

ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI CAR DECK PADA KAPAL KM. DHARMA FERRY 3 DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Imam Pujo Mulyatno, Anggriawan Pratama

Abstrak

Kapal merupakan sebuah sistem rekayasa bergerak buatan manusia yang terbesar. Kompleksitasnya sebagian besar disebabkan oleh tuntutan *self – supporting capability* di lingkungan laut yang tidak *readily habitable*. Salah satu subsistem penyusun sistem rekayasa tersebut adalah konstruksinya. Dalam sebuah sistem konstruksi, kekuatan merupakan struktur terpenting dalam sebuah kapal sebab fungsinya adalah untuk menjamin keselamatan daripada awak kapal, penumpang, dan muatannya. Kapal KM. DHARMA FERRY 3 adalah *type Ro – RoPassanger Ship* milik perusahaan PT. Dharma Lautan Utama yang beroperasi di Selat Sunda dengan rute pelayaran Pelabuhan Merak – Bakauheni. Dalam rute pelayaran tersebut yang ditempuh dalam waktu kurang lebih dua setengah jam, hal ini mengharuskan kondisi kapal selalu 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. Penelitian tentang konstruksi kekuatan *car deck* kapal KM. DHARMA FERRY 3 perlu diperhatikan dan dilakukan, dimana tegangan yang diakibatkan oleh beban yang mengenainya tidak boleh melebihi batas maksimum σ_{yield} bahan dan σ_{ijin} berdasarkan rules dari klas, adapun acuan rules yang dipakai dalam penelitian ini adalah berdasarkan rules Biro Klasifikasi Indonesia.

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan analisa *local stress* yang terjadi pada *car deck* kapal KM. DHARMA FERRY 3 dengan bantuan program numerik MSC Software. Analisa yang digunakan adalah analisa beban statis untuk mengetahui karakteristik dan letak tegangan terbesar dari struktur konstruksi *car deck* berdasarkan empat variasi kondisi keadaan kapal menggunakan metode elemen hingga. Hasil analisa menggunakan program numerik MSC Software didapatkan hasil *maximum stress* pada sistem konstruksi *car deck* sebesar 482 N/mm^2 di lokasi node 52 pada saat kondisi *sagging*. Kondisi ini tidak aman karena nilai tegangan maksimum yang terjadi masih dibawah σ_{yield} dan σ_{ijin} berdasarkan rules BKI, serta memiliki faktor keamanan masing – masing sebesar 0,82 dan 0,44. Setelah dilakukan analisa penambahan ketebalan pelat geladak menjadi 26 mm dan penambahan grade R_{EH} material menjadi 390 N/mm^2 , maka didapatkan hasil *maximum stress* menjadi sebesar 323 N/mm^2 dimana daerah paling kritis terjadi pada node 52. Kondisi ini aman karena nilai *maximum stress* yang terjadi memiliki σ_{yield} dan σ_{ijin} berdasarkan ketentuan rules BKI, serta memiliki faktor keamanan masing – masing sebesar 1,23 dan 1,01.

1. Pendahuluan

Pada semua konstruksi teknik, bagian – bagian pelengkap suatu bangunan atau struktur harus diberi ukuran – ukuran fisik tertentu. Bagian – bagian tersebut harus diukur dengan tepat untuk dapat menahan gaya – gaya yang sesungguhnya atau yang mungkin akan dibebankan kepadanya. Demikian pula, bagian – bagian suatu struktur komposit harus cukup tegar hingga tidak akan melentur atau melengkung secara berlebihan jika bekerja di bawah beban yang diberikan.

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

Dalam peraturan klasifikasi kapal umumnya tidak membutuhkan analisa dinamis dari konstruksi dek kapal. Namun, dengan perencanaan konstruksi dek yang ringan, maka akan mempunyai frekuensi natural dalam kondisi dek tanpa pembebanan dan secara relatif akan mempunyai frekuensi kecil dalam kondisi dek dalam pembebanan maksimal, apabila dibandingkan dengan konstruksi dek pada umumnya. Dengan alasan untuk meminimalisir jumlah dari konstruksi dan juga membatasi tingkat deformasi. Hal itu tidak membuktikan bahwa naiknya tingkat tegangan akan mempengaruhi tingkat deformasi untuk kondisi pembebanan maksimum.

Ada tiga macam tipe dari *lightweight* dari konstruksi dek, tipe yang pertama adalah penggunaan aluminium untuk panel – panel yang dapat secara signifikan mengurangi

beban tetapi biaya untuk konstruksi dan materialnya relatif lebih besar dari konstruksi dek pada umumnya. Tipe yang kedua adalah konstruksi dek dengan menggunakan bahan material komposit (*Fibreglass Reinforced Plastic*) untuk fabrikasi konstruksinya. Tipe yang ketiga adalah konstruksi dek dengan menggunakan baja tegangan tinggi. Dek pada kapal KM DHARMA FERRY 3 terdiri dari 3 dek utama yaitu *car deck*, *passanger deck I*, dan *passanger deck II (navigation deck)*. Adapun fungsi dari *car deck* KM. DHARMA FERRY 3 adalah untuk menampung muatan yang berupa kendaraan. Sebagai tempat untuk

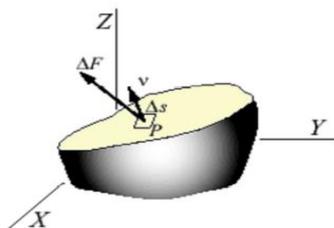
2. Dasar Teori

2.1 Definisi Deck

Deck merupakan suatu dek atau geladak pada kapal yang berguna untuk menampung muatan berupa, biasanya terdapat hampir pada seluruh kapal dibedakan berdasarkan fungsinya. *Deck* adalah komponen struktur konstruksi yang vital karena perannya dapat berfungsi ganda yaitu sebagai pondasi struktur di atasnya. Terutama pada deck kapal penumpang peran deck berfungsi ganda yaitu sebagai penopang deck atau bangunan super structure di atasnya.

2.2 Tegangan

Pada umumnya tegangan adalah gaya dalam yang bekerja pada luasan yang kecil tak berhingga pada sebuah potongan dan terdiri dari bermacam – macam besaran dan arah.



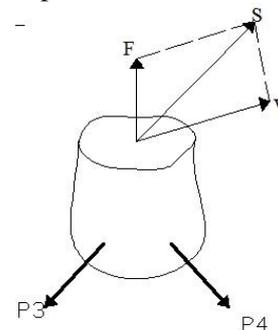
Gambar 2.1 Pengirisan sebuah benda

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

muatan tentunya perencanaan konstruksi dek sangat penting mengingat beban yang diterima adalah beban yang variabel dalam segi beratnya. Oleh karena itu beban yang diterima *car deck* dapat dikatakan beban dinamis tergantung dari jumlah pemuatan kendaraan.

Dalam penelitian yang pernah dilakukan oleh Junbo Jia dan Anders Ulfvarson yang berjudul “*Structural Behaviour of a High Tensile Steel Deck using Trapezoidal Stiffeners and Dynamics of Vehicle – Deck Interactions*”. Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah metode elemen hingga (*finite element*) dengan bantuan software numerik.

gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (normal stress) pada sebuah titik



Gambar 2.2 Komponen normal dan geser dari tegangan geser

2.3 Hubungan Regangan dan Perpindahan

Hubungan regangan-perpindahan dapat dinyatakan sebagai berikut pada persamaan 1 dibawah ini :

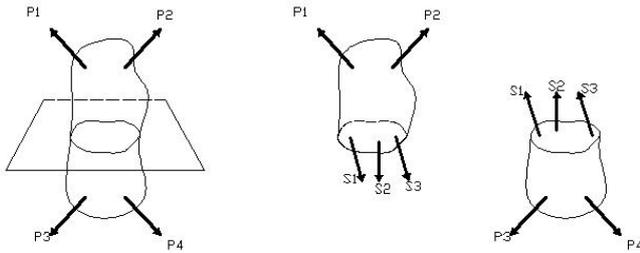
$$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \quad \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}$$

Perpindahan u dan v dinyatakan sebagai persamaan 2 dibawah ini :

$$u = -z \frac{\partial w}{\partial x} \quad v = -z \frac{\partial w}{\partial y}$$

Dengan memasukkan persamaan 1 ke persamaan 2 akan didapat persamaan:

$$\epsilon_x = -z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \quad \epsilon_y = -z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \quad \gamma_{xy} = -2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$$



2.4 Hubungan Tegangan Regangan

Hubungan tegangan-regangan pada suatu bahan homogen isotropik, elastis didasarkan pada hukum Hooke untuk tegangan tiga dimensi. Secara umum hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{1}{E}[\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] & \epsilon_y &= \frac{1}{E}[\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)] & \epsilon_z &= \frac{1}{E}[\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \\ \gamma_{xy} &= \frac{\tau_{xy}}{G} & \gamma_{yz} &= \frac{\tau_{yz}}{G} & G &= \frac{E}{2(1+\nu)} \end{aligned}$$

2.5 Sifat – sifat Material

Suatu material yang kaku tentunya memiliki fleksibilitas meskipun material tersebut terbuat dari baja. Material baja meskipun dibebani dengan beban yang besar tentunya akan memiliki nilai elastisitas walaupun kecil sehingga dapat merubah bentuknya secara perlahan. Kekakuan suatu material sangat penting dalam perancangan suatu komponen konstruksi, sebab kekakuan tersebut nantinya akan menimbulkan masalah akibat pembebanan yang besar. Untuk mengatasi hal tersebut tiap material suatu komponen konstruksi memiliki nilai Modulus Young yang besarnya berbeda untuk tiap – tiap materialnya.

1. Ketangguhan (*Toughness*)

Ketangguhan adalah kemampuan atau kapasitas bahan untuk menyerap energy sampai patah atau penahanan suatu material terhadap pecah menjadi dua, dengan suatu retakan melintang ini disebut ‘retak’ serta menyerap energi. Jumlah energy yang diserap selama retak tergantung pada ukuran komponen yang pecah menjadi dua. Jumlah energi yang diserap setiap satuan luas dari retakan adalah tetap untuk material yang ditentukan dan ini disebut ketangguhan juga.

2. Pemanjangan (*Elongation*)

Pemanjangan sampai kegagalan (*failure*) adalah suatu ukuran keliatan suatu material, dengan kata lain adalah jumlah regangan yang dapat dialami oleh bahan sebelum terjadi kegagalan dalam pengujian tarik.

3. Kepadatan (*Density*)

Kepadatan (*Density*) adalah suatu ukuran berapa berat suatu benda untuk ukuran yang ditentukan, yaitu massa material setiap satuan volume. Perubahan temperatur tidak secara mantap (signifikan) mempengaruhi kepadatan suatu material walaupun material bertambah luas ketika dipanaskan, perubahan ukuran adalah sangat kecil.

4. Kelentingan (*Resilience*)

Kelentingan adalah kemampuan material menyerap energi saat material mengalami deformasi elastic.

5. Keliatan (*Ductility*)

Keliatan adalah ukuran derajat deformasi plastis yang telah dialami saat patah. Material yang mengalami deformasi plastis yang tinggi disebut material yang liat (*ductile*). Sedang material yang mengalami sedikit atau tidak mengalami deformasi plastis disebut material getas (*brittle*).

2.6 Faktor Kemanan (*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 ini dengan luas penampang, kita akan memperoleh kekuatan ultimate (*ultimate strength*) atau tegangan ultimate (*ultimate stress*) dari suatu bahan. Tabel dibawah ini memberikan kekuatan – kekuatan *ultimate* dan sifat – sifat fisis yang lain dari beberapa bahan. Untuk disain bagian – bagian struktur tingkat tegangan disebut tegangan ijin (*allowable stress*) dibuat benar – benar lebih rendah daripada kekuatan *ultimate* yang diperoleh dari pengujian “statis”. Hal ini penting untuk

berbagai pertimbangan. Besar gaya yang dapat bekerja pada bangunan yang dirancang jarang diketahui secara pasti.

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 :

$$FS = \frac{\sigma_{Ultimate}}{\sigma_{ijin}}$$

2.7 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga (*finite element*) memperluas metode matriks perpindahan ke analisis kontinum struktural. Kontinum elastis suatu pelat diganti dengan struktur pengganti, yang terdiri dari elemen-elemen diskrit yang saling berhubungan hanya di titik-titik simpul. Hubungan ini bersifat sedemikian rupa sehingga kontinuitas tegangan dan perpindahan yang sebenarnya pada pelat bisa didekati oleh perpindahan titik simpul elemen tersebut.

2.8 Pelat Ortotropis

Jika suatu bahan yang homogen memiliki tiga bidang simetri yang saling tegak lurus terhadap sifat elastisnya, maka bahan tersebut dikatakan bersifat ortotropis (yaitu anisotropis ortogonal). Pelat ortotropis banyak dipakai dalam bidang teknik sipil, perkapalan dan pesawat udara. Walaupun perilaku struktur gabungan pelat-penguat (*stiffener*) tidak bisa digantikan secara lengkap oleh perilaku pelat ortotropis, hasil pengujian menunjukkan idealisasi ini relatif baik, asalkan ketegaran lenturanya seragam dan merata dalam arah X dan Y.

3. Metodologi

Penelitian Tugas Akhir “ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI CAR DECK PADA KAPAL KM. DHARMA FERRY 3” bertujuan untuk mengetahui kekuatan konstruksi *car deck* setelah mengalami beberapa macam kondisi pembebanan. Dalam penyusunannya Tugas Akhir ini perlu disusun adanya kerangka dasar yang digunakan sebagai

acuan untuk menganalisa studi kasus tersebut. 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 KONSTRUKSI CAR DECK PADA KAPAL KM. DHARMA FERRY 3” perlu dilakukan studi lapangan yang bertujuan untuk melengkapi kebutuhan data untuk pengerjaan Tugas Akhir ini, adapun studi lapangan tersebut antara lain :

- 3.1.1 Pengambilan Data Penelitian
Studi lapangan dilakukan secara langsung dan wawancara, diantaranya :
 1. Data Primer
 2. Data Sekunder
- 3.1.2 Waktu dan Tempat Penelitian
- 3.1.3 Pengumpulan Data

3.2 Studi Literatur

Mempelajari sistematika perhitungan yang akan dikemukakan di dalam Tugas Akhir dari berbagai referensi baik berupa buku, jurnal, dan lain – lain. Dasar – dasar teori dan referensi yang dijadikan untuk pengolahan data dan membahas data – data penelitian antara lain :

1. Teori Mekanika Teknik
2. Teori Pelat
3. Teori Metode Elemen Hingga
4. Peraturan Konstruksi Kapal sesuai rule BKI vol.II 2006 “*Rules for Hull*”

Manual book dari beberapa software yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain :

1. *Delfship*
2. *Hydromax*
3. *MSC Nastran – Patran*

3.3 Pembuatan Desain Model

Dari data awal yang telah diambil, kemudian dilakukan pembuatan model dengan menggunakan program MSC Patran Pembuatan model dilakukan dengan prosedur pemodelan MSC Nastran yaitu :

1. Membuat geometri dari objek yang akan dianalisa. Proses ini bisa dilakukan dengan sembarang software CAD yang bisa menghasilkan file yang bisa dibaca oleh Nastran, dalam hal ini file dengan extention *.IGS. Software tersebut misalnya CATIA, Pro/E atau SolidWork, dan seterusnya.
2. Membuat model elemen hingga. Pembuatan model elemen hingga adalah pembuatan jaring-jaring elemen yang saling terhubung oleh nodal.
3. Pengecekan model dengan *Check Model* dimaksudkan untuk menjamin bahwa element sudah terkoneksi secara benar.
4. Pendefinisian material.
5. Pendefinisian jenis element.
6. Pemberian tumpuan atau beban.

3.4 Analisa Model

Dari output *pre analysis* MSC Patran, dengan menggunakan program MSC Nastran dijalankan proses analysis melalui input file model yang dianalisis (.*bdf*) dimana file yang nanti akan dibaca pada *post processing* adalah file .*op2*.

3.5 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.

3.6 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. Penelitian ini dimulai dengan tahap pengumpulan data – data penunjang untuk penelitian Tugas Akhir yang kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data dan dilanjutkan ke tahap

analisa yaitu didapatkan output yang sesuai dengan tujuan awal penelitian, sehingga diperoleh kesimpulan akhir.

4. Analisa dan Pembahasan

4.1 Definisi Car Deck

Car Deck merupakan suatu dek atau geladak pada kapal yang berguna untuk menampung muatan berupa kendaraan, biasanya terdapat pada kapal ferry. *Car deck* adalah komponen struktur konstruksi yang vital karena perannya yang tidak hanya untuk menampung muatan kendaraan namun juga menopang dek yang ada di atasnya. Pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 tampak *car deck* kapal KM. DHARMA FERRY 3 yang akan digunakan sebagai acuan untuk pembuatan model *car deck* pada program bantu MSC Patran disamping itu juga digunakan gambar – gambar rencana konstruksi profil sebagai referensi pemodelan

Ship Name	: KM. DHARMA FERRY 3
Ship Type	: Kapal Ferry
Build in	: Maehata Shipyard Japan
Owner	: PT. Dharma Lautan Utama
Class	: Biro Klasifikasi Indonesia
Main Dimension	:
LoA	= 67,51 m
LwL	= 62,34 m
Lpp	= 60,00 m
B	= 12,80 m
H	= 3,90 m
T	= 3,00 m
Cb	= 0,60
a	= 0,60
Displ.	= 1274,73 ton
Vs	= 12,50 knot
Main Engine	= 1000 HP x 2



Gambar 3.1 KM. DHARMA FERRY 3



Gambar 3.2 Car deck KM. DHARMA FERRY 3 (afterpeak)



Gambar 3.3 Car deck KM. DHARMA FERRY 3 (forepeak)

4.2 Definisi Beban

Beban yang diterima oleh *car deck* adalah secara vertikal yang berasal dari pembebanan muatan maupun beban dari *passanger deck*. Pengkondisian

pembebanan disesuaikan dengan sumbu ordinat pada program numerik MSC Patran. *Input properties* pembebanan yang dimasukkan pada program numerik MSC Patran bersifat tetap, sebab analisa yang digunakan adalah *static analysis*. Adapun macam – macam beban yang bekerja pada kapal antara lain :

1. Beban Statis

Beban Statis adalah beban yang berubah apabila berat total kapal berubah, sebagai akibat kegiatan bongkar muat, pemakaian bahan bakar atau perubahan pada kapal itu sendiri. Pembebanan statis merupakan jenis pembebanan yang bersifat tetap, dalam hal ini adalah pembebanan kendaraan dengan asumsi besarnya tidak berubah. Pembebanan statis yang diterima oleh *car deck* antara lain beban geladak, beban *passanger deck*, beban kendaraan.

2. Beban Dinamis

Beban Dinamis adalah beban yang besarnya berubah terhadap waktu dengan frekuensi tertentu yang menimbulkan respon getaran terhadap struktur kapal.

3. Beban Tumbuk

Beban tumbuk merupakan beban yang terjadi akibat *slamming* atau pukulan gelombang pada lunas, haluan atau bagian kapal lainnya termasuk masuknya air di atas geladak.

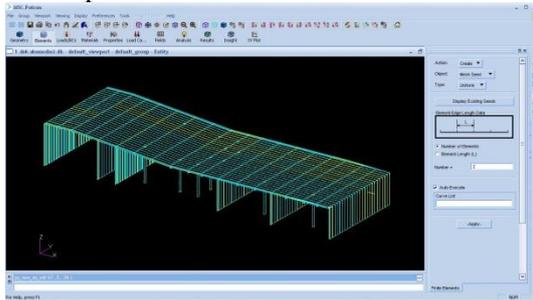
4.3 Pemodelan Car Deck

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisa statis dari *car deck* pada KM.DHARMA FERRY 3 yang dimodelkan dengan program numerik MSC Patran kemudian disimulasikan agar diketahui hasil analisisnya dengan menggunakan program numerik MSC Nastran yang berbasis metode elemen hingga. Hasil dari serangkaian analisa yang didapatkan adalah untuk mengetahui nilai *maximum stress* serta besarnya tingkat defleksi dari struktur *car deck*. Besarnya tegangan dari struktur *car deck* yang didapat akan digunakan untuk mengetahui parameter – parameter analisa kegagalan dari sebuah desain struktur.

Adapun *input properties* untuk pemodelan *car deck* yang digunakan berdasarkan beberapa variasi kondisi pembebanan antara lain :

- Kondisi *car deck* tanpa muatan
- Kondisi *car deck* dengan muatan
- Kondisi hogging
- Kondisi sagging

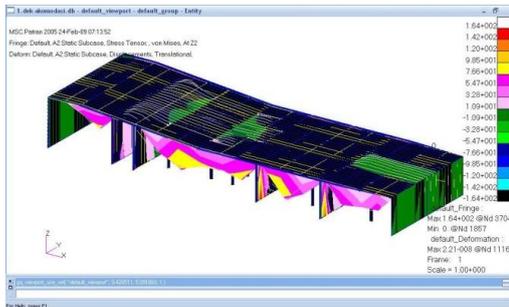
Analisa pembebanan yang digunakan adalah *linear static analysis* untuk memperoleh kekuatan struktur suatu pemodelan agar diketahui dimana daerah letak terjadinya tegangan paling kritis akibat pembebanan.



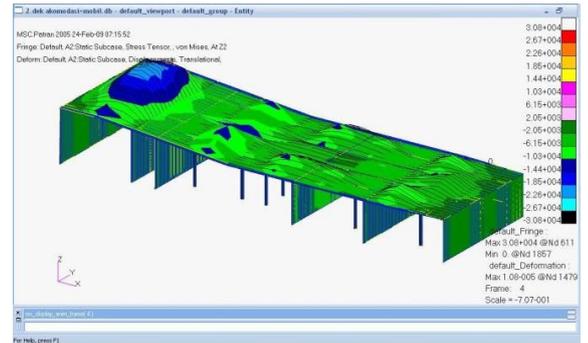
Gambar 3.4 Pemodelan car deck KM. DHARMA FERRY 3

4.4 Hasil Analisa Perhitungan

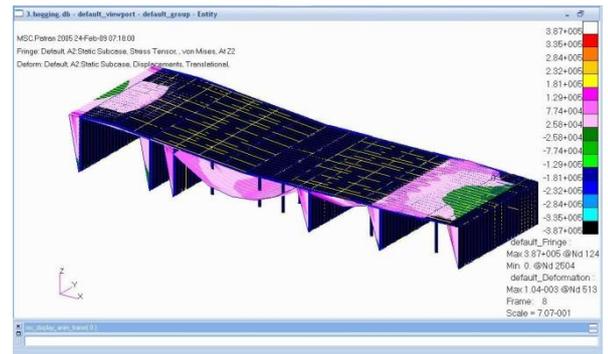
Besarnya *maximum stress* yang terjadi pada *car deck* adalah sebagai berikut untuk tiap – tiap kondisi pembebanan :



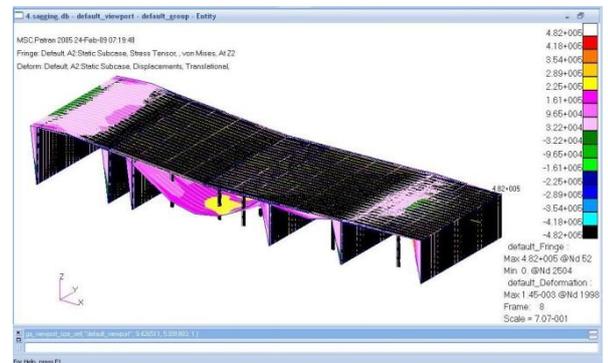
Gambar 3.5 Kondisi *car deck* tanpa muatan



Gambar 3.6 Kondisi *car deck* dengan muatan



Gambar 3.7 Kondisi hogging



Gambar 4.9 Kondisi sagging

Tabel 1 Perhitungan *safety factor* menurut kriteria bahan

Kondisi Pembebanan	Node	Maximum stress	Node	Default Deformation	Tegangan Ijin	Safety Factor	Ket.
Kondisi car deck tanpa muatan	3704	0,144 N/mm ²	1116	2,21x10 ⁻⁸	400 N/mm ²	2777,77	Memenuhi
Kondisi car deck berlayar dengan muatan	612	28,7 N/mm ²	1479	1,08x10 ⁻⁵	400 N/mm ²	13,39	Memenuhi
Kondisi hogging	124	358 N/mm ²	1998	1,04x10 ⁻³	400 N/mm ²	1,12	Memenuhi
Kondisi sagging	52	482 N/mm ²	1998	1,45x10 ⁻³	400 N/mm ²	0,82	Tidak Memenuhi

Tabel 2 Perhitungan *safety factor* menurut standar BKI

Kondisi Pembebanan	Node	Maximum stress	Node	Default Deformation	Tegangan Ijin	Safety Factor	Ket.
Kondisi car deck tanpa muatan	3704	0,144 N/mm ²	1116	2,21x10 ⁻⁸	216,59 N/mm ²	1504,09	Memenuhi
Kondisi car deck berlayar dengan muatan	612	28,7 N/mm ²	1479	1,08x10 ⁻⁵	216,59 N/mm ²	7,54	Memenuhi
Kondisi hogging	124	358 N/mm ²	1998	1,04x10 ⁻³	216,59 N/mm ²	0,605	Tidak Memenuhi
Kondisi sagging	52	482 N/mm ²	1998	1,45x10 ⁻³	216,59 N/mm ²	0,44	Tidak Memenuhi

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Dari analisa kekuatan konstruksi *car deck* kapal KM.DHARMA FERRY 3 menggunakan program numerik MSC Patran dan MSC Nastran dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Karakteristik tegangan pada *car deck* KM. DHARMA FERRY 3 dalam beberapa variasi kondisi dengan analisa menggunakan program numerik MSC Nاستan – Patran adalah sebagai berikut :
 - Kondisi *car deck* tanpa muatan = 0,1444 N/mm²
 - Kondisi *car deck* dengan muatan = 28,7 N/mm²
 - Kondisi hogging = 358 N/mm²

- Kondisi sagging = 482 N/mm²

- Maximum stress* terbesar terjadi pada kondisi *car deck* dengan muatan kendaraan pada posisi sagging yaitu senilai 482 N/mm² dimana daerah paling kritis terjadi pada node 52. Tegangan ini tidak aman karena setelah dibandingkan dengan tegangan ijin (σ_{ijin}) berdasarkan rules BKI sebesar 216 N/mm² memiliki faktor keamanan (*safety of factor*) sebesar 0,44 (memiliki faktor keamanan dibawah 1).
- Setelah dilakukan analisa penambahan ketebalan pelat menjadi 26 mm dan penambahan R_{EH} material menjadi 390 N/mm², maka didapatkan hasil analisa:

Maximum stress dapat diperkecil menjadi sebesar 323 N/mm² dimana daerah paling kritis terjadi pada node 52. Tegangan ini aman karena setelah dibandingkan dengan tegangan ijin (σ_{ijin}) berdasarkan rules BKI sebesar 323,23 N/mm² memiliki faktor keamanan (*safety of factor*) sebesar 1,01 (memiliki faktor keamanan diatas 1).

5.2 Saran

1. Untuk mencapai ketelitian yang maksimal dalam analisa dengan menggunakan program MSC Patran dan MSC Nastran, pemodelan dilakukan dengan membuat geometri yang baik. Kesalahan dalam pemodelan akan mempengaruhi keakuratan perhitungan.
2. Sedapat mungkin pemodelan dilakukan seperti kondisi sesungguhnya, sehingga pemberian *load* sesuai pada tempatnya. Dengan demikian hasil yang akan didapat mendekati kondisi sesungguhnya.
3. Penggunaan *software numerik* MSC Patran dan MSC Nastran sangat baik untuk analisa struktur kapal, diharapkan dapat diadakan penelitian lebih lanjut dalam analisa struktur

kapal menggunakan *software numerik* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Biro Klasifikasi Indonesia, PT. Persero. 2006. "Rules for The Classification and Contruction of Sea Going Stell Ship Volume II: Rules for Hull edition 2006". Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia
- Damir Semenski, Zeljko Bozic, Hinko Wolf 2006 "A Crack Growth Analysis in Critical Structural Components" University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Ivana Lucica 5, HR-10000 Zagreb, Croatia
damir.semenski@fsb.hr
- Evans, J. Harvey, "Ship Structural Concept" Cornell Maritime Press, Inc, 1975
- Junbo Lia, Anders Ulfvarson 2005 "Structural behaviour of a high tensile steel deck using trapezoidal stiffeners and dynamics of vehicle-deck interactions" Chalmers University of Technology, Gothenburg 412 96, Sweden
- M. Greco and M. Landrini, O.M. Faltinsen "Impact Flows and Loads on Ship-Deck Structures" INSEAN.The Italian Ship Model Basin.Via di Vallerano 139 00128 Roma, Italy
- Department of Marine Hydrodynamics. NTNU.Otto Nielsens rd. 10.N-7491 Trondheim, Norway
- Popov, E.P, "Mechanics of materials" Prentice Hall, USA, 1996
- Szillard, Rudolph, "Theory and Analysis of Plates", Prentice Hall, USA, 1974