

ANALISIS KEKUATAN KONSTRUKSI ALUMINIUM STERN RAMP DOOR SYSTEM WIRE ROPE DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Koko Tri Prayogi^{1*}, Mohamad Hakam¹, dan Dian Asa Utari¹

¹ Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia
E-mail: kokoprayogi@student.ppns.ac.id¹

Abstract

One important construction that needs to be considered on the ship is the stern ramp door. This is because the stern ramp door construction will receive both static loads during its operation. The strength of a structure makes a very important contribution to the overall safety of the system. This study aims to analyze the construction of the stern ramp door to be at a safe limit when used. The analysis method used is the finite element approach (FEM). The output of the structural analysis with the FEM method is to solve the deflection and stress in a structure that receives a certain load under appropriate boundary conditions. This study resulted in a maximum stress that occurred at a plate thickness of 6 mm of 75.67 N/mm² or 75.67 mPa this voltage also meets the provisions of the BKI Strength criteria because it does not exceed the voltage of 98.40 N/mm² or 98.40 Mpa. The deflection that occurs at a plate thickness of 6 mm, the front wheel loading has a deflection of 17.6 mm so that the rear wheel loading has a higher deflection than the front wheel by 35.2 mm. Safety factor at 6 mm thick gets a safety factor of 0.76

Keywords: FEM Analysis, Deflection, Stress, Safety factor

Nomenclature

Nomenclature menyatakan symbol dan keterangan yang akan kita tampilkan dalam paper

σ	Tegangan normal
τ	Tegangan geser
σ_v	Tegangan Von-misses
σ_y	Yield Strength material
S_f	safety Factor
E	Modulus Elastisitas
I _x	Momen Inersia Mmax Momen Maksimum W Berat

1. Introduction

Stern Ramp Door Untuk memudahkan akses keluar masuk kendaraan yang akan diangkut, oleh kapal maka kapal ini dilengkapi dengan dua buah *ramp door* sistem *steel wire rope*, salah satunya adalah *ramp door* yang terletak dibagian depan kapal (*stern ramp door*). Hal ini menunjukkan bahwa ada beban yang bekerja pada konstruksi *stern ramp door* tersebut salah satunya beban statis Beban yang bekerja pada *stern ramp door* ini terjadi saat *loading* ataupun *unloading* yang dalam pengoperasiannya akan menimbulkan masalah seperti deformasi, keretakan, kerusakan, dll.

Kapal type Ro-Ro yang dimiliki oleh Dinas Perhubungan Darat Kepulauan Yapan yang berbahan aluminium 5083 dengan panjang desain kapal 13,8 m yang mampu mengangkut 3 orang abk, 30 orang penumpang dalam, 15 orang penumpang luar dan 15 unit motor . 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.

Sehingga konstruksi stern ramp door harus memiliki tegangan pada batas yang diizinkan dan bisa diterima oleh konstruksi tersebut serta memiliki kekakuan elastis yang cukup. Terdapat beberapa metode dalam analisis fatigue, salah satunya adalah analisis metode elemen hingga (FEM) yang merupakan metode matematis yang bisa digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan seperti analisis tegangan. Pada analisis struktur, analisis FEM dapat digunakan untuk menyelesaikan defleksi dan tegangan pada struktur yang menerima beban tertentu pada kondisi batas yang sesuai.

Pada konstruksi stern ramp door menggunakan pelat tebal 6 hal ini tentunya cukup menarik perhatian karena

konstruksi stern ramp door belum diketahui kekuatan konstruksi, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kekuatan konstruksi pada stern ramp door

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah Metode Elemen Hingga. Tahapan proses yang akan dilakukan pada penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada gambar 2.1, sebagai berikut ;[4].

2.2 Berat

Berat adalah gaya yang disebabkan oleh gaya gravitasi bumi berkaitan dengan massa benda tersebut. Berat yang dimaksud pada penelitian ini yaitu berat motor 3 roda dengan berat sebesar 1149 kg

2.3 Momen Inersia

Penampang WF merupakan penampang berbentuk seperti huruf I [5].

$$I_x = \frac{BH^3 - bh^3}{12} \quad (1)$$

2.4 Tegangan Maksimum

Tegangan normal adalah tegangan yang terjadi ketika suatu gaya diterapkan tegak lurus terhadap luas penampang material, sehingga tegangan utama adalah tegangan ekstrim dari tegangan normal yang ada pada material [6].

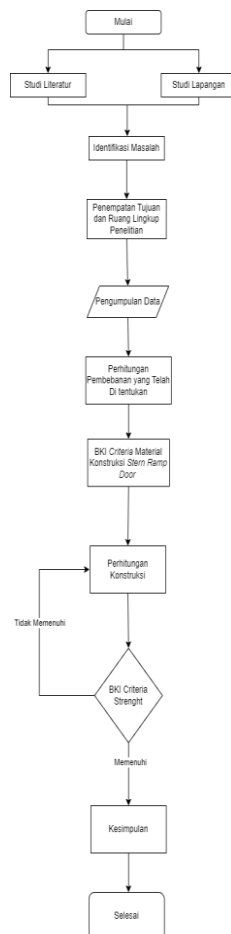
$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \quad (2)$$

2.5 BKI Criteria Material

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 Rules BKI Rule for Yacht Volume 9 Section 2 Point 3.8. Dimana:

Untuk menentukan factor bahan material aluminium maka dapat di hitung sebagai berikut ;

$$k_{Al} = \frac{635}{R_p 0,2 \% + R_m}$$



2.1 Aluminium 5083 Marine

Plate aluminium 5083 mempunyai kepadatan paduan aluminium hanya sepertiga dari baja dan mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik oleh karena itu plat aluminium 5083 menjadi solusi terbaik untuk mengurangi beban kapal tapi ada beberapa produsen sekala besar di dunia memberikan referensi aluminium yang berkualitas tinggi kepada plate aluminium 5083. Plate Aluminium 5083 mempunyai beberapa temper diantaranya sebagai berikut; H116, H111, H321, H34, H12, H112 Plate aluminium mempunyai ketahanan korosi yang unggul, kemampuan pengelasan yang baik, tahan lama, mempunyai kekuatan yang tinggi baik dalam pemrosesan $R_{p0,2\%} = 0,2\%$ tegangan bukti dari paduan aluminium [N/mm²]

R_m = Kekuatan tarik dari paduan aluminium [N/mm²]

Berdasarkan Rules Berdasarkan Rules BKI Rule of Yacht Volume 9 Section 2 Point 4.3 Ukuran konstruksi bagian-bagian utama, alat pengaman dan alat pendukung pintu haluan dan pintu dalam harus dirancang sedemikian rupa sehingga pada beban rancang yang ditentukan dengan tegangan berikut tidak terlampaui:

Bending Stress :

$\sigma = 185 / k$ [Mpa] Shear Stress :

$\tau = 100 / k$ [Mpa] Equivalent Stress :

$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 190 / k$ [Mpa]

2.6 Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat beban vertikal yang diterapkan pada balok atau rangka. Deformasi pada balok dapat dijelaskan

$$\Delta = \frac{F \times L^3}{3 \times E \times I} \quad (5)$$

berdasarkan defleksi balok yang dibebani sebelumnya. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Pembebanan

Seperti dijelaskan pada sub bab sebelumnya, bahwa Kapal Ro-Ro mampu mengangkut kendaraan Golongan I-III. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM. 18 Tahun 2012, mengenai penggolongan kendaraan, diperoleh data kendaraan sebagai berikut:

1. Golongan I Sepeda;
2. Golongan II Sepeda motor di bawah 500 cc dan gerobak dorong;
3. Golongan III Sepeda motor besar (≥ 500 cc) dan kendaraan roda 3 (tiga);
4. Golongan IV Kendaraan bermotor berupa mobil Jeep, Sedan, Minicab, Minibus, Mikrolet, Pick up, Station Wagon dengan ukuran panjang sampai dengan 5 (lima) meter dan sejenisnya;
5. Golongan V Kendaraan bermotor berupa Mobil bus, Mobil barang (truk)/tangki dengan ukuran panjang sampai dengan 7 (tujuh) meter dan sejenisnya;
6. Golongan VI Kendaraan bermotor berupa Mobil bus, Mobil barang (truk)/tangki dengan ukuran panjang lebih dari 7 (tujuh) meter sampai dengan 10 (sepuluh) meter dan sejenisnya, dan kereta penarik tanpa gandengan;

Dari data golongan kendaraan tersebut diperoleh jenis kendaraan yang bisa diangkut di dalam Kapal Ro-Ro yaitu: Sepeda, Sepeda Motor, Sepeda Motor di atas 500cc atau beroda 3. Berdasarkan jenis kendaraan yang diangkut maka pada perhitungan tegangan = 383 Kg

Berat beban yang dipikul oleh roda depan (P_1) = 383 Kg x 1
= 383 Kg _____

Berat beban yang dipikul oleh roda belakang (P_2) = 383 Kg x 2
= 766 Kg

Berdasarkan posisi motor 3 roda berada di tengah – tengah rampdoor sehingga letak posisi roda pun mengenai profil rampdoor hanya Sebagian jadi dapat di asumsikan bahwa beban yang terjadi pada kontruksi rampdoor akibat motor 3 roda menjadi sebesar :

P_1 sebesar 383 kg dikarenakan bagian depan hanya roda 1

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{1}{2} \times P_1 \\ &= \frac{1}{2} \times 766 \\ &= 383 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.2 BKI Criteria Material Konstruksi Stern Ramp Door Aluminium 5083

Aluminium adalah logam yang memiliki kekuatan yang relatif rendah dan lunak. Aluminium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat - sifat lainnya. Umumnya aluminium dicampur dengan logam lainnya sehingga membentuk aluminium paduan. Material ini dimanfaatkan bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan industri, konstruksi, dan lain sebagainya. Aluminium jenis ini mempunyai Properti sebagai berikut :

3.2.1 Material Properties Aluminium 5083 Tebal Pelat 6 mm

Tabel 3. 1 Hasil Uji Tarik Material Tebal Pelat 6 mm

Plat tebal 6mm	Data List	Spesifikasi Data
	Yield Strength	233,84 N/mm ²
	Tensile Strength	336,63 N/mm ²
	Elongation	20,34 %
	Modulus Elastisitas	69 GPa

Berdasarkan Rules BKI Rule for Yacht Volume 9 Section 2 Point 3.8. Untuk menentukan factor bahan material aluminium maka dapat di hitung sebagai berikut ;
nantinya hanya dilakukan pada kendaraan dengan berat terbesar.

Perhitungan Pembebanan Berat Kendaraan Kosong = 370 Kg

$$\begin{aligned} k_{Al} &= \frac{635}{R_{p0,2\%} + R_m} \\ &= \frac{635}{233,84 \cdot 0,2\% + 336,63} \\ &= 1,88 \end{aligned}$$

Berat Muatan = 750Kg, Berat Total Motor 3 Roda = 1149 Kg, Jumlah Roda = 3 buah, Jumlah Roda Bagian Depan = 1 buah, Jumlah Roda Bagian Belakang = 2 buah, Berat beban yang dipikul oleh 1 roda dan ban = W total maksimal / Jumlah Roda

Berat beban yang dipikul oleh 1 roda dan ban = 1149 / 3

$R_{p0,2\%} = 0,2\%$ tegangan bukti dari paduan aluminium [N/mm²]

R_m = Kekuatan tarik dari paduan aluminium [N/mm²]

Berdasarkan Rules Berdasarkan Rules BKI Rule of Yacht Volume 9 Section 2 Point 4.3 Ukuran konstruksi bagian-bagian utama, alat pengaman dan alat pendukung pintu haluan dan pintu dalam harus dirancang sedemikian rupa sehingga pada beban rancang yang ditentukan dengan tegangan berikut tidak terlampaui:

Tegangan Lengkung (Bending Stress)

$$\begin{aligned} \sigma &= 185 / k \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ &= 185 / 1,88 \\ &= 98,40 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan Geser (Shear Stress)

$$y = \frac{153(6 \times 80) + 75(6 \times 150)}{(6 \times 80) + (6 \times 150)}$$

$$y = \frac{140940}{1380}$$

$y = 102 \text{ mm}$ (titik centroid dari penampang)

$$I = \frac{1}{12} bh^3 + Ad^2$$

$$\tau = 100 / k \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$80 \times 156^3 + (80 \times 156)(102 - 78)^2] - 2[(1$$

$$= 100 / 1,88$$

$$= 53,19 \text{ N/mm}^2 \text{ Tegangan Equivalent Stress}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \tau^2} = 190 / k \text{ [N/mm}^2]$$

$$= 190 / 1,88$$

$$= 101,06 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \tau^2}$$

$$= \sqrt{98,40^2 + 3 \times 53,19^2}$$

$$= 92,66 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan momen dan yang terjadi maka nilai dari tegangan bending maksimum, tegangan geser maksimum dan safety factor pada konstruksi tebal pelat

$$6 \times 150^3 + (6 \times 150)(102 - 75)^2] I_x = 278.107.200 \text{ mm}^4$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan data momen inersia sebesar 278.107.200 mm⁴ Dengan diketahui nilai X sebesar 40 mm dan jarak dari sumbu yang ditinjau terhadap garis netral menuju titik centroid dari penampang adalah 102 mm.

3.4 Perhitungan Tegangan Maksimum , Safety Factor Menurut BKI Tebal Pelat 6 mm

Persamaan Tegangan Maksimum :

ukuran 6 mm mendapatkan hasil persamaan sebesar 98.40 N/mm² pada bending maksimum , 53.19 N/mm² pada tegangan geser. Dari hasil ini akan menjadi BKI *criteria strength* pada konstruksi *stern ramp door* saat terjadi pembebanan

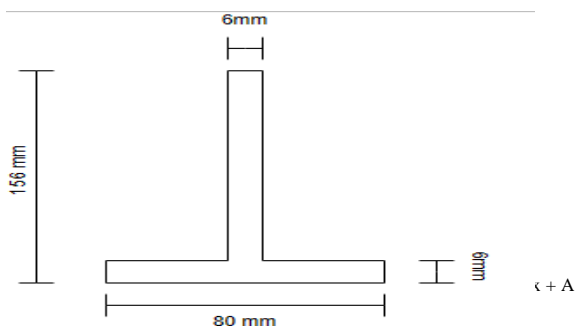
σ_{Maks}

$$\sigma_{Maks} = \frac{M_{Maks} \times C}{I}$$

$$= \frac{206.325.000 \times 102 \text{ mm}}{278.107.200}$$

3.3 Momen Inersia Tebal Pelat 6 mm

Untuk profil T yang terpasang pada konstruksi *stern ramp door* ditunjukkan pada Gambar sehingga perhitungan momen inersianya dirangkum pada sebagai berikut



$$x = \frac{40(6 \times 80) + 40(6 \times 150)}{(6 \times 80) + (6 \times 150)}$$

$$x = \frac{55200}{1380}$$

$$x = 40 \text{ mm}$$

$$y = \frac{\sum W_y + A}{\sum A}$$

Dimana :

M_{Maks} = Momen Maksimum yang terjadi sebenarnya (N/mm²)

C = Jarak titik berat dari profil (mm)

I = Momen Inersia dari profil yang dipilih (mm⁴) Persamaan Menghitung Factor Keamanan (Safety Factor) :

$$n = \frac{\sigma_{Maks}}{\sigma_{Requirement}}$$

$$n = \frac{75,67}{98,40}$$

$$n = 0.76$$

Dimana :

σ_{Maks} = Tegangan maksimum yang terjadi (N/ mm²)

$\sigma_{Requirement}$ = Tegangan bending rekomendasi dari BKI

Persamaan Menghitung Tegangan Izin :

σ_{Izin}

σ_{Izin}

$$\sigma_{Maks} = \frac{\sigma_{Izin}}{n}$$

$$= \frac{75.67}{0.76}$$

$$\sigma_{Izin} = 99,56$$

Dimana :

σ_{Maks} = Tegangan maksimum yang terjadi (N/ mm²) n

= Safety Factor

Pada perhitungan tegangan maksimal di atas dapat disimpulkan bahwa konstruksi yang menggunakan tebal pelat 4 mm dan 6 mm memenuhi BKI criteria strength karena tidak melebihi dari nilai bending stress sebesar 98.40 N/mm². Hasil persamaan diatas safety factor sebesar 0,76 dan tegangan izin sebesar 99.56 N/mm²

3.5 Defleksi Pembebanan

Rumus Defleksi mekanika Teknik , Adapun rumus perhitungan defleksi yaitu sebagai berikut :

$$\text{Defleksi} = \frac{F \times L^3}{3 \times E \times I}$$

Dimana :

F = Force (N)

F beban roda bagian depan

$$= m \times g$$

$$= 383 \times 9.8$$

$$= 3753,4 \text{ N}$$

F beban roda bagian belakang

$$= m \times g$$

$$= 766 \times 9.8$$

$$= 7506,8 \text{ N}$$

3.5.1 Defleksi Stern Ramp Door Pelat 6 mm

$$\begin{aligned} \text{Defleksi Beban roda depan} &= \frac{F \times L^3}{3 \times E \times I} \\ &= \frac{3753,4 \times 3000^3}{3 \times 69000 \times 278.107.200} \\ &= 17,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Defleksi Beban Roda Belakang} &= \frac{F \times L^3}{3 \times E \times I} \\ &= \frac{7506,8 \times 3000^3}{3 \times 69000 \times 278.107.200} \\ &= 35,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kekuatan konstruksi stern ramp door Tegangan maksimum yang terjadi pada tebal pelat 6 mm sebesar 75.67 N/ mm² atau 75.67 Mpa tegangan ini juga memenuhi ketentuan BKI Strength criteria karena tidak melebihi tegangan sebesar 98.40 N/ mm² atau 98.40 Mpa. mendapatkan safety factor sebesar 0,76 mm dengan tegangan ijin sebesar 99.56 N/ mm² pembebanan roda depan mengalami defleksi sebesar 17,6 mm sehingga pada pembebanan roda belakang mengalami defleksi lebih tinggi dari roda depan sebesar 35,2 mm.

Ucapan Terima kasih

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari peran berbagai pihak yang telah banyak memberikan bantuan, dorongan, bimbingan, dan do'a. oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sangat besar khususnya kepada:

1. Ibu dan Ayah saya, serta keluarga besar yang selalu memberikan semangat, doa dan perhatian juga dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Mohamad Hakam, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing 1 yang berkenan memberikan bimbingan, saran, dan pengetahuan baru.
3. Ibu Dian Asa Utari, S.S., M.PD., selaku Dosen Pembimbing 2 yang berkenan memberikan bimbingan, saran, dan pengetahuan baru.

Daftar Pustaka

- [1] Biro Klasifikasi Indonesia. 2014. Rules for the classification and Construction. Part 1 Seagoing Ship. Volume II Rules for Hull. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia
- [2] 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
- [3] 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.
- [4] Johan, J., Imam Pujo Mulyatno, and Good Rindo. "Analisis 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." *Jurnal Teknik Perkapalan* 6.1 (2018).
- [5] Mulyatno, I. P., & Septiadi, A. (2012). Analisis Kekuatan Konstruksi Side Ramp Door Sistem Steel Wire Rope Pada Km. Dharma Kencana II Akibat Beban Statis Dengan Metode Elemen Hingga. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 8(3), 141-150.
- [6] Novian, Ardhani Bintang, Ahmad Fauzan Zakki, and Kiryanto Kiryanto. "Analisis Kekuatan Struktur Stern Ramp Door dengan Variasi Bentuk Clevis pada Kapal Ferry Ro-Ro 600 GT." *Jurnal Teknik Perkapalan* 9.2 (2021): 173-182.
- [7] Popov, Egor Paul, S. Nagarajan, and Z. A. Lu. *Mekanika teknik:(Mechanics of materials)*. Penerbit Erlangga, 1986.
- [8] Pratama, Anggriawan. "Analisis Kekuatan Konstruksi Car Deck Pada Kapal KM. DHARMA FERRY 3 Dengan Metode Elemen Hingga."Tugas Akhir. Semarang: Program
- [9] Samudro, Slamet Haryo, Hartono Yudo, and Ahmad Fauzan Zakki. "Analisis Kekuatan Struktur Stern Ramp Door pada Kapal Ferry Ro-Ro 1000 GT." *Jurnal Teknik Perkapalan* 7.4 (2019).