

## Analisis *Fatigue Life* Konstruksi Utama *Slopeway* KM. Dharma Rucitra VIII

Kinanti Armelya Kurniati<sup>1\*</sup>, Pranowo Sidi<sup>2</sup>, Hariyanto Soeroso<sup>3</sup>

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Teknik Bangunan Kapal, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: kinanti.armel@gmail.com<sup>1</sup>

**Abstract** – One of the shipbuilding companies is repairing Cargo Ro-Ro Ships to become Passenger Ro-Ro Ships. On this ship, it is planned that there will be additional decks that function as accommodation space and motorcycle parking. On the new deck there will be *slopeway* plan as an access to up and down motorbikes. This analysis was conducted to determine the *fatigue life* of the *slopeway*. FEM and simplified *fatigue damage* methods are used to calculate the safety of ship construction and estimate the age of a construction so as to minimize unpredictable damage. Analysis of this method using ANSYS software. Based on the results of the analysis that has been done, the value of the *fatigue life* in the construction of *slopeway* design 1 is 28 years, the construction *slopeway* design 2 is 203 years and the construction *slopeway* design 3 is 107 years. In further research, it can be redesigned the *slopeway* construction so that the *slopeway* can accept a larger load and meet the IRClass standard. In addition, other methods and software can be used as a comparison in the *fatigue life* analysis.

**Keyword:** *Fatigue Life*, FEM Methode, ANSYS, *Slopeway*

### Nomenclature

<b>W</b>	beban (N)
<b>m</b>	massa (kg)
<b>g</b>	gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
<b>P</b>	beban terpusat (kN)
<b>K</b>	koefisiensi beban siklik
<b>I<sub>c</sub></b>	momen inersia tiap komponen (m <sup>4</sup> )
<b>I<sub>x</sub></b>	momen inersia tiap keseluruhan (m <sup>4</sup> )
<b>σ</b>	tegangan (MPa)
<b>M</b>	momen <i>bending</i> (kN m)
<b>Y</b>	<i>centroid</i> Y (m)
<b>N</b>	jumlah siklus
<b>K<sub>2</sub></b>	koefisiensi kurva S-N
<b>DM</b>	<i>fatigue damage</i>

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terletak dalam jalur perdagangan internasional. Kondisi geografis ini membuat industri maritim khususnya transportasi laut berperan besar dalam perkembangan perekonomian Indonesia seperti untuk memenuhi persediaan logistik, hingga menjadi alat transportasi antar pulau satu dengan pulau lainnya. Salah satu perusahaan galangan kapal yang terletak di Madura, Jawa Timur sedang melakukan reparasi *Cargo Ro-Ro Ship* menjadi *Passenger Ro-Ro Ship*. Dimana nantinya akan ada penambahan *deck* (Dek No.1A) yang berfungsi sebagai ruang akomodasi penumpang dan ruang parkir khusus sepeda motor. Pada dek tambahan tersebut akan ditambahkan *slopeway* (*internal ramp*) yang akan digunakan sebagai jembatan atau akses naik turun sepeda motor.

Dalam mendesain dan merencanakan sebuah konstruksi, banyak hal yang harus diperhatikan dan disesuaikan dengan peraturan yang berlaku. Standar

keamanan struktur harus dipenuhi sebelum struktur/konstruksi tersebut digunakan untuk menjamin dan meminimalisir adanya kegagalan struktur jika terjadi *overload* atau kekuatan dari struktur tersebut tidak mencukupi. Metode *Simplified Fatigue Life Assessment* dan FEM (*Finite Element Method*) dapat digunakan untuk menghitung keamanan konstruksi kapal serta mengestimasi usia dari konstruksi kapal tersebut. Perhitungan ini menggunakan pembebanan siklik dan rentang tegangan untuk menghitung banyaknya siklus (*cycle*) yang dapat terjadi sebelum mengalami kegagalan. Berdasarkan penjelasan di atas, diperlukan analisis *fatigue life* pada konstruksi utama *slopeway* yang terdapat pada *deck* tambahan dengan jumlah muatan kendaraan maksimum sebanyak 640 sepeda motor. Konstruksi *slopeway* ini direncanakan menggunakan material baja ASTM A36 dengan kandungan karbon 0,29%.

### 2. METODOLOGI

Pada analisis ini dibutuhkan data dari objek yang akan dianalisa. Berikut tahapan proses pengambilan data dan proses analisis objek.

#### 2.1 Studi Lapangan

Dalam penelitian ini penulis memerlukan studi lapangan untuk melengkapi data yang dibutuhkan dalam pengerjaan penelitian ini. Terdapat beberapa cara yang dilakukan peneliti untuk mendapatkan data dari lapangan, seperti wawancara, pengamatan dan dokumentasi.

#### 2.2 Studi Literatur

Diperlukan pendalaman materi dan referensi yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian melalui buku, artikel ilmiah, hingga jurnal terdahulu.

### 2.3 Pemodelan 3D

Dari data yang telah didapatkan, dilakukan pembuatan model 3D menggunakan *software* SolidWork yang kemudian di-*export* dalam format ACIS agar dapat terbaca di *software* ANSYS untuk proses analisis tegangan.

### 2.4 Perhitungan Tegangan

Dilakukan perhitungan tegangan manual pada konstruksi *slopedway* yang kemudian akan digunakan sebagai validasi model pada proses analisis tegangan.

### 2.5 Simulasi Model

Setelah dilakukan pemodelan 3D, dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan *software* ANSYS.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Ukuran Utama Kapal

Konstruksi *slopedway* yang dianalisis pada penelitian ini merupakan *slopedway* yang dibangun pada kapal dengan ukuran utama sebagai berikut:

LPP (L)	= 137 m
CB	= 0,473
B	= 25 m
H	= 7,6 m
T	= 6,5m
Vs	= 21 Knot

### 3.2 Ukuran Slopedway

Rancangan *slopedway* yang dianalisis pada penelitian ini memiliki 3 desain konstruksi dengan ukuran utama *slopedway* sebagai berikut:

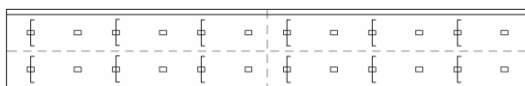
Panjang	= 15 m
Lebar	= 2,4 m
Tinggi	= 2,5 m
Kemiringan	= 9°

### 3.3 Pemodelan 3D

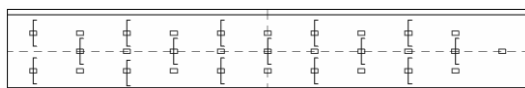
Dari data ukuran *slopedway* yang telah didapatkan, dilakukan pembuatan model 3D menggunakan *software* SolidWork yang kemudian di-*export* dalam format ACIS agar dapat terbaca di *software* ANSYS untuk proses analisis tegangan.

### 3.4 Perhitungan Beban Sepeda Motor

Terdapat 2 macam pembebanan yang diberikan pada konstruksi *slopedway*. Pada pembebanan pertama, terdapat 12 sepeda motor yang disusun sejajar dan pada pembebanan kedua terdapat total 15 sepeda motor yang disusun secara *zig-zag*, seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Plot Pembebanan Sejajar



Gambar 2 Plot Pembebanan Zig-Zag

Beban sepeda motor yang digunakan pada penelitian ini adalah sepeda motor *matic* Yamaha N-Max dengan berat 127 kg. Beban yang diberikan pada setiap roda sepeda motor dapat dihitung menggunakan Persamaan 1, 2, 3, dan 4.

$$W = m \times g \ (\cos 9^\circ) \quad (1)$$

$$P = W \times K \quad (2)$$

$$K = 1 + \frac{20}{(50 + L)} \quad (3)$$

$$P_{\text{tiap roda}} = \frac{P}{2} \quad (4)$$

Sehingga didapatkan nilai beban pada setiap rodanya adalah 1311,39 N

### 3.5 Perhitungan Tegangan

Pada perhitungan tegangan, diperlukan beberapa data yang perlu dihitung terlebih dahulu seperti titik berat, momen inersia dan momen *bending*. Perhitungan tersebut dapat dihitung menggunakan Persamaan 5, 6, 7, dan 8

$$\text{Titik Y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} \quad (5)$$

$$I_c = \frac{bh^3}{12} \quad (6)$$

$$I_x = I_c + (A \cdot d_x^2) \quad (7)$$

$$\sigma = \frac{M \times Y}{I} \quad (8)$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai tegangan pada masing-masing pembebanan, yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel2.

Tabel 1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tegangan pada Kondisi Pembebanan Sejajar

	Tegangan (Mpa)		
	Ijin	Konstruksi	Keterangan
Desain 1	166,67	166,42	Memenuhi
Desain 2	166,67	84,79	Memenuhi
Desain 3	166,67	107,06	Memenuhi

Tabel 2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tegangan pada Kondisi Pembebanan Zig-Zag

	Tegangan (Mpa)		
	Ijin	Konstruksi	Keterangan
Desain 1	166,67	190,89	Tidak Memenuhi
Desain 2	166,67	94,53	Memenuhi
Desain 3	166,67	121,70	Memenuhi

### 3.6 Analisis Tegangan

Dari pemodelan 3D yang telah dilakukan, dapat dianalisis nilai tegangan dari *slopedway* menggunakan *software* ANSYS. Hasil dari analisis *software* ANSYS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Tegangan Software ANSYS

	Desain 1		Desain 2		Desain 3	
	Pembebanan Sejajar		Pembebanan Zig-Zag		Pembebanan Zig-Zag	
Simulasi	182,1	193,1	91,4	103,2	104,8	135,0
Perhitungan	166,4	190,9	84,8	94,5	107,1	121,7
Error (%)	8,60	1,16	7,2	8,4	2,1	9,8

Dari hasil analisis tegangan dan *software* didapatkan nilai persentase error tegangan dibawah 10%, sehingga dapat dinyatakan valid.

### 3.7 Perhitungan *Fatigue Damage*

#### 3.7.1 Estimasi Jumlah *Cycle* 1 tahunan

Pada proses pembangunan *deck* direncanakan terdapat ruang parkir khusus sepeda motor yang dapat memuat maksimum 640 sepeda motor. Berdasarkan pemetaan sepeda motor pada Gambar 1 dan Gambar 2, maka dapat diestimasi jumlah siklus kendaraan yang melintasi *slopedway* dalam periode 1 tahunan sebagai berikut:

1. Pembebanan Seजार = 32400 *cycle*/tahun
2. Pembebanan Zig-Zag = 25800 *cycle* /tahun

#### 3.7.2 Perhitungan *Fatigue Damage*

Dari hasil analisis tegangan pada *software* ANSYS dapat dihitung nilai rentang tegangan dari konstruksi *slopedway*. Setelah diketahui nilai rentang tegangan, dapat dilakukan perhitungan jumlah *cycle* yang terjadi pada masing-masing desain konstruksi, menggunakan Persamaan 9.

$$N = \frac{K_2}{\Delta\sigma^m} \quad (9)$$

Hasil dari perhitungan jumlah *cycle* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Jumlah Siklus Kegagalan

	Seजार	Zig-Zag
Desain 1	71266.85533	59699.55855
Desain 2	564137.2113	391286.1803
Desain 3	373610.9784	174896.5142

Setelah itu, dapat diperoleh nilai *fatigue damage* menggunakan Persamaan 10.

$$DM = \frac{n}{N} \quad (10)$$

Hasil dari perhitungan nilai *fatigue damage* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai *Fatigue Damage*

	DM
Desain 1	0.8867933
Desain 2	0.1233692
Desain 3	0.234237

### 3.8 Perhitungan *Fatigue Life*

Dari nilai *fatigue damage* (DM) yang telah diperoleh, dilakukan perhitungan *fatigue life* dengan *design life* 25 tahun, menggunakan Persamaan 11.

$$Fatigue\ life = \frac{25}{DM} \quad (11)$$

Hasil dari perhitungan *fatigue life* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Fatigue Life*

<i>Fatigue Life</i> (tahun)			
	<i>Design Life</i>	Perhitungan n	Keterangan
Desain 1	25	28	Memenuhi
Desain 2	25	203	Memenuhi
Desain 3	25	107	Memenuhi

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, nilai tegangan pada setiap desain memenuhi tegangan ijin, kecuali pada desain 1 dengan nilai tegangan 190,89 Mpa.
2. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *fatigue life* pada desain 1 sebesar 28 tahun, desain 2 sebesar 203 tahun dan desain 3 sebesar 107 tahun.

## 5. PUSTAKA

- [1] Beard, R., (2022). *Fatigue Modifying Factors - Roy Mech*, [online], Available: [https://roymech.org/Useful\\_Tables/Fatigue/FA\\_T\\_Mod\\_factors.html](https://roymech.org/Useful_Tables/Fatigue/FA_T_Mod_factors.html) [4 April 2022].
- [2] Departemen Perhubungan. [online], Available: <https://kapal.dephub.go.id/> [21 Januari 2022].
- [3] Hill, H., Resosudarmo, B. P., & Vidyattama, Y. (2008). Economic Geography of Indonesia: Location, Connectivity, and Resources. In Y. Huang, & A. M. Bocchi (Eds.), *Reshaping Economic Geography in East Asia* (pp. 407-435). Washington, DC: The World Bank.
- [4] IACS, Appendix C of CSR for OT. (2012). Appendix C - Fatigue Strength Assessment. In I. A. Societies, *Common Structural Rules for Double Hull Oil Tankers* (pp. 645-692).
- [5] IRClass. (2021). Fatigue Evaluation - S-N Curves. In I. C. Shipping), *Guidelines on Fatigue Design Assessment of Ship Structures* (pp. 18-36).
- [6] Khristyson, S. F. (2014). Analisa Kekuatan Konstruksi Internal Ramp Sistem Steel Wire Rope pada KM. Dharma Kencana VIII dengan Metode Elemen Hingga. *KAPAL-Vol.11, No.2*, p. 77-84.
- [7] Khurmi, R., & Gupta, J. (2005). *Wire Rope. A Textbook of Machine Design*. Ram Nagar, New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD. p.???
- [8] Kumaratih, S. F. (2021). *Analisis Fatigue Life Struktur Ramp Door Passenger Deck dan Tali Baja Ferry Ro-Ro 1500 GT*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [9] Raunek. (2021). *What are Ro-Ro Ships?*, [online] Available: <https://www.marineinsight.com/> [19 Januari 2021]
- [10] Schueller, W. (2001). *Arsitektur Bangunan Tinggi*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- [11] Setiahari, E. (2016). *Analisa Fatigue Life Graving Dock Gate dengan Metode Simplified*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [12] The World Material. *ASTM A36 Steel Properties*. [online] Available: <https://www.theworldmaterial.com/astm-a36-steel/> [18 February 2022]

- [13] Tjerita, I. A. (2018). Metode Elemen Hingga Torsi pada Penampang Batang Non-Circular. *Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana*, 2.
- [14] Vidosic, J. P. (1957). *Machine Design Projects*. New York: The Ronald Press Company.