

# ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI *SIDE RAMP DOOR* SISTEM *STEEL WIRE ROPE* PADA KM. DHARMA KENCANA II AKIBAT BEBAN STATIS DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Ir. Imam Pujo M, MT <sup>1)</sup> Ardi Septiadi, ST <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Staf Pengajar S1 Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro

<sup>2)</sup> Alumni S1 Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro

## ABSTRAK

*KM. DHARMA KENCANA II* adalah kapal tipe *Ro - Ro (Passanger Ship)* yang memiliki rute pelayaran Surabaya - Kumai - Semarang yang mampu mengangkut penumpang dan kendaraan dalam jumlah yang relatif banyak. Untuk memudahkan akses keluar masuk kendaraan yang akan diangkut, maka kapal ini dilengkapi dengan empat buah *ramp door* sistem *steel wire rope*, salah satunya adalah *ramp door* yang terletak dibagian kiri lambung kapal (*side ramp door*). *Side ramp door* akan menerima beban statis secara berulang - ulang sehingga dapat mengakibatkan deformasi, keretakan, kerusakan, dll.

Penelitian tentang kekuatan konstruksi *side ramp door* perlu diperhatikan dan dilakukan dimana tegangan yang diakibatkan oleh beban yang mengenainya tidak boleh melebihi batas maksimum  $\sigma_{yield}$  bahan dan  $\sigma_{ijin}$  berdasarkan rules dari klas, adapun acuan rules yang dipakai dalam penelitian ini adalah berdasarkan rules Biro Klasifikasi Indonesia.

Analisa kekuatan konstruksi *side ramp door* dilakukan dengan menggunakan program berbasis FEM sedangkan untuk pemodelan dilakukan dengan menggunakan program berbasis CAD. Analisa yang digunakan adalah analisa beban statis untuk mengetahui karakteristik dan letak tegangan terbesar pada konstruksi *side ramp door* berdasarkan empat variasi pembebanan.

Hasil analisa menggunakan program berbasis FEM didapatkan hasil maximum stress terbesar terjadi pada kondisi *side ramp door* dengan beban kendaraan truck yaitu sebesar  $93,91 \text{ N/mm}^2$  dimana daerah paling kritis terjadi pada node 22097 yang terletak pada gading nomor 8 bagian memanjang dan gading nomor 1 bagian melintang. Tegangan ini masih dalam kondisi aman karena setelah dibandingkan dengan  $\sigma_{yield}$  bahan sebesar  $400 \text{ N/mm}^2$  dan  $\sigma_{ijin}$  berdasarkan rules BKI sebesar  $225,24 \text{ N/mm}^2$  menghasilkan nilai safety factor sebesar 3,87 dan 2,18.

Kata Kunci : *Side Ramp Door, Wire Rope, Metode Elemen Hingga*

## I. PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

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 fungsi struktur tersebut adalah untuk menjamin keselamatan daripada awak kapal, penumpang, dan muatannya. Kekuatan suatu struktur memberi kontribusi yang sangat penting bagi keselamatan sistem secara menyeluruh. Hal ini disebabkan karena subsistem struktur memberikan wadah bagi subsistem - subsistem lainnya yang bekerja dalam satu struktur.

KM. DHARMA KENCANA II adalah kapal type *Ro - Ro (Passanger Ship)* yang memiliki rute pelayaran Surabaya - Kumai -

Semarang yang mampu mengangkut 850 penumpang dan 65 kendaraan campuran. Dalam rute pelayarannya mengharuskan kondisi kapal dalam keadaan aman, baik dalam hal konstruksi maupun instalasi lainnya, 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. Untuk memudahkan akses keluar masuk kendaraan yang akan diangkut, maka kapal ini dilengkapi dengan empat buah *ramp door* sistem *steel wire rope*, salah satunya adalah *ramp door* yang terletak dibagian kiri lambung kapal (*side ramp door*). Hal ini menunjukkan bahwa ada beban yang bekerja pada konstruksi *side ramp door* tersebut salah satunya beban statis. Beban yang bekerja pada *side ramp door* ini terjadi saat *loading* ataupun *unloading* yang dalam pengoperasiannya akan menimbulkan masalah seperti deformasi, keretakan, kerusakan, dll.

*Side ramp door* yang sekarang digunakan oleh KM. DHARMA KENCANA II adalah konstruksi baru yang dibuat di Surabaya dengan ukuran yang sama dengan konstruksi *side ramp door* yang lama. Penggantian *side ramp door* ini diakibatkan karena *side ramp door* yang lama sudah rusak akibat faktor usia, hal ini tentu cukup menarik perhatian karena konstruksi *side ramp door* yang baru belum diketahui kekuatan konstruksinya, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kekuatan konstruksi dari *side ramp door* yang baru.

### I.2 Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang maka diambil beberapa rumusan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana karakteristik tegangan yang terjadi pada konstruksi *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II.
2. Dimana letak komponen yang paling kritis pada konstruksi *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II setelah diberi variasi pembebanan.
3. Berapa nilai *safety factor* pada konstruksi *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II.

### I.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan latar belakang dan permasalahan yang telah dibahas maka penelitian ini mempunyai beberapa tujuan sesuai *Rules* BKI Volume II Tahun 2008. Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik tegangan yang terjadi pada konstruksi *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II dengan analisa metode elemen hingga.
2. Mengetahui letak komponen yang paling kritis pada konstruksi *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II setelah diberi variasi pembebanan.
3. Menghitung nilai *safety factor* pada *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Kapal *Ro - Ro* (*Roll On - Roll Of*)

Kapal jenis *Ro - Ro* adalah kapal yang bisa memuat penumpang ataupun kendaraan yang berjalan masuk kedalam kapal dengan penggerakannya sendiri dan bisa keluar dengan sendiri juga sehingga disebut sebagai kapal *Roll*

*On - Roll Off* disingkat *Ro - Ro*. Untuk memudahkan dalam proses *loading* dan *unloading* kapal jenis ini dilengkapi dengan pintu rampa (*ramp door*) yang dihubungkan dengan *moveble bridge* ke dermaga untuk akses keluar masuknya kendaraan yang akan diangkut kedalam kapal.

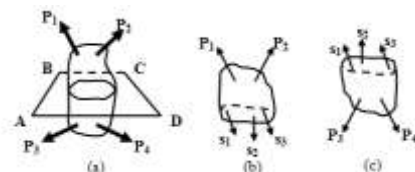
### II.2 Ramp door (Pintu Rampa)

*Ramp Door* adalah suatu konstruksi pintu rampa yang digunakan untuk akses keluar masuknya kendaraan yang akan diangkut kedalam kapal. Sistem penggerak dari *ramp door* ada dua jenis yaitu dengan menggunakan sistem hidrolik dan sistem *steel wire rope*. Ada beberapa jenis ramp door yang sering dipakai pada kapal antara lain :

1. *Quarter Ramp Door*
2. *Side Ramp Door*
3. *Slewing Ramp Door*
4. *Stern Ramp Door*
5. *Foldable Stern Ramp Door*

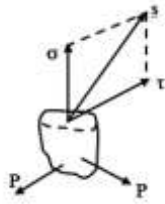
### II.3 Tegangan (*Stress*)

Umumnya, gaya dalam yang bekerja pada luas yang kecil tak berhingga sebuah potongan, akan terdiri dari bermacam - macam besaran dan arah, seperti yang diperlihatkan secara diagramatis dalam Gambar 2.1 (b) dan (c).



Gambar 2.1 Pengirisan sebuah benda

Pada umumnya intensitas gaya yang bekerja pada luas yang kecil tak berhingga suatu potongan berubah - ubah dari suatu titik ke titik lain, umumnya intensitas gaya ini berarah miring pada bidang potongan. Dalam praktek keteknikan biasanya intensitas gaya diuraikan menjadi tegak lurus dan sejajar dengan irisan yang sedang diselidiki. Penguraian intensitas ini pada luas kecil tak berhingga diperlihatkan dalam Gambar 2.2. Intensitas gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (*normal stress*) pada sebuah titik.



Gambar 2.2 Komponen dari tegangan

Suatu tegangan pada sebuah titik, secara matematis dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

dimana F adalah suatu gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan, sedangkan A merupakan luas yang bersangkutan. Selain itu tegangan normal dapat menghasilkan tegangan tarik (*tensile stress*), tegangan tekan (*compressive stress*) dan tegangan geser (*shearing stress*).

#### II.4 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)

Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) merupakan salah satu metode aproksimasi yang umum digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial atau *Partial Differential Equation (PDE)* secara numerik dalam analisis struktur. Metode elemen hingga seperti yang dikenal sekarang ini diketahui pada awalnya diperkenalkan oleh Courant (1943). Ada beberapa jenis analisa yang biasa digunakan dalam metode elemen hingga antara lain :

##### 1. Analisa Linier Statis (*Linear Static Analysis*)

Analisa linier statis merupakan analisa yang dipakai untuk mengetahui kondisi struktur terhadap pembebanan yang linier (konstan, tidak berubah terhadap waktu). Adapun jenis pembebanan yang digunakan pada analisa statis ini antara lain pembebanan berupa gaya, tekanan dan *steady state* temperature.

##### 2. Analisa Non Linier Statis (*Non Linear Static Analysis*)

Jika suatu struktur bahan mengalami pembebanan di atas titik luluhnya (*yield point*), maka dapat dikatakan bahwa hubungan antara tegangan dan ragangan sudah tidak linier lagi akan tetapi non

linier. Dengan hubungan yang non linier ini, Modulus Young dari material cenderung berubah / menurun selama analisa, yang akibatnya akan terjadi deformasi yang permanen (*plastis*).

#### 3. Analisa Dinamik

Analisa dinamik merupakan analisa yang dipakai untuk mengetahui kondisi struktur terhadap pembebanan yang berubah terhadap waktu atau frekuensi Jenis pembebanan yang dapat diterapkan dalam analisa dinamik ini adalah penerapan gaya dinamik, frekuensi atau getaran paksa terhadap model.

#### II.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. Faktor ini identik dengan perbandingan antara tegangan *ultimate* (*ultimate stress*) dengan tegangan ijin (*allowable stress*) batang tarik.

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

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam proses penelitian ini dibutuhkan data - data dari objek yang dianalisa. Adapun proses pengambilan data terbagi menjadi beberapa tahap antara lain :

#### III.1 Studi Lapangan

Dalam penelitian ini penulis perlu melakukan studi lapangan dan wawancara secara langsung dengan pihak - pihak yang berkaitan dengan penelitian ini yang bertujuan untuk melengkapi kebutuhan data dalam pengerjaan penelitian ini, adapun studi lapangan tersebut antara lain :

##### 1. Pengambilan Data Penelitian

Data yang dibutuhkan dalam pengerjaan penelitian ini antara lain :

- a. Data primer
- b. Data sekunder

##### 2. Metode Pengambilan Data

Dalam proses pengambilan data, ada beberapa metode yang digunakan dalam pengambilan data tersebut, diantaranya :

- a. Metode observasi
- b. Metode wawancara

### 3. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan april - oktober 2011 dilaksanakan di PT. Dharma Lautan Utama Surabaya yang beralamat di Jl. Kanginan 3 - 5 Surabaya.

### III.2 Studi Literatur

Mempelajari sistematika perhitungan yang akan dikemukakan di dalam penelitian ini dari berbagai macam referensi baik berupa buku, majalah, artikel, jurnal dan melalui internet.

### III.3 Pengumpulan Dan Pengolahan Data

Setelah semua data yang dibutuhkan diperoleh, kemudian data tersebut dikumpulkan dan diolah agar dapat mempermudah dalam proses pengerjaan penelitian ini.

### III.4 Pembuatan Model

Dari data awal yang telah diambil, kemudian dilakukan pembuatan model dengan menggunakan program berbasis CAD yang kemudian di *export* kedalam bentuk *IGES*, agar bisa dianalisa lebih lanjut pada program berbasis FEM.

### III.5 Analisa Model

Setelah pembuatan model selesai tahap selanjutnya adalah analisa model, model yang sudah dibuat dengan menggunakan program berbasis CAD selanjutnya dimasukan kedalam program berbasis FEM untuk dianalisa lebih lanjut.

### III.6 Validasi

Validasi adalah tahapan untuk memperoleh gambaran apakah hasil analisa telah sesuai (*match*) dengan sistem yang diwakilinya (*representativeness*). Proses validasi ini bisa dijadikan parameter apakah hasil analisa yang sudah kita lakukan mendekati benar atau salah, validasi bisa dengan menggunakan *software* lain ataupun dengan cara manual.

### III.7 Kesimpulan

Pada tahap ini diambil kesimpulan, kesimpulan diperoleh dari data yang telah diolah dan dianalisa sesuai dengan tujuan awal yang telah ditetapkan dari penelitian yaitu

menghitung kekuatan *side ramp door* pada KM. DHARMA KENCANA II.

## IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

### IV.1 Pendefinisian *Ramp Door*

*Ramp door* (pintu rampa) adalah pintu penghubung untuk memasukkan kendaraan ke dalam kapal *Ro - Ro* ataupun jenis kapal lain yang mengangkut kendaraan. Penggunaan *ramp door* sangat dibutuhkan untuk mempermudah proses membongkar dan memuat kendaraan dari dermaga penyeberangan ke kapal dan sebaliknya.



Gambar 4.1 Tampak depan *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II



Gambar 4.2 Tampak samping *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II

### IV.2 Data *Side Ramp Door*

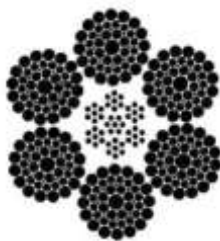
*Side ramp door* yang digunakan KM. DHARMA KENCANA II ini memiliki konstruksi *double bottom*. Adapun spesifikasi datanya adalah sebagai berikut :

- Ukuran Utama  
P = 6,35 m

- L = 5,00 m
    - T = 0,27 m
  - Tebal Pelat
    - a. Bagian depan, belakang, kiri, dan kanan
      - t = 12 mm
    - b. Bagian atas dan bawah
      - t = 10 mm
- Profil
  - Profil yang digunakan adalah profil T yaitu T 250 x 100 x 10 mm
- Jarak Profil
  - a. Memanjang
    - = 500 mm
  - b. Melintang
    - = 600 mm
- *Diamond Plate*
  - Tebal pelat *diamond plate* adalah :
    - t = 10 mm
- Berat Total Konstruksi
  - m = 8,63 ton

### IV.3 Data Steel Wire Rope

Jenis *steel wire rope* yang digunakan pada *side ramp door* ini menggunakan standar *marine use* dengan bahan yang umum dipakai yaitu *Improved Plow Steel (IPS)* dan memiliki diameter 20 mm dengan jenis 6 x 37 IWRC (*Independent Wire Rope Core*) Grade B. Berikut akan ditampilkan gambar penampang *steel wire rope* untuk jenis 6 x 37 IWRC.



Gambar 4.3 *Steel wire rope* jenis 6 x 37 IWRC

### IV.4 Asumsi Pembebanan

Dalam asumsi pembebanan pada *side ramp door* ini menggunakan empat variasi pembebanan yaitu pada saat kondisi *side ramp door* tanpa muatan kendaraan dan pada saat *side ramp door* menerima tiga variasi beban dari kendaraan. Untuk variasi kendaraan

diambil variasi beban real dari kendaraan yang sering dimuati oleh kapal, variasi kendaraan yang diambil ada tiga jenis kendaraan yaitu mpv, pickup, dan truck. Berikut adalah spesifikasi dari jenis kendaraannya :

- a. Mpv
  - Berat = 2415 kg
  - Dimensi = 4890 x 1830 x 1915
- b. Pickup
  - Berat = 3905 kg
  - Dimensi = 4170 x 1700 x 1845
- c. Truck
  - Berat = 9345 kg
  - Dimensi = 5960 x 1870 x 2130

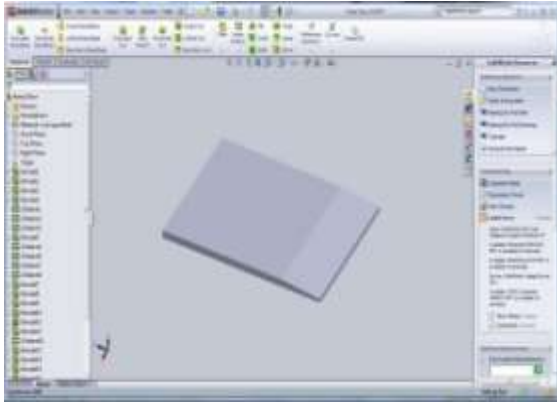
### IV.5 Perhitungan Beban Untuk Setiap Kondisi pembebanan

Besarnya beban yang dihitung didasarkan pada rencana asumsi pembebanan yaitu kondisi *side ramp door* tanpa beban kendaraan dan kondisi *side ramp door* dengan tiga variasi jenis beban kendaraan yaitu mpv, pickup, dan truck. Maka dari itu harus dihitung besarnya beban untuk setiap masing - masing kondisi pembebanan. Perhitungannya dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Kondisi tanpa beban kendaraan
  - $F = m \times g$
  - $= 8630 \times 9,8$
  - $= 85574 \text{ N}$
- b. Kondisi dengan beban mobil mpv
  - $F = m \times g$
  - $= 11045 \times 9,8$
  - $= 108241 \text{ N}$
- c. Kondisi dengan beban mobil pickup
  - $F = m \times g$
  - $= 12535 \times 9,8$
  - $= 122843 \text{ N}$
- d. Kondisi dengan beban mobil truck
  - $F = m \times g$
  - $= 17975 \times 9,8$
  - $= 176155 \text{ N}$

### IV.6 Pemodelan Side Ramp Door Dengan Program Berbasis CAD

Pemodelan *side ramp door* ini menggunakan program berbasis CAD yang dibuat menyerupai model asli *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II. Berikut adalah hasil pemodelannya :



Gambar 4.4 Hasil pemodelan menggunakan program berbasis CAD

#### IV.7 Analisa Kekuatan Side Ramp Door Dengan Program Berbasis FEM

Setelah model dibuat dalam program berbasis CAD, maka tahap selanjutnya adalah model di *ekspor* kedalam bentuk *IGES* agar model bisa terbaca oleh program berbasis FEM. Apabila model sudah di *ekspor* maka selanjutnya kita membuka model di program berbasis FEM untuk dianalisa lebih lanjut. Ada Beberapa tahap yang harus dilakukan sebelum model dianalisa antara lain :

##### 1. Proses Pendefinisian *Element Type*

*Element type* pada model dapat didefinisikan sesuai yang diinginkan dengan menentukan jenis *element* yang akan dipakai dan sesuai dengan model yang sebenarnya.

##### 2. Penentuan *Material Model* Dan *Material Properties*

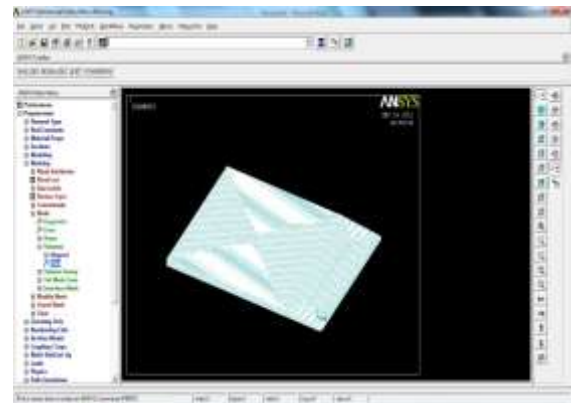
*Material model* dan *Material Properties* dapat didefinisikan sesuai yang diinginkan dengan menentukan *modulus elastisitas* dan *poissons ratio* dari model yang diinginkan. Untuk jenis material yang digunakan dalam model *side ramp door* ini adalah baja standar BKI KI - A 36. Dimana kriteria bahan baja tersebut adalah :

- *Modulus Elasticity* = 200 Gpa
- *Ultimate Stress* = 400 Mpa
- *Yield* = 235 Mpa
- *Shear Modulus* = 79,3 Gpa
- *Poisson's Ratio* = 0.3

##### 3. Proses *Meshing*

Proses *meshing* adalah proses dimana model dibuat menjadi kumpulan nodal elemen hingga yang lebih kecil yang

saling terhubung. Karena konstruksi *side ramp door* sangat kompleks. *Meshing* ditentukan dengan *SIZE Element edge length* 50, dengan parameter semakin kecil *SIZE* maka *meshing* akan semakin detail, semakin besar *SIZE* maka *meshing* akan semakin kurang detail.



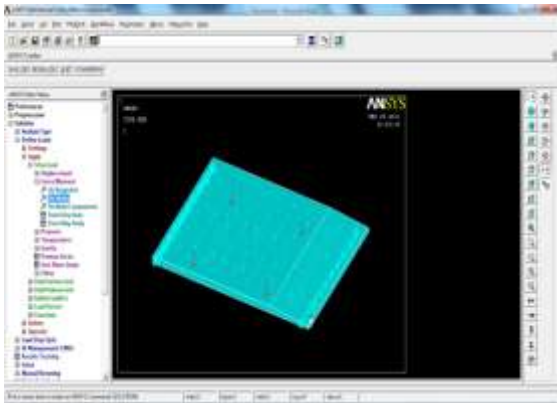
Gambar 4.5 Model yang sudah di *meshing* menggunakan program berbasis FEM

##### 4. Penentuan Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

Proses ini mendefinisikan tentang kondisi batas yang bekerja pada model, contohnya mengenai tumpuan pada daerah tertentu. Pada model *side ramp door* DHARMA KENCANA II untuk pemberian kondisi batas terletak pada bagian belakang dan depan.

##### 5. Penentuan Beban (*Load*)

Penentuan beban yang diberikan didasarkan pada perencanaan asumsi pembebanan dengan kondisi *side ramp door* tanpa beban kendaraan dan kondisi *side ramp door* dengan tiga variasi jenis beban kendaraan yaitu mpv, pickup, dan truck untuk dimasukkan sebagai input beban yang berada pada empat titik untuk masing - masing beban kendaraan.



Gambar 4.6 Penentuan posisi beban untuk tiap variasi kendaraan

#### IV.8 Perhitungan Tegangan Ijin Side Ramp Door Menurut BKI

Untuk perhitungan tegangan ijin pada *side ramp door* menggunakan ketentuan sesuai dengan *rules* BKI dimana persamaannya adalah sebagai berikut :

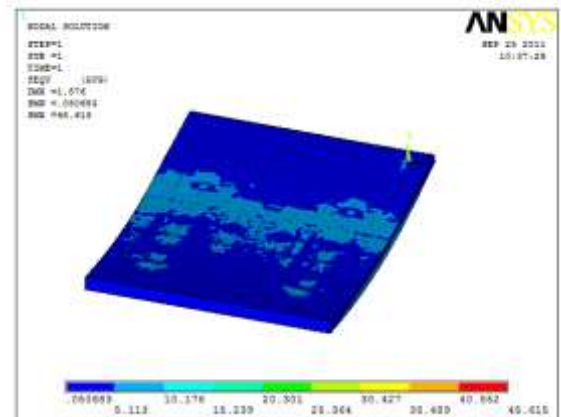
- $\sigma_{pr} = \sigma_{perm} + \sigma_{LB} - z((\sigma_{LB} + \sigma_{LD})/H)$
- $\sigma_L = \frac{|M_{SW}| + 0,75x|M_{WV}|}{(Wx10^3) / f_r}$
- $W = \frac{M_T}{\sigma_p \cdot 10^3}$
- $M_{WV} = L^2 \cdot B \cdot C_0 \cdot C_1 \cdot C_L \cdot C_M$

Dari hasil perhitungan rumus diatas didapatkan nilai tegangan ijin dari *side ramp door* sebesar 225,24 N/mm<sup>2</sup>.

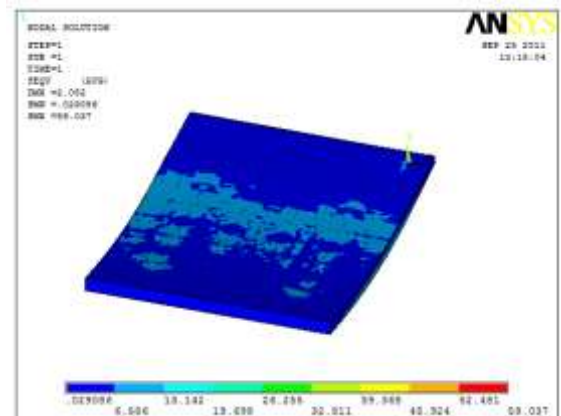
#### IV.9 Hasil Analisa Untuk Setiap Kondisi Pembebanan

Setelah diketahui nilai dari tegangan ijin berdasarkan ketentuan dari *rules* BKI, maka tahap selanjutnya adalah *running* model bersarkan parameter - parameter yang sudah ditentukan sebelumnya. Berikut adalah hasil analisa dari program berbasis FEM didapatkan besarnya *maximum stress* yang terjadi pada *side ramp door* untuk setiap kondisi pembebanan, adalah sebagai berikut :

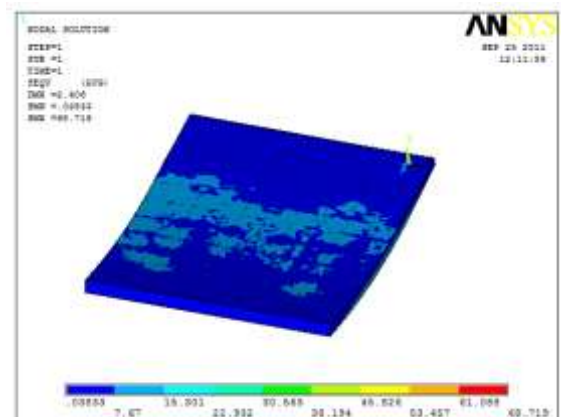
a. Kondisi tanpa beban kendaraan



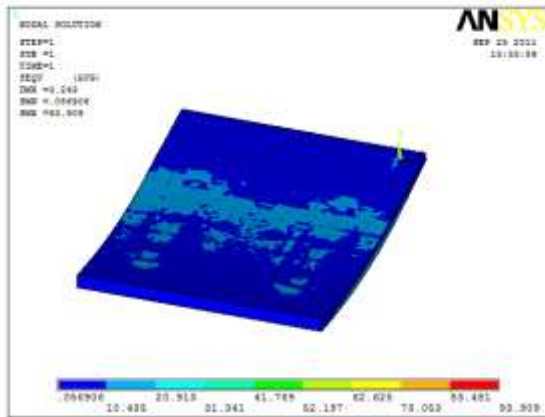
b. Kondisi dengan beban mobil mpv



c. Kondisi dengan beban mobil pickup



d. Kondisi dengan beban mobil truck



$$FS = \frac{225,24}{64,94} = 3,47$$

c. Kondisi dengan beban mobil pickup

- Menurut kriteria bahan

$$FS = \frac{400}{75,59} = 5,29$$

- Menurut BKI

$$FS = \frac{225,24}{75,59} = 2,98$$

d. Kondisi dengan beban mobil truck

- Menurut kriteria bahan

$$FS = \frac{400}{103,30} = 3,87$$

- Menurut BKI

$$FS = \frac{225,24}{103,30} = 2,18$$

#### IV.10 Perhitungan Faktor Keamanan

##### Konstruksi (*Safety Factor*)

Kriteria faktor keamanan pada kekuatan konstruksi dihitung berdasarkan hasil perhitungan tegangan ijin menurut ketentuan dari BKI didapatkan hasil sebesar 225,24 N/mm<sup>2</sup>. Dan kriteria pelat yang digunakan adalah pelat baja kekuatan normal dengan standar BKI KI - A 36 yang memiliki kriteria - kriteria dibawah ini :

- *Modulus Elasticity* = 200 Gpa
- *Ultimate Stress* = 400 Mpa
- *Yield* = 235 Mpa
- *Shear Modulus* = 79,3 Gpa
- *Poisson's Ratio* = 0.3

a. Kondisi tanpa beban kendaraan

- Menurut kriteria bahan

$$FS = \frac{400}{50,18} = 7,97$$

- Menurut BKI

$$FS = \frac{225,24}{50,18} = 4,49$$

b. Kondisi dengan beban mobil mpv

- Menurut kriteria bahan

$$FS = \frac{400}{64,94} = 6,16$$

- Menurut BKI

Karena nilai *safety factor* yang dihasilkan melebihi 1, maka perhitungan ini sudah memenuhi ketentuan dari perhitungan menurut bahan ataupun perhitungan menurut rules BKI.

#### IV.11 Validasi Model

Validasi dilakukan setelah pemodelan selesai. Tujuan dari validasi adalah mengoreksi elemen - elemen model yang sudah dibuat, apakah *element* sudah terhubung dengan benar atau ada *element* yang *error*. Ada dua tahapan validasi antara lain :

a. Validasi Sebelum Tahap Analisa (*Preprocessor Check*)

Validasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah model yang sudah dibuat ada masalah atau tidak.

b. Validasi Sesudah Tahap Analisa (*Postprocessor Check*)

Validasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada kesalahan atau *error* setelah model dianalisa.

#### IV.12 Validasi Perhitungan

Validasi dari hasil perhitungan adalah penting karena untuk menunjukkan keakuratan hasil suatu perhitungan dengan menggunakan



program bantu. Validasi yang dilakukan adalah dengan cara membandingkan hasil perhitungan dari program numerik dengan hasil perhitungan secara analitik. Perhitungan manual yang akan dilakukan dengan menghitung tegangan *von mises* pada masing - masing kondisi pembebanan dengan menggunakan perhitungan mohrn.

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left[\frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2}\right]^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left[\frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2}\right]^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \tau_{xy})^2 + (\tau_{xy} - \sigma_x)^2}{2}}$$

Dimana :

$$\sigma_x = \text{Tegangan Normal X (N/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_y = \text{Tegangan Normal Y (N/mm}^2\text{)}$$

$$\tau_{xy} = \text{Tegangan Shear XY (N/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_1 = \text{Tegangan Major (N/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_2 = \text{Tegangan Minor (N/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_v = \text{Tegangan Von Misses (N/mm}^2\text{)}$$

Berikut adalah hasil perhitungan validasi untuk setiap kondisi yang didapatkan dari perbandingan hasil perhitungan *analitik* dengan perhitungan *software* :

- a. Kondisi tanpa beban kendaraan  
= 3,74 %
- b. Kondisi dengan beban mobil mpv  
= 4,03 %
- c. Kondisi dengan beban mobil pickup  
= 1,96 %
- d. Kondisi dengan beban mobil truck  
= 1,27 %

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa kekuatan konstruksi *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II menggunakan program Berbasis FEM diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik tegangan yang terjadi pada konstruksi *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II dalam beberapa variasi kondisi pembebanan dengan analisa menggunakan program berbasis FEM adalah sebagai berikut :

- Kondisi tanpa beban kendaraan  
= 45,62 N/mm<sup>2</sup>
- Kondisi dengan beban mobil mpv  
= 59,04 N/mm<sup>2</sup>
- Kondisi dengan beban mobil pickup  
= 68,72 N/mm<sup>2</sup>
- Kondisi dengan beban mobil truck  
= 93,91 N/mm<sup>2</sup>

2. *Maximum stress* terbesar terjadi pada kondisi *side ramp door* dengan muatan kendaraan truck yaitu sebesar 93,91 N/mm<sup>2</sup> dimana daerah paling kritis terjadi pada node 22097 yang terletak pada gading nomor 8 bagian memanjang dan gading nomor 1 bagian melintang. Tegangan ini masih dalam kondisi aman karena setelah dibandingkan dengan  $\sigma_{yield}$  bahan sebesar 400 N/mm<sup>2</sup> dan  $\sigma_{ijin}$  berdasarkan *rules* BKI sebesar 225,24 N/mm<sup>2</sup> menghasilkan nilai *safety factor* sebesar 3,87 dan 2,18.

3. Hasil Perhitungan nilai *safety factor* berdasarkan *rules* BKI untuk setiap kondisi pembebanan adalah sebagai berikut :

- Kondisi tanpa beban kendaraan  
= 4,49
- Kondisi dengan beban mobil mpv  
= 3,47
- Kondisi dengan beban mobil pickup  
= 2,98
- Kondisi dengan beban mobil truck  
= 2,18

nilai *safety factor* dalam beberapa kondisi pembebanan telah memenuhi *rules* yang ditetapkan BKI, sehingga konstruksi *side ramp door* KM. DHARMA KENCANA II dalam kondisi pembebanan diatas masih dalam kategori aman.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biro Klasifikasi Indonesia, PT. Persero. 2008. "*Rules for The Classification and Contruction of Sea Going Stell Ship Volume II: Rules for Hull Edition 2008.*" Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- [2] Damir, Semenski, Zeljko, Bozic, and 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.
- [3] Department of Marine Hydrodynamics. NTNU.Otto Nielsens rd. 10.N-7491 Trondheim, Norway.
- [4] Evans, J. Harvey. 1975. "*Ship Structural Concept.*" Cornell Maritime Press, Inc.
- [5] Hutton, David V. 2004. "*Fundamentals Of Finite Element Analysis.*" The McGraw-Hill Companies, Inc., North America.
- [6] 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.
- [7] Madenci, Erdogan and Guven, Ibrahim. 2006. "*The Finite Element Methode and Aplications in Engineering Using ANSYS.*" Arizona: The University of Arizona.
- [8] Nakasome, Y, Yoshimoto, S, and Stolarski, T.A. 2006. "*Engineering Analysis With ANSYS Software.*"Oxford: Elsevier's Science & Technology Rights Department.
- [9] Popov, E.P. 1978. "*Mechanics of Materials.*", 2<sup>nd</sup> edition. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- [10] Pratama, Anggriawan. "*Analisa Kekuatan Konstruksi Car Deck Pada Kapal KM. DHARMA FERRY 3 Dengan Metode Elemen Hingga.*" Tugas Akhir. Semarang: Program Strata 1 (S1) Universitas Diponegoro, 2011.
- [11] Szilard, Rudolph. 1974. "*Theory and Analysis of Plates.*" Prentice-Hall, Inc.,USA.
- [12] <http://ttsgroup.com> tanggal 02 agustus 2011.Pukul 16.25 WIB