



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Kekuatan Konstruksi *Stern Ramp Door* Sistem *Steel Wire Rope* Pada Kapal Penyebrangan Penumpang Ro-Ro 500 GT Akibat Beban Statis Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga

Johan¹⁾, Imam Pujo Mulyatno¹⁾, Good Rindo¹⁾

Laboratorium Konstruksi Kapal

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: jojohan0710@gmail.com, pujomulyatno2@gmail.com, good.rindo@gmail.com

Abstrak

Perencanaan konstruksi *stern ramp door* menggunakan data konstruksi *stern ramp door* dan *general arrangement* yang detail dan lengkap. Menggunakan regulasi *rules* BKI (Biro Kalsifikasi Indonesia). Menggunakan teori mekanika teknik, tegangan dan metode elemen hingga. Data di proses menggunakan *software* MSC. Patran untuk modelisasi *stern ramp door*, hasil akhirnya adalah tegangan terbesar dan deformasi maksimal. *Material* baja *standard* BKI KI-A36 dengan kriteria yaitu *modulus elasticity* 200 Gpa, *shear modulus* 79,3 Gpa, *Poisson ratio* 0,3 dan *density* 7,8 ton/m³. Melakukan *meshing* dan diberikan *force* pada titik tumpu tidak diatas web *stern ramp door*. Menggunakan analisa statis berdasarkan 6 variasi pembebanan disetiap jenis kendaraan. Tegangan terbesar sedan berat maksimal 1,6 ton pada *node* 893 dengan nilai $1,99 \times 10^7$ Pa dan deformasi maksimal 0,277 cm, tegangan terbesar truk sedang berat maksimal 12 ton pada *node* 635 dengan nilai $1,10 \times 10^8$ Pa dan deformasi maksimal 0,134 cm, tegangan terbesar pada truk tronton berat maksimal 24 ton pada *node* 719 dengan nilai $1,50 \times 10^8$ Pa dan deformasi maksimal 0,390 cm. Hasil analisa, tegangan tidak boleh melebihi batas maksimum σ_{ijm} (150) berdasarkan *rules* BKI dan setelah dibandingkan, menghasilkan nilai *safety factor* pada kendaraan sedan 7,5, truk sedang 1,36 dan truk tronton 1. Maka nilai *safety factor* dalam beberapa kondisi pembebanan telah memenuhi *rules* BKI dan konstruksi *stern ramp door* masih dalam kondisi yang aman.

Kata Kunci : *Stern Ramp Door*, Metode Elemen Hingga, *Safety Factor*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kapal merupakan sebuah alat transportasi yang dapat dioperasikan dengan kemampuan *system* yang sangat kompleks. Dalam sebuah kapal terdapat bagian yang sangat penting yang harus sangat diperhatikan yaitu tentang konstruksi kapal tersebut. Dalam sebuah *system* konstruksi, kekuatan kapal merupakan struktur terpenting dalam sebuah kapal sebab fungsi struktur tersebut adalah untuk menjamin keselamatan daripada awak, penumpang dan muatan yang dibawanya.

Kapal penyebrangan penumpang *Ro-Ro* 500 GT yang memiliki rute pelayaran lintas mengkapan – kampung balak yang mampu mengangkut 163 penumpang, 18 ABK kapal, 12 truk dan 7 mobil sedan. Dengan tuntutan bahwa kapal ini harus bekerja dalam kondisi aman dan merencanakan konstruksi yang mempunyai tingkat tegangan pada batas yang diijinkan dan bisa diterima oleh konstruksi tersebut.

Untuk memudahkan akses keluar masuknya kendaraan yang diangkut maka kapal penyebrangan penumpang *Ro-Ro* 500 GT dilengkapi *stern ramp door* yang memudahkan kendaraan yang masuk pada saat *loading* dan

unloading yang mana pengoperasiannya dapat menyebabkan keretakan, *deformasi* pada konstruksi *stern ramp door* [1].

Dalam perencanaan *stern ramp door* harus dapat menjamin suatu struktur dibawah tingkat tegangan pada batas yang diijinkan dan bisa diterima oleh konstruksi tersebut serta mempunyai kekakuan elastis yang cukup dan tidak terjadi *elastic deformation* yang terlalu berlebihan.

1.2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas maka maksud dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik tegangan yang terjadi pada konstruksi *stern ramp door*.
2. Mengetahui letak komponen paling kritis pada konstruksi setelah diberi pembebanan.
3. Mengetahui nilai *safety factor* pada konstruksi *stern ramp door*.
4. Mengetahui konstruksi dalam kondisi aman/kondisi tegangan yang diijinkan.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, permasalahan akan dibatasi sebagai berikut :

1. Perhitungan kekuatan pada konstruksi *stern ramp door* menggunakan program berbasis FEM.
2. Pehitungan pembebanan meliputi perhitungan beban tegangan ijin dan maksimum *stress*.
3. Asumsi pembebanan meliputi beban merata, beban saat *loading*, beban kendaraan sebagai variasi pembebanan dibatasi kendaraan sedan, truk sedang dan tronton.
4. Pengkondisian analisa divariasikan kondisi roda depan, roda depan dan belakang, roda belakang berada diatas *stern ramp door*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal Ro-Ro (*Roll On - Roll Off*)

Kapal jenis *Ro-Ro* adalah kapal yang bisa memuat kendaraan maupun penumpang yang berjalan masuk kedalam kapal dengan penggerakannya sendiri bisa keluar dengan sendirinya, sehinggah disebut sebagai kapal *roll on - roll off* atau disingkat *Ro-Ro*. Oleh karena itu, kapal ini dilengkapi dengan pintu rampa (*ramp door*) yang dihubungkan dengan *moveble bridge* atau dermaga apung ke dermaga, yang mana untuk memudahkan akses keluar masuknya kendaraan yang diangkut kedalam kapal [2].

2.2. Pintu Rampa (*Ramp Door*)

Pintu rampa (*ramp door*) adalah pintu untuk akses keluar masuknya kendaraan yang akan diangkut kedalam kapal *Ro-Ro*. Penggunaan *ramp door* sangat dibutuhkan untuk memudahkan proses membongkar dan memuat kendaraan dari dermaga penyebrangan kapal dan sebaliknya. sistem penggerak *stern ramp door* ada dua jenis yaitu sistem hidrolik dan sistem *steel wire rope*, ada beberapa jenis *ramp door* yang sering dipakai pada kapal antara lain [3] :

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

2.3. Rules BKI Tentang Konstruksi *Ramp Door*

Salah satu hal yang harus diperhatikan pada sebuah kapal adalah tentang konstruksi kapal. Dalam sebuah sistem konstruksi, kekuatan merupakan struktur terpenting dalam dalam sebuah kapal sebab fungsi struktur tersebut adalah untuk menjamin keselamatan daripada awak kapal, penumpang dan muatan yang dibawanya.

Dalam hal ini membahas tentang sebuah konstruksi *ramp door* yang ada dikapal, yang mana *ramp door* ini biasanya digunakan untuk akses keluar masuknya kendaraan yang akan diangkut kedalam kapal. Maka dari itu, dalam mendesain suatu konstruksi terutama konstruksi *ramp door*, haruslah memiliki acuan atau peraturan-peraturan yang dapat mendukung konstruksi yang akan dibuat. Dalam hal ini peraturan atau *rules* yang digunakan adalah BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) dalam pembuatan suatu konstruksi *ramp door*.

Adapun beberapa aturan mengenai konstruksi *ramp door* yang perlu diperhatikan menurut *rules* dari BKI, misalnya saja tentang tegangan ijin dan material yang digunakan dalam pembuatan *ramp door*. Dalam hal ini tegangan ijin yang digunakan yang sesuai dengan ketentuan BKI Vol II Sec 6, H.2. Dimana persamaannya adalah sebagai berikut [4] :

Bending stress

$$\sigma = \frac{120}{k} \quad (\text{Mpa}) \quad (1)$$

Shear stress

$$\tau = \frac{80}{k} \quad (\text{Mpa}) \quad (2)$$

Equivalent stress

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \tau^2} = \frac{120}{k} \text{ (Mpa)} \quad (3)$$

dan untuk *material* baja yang biasa digunakan untuk konstruksi *ramp door* adalah baja *standard* BKI KI-A36. Dimana kriteria *material* tersebut adalah sebagai berikut [5] :

- *Modulus elastisity* = 200 Gpa
- *Ultimate stress* = 400 Mpa
- *Yield* = 235 Mpa
- *Shear modulus* = 79,3 Gpa
- *Poisson ratio* = 0,3
- *Density* = 7,8 ton/m³

Maka dari itu dalam membuat susatu konstruksi haruslah sangat diperhatikan mengenai *rules* BKI yang digunakan agar tidak terjadi kesalahan dalam membuat suatu konstruksi dan konstruksi terbuat masih dalam batas yang diijinkan menurut *rules* BKI yang ada.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Studi Lapangan Dan Literatur

Dalam penelitian penulis ini 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 Pelaksanaan

Pengambilan data kapal baik ukuran maupun gambar rencana umum (*general arrangement*), penulis mengambil data dari PT. Sanur Marindo Shipyard, sedangkan untuk pengkajian dan proses penelitian dilakukan dengan berdiskusi di Laboratorium Konstruksi Kapal S1 Teknik Perkapalan UNDIP.

3.2. Studi Literatur

Mempelajari sistematika perhitungan yang akan dikemukakan si penulis dalam tugas akhir

dari berbagai macam referensi baik berupa buku, majalah, artikel, jurnal dan melalui internet.

3.3. Pengumpulan Dan Pengolahan Data

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

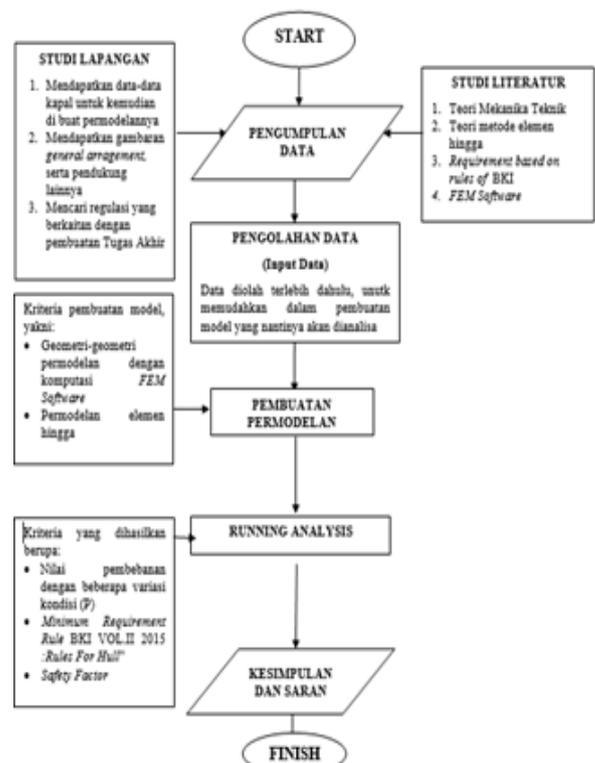
3.4. Validasi

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 *software* lain ataupun dengan cara manual. Pada kasus ini validasi yang digunakan dengan rumus perhitungan mekanika teknik. Berikut persamaan yang didapat untuk menghitung validasi :

$$V = \frac{P.L^3}{3.E.I} \quad (4)$$

$$I = \frac{b.h^3}{12} \quad (5)$$

3.5. Diagram Alir (Flow Chart)

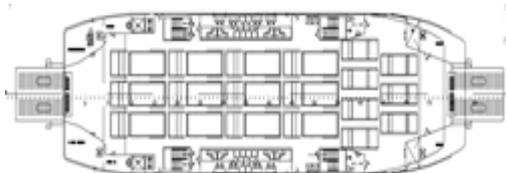


Gambar 1. Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendefinisian Ramp Door

Pintu rampa (*ramp door*) adalah suatu konstruksi pintu rampa yang digunakan untuk akses keluar masuknya kendaraan yang akan diangkat kedalam kapal *Ro-Ro* ataupun jenis kapal lain yang mengangkut kendaraan. Penggunaan ramp door sangat dibutuhkan untuk mempermudah proses membongkar dan memuat kendaraan dari dermaga penyebrangan ke dalam kapal dan sebaliknya [6].

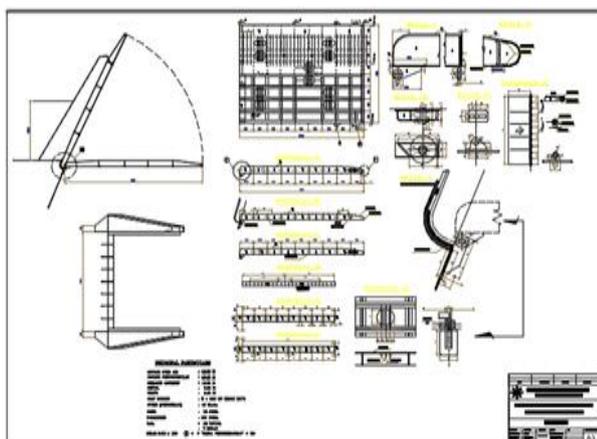


Gambar 2. *General Arrangement* Kapal Penyebrangan Penumpang *Ro-Ro500 GT*

4.2. Data Stern Ramp Door

Stern ramp door yang digunakan kapal penyebrangan penumpang *Ro-Ro 500 GT* ini memiliki konstruksi *double bottom*. Adapun spesifikasi datanya sebagai berikut :

1. Ukuran Utama
 - Panjang = 5,4 m
 - Lebar = 4,0 m
 - Tinggi = 0,222 m
2. Tebal Pelat
 - Bagian kanan, kiri, depan dan belakang $t = 10$ mm
 - Bagian atas dan bawah $t = 10$ mm
3. Profil yang digunakan adalah Profil T dengan ukuran 220 x 100 x 10 mm
 - Jarak profil memanjang = 0,60 m
 - Jarak profil melintang = 0,50 m



Gambar 3. Konstruksi *Stern Ramp Door*

4.3. Kondisi Disetiap Pembebanan

Dalam pembebanan *stern ramp door* ini akan dilakukan 3 kondisi pembebanan pada tiap-tiap jenis kendaraan. Adapun kondisi/variasi pembebanannya sebagai berikut :

1. Kondisi pembebanan saat roda depan berada diatas *stern ramp door*.
2. Kondisi pembebanan saat roda depan dan belakang berada diatas *stern ramp door*.
3. Kondisi pembebanan saat roda belakang berada diatas *stern ramp door*.

4.4. Perhitungan Beban Pada Setiap Jenis Kendaraan

Dalam pembebanan pada *stern ramp door* ini yang menggunakan tiga variasi dalam setiap jenis kendaraan. Variasi kendaraan yang diambil ada tiga jenis kendaraan yaitu, sedan, truk sedang dan truk tronton. Berikut adalah spesifikasi dari jenis kendaraannya :

Tabel 1. Berat kendaraan

Jenis Kendaraan	Berat Maksimal
Sedan	1,6 ton
Truk Sedang	12 ton
Truk Tronton	24 ton

Data berat titik tumpu pembebanan yang digunakan berdasarkan dari peraturan dari Departemen Perhubungan Direktorat Jendral Perhubungan Darat Tahun 2008 [7].

Besarnya beban yang dihitung didasarkan pada asumsi pembebanan. Maka dari itu harus dihitung besarnya beban untuk setiap masing-masing variasi pembebanan. Perhitungan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Kondisi Pembebanan Pada Kendaraan Sedan
 - a. Roda depan mobil sedan

$$\begin{aligned}
 F &= m \times g \\
 &= 400 \times 9,8 \\
 &= 3920 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- b. Roda belakang mobil sedan

$$\begin{aligned}
 F &= m \times g \\
 &= 400 \times 9,8 \\
 &= 3920 \text{ N}
 \end{aligned}$$

2. Kondisi Pembebanan Pada Truk Sedang

- a. Roda depan truk sedang

$$\begin{aligned}
 F &= m \times g \\
 &= 3000 \times 9,8 \\
 &= 29400 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- b. Roda belakang truk sedang

$$\begin{aligned}
 F &= m \times g \\
 &= 3000 \times 9,8 \\
 &= 29400 \text{ N}
 \end{aligned}$$

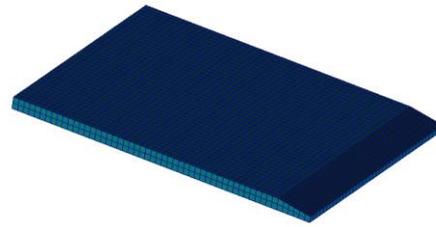
3. Kondisi Pembebanan Pada Truk Tronton

a. Roda depan truk tronton

$$\begin{aligned} F &= m \times g \\ &= 3000 \times 9,8 \\ &= 29400 \text{ N} \end{aligned}$$

b. Roda belakang truk tronton

$$\begin{aligned} F &= m \times g \\ &= 4500 \times 9,8 \\ &= 44100 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 5. Hasil *meshing* menggunakan *software* MSC. Patran

4.5. Penentuan Jenis *Material Properties*

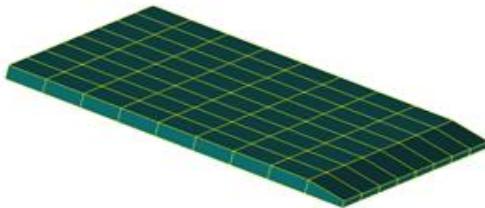
Untuk jenis *material* yang digunakan pada *stern ramp door* ini adalah baja *standard* BKI KI - A36. Dimana kriteria *material* tersebut adalah sebagai berikut :

- Modulus elastisity = 200 Gpa
- Ultimate stress = 400 Mpa
- Yield = 235 Mpa
- Shear modulus = 79,3 Gpa
- Poisson ratio = 0,3
- Density = 7,8 ton/m³

4.6. Permodelan *Stern Ramp Door* Dengan Program Berbasis FEM

4.6.1. Penentuan Jenis *Material Properties*

Permodelan *stern ramp door* ini dibuat menggunakan program berbasis FEM yaitu dengan menggunakan *software* MSC. Patran yang dibuat menyerupai model asli *stern ramp door* dari kapal penyebrangan penumpang *Ro-Ro* 500 GT. Berikut adalah hasil dari permodelan yang telah dibuat :



Gambar 4. Hasil permodelan menggunakan *software* MSC. Patran

4.6.2. Proses *Meshing*

Proses *meshing* adalah proses dimana model dibuat menjadi model kumpulan nodal elemen hingga yang lebih kecil yang saling terhubung. Karena konstruksi *stern ramp door* sangat kompleks. *Meshing* ditentukan dengan *size element edge length* 0,1 dengan parameter apabila semakin kecil *size* maka *meshing* akan semakin detail dan data yang dihasilkan akan lebih akurat atau presisi, sebaliknya semakin besar *size* maka *meshing* akan kurang detail dan data yang dihasilkan kurang akurat.

4.6.3. Penentuan Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

Kondisi batas digunakan untuk menentukan bentuk tumpuan dari objek yang dianalisa. Pada model *stern ramp door* kapal penyebrangan penumpang *Ro-Ro* 500 GT ini untuk pemberian kondisi batas terletak pada bagian depan dan belakang.

4.6.4. Penentuan Beban (*Load*)

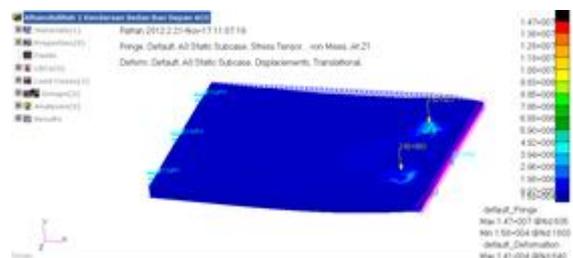
Penentuan beban yang diberikan didasarkan pada perencanaan asumsi pembebanan dengan kondisi *stern ramp door* dengan tiga variasi disetiap kendaraan. Untuk dimasukkan sebagai input beban yang berada pada tiga titik pembebanan yang sudah ditentukan pada setiap masing-masing kendaraan.

4.7. Hasil Analisa Untuk Setiap Kondisi Pembebanan

4.7.1. Analisa Beban Tidak Diatas *Profile*

1. Beban Kendaraan sedan

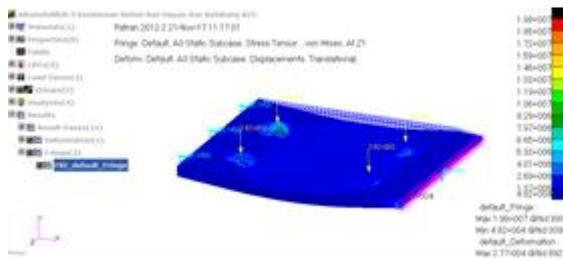
a. Beban awal (roda depan sedan berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 6. kondisi roda depan berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda depan kendaraan sedan berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 635 dengan nilai $1,47 \times 10^7$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,0141 cm.

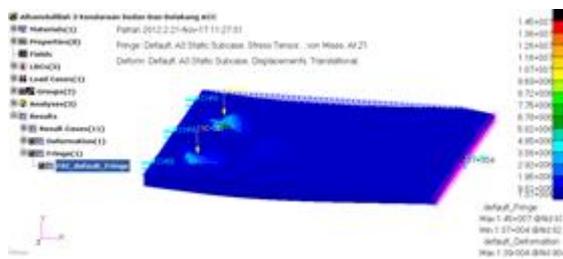
b. Beban tengah (roda depan dan belakang berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 7. kondisi roda depan dan belakang berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda depan dan belakang kendaraan sedan berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 893 dengan nilai $1,99 \times 10^7$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,0277 cm.

c. Beban akhir (roda belakang berada diatas *stern ramp door*)

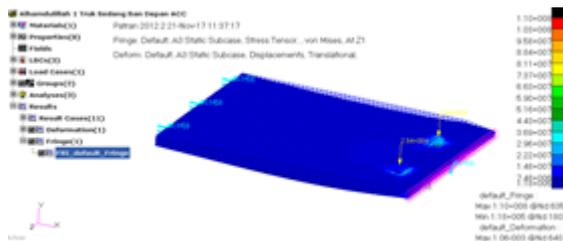


Gambar 8. kondisi roda belakang berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda belakang kendaraan sedan berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 911 dengan nilai $1,45 \times 10^7$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,0139 cm.

2. Beban Kendaraan Truk Sedang

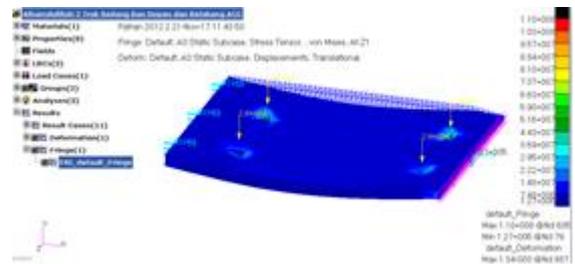
a. Beban awal (roda depan truk sedang berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 9. kondisi roda depan berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda depan kendaraan truk sedang berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 635 dengan nilai $1,10 \times 10^8$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,106 cm.

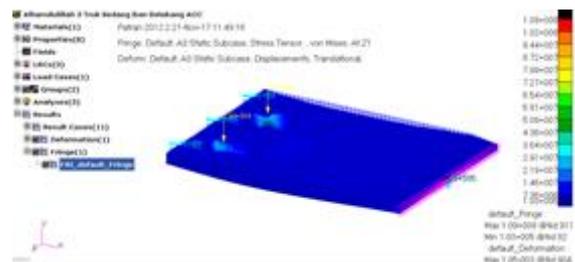
b. Beban tengah (roda depan dan belakang berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 10. kondisi roda depan dan belakang berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda depan dan belakang kendaraan truk sedang berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 635 dengan nilai $1,10 \times 10^8$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,134 cm.

c. Beban akhir (roda belakang berada diatas *stern ramp door*)

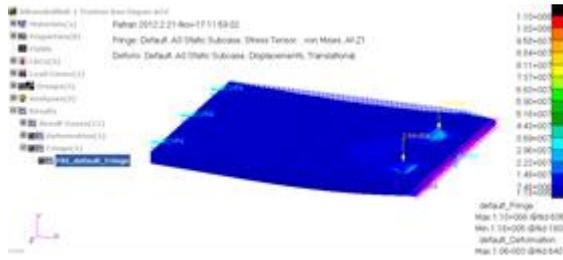


Gambar 11. kondisi roda belakang berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda belakang kendaraan truk sedang berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 911 dengan nilai $1,09 \times 10^8$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,105 cm.

3. Beban Kendaraan Truk Tronton

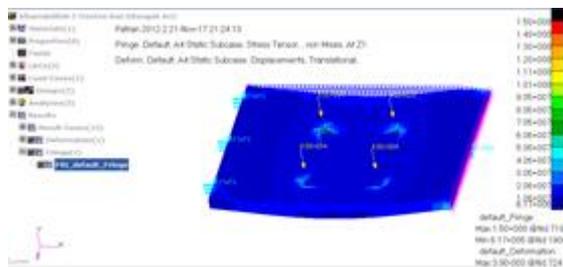
- a. Beban awal (roda depan truk tronton berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 12. kondisi roda depan berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda depan kendaraan truk tronton berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 635 dengan nilai $1,10 \times 10^8$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,106 cm.

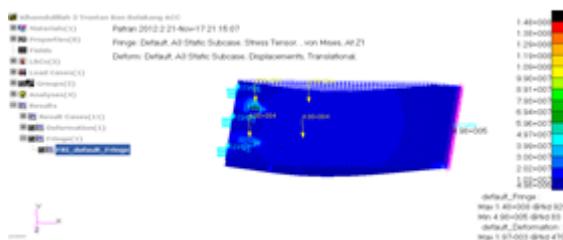
- b. Beban tengah (roda belakang berada ditengah *stern ramp door*)



Gambar 13. kondisi roda belakang berada ditengah *stern ramp door*

Pada saat roda belakang kendaraan truk tronton berada ditengah *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 719 dengan nilai $1,50 \times 10^8$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,390 cm.

- c. Beban akhir (roda belakang berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 14. kondisi roda belakang berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda belakang kendaraan truk tronton berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yg terjadi pada *node* 1795 dengan nilai $1,48 \times 10^8$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,197 cm.

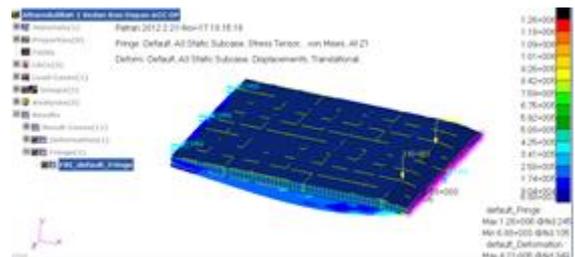
Tabel 2. Hasil Analisa Tegangan dan Deformasi

Jenis Kendaraan	kondisi Beban	Tegangan Maks (N/mm ²)	Deformasi Maks (cm)
Sedan	Ban depan	14,7	0,0141
	Ban depan dan belakang	29,9	0,0277
	Ban belakang	14,5	0,0139
Truk Sedang	Ban depan	110	0,106
	Ban depan dan belakang	110	0,134
	Ban belakang	109	0,105
Truk Tronton	Ban depan	110	0,106
	Ban belakang ditengah	150	0,390
	Ban belakang	148	0,197

4.7.2. Analisa Beban Diatas Profile

1. Beban Kendaraan sedan

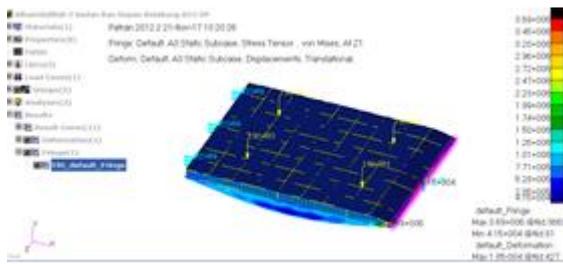
- a. Beban awal (roda depan sedan berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 15. kondisi roda depan berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda depan kendaraan sedan berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 245 dengan nilai $1,26 \times 10^6$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,00421 cm.

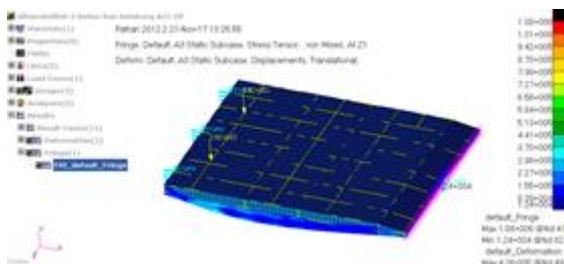
b. Beban tengah (roda depan dan belakang berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 16. kondisi roda depan dan belakang berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda depan dan belakang kendaraan sedan berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 3663 dengan nilai $3,69 \times 10^6$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,0185 cm.

c. Beban akhir (roda belakang berada diatas *stern ramp door*)

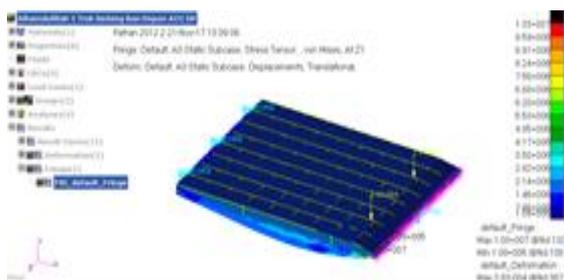


Gambar 17. kondisi roda belakang berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda belakang kendaraan sedan berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 41 dengan nilai $1,08 \times 10^6$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,00426 cm.

2. Beban Kendaraan Truk Sedang

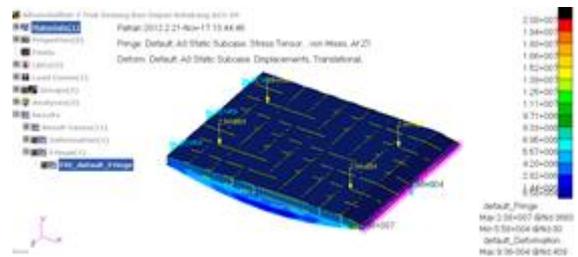
a. Beban awal (roda depan truk sedang berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 18. kondisi roda depan berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda depan kendaraan truk sedang berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 132 dengan nilai $1,03 \times 10^7$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,0383 cm.

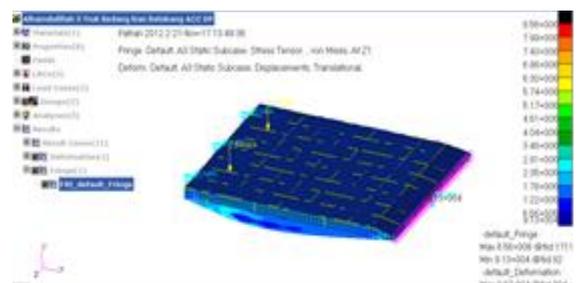
b. Beban tengah (roda depan dan belakang berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 19. kondisi roda depan dan belakang berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda depan dan belakang kendaraan truk sedang berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 3663 dengan nilai $2,08 \times 10^7$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,0936 cm.

c. Beban akhir (roda belakang berada diatas *stern ramp door*)

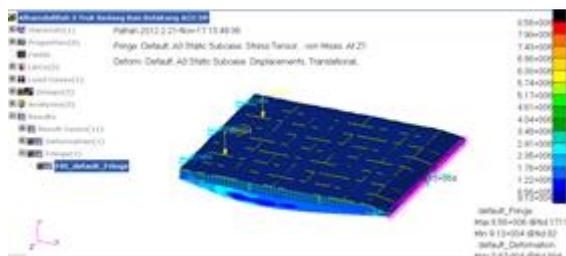


Gambar 20. kondisi roda belakang berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda belakang kendaraan truk sedang berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 1711 dengan nilai $8,56 \times 10^6$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,0367 cm.

3. Beban Kendaraan Truk Tronton

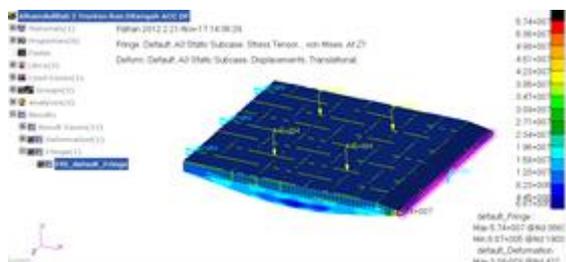
- a. Beban awal (roda depan truk tronton berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 21. kondisi roda depan berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda depan kendaraan truk tronton berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 132 dengan nilai $1,03 \times 10^7$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,0383 cm.

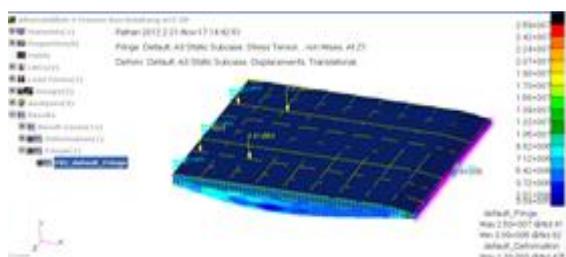
- b. Beban tengah (roda belakang berada ditengah *stern ramp door*)



Gambar 22. kondisi roda belakang berada ditengah *stern ramp door*

Pada saat roda belakang kendaraan truk tronton berada ditengah *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yang terjadi pada *node* 3663 dengan nilai $5,74 \times 10^7$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,338 cm.

- c. Beban akhir (roda belakang berada diatas *stern ramp door*)



Gambar 23. kondisi roda belakang berada diatas *stern ramp door*

Pada saat roda belakang kendaraan truk tronton berada diatas *stern ramp door* dengan tegangan terbesar yg terjadi pada *node* 41 dengan nilai $2,59 \times 10^7$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,133cm.

Tabel 3. Hasil Analisa Tegangan dan Deformasi

Jenis Kendaraan	kondisi Beban	Tegangan Maks (N/mm ²)	Deformasi Maks (cm)
Sedan	Ban depan	1,26	0,00421
	Ban depan dan belakang	3,69	0,0185
	Ban belakang	1,08	0,00426
Truk Sedang	Ban depan	10,3	0,0383
	Ban depan dan belakang	20,8	0,0963
	Ban belakang	8,56	0,0367
Truk Tronton	Ban depan	10,3	0,0383
	Ban belakang ditengah	57,4	0,338
	Ban belakang	25,9	0,133

4.8. Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik menerima beban dari luar, yaitu beban tekan maupun beban tarik. Faktor ini identik dengan perbandingan antara tegangan ultimate (*ultimate stress*) dengan tegangan ijin (*allowable stress*) batang tarik. Sebelum menghitung nilai *safety factor*, terlebih dahulu dicari nilai tegangan ijin sesuai dengan ketentuan BKI Vol II Sec 6, H.2. Dimana persamaannya adalah sebagai berikut :

Bending stress

$$\sigma = \frac{120}{k} \quad (\text{Mpa})$$

Shear stress

$$\tau = \frac{80}{k} \quad (\text{Mpa})$$

Equivalent stress

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \tau^2} = \frac{120}{k} \quad (\text{Mpa})$$

$$SF = \frac{\text{Tegangan Maksimum}}{\text{Tegangan Ijin}}$$

$$SF = \text{Safety Factor} \geq 1$$

Setelah mendapatkan hasil tegangan yang terjadi pada konstruksi *stern ramp door* maka diambil tegangan terbesar untuk menghitung nilai *safety factor* nya apakah masih dalam kondisi aman atau tidak. Ada dua variasi peletakan beban yaitu :

a. Analisa Beban Tidak Diatas *Profile*

Tabel 4. Perhitungan *Safety Factor* Menurut Tegangan Ijin *Rules* BKI

jenis kendaraan	Tegangan Maks (N/mm ²)	Tegangan Ijin (N/mm ²)	Safety Factor	ket
Sedan	19,9	150	7,5	ok
Truk Sedang	110	150	1,36	ok
Truk Tronton	150	150	1	ok

b. Analisa Beban Diatas *Profile*

Tabel 5. Perhitungan *Safety Factor* Menurut Tegangan Ijin *Rules* BKI

jenis kendaraan	Tegangan Maks (N/mm ²)	Tegangan Ijin (N/mm ²)	Safety Factor	ket
Sedan	3,69	150	40,65	ok
Truk Sedang	20,8	150	7,21	ok
Truk Tronton	57,4	150	2,61	ok

Berdasarkan hasil dari perhitungan tegangan terbesar dengan tegangan ijin dari tabel diatas, sehingga apabila terjadi pergantian bebarapa jenis muatan yang berbeda beda dari kendaraan jenis sedan, truk sedang dan truk tronton maka untuk konstruksi *stern ramp door* pada kapal penyebrangan penumpang *Ro-Ro* 500 GT masih dalam kondisi yang aman.

4.9. Validasi *Software*

Tujuan dari validasi adalah mengoreksi elemen-elemen model yang sudah dibuat, apakah sudah terhubung dengan benar atau ada elemen yang *error*. Maka dari itu sebelum divalidasi pada kondisi sebenarnya, model harus divalidasi dengan perhitungan mekanika teknik agar tidak terjadi kesalahan pada permodelan.

1. Perhitungan Manual Menggunakan Rumus Mekanika Teknik

$$V = \frac{P.L^3}{3.E.I}$$

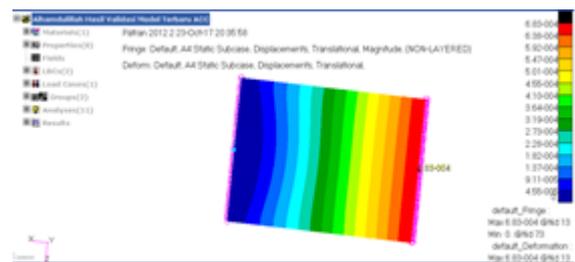
$$I = \frac{b.h^3}{12}$$

$$I = 0,003686089075$$

$$V = \frac{10000 \times 5,4^3}{3 \times 2 \times 10000000000 \times 0,003686089075}$$

$$V = 7,12 \times 10^{-4}$$

2. Perhitungan Menggunakan *Software*



Gambar 24. Validasi dengan *software*

Dari perhitungan *software* diatas maka didapat nilai deformasi maksimal sebesar 0,0683 cm pada *node* 13.

Tabel 6. Tabel Validasi Model

Perhitungan (cm)	Software (cm)	Koreksi
7,12 x 10 ⁻⁴	6,83 x 10 ⁻⁴	95,93 %

5. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Dari analisa kekuatan konstruksi *stern ramp door* paada kapal penyebrangan penumpang *Ro-Ro* 500 GT menggunakan program bantu *software* MSC. Nastran dan Patran dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan maks *stern ramp door* saat dimuati beban kendaraan dengan peletakan pembebanan tidak diatas *profile* pada kendaraan sedan 19,9 N/mm², beban kendaraan truk sedang 110 N/mm², dan beban kendaraan truk tronton 150 N/mm² serta peletakan pembebanan diatas *profile* pada sedan 3,69 N/mm², beban kendaraan truk sedang 20,8 N/mm², dan beban kendaraan truk tronton 57,4 N/mm² yaitu

- saat beban berada diatas *stern ramp door*.
- Letak komponen paling kritis pada konstruksi *stern ramp door* terjadi pada saat roda belakang kendaraan truk tronton berada ditengah *stern ramp door* dengan nilai tegangan yang terjadi pada *node* 719 dengan nilai nilai $1,50 \times 10^8$ Pa dan dengan nilai deformasi maksimal sebesar 0,390 cm.
 - Faktor keamanan (*safety factor*) yang dihasilkan dari hasil analisa berdasarkan rules BKI untuk peletakan pembebanan tidak diatas *profile* pada kendaraan sedan = 7,5, kendaraan truk sedang = 1,36 dan kendaraan truk tronton = 1 serta peletakan pembebanan diatas *profile* pada kendaraan sedan = 40,65 kendaraan truk sedang = 7,21 dan kendaraan truk tronton = 2,61.
 - Maka nilai *safety factor* dalam beberapa kondisi pembebanan yang telah dilakukan telah memenuhi rules BKI (Biro Klasifikasi Indonesia), sehingga jika terjadi pergantian muatan sedan, truk sedang ke truk tronton konstruksi *stern ramp door* kapal penyebrangan penumpang *Ro-Ro* 500 GT masih dalam kondisi aman/kondisi tegangan yang diijinkan sesuai dengan rules BKI (Biro Klasifikasi Indonesia).

6.2. Saran

Adapun saran penulis untuk penelitian yang lebih lanjut adalah :

- Meshing* yang sangat halus atau kecil akan menambah ketelitian perhitungan pada *software* sehingga data hasil *running* akan semakin lebih akurat lagi.
- Pembuatan permodelan dilakukan seperti kondisi sesungguhnya, sehingga pemberian *load* sesuai pada tempatnya. Dengan demikian hasil yang akan didapat mendekati kondisi sesungguhnya.
- Penggunaan *software* MSC. Nastran Patran sangat baik untuk analisa struktur kapal, diharapkan diadakan penelitian lebih lanjut dalam analisa struktur kapal menggunakan *software* tersebut.
- Menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi akan membantu memperlancar serta bisa menghemat waktu, ketika pengerjaan dan *running*.

DAFTAR PUSTAKA

- Septiadi, Ardi, 2011. *Analisa Kekuatan Konstruksi Side Ramp Door Sistem Steel Wire Rope Pada KM. Dharma KENCANA II Akibat Beban Statis Dengan Metode Elemen Hingga*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang.
- Wijayati, Wahyu, 2013. *Analisa Kekuatan Konstruksi Stern Ramp Door Pada KM. Musthika Kencana Akibat Beban Statis Berbasis Metode Elemen Hingga*, Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS: Surabaya.
- Diambil data yang ada pada link ini : <http://www.ttsgroup.com/Product-Groups/RoRo-Equipment/> diakses pada 01 Mei 2017.
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2014. *Rules for the classification and Construction. Part 1 Seagoing Ship. Volume II Rules for Hull*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2014. *Rules for the classification and Construction. Part 1 Seagoing Ship. Volume V Rules for Materials*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Khristyson, Samuel Febriary, 2014. *Analisa Kekuatan Konstruksi Internal Ramp Door Steel Wire Rope Pada KM. Dharma Kencana VIII Dengan Metode Elemen Hingga*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang.
- Panduan Batasan Maksimum Perhitungan JBI dan JBKI untuk Mobil Barang, Kendaraan Khusus, Kendaraan Penarik berikut Kereta Tempelan/ Kereta Gandengan, Departemen Perhubungan Direktorat Jendral Perhubungan Darat Tahun 2008.