unit Tank Leopard dan 2 Unit Panzer 2A VBL pada kondisi air tenang sebesar $96,6 \text{ N/mm}^2$, kondisi sagging sebesar 170 N/mm^2 , kondisi hogging sebesar 142 N/mm^2 , Hasil perhitungan menunjukkan tegangan maksimal terjadi saat menggunakan variasi muatan kosong dan kapal dalam keadaan sagging, pada plat deck dan plat side hull yang di tumpu deck transvers di bagian midship sebesar 174 N/mm^2 . dan nilai deformasi sebesar 8,44 cm.

Kata Kunci: Kekuatan Struktur, Tank deck, Kapal Angkut Tank, LST, Kekuatan Meanjang, Metode Elemen Hingga.

Abstract

Transports tank ship KRI Teluk Bintuni is the type of Landing Ship Tank (LST) belonging to the Department of Defense that operates under the Navy's fleet for eastern territorial sea of Indonesia (ARMATIM), that is used to support the amphibious military operations. carrying vehicles, cargo and troops. The purpose of this thesis is to prove that the tank deck on the ship LST.KRI Teluk Bintuni have qualified stress of the class that in use it is Lloyd's Register of 175 N / mm^2 . Construction of tank deck is the configuration structure form Ring Construction consists of deck, bulkhead longitudinal, transverse bulkhead, bottom floor and side hull were analyzed using software finite element (NASTRAN-Patran), so that it can be seen the spread of stress caused by load, super structure building and sea wave efect. in terms of the safety factor figures (margine of safety). Von mises stress conditions on the ring construction tank deck when using an empty load variation on the still water conditions is 65.0 N / mm^2 , sagging condition is 174 N / mm^2 , hogging conditions is 158 N / mm^2 , when using load variation of 10 units Tank Leopard and 2 Panzer Unit 2A VBL in still water conditions is 96.6 N / mm^2 , sagging condition is 170 N / mm^2 , hogging conditions is 142 N / mm^2 . Calculation shows maximum stress when using an empty load variation and the ship condition sagging, on the deck plate and hull side plates are suported deck transverse at midship section of 174 N / mm^2 . and deformation of 8.44 cm.

Keywords: Structural Strength, Tank decks, Landing Ship Tank, Longitudinal Strength, Finite Elemen

1. PENDAHULUAN

Kekuatan kapal adalah topik yang sangat menarik. Kapal yang dibangun terlalu kuat akan menjadi sangat berat, lamban dan membutuhkan biaya yang lebih besar sedangkan kapal yang dibangun dan dirancang terlalu lemah akan sangat beresiko tinggi mengalami kegagalan struktur karena struktur tidak mampu menahan beban yang bervariasi sehingga hal terburuk yang mungkin terjadi adalah tenggelamnya kapal.

Dalam perkembangan pembangunan kapal, yang menjadi salah satu faktor utama dalam perencanaan konstruksi kapal adalah *lightweight*. Perhitungan *lightweight* pada konstruksi dek kapal sangat diperhitungkan mengingat beban yang diterima oleh dek relatif lebih besar.

dalam masa dinasnya mengharuskan kondisi kapal dalam kondisi aman terutama dalam hal konstruksinya sebab dalam perencanaan sebuah konstruksi kapal, pada dasarnya adalah merencanakan konstruksi yang mempunyai tingkat tegangan pada batas yang diijinkan dan bisa diterima oleh konstruksi tersebut.

Kapal angkut tank KRI Teluk Bintuni adalah kapal type *Landing Ship Tank* (LST) milik Departemen Pertahanan yang beroperasi dalam jajaran armada TNI AL untuk wilayah perairan timur Indonesia (ARMATIM) yang di gunakan untuk mendukung dalam operasi militer amfibi. dengan membawa kendaraan, kargo, dan pasukan dan dapat menurunkannya langsung ke sebuah pantai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal LST (*Landing Ship Tank*)

Adalah jenis kapal angkatan laut yang pertamakali dibuat selama Perang Dunia II untuk mendukung operasi amfibi dengan membawa kendaraan, kargo, dan pasukan dan dapat menurunkannya langsung ke sebuah pantai.

Kapal-kapal angkut tank pertama dibangun oleh Inggris dengan mengkonversi kapal yang ada, maka Inggris dan AS berkolaborasi pada desain bersama. Lebih dari 1000 LST yang dibangun di Amerika Serikat selama Perang Dunia II untuk digunakan oleh Sekutu. Dan 80 dibangun di Inggris dan Kanada.



Gambar 2.1 Kapal LST KRI.Teluk Bintuni

2.2 Geladak Kendaraan (Tank Deck)

Geladak kendaraan adalah suatu geladak yang di tujuan untuk membawa kedaraan atau di gunakan kendaraan yang menangani bongkar muat muatan, geladak struktur pendukungnya harus dibuat mampu menahan beban maksimum.



Gambar 2.2 Tank Deck KRI.Teluk Bintuni

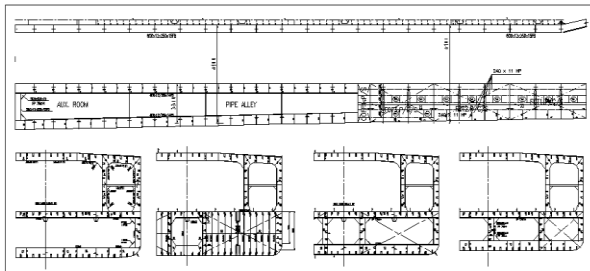
Konstruksi tank deck merupakan konfigurasi struktur berupa ring konstruksi yang terdiri dari deck, sekat memanjang, sekat melintang, bottom floor dan side hull.

Pada ring konstruksi tank deck ini di gunakan sistem konstruksi memanjang, dimana beban yang di terima oleh rangka sistem konstruksi memanjang kemudian di distribusikan pada hubungan kaku melintang kapal dengan bantuan balok memanjang. Berikut adalah unsur-unsur struktur pada ring konstruksi tank deck:

Tabel 2.1 Komponen *ring construction tank deck*.

Geladak (Deck)	
Profil untuk kekuatan melintang	• Deck transverse
Profil untuk kekuatan memanjang	• Deck Long • Deck Girder
Lambung (Side Hull)	

Profil untuk kekuatan melintang	• Web Frame
Profil untuk kekuatan memanjang	• Side Long
Dasar (Bottom)	
Profil untuk kekuatan melintang	• Floor
Profil untuk kekuatan memanjang	• Center Girder • Side Girder • Bottom Long



Gambar 2.4 gambar construction tank deck

2.3 Metode Elemen Hingga.

Metode elemen hingga adalah suatu metode pemaparan bagaimana perjalanan aksi hingga timbul reaksi dalam materi, atau metode untuk memperkirakan besar reaksi dan reaksi apa yang timbul dari materi tersebut. Penyelesaian Metode Elemen Hingga menghasilkan persamaan dari masalah yang dianalisa dalam sistem persamaan serentak yang harus diselesaikan. Penyelesaian ini memberikan hasil atau penyelesaian pendekatan dari nilai yang tidak diketahui pada titik tertentu dalam sistem yang kontinyu. Sistem yang kontinyu adalah istilah dari kondisi struktur atau objek yang sebenarnya. Dalam metode elemen hingga persamaan dari seluruh sistem dibentuk dari penggabungan persamaan elemen-elemennya. Untuk masalah struktur: penyelesaian yang didapat adalah deformasi (*displacement*) pada setiap titik (*nodes*) yang selanjutnya digunakan untuk mendapatkan besaran-besaran regangan (*strain*) dan tegangan (*stress*).

2.4 Analisa Respon Struktur Kapal

Dengan menggunakan metode elemen hingga kita dapat melakukan analisis secara keseluruhan tanpa melakukan pembagian

menjadi beberapa komponen sederhana. Dengan cara mencari tegangan langsung primer pada struktur kapal dengan konsep balok. Komponen yang di pakai dalam perhitungan tegangan primer adalah komponen struktur memanjang seperti geladak, plat sisi, plat alas, sekat memanjang, penumpu-penumpu dan penegar-penegar. Tegangan primer juga mencakup tegangan pada sekat-sekat melintang akibat berat dan gaya lintang yang di salurkan lewat sekat tersebut oleh geladak, plat alas, plat sisi yang bersebelahan.

Hasil dalam perhitungan kekuatan adalah hubungan antara tegangan memanjang (σ_x) kapal pada bidang plat dengan momen lengkung yang bekerja pada sebuah titik ($x.z$) pada panjang kapal $M(x)z$ dan I ada nilai inersia penampang melintang kapal.

$$\sigma_x = - \frac{M(x)z}{I}$$

2.5 Distribusi Pembebanan Pada Kapal

2.5.1 Distribusi Gaya Berat

Langkah pertama dalam perhitungan bending momen memanjang kapal ialah menentukan penyebaran gaya berat sepanjang kapal. Distribusi berat ini merupakan sebagian pembebanan yang akan menimbulkan bending momen, adalah merupakan hasil penjumlahan dari penyebaran berat kapal kosong dengan berat muatan, perbekalan, crew, penumpang, bahan bakar, minyak lumas, air tawar dan lain sebagainya, yaitu merupakan berat total pada saat kapal berlayar.

$$P = \frac{F}{A}$$

dengan:

P = Pressure (N/mm²)
 F = massa (N)
 A = luas penampang (mm²)

2.5.2 Distribusi Gaya Tekan Keatas

Gaya tekan keatas merupakan reaksi massa air terhadap kapal yang di sebut *displacement*. Dimana harga displacement tersebut sama dengan massa total kapal, demikian juga dengan resultan gaya tekan

keatas tersebut harus tepat satu garis vertical dengan resultan gaya berat.

Displacement kapal dapat diperoleh dari intergrasi kearah memanjang dari massa air sepanjang kapal. Distribusi gaya tekan ke atas dapat di nyatakan menjadi:

$$P = \rho g h$$

ρ = massa jenis air laut (1025 kg/m³)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

h = kedalaman permukaan (m)

2.5.1 Gelombang Sagging Hogging

Bilamana berat kapal pada bagian tengah kapal lebih besar dari pada gaya buoyancy maka kapal melengkung kebawah atau Sagging. Ini disebabkan karena terlalu banyak konsentrasi muatan pada bagian tengah kapal.

Hogging dan Sagging juga dapat disebabkan oleh pengaruh ombak pada waktu kapal berlayar.

$$M_{WV} = L^2 \cdot B \cdot c_0 \cdot c_1 \cdot c_L \cdot c_M$$

c_1 = hogging/sagging

c_{1H} = 0,19 . Cb

c_{1S} = -0,11 (Cb + 0,7)

$$c_0 = \left[10,75 \left[\frac{300-L}{100} \right]^{1,5} \right]$$

c_{MH} = 1

c_{MS} = c_v

$$c_v = \sqrt[3]{\frac{16}{1,4\sqrt{L}}}$$

2.6 Faktor Keamanan (Safety Factor)

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik dari beban 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*). Dalam tugas akhir ini acuan yang di pakai untuk factor keamanan ada tegangan ijin dari *class Lloyd's Register sebesar 175 N/mm²*.

2.7 Pemodelan pada Software

Prasyarat utama dalam beberapa analisa kekuatan adalah penentuan massa dan kekakuan struktural. konstruksi tank deck terdiri dari berbagai jenis struktur yang berbeda, dimana komponen-komponen strukturnya dimodelkan secara terpisah melalui software ber-basis Metode Elemen Hingga. Berikut adalah komponen struktur yang akan di modelkan dalam *software*.

Tabel 2.2 Ukuran komponen *ring construction tank deck*.

Komponen struktur	Ukuran (mm)
Tank Deck	
Plat deck	12
Deck Long	240 x 11 BP
Deck transverse	500 x 12 / 175 x 14 FB (T)
Center Girder	500 x 12 / 250 x 14 FB (T)
Side Girder	500 x 12 / 250 x 14 FB (T)
Hull	
Plat Hull	10
Side Long	240 x 11 BP
Web Frame	500 x 12 / 175 x 14 FB (T)
Bulkhead	
Plat Bulkhead	10
Stiffner	240 x 11 BP
Bottom	
Plat Bottom	14
Floor	800 x 12 / 250 x 14 FB (T)
Center Girder	800 x 12 / 250 x 14 FB (T)
Side Girder	800 x 12 / 250 x 14 FB (T)
Bottom Long	240 x 11 BP

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Penelitian.

Karena media untuk penelitian adalah pendekatan *software*, maka prosedur yang harus dilakukan adalah mempersiapkan data-data yang diukur dan dianalisa baik data – data teknis maupun data – data di lapangan untuk obyek yang akan diteliti. Sebagai langkah awal, untuk pemodelan bagian *ring* konstruksi *tank deck* kapal LST.

- Pengambilan data sekunder penelitian dilakukan secara langsung kepada divisi Engineering PT.DRU Lampung berupa gambar struktur kapal.
- Pengambilan data di lakukan saat melakunan

kerja praktek di PT.DRU Lampung

3.2 Studi Literature

Setelah melakukan pengumpulan data serta observasi lapangan, penulis melakukan pengkajian melalui referensi literatur baik dari buku maupun publikasi di internet antara lain tentang:

- Buku-buku perkuliahan, rules dan jurnal-jurnal tentang Metode Elemen Hingga.
- Pedoman NASTRAN-PATRAN.

3.3 Pendekatan Permodelan

Tahap pendekatan permodelan merupakan pengolahan data, dan dalam penelitian ini secara garis besar adalah untuk membuat pemodelan tank deck dan ring konstruksi pada kapal LST kemudian akan dilakukan analisa struktur menggunakan metode elemen hingga dengan program bantu NASTRAN-PATRAN, dimana tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pembuatan Tank Deck
- Proses Analisa Model

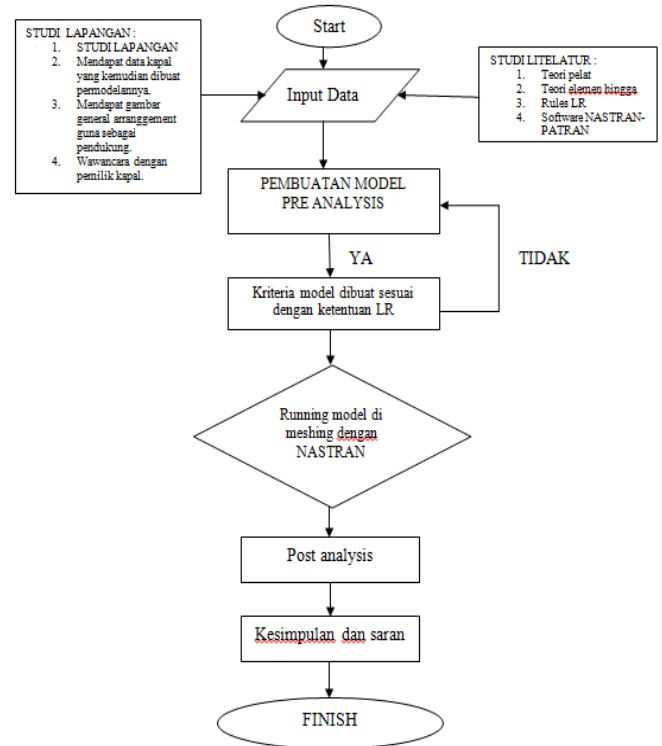
3.4 Penyajian Data Hasil Perhitungan

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

3.5 Analisa Dan Pembahasan

Merupakan bagian akhir untuk mencapai hasil penelitian, didapatkannya kesimpulan final tugas akhir sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Dari semua hasil pengolahan data berupa gambar model, *display* hasil analisis, serta parameter – parameter mekanika teknik yang diperoleh dan telah dikelompokkan maka kemudian dilakukan proses analisa dan pembahasan yang meliputi parameter mekanika yang dicari seperti tegangan maksimum, regangan, dan deformasi.

3.6 Flow chart Metodologi Penelitian

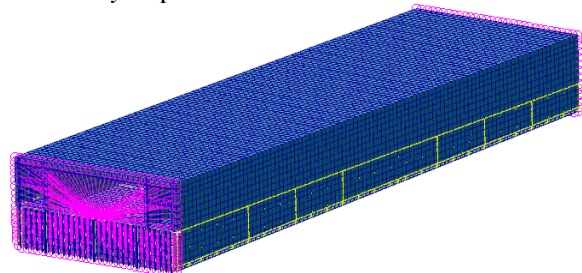


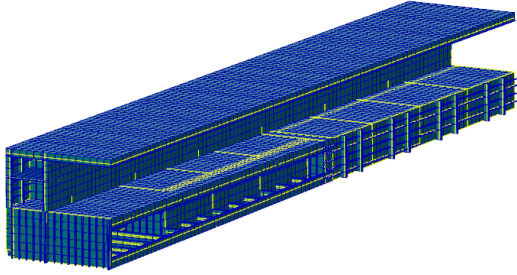
4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pembuatan Model

Kapal *Landing Ship tank* KRI Teluk Bintuni dimodelkan berdasarkan metode elemen hingga dan dibuat pemodelannya dalam program bantu Msc Patran kemudian disimulasikan analisa hasil menggunakan program bantu Msc Nastran..

Permodelan dibuat dari depan sekat kamar mesin hingga belakang sekat tubrukan. Dengan pertimbangan bagian yang paling rawan pada kapal adalah bagian *AE room*, sedangkan pertimbangan lainnya adalah mempermudah pembuatan model karena tepat pada posisi *parallel midle body* kapal.





Gambar 4.1 Permodelan dengan Msc Patran

4.2 Perhitungan Tekanan

Beban yang diterima oleh *car deck* adalah secara vertikal yang berasal dari pembebanan muatan dan beban dari *passanger deck*. Adapun macam – macam beban yang bekerja pada kapal antara lain :

- a. Tekanan hidrostatik air

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$P = 1025 \times 9,8 \times 3,5 = 35157,5 \text{ Pa}$$

- b. Momen Sagging dan hogging

$$M_{WV} = L^2 \cdot B \cdot c_0 \cdot c_1 \cdot c_L \cdot c_M$$

$$c_1 = \text{hogging/sagging}$$

$$c_1H = 0,19 \cdot 0,66$$

$$= 0,1254$$

$$c_1S = -0,11 (0,66 + 0,7)$$

$$= -0,1496$$

$$c_0 = \left[10,75 \left[\frac{300-120}{100} \right]^{1,5} \right]$$

$$= 8,33$$

$$c_MH = 1$$

$$c_MS = c_v$$

$$c_v = \sqrt[3]{\frac{16}{1,4\sqrt{120}}}$$

$$= 1,01$$

$$M_{WV}H = 360105020 \text{ N}$$

$$M_{WV}S = 418396492 \text{ N}$$

- c. Tekanan dari muatan

$$\text{Berat 1 tank leopart} = 62300 \text{ kg}$$

$$F = 62300 \times 9,8 = 610500 \text{ N}$$

$$A = \text{Luasan yang di tumpu}$$

$$= 36 \text{ elemen}$$

$$P = 610500 / 36 = 16958,33 \text{ pa}$$

$$\text{Berat 1 Panzer 2A VBL} = 55000 \text{ kg}$$

$$F = 55000 \times 9,8 = 539000 \text{ N}$$

$$A = \text{Luasan yang di tumpu}$$

$$= 36 \text{ elemen}$$

$$P = 529000 / 36 = 14972,22 \text{ pa}$$

- d. Tekanan dari bangunan atas yang berada di atas tank deck sebesar 323942,82 Pa

4.3 Kondisi Pembebanan

Kondisi pembebanan yang diambil sebagai input model berdasarkan dengan regulasi LR Part 3, Chapter 9, 3.3 ada 3 macam kondisi, seperti pada gambar:

- a. **Loading Condition 1**

Beban Hidrostatik:

$$P = 35157,5 \text{ Pa}$$

Beban konstruksi bangunan atas:

$$P = 323942,82 \text{ Pa}$$

- b. **Loading Condition 2**

Beban Muatan:

$$P = 16958,33 \text{ pa} \times 10 \text{ tank} = 169583,30 \text{ pa}$$

$$P = 14972,22 \text{ pa} \times 2 \text{ panzer} = 29944,44 \text{ pa}$$

Beban Hidrostatik:

$$P = 35157,5 \text{ Pa}$$

Beban konstruksi bangunan atas:

$$P = 323942,82 \text{ Pa}$$

4.4 Analisa Kekuatan Linear Statis

Tahap ini dilakukan untuk menghitung nilai stress tertinggi pada material pada saat variasi pembebanan dilakukan. Dengan dasar rumus:

Pada setiap variasi pembebanan akan menggunakan linear statis.

MSC Patran digunakan penulis untuk membantu perhitungan nilai tegangan agar lebih mudah, langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Proses Pendefinisian Jenis Analisa. jenis analisis yang dipakai adalah *structural*

- b. Penentuan *Material Propertie*. jenis material yang digunakan dalam model ini adalah baja *grade A*. Dimana kriteria bahan baja tersebut adalah :

$$\text{Modulus Elasticity} = 2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$\text{Shear Modulus} = 0,8 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$\text{Poisson's Ratio} = 0.3$$

$$\text{Density} = 7.85 \text{ ton/m}^3$$

- c. Proses *Meshing*

Size Element edge length 0,6, dengan parameter semakin kecil *Size* maka *meshing* akan semakin detail

- d. Penentuan Kondisi Batas

Boundary Condition digunakan untuk menentukan bentuk tumpuan dari objek yang dianalisa merut aturan CSR. Penentuan *Boundary Condition* dilakukan sesuai tabel berikut:

Tabel 4.1 Tabel Batas Kondisi

lokasi titik independen	Translasi		
	sumbu x	sumbu y	sumbu z
titik independen pada ujung belakang	-	fix	Fix
titik independen pada ujung depan	fix	fix	Fix

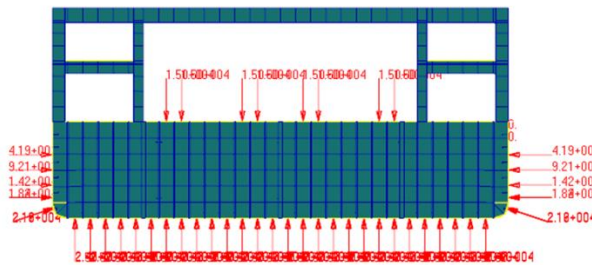
lokasi titik independen	Rotasi		
	sumbu x	sumbu y	sumbu z
titik independen pada ujung belakang	fix	-	-
titik independen pada ujung depan	fix	-	-

e. Penentuan *Inertial Loads*

Input Inertial Loads bertujuan untuk memberikan gaya tekan ke bawah sebesar gaya gravitasi bumi.

f. Penentuan *pressure*

Pressure diberikan berdasarkan pada perencanaan asumsi pembebanan dan dimasukkan sesuai dengan perhitungan tekanan.



Gambar 4.2 Hasil *input pressure*

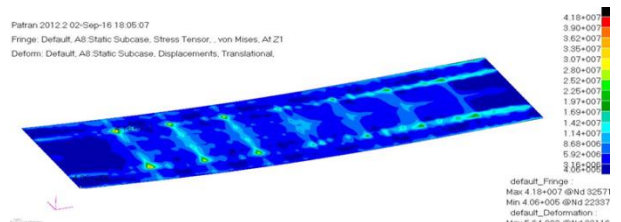
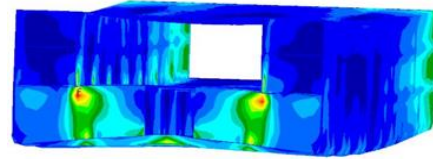
Bagian model yang menerima *pressure* dari air laut adalah pelat sisi dan pelat alas bagian luar. Bagian model yang menerima *pressure* dari muatan adalah bagian deck.

g. Penentuan *Solution Type*

Pada tugas akhir ini penulis menggunakan *solution type*, yaitu *Linear Static*.

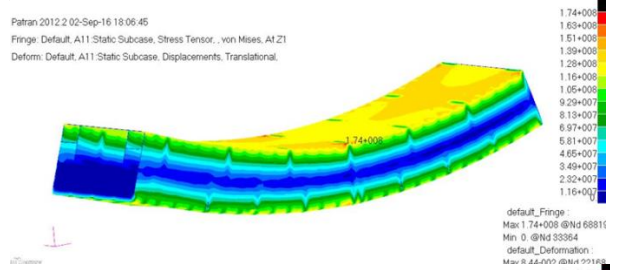
4.5 Analisis pada software.

Dalam tahap *postprocessing* akan dapat diketahui hasil dari *running* perhitungan *software* sesuai dengan masing-masing kejadian variasi pembebanan. Nantinya didapatkan hasil *stress* tertinggi dan lokasi *hotspot stress*. Berikut ada *hotspot stress* pada tiap-tiap kondisi pembebanan:



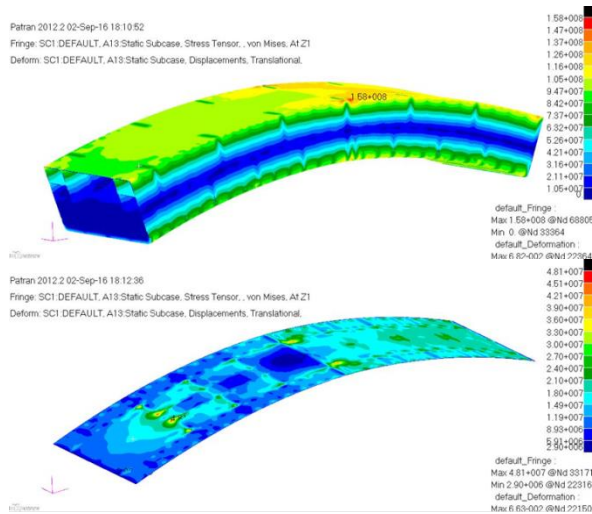
Gambar 4.4 kondisi air tenang

Tegangan maksimal yang terjadi adalah sebesar $6,50 \times 10^7$ Pa dan nilai deformasi maksimal sebesar 0,91 cm Tegangan maksimal terjadi di bawah tank deck pada pertemuan side girde dengan sekat FWT, yang mendapat tekanan dari muatan, bangunan di atas tank deck, tekanan air laut dan juga karena bentangan struktur yang panjang di antara sekat kamar mesin dengan sekat tersebut, sehingga memberi tegangan yang besar pada bagian tersebut.



Gambar 4.4 kondisi sagging

Pada kondisi ini tegangan maksimal yang terjadi adalah sebesar $1,74 \times 10^8$ Pa dan nilai deformasi maksimal sebesar 8,44 cm Tegangan maksimal yang terjadi pada plat *deck* dan plat *side hull* yang di tumpu deck transvers di bagian midship, yang mendapat tekanan yang besar dari beban muatan, bangunan di atasnya dan gaya gelombang sagging, sehingga memberi tegangan yang besar pada bagian tersebut.



Gambar 4. kondisi hogging

Tegangan maksimal yang terjadi adalah sebesar $1,58 \times 10^8$ Pa dan nilai deformasi maksimal sebesar 6,82 cm. Tegangan maksimal yang terjadi pada plat deck dan plat side hull yang di tumpu deck transvers di bagian midship, yang mendapat tekanan yang besar dari beban muatan, bangunan di atasnya dan gaya gelombang hogging, sehingga memberi tegangan yang besar pada bagian tersebut.

4.6 Rekap hasil analisis

a. Rekap hasil analisis pada keseluruhan struktur

Tabel 4.2 Perhitungan Rekap hasil analisis pada keseluruhan struktur

Condition	σ Max (N/mm ²)	E Max (cm)
Load Condition 1		
Air Tenang	65,0	0,91
Sagging	174,0	8,44
Hogging	158,0	6,82
Load Condition 2		
Air Tenang	96,6	1,68
Sagging	170,0	7,90
Hogging	142,0	5,91

b. Rekap hasil analisis pada struktur deck.

Tabel 4.3 Perhitungan Rekap hasil analisis pada struktur deck.

Condition	σ Max (N/mm ²)	E Max (cm)
Load Condition 1		
Air Tenang	41,8	0,56
Sagging	54,6	8,21
Hogging	48,1	6,63
Load Condition 2		
Air Tenang	63,3	0,67
Sagging	53,0	8,13
Hogging	54,6	5,72

4.7 Perhitungan Safety Factor dan Tegangan Izin

a. Perhitungan *safety factor* dan tegangan izin disesuaikan menurut rules masing-masing, yakni LR Part 3, Chapter 4, Section 5.6.1

Tabel 4.4 Perhitungan *safety factor loading condition* menurut tegangan izin pada keseluruhan struktur.

Condition	σ Max (N/mm ²)	σ Ijin (cm)	Safety Factor	Ket
Load Condition 1				
Air Tenang	65,0	175	2,69	Ok
Sagging	174,0	175	1,00	Ok
Hogging	158,0	175	1,10	Ok
Load Condition 2				
Air Tenang	96,6	175	1,81	Ok
Sagging	170,0	175	1,02	Ok
Hogging	142,0	175	1,23	Ok

Tabel 4.5 Perhitungan *safety factor loading condition* menurut tegangan izin pada *deck structure*.

Condition	σ Max (N/mm ²)	σ Ijin (cm)	Safety Factor	Ket
Load Condition 1				
Air Tenang	41,8	175	4,18	Ok
Sagging	54,6	175	3,20	Ok
Hogging	48,1	175	3,63	Ok
Load Condition 2				
Air Tenang	63,3	175	2,76	Ok
Sagging	53,0	175	3,30	Ok
Hogging	54,6	175	3,20	Ok

- b. Perhitungan *safety factor* menurut kriteria bahan menurut rules masing-masing, yakni LR Part 3, Capter 2, Section 1.2

Tabel 4.6 Perhitungan *safety factor loading condition* menurut kriteria bahan pada keseluruhan struktur.

Condition	σ Max (N/mm ²)	σ Ijin (cm)	Safety Factor	Ket
Load Condition 1				
Air Tenang	65,0	235	3,61	Ok
Sagging	174,0	235	1,35	Ok
Hogging	158,0	235	1,48	Ok
Load Condition 2				
Air Tenang	96,6	235	2,43	Ok
Sagging	170,0	235	1,38	Ok
Hogging	142,0	235	1,65	Ok

Tabel 4.7 Perhitungan *safety factor loading condition* menurut kriteria bahan pada *deck structure*.

Condition	σ Max (N/mm ²)	σ Ijin (cm)	Safety Factor	Ket
Load Condition 1				
Air Tenang	41,8	235	5,62	Ok
Sagging	54,6	235	4,30	Ok
Hogging	48,1	235	4,88	Ok
Load Condition 2				
Air Tenang	63,3	235	3,71	Ok
Sagging	53,0	235	4,43	Ok
Hogging	54,6	235	4,30	Ok

4.7 Validasi model

Validasi dari hasil perhitungan merupakan suatu hal yang penting karena hal ini akan menunjukkan keakuratan perhitungan dari suatu pemodelan. Cara yang ditempuh untuk melakukan validasi adalah dengan melakukan perbandingan hasil perhitungan antara perhitungan software dengan perhitungan manual (sesuai dengan rumus). Perhitungan manual yang akan dilakukan dengan Menggunakan rumus mekanika teknik.

- a. Perhitungan manual

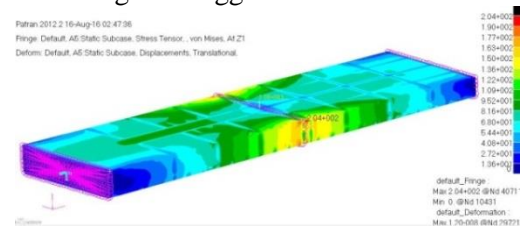
$$f_5 = \frac{21 \cdot M \cdot L^2}{348 \cdot E \cdot I}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I = \frac{18 \times 3,8^3}{12} = 82,3$$

$$f_5 = \frac{21 \times 1000 \times 61.2^2}{348 \times 2,1 \times 100000000000 \times 82,23} = 1,30 \times 10^{-8}$$

- b. Perhitungan menggunakan software



Gambar 4.6 Validasi menggunakan software

Tabel 4.7 Validasi Model

Perhitungan	Software	Koreksi
$1,30 \times 10^{-8}$	$1,20 \times 10^{-8}$	92,3%

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisa struktur konstruksi tank deck kapal LST KRI.Teluk Bintuni dengan menggunakan program Msc Patran dan Nastran dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Karakteristik tegangan pada *tank deck* kapal LST KRI.Teluk Bintuni dalam beberapa variasi kondisi dengan analisa menggunakan program numerik MSC Nاستan – Patran adalah sebagai berikut :
 - Loading Condition 1 tegangan ring construction deck yang tanpa muatan pada saat air tenang 65 N/mm², saat sagging 174 N/mm, saat hogging 158,2 N/mm²

- b. Loading Condition 2 tegangan ring construction deck yang berisi 12 unit Tank Leopard dan 2 unit Panzer 2A VBL pada saat air tenang 96,6 N/mm², saat sagging 170 N/mm, saat hogging 142 N/mm²
 - c. Loading Condition 1 tegangan konstruksi tank deck yang tanpa muatan pada saat air tenang 41,8 N/mm², saat sagging 54,6 N/mm, saat hogging 48,1 N/mm²
 - d. Loading Condition 2 tegangan konstruksi tank deck yang tanpa muatan pada saat air tenang 63,3 N/mm², saat sagging 53,0 N/mm, saat hogging 54,6 N/mm²
2. Tegangan von Mises terbesar pada keseluruhan *ring* konstruksi terjadi pada Loading Condition 1, yaitu 174 N/mm². Tegangan maksimal tersebut masih berada dibawah σ ijin sebesar 175 N/mm², oleh karna itu dapat dikatakan struktur konstruksi tank deck kapal LST KRI.Teluk Bintuni berada pada kondisi aman.Pada kontruksi tank deck tegangan maksimal selalu terjadi pada Tegangan maksimal terjadi pada pertemuan antara *side girder* dengan sekat, yang mendapat tekanan yang besar beban muatan dan struktur bangunan atas, sehingga memberi tegangan yang besar pada bagian tersebut.

5.2 Saran

1. Pemodelan dengan menggunakan metode Elemen hingga sangat bergantung kepada jumlah elemen yang dipergunakan dan kesesuaian pemberian constraint dan load sesuai tempatnya pada suatu model. Sehingga untuk mendapatkan hasil pemodelan yang lebih baik hendaknya pembuatan model dilakukan dengan pembagian mesh yang lebih banyak lagi, terutama pada daerah yang menjadi mengalami pemusatan tegangan. Dengan demikian hasil yang akan didapat mendekati kondisi sesungguhnya.
2. Penambahan jumlah load kondisi sesuai pada lapangan dan pemodelan dalam software yang lebih lengkap sesuai bentuk kapal aslinya akan menambah keakuratan dari analisa kelelahan pada suatu material

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amal, Galang Choirun. 2016. Analisa Kekuatan Struktur FPSO Sevan Marine dengan FEM di Perairan Lepas Pantai Utara Natuna-Indonesia, Tugas Akhir, Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Undip: Semarang
- [2] Biro Klasifikasi Indonesia, PT. Persero. 2014. Rules for Classification and Construction of Sea Going Steel Ship Volume II : Rules for Hull Edition 2014, Jakarta : Biro Klasifikasi Indonesia
- [3] Harahap, Amhar Wahyudi. 2015. Studi Perancangan Sistem Penggadingan Pada Konstruksi Ruang Muat Kapal Super Container Malacca-Max, Tugas Akhir, Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Undip: Semarang
- [4] Handayanu. 2014. Metode Elemen Hingga. Jurusan Teknik Kelautan ITS: Surabaya
- [5] Imam Pujo Mulyatno dan Anggriawan, Pratama. 2011. Analisa Kekuatan Pada Car Deck Kapal KM.Darma Ferry 3 Dengan Metode Elemen Hingga, Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Undip: Semarang
- [6] Lloyd's Register Group. 2016. Rules and Regulations for the Classification of Ship,. United Kingdom : Lloyd's Register Group Limited Registered office
- [7] Rosyid, Daniel Muhammad. Setyawan, Dony. 1987. Kekuatan Struktur Kapal. Pradnya Paramitha: Jakarta
- [8] The MSC Software Corporation. 1999. Practical Finite Element Modeling Techniques using MSC. NASTRAN, Colorado: The MacNeal-Schwendler Corporation
- [9] Yunanto, Wahyu Dwi. 2014. Analisa Kontruksi Car Deck Kapal Ropax 5000gt Dengan Metode Elemen Hingga, Tugas Akhir, Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Undip: Semarang