

ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN PADA REDESIGN STRUKTUR SLEIPNER DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Rafi Dzahin Zhaffardian ^{1*}, Mohammad Miftachul Munir ², Muhamad Ari ³

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111^{1*}

Email: rafizhaffar@gmail.com

Abstract – The heavy equipment industry is one of the key sectors supporting economic growth in the mining, infrastructure, and civil construction sectors. One of the notable examples is Sleipner, a transportation system commonly used for moving heavy equipment, which facilitates the movement of such machinery. The structure of the Sleipner Shaft plays a crucial role in carrying and supporting the weight of excavators under static loads. Static loads can influence stress, and excessive stress can lead to structural failure. Therefore, in this study, a stress analysis was conducted to ensure the structure can withstand static loads during operation. A 3D model of the Sleipner Shaft structure was created using AutoCAD 2024, and then an analysis was performed using the finite element method (FEM) with ANSYS to obtain the stress values (von Mises stress). The simulation results with loads ranging from 90 tons and 125 tons in ANSYS showed a stress value of 125.88 MPa for the Half Frame design and 90.23 MPa for the Full Frame design. Additionally, the deflection resulting from varying weights on the Sleipner Shaft averaged 1.35 mm for the Half Frame design and 1.17 mm for the Full Frame design.

Keyword: Shaft Sleipner, Finite Element Method, Von Mises stress, Deflection

1. PENDAHULUAN

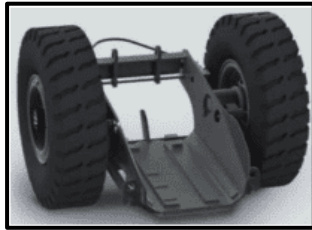
Industri alat berat merupakan salah satu sektor industri yang mendukung terbesar dalam pertumbuhan ekonomi. Tentunya proses pendistribusian tersebut juga membantu produktivitas yang efisiensi dalam pengangkutan barang, kebutuhan ini juga memperkembang alat-alat berat ini beragam bentuk sesuai yang dibutuhkan dalam dunia industri dan konstruksi. Penggalian dan penambangan selektif di berbagai posisi merupakan tantangan utama bagi fleksibilitas mesin penambangan yang diterapkan [1]. Pembahasan ini tertuju pada *Sleipner*, *Sleipner* ini menjadi salah satu jenis armada pengangkut alat berat yang umum digunakan untuk *platform* memudahkan berjalannya alat berat, lain itu juga beban juga beragam dari kendaraan alat berat sehingga perlu diperhatikan sejumlah faktor serta desain juga sesuai dengan kebutuhan material, proses produksi yang efisien juga analisis strukturnya. Analisis struktur juga memiliki peran sangat penting dalam industri manufaktur, termasuk armada transportasi alat berat seperti *sleipner*. Dengan adanya ini analisis struktur dapat membantu menentukan titik kritis beban yang memiliki tegangan tertinggi, serta stabilitas struktur yang diperlukan untuk

menahan beban yang diterima terutama beban maksimal atau besar. Sehingga analisis ini bisa meningkatkan efisiensi, resiko dalam bekerja, dan timbul – timbul masalah lain dari distribusi beban, tidak jarang juga pasti akan melewati medan yang cukup ekstrim seperti area pegunungan, pertambangan, dan ditambah faktor cuaca sehingga jalur yang rusak. Struktur pada *Sleipner* memegang peran utama karena merupakan struktur yang berfungsi menopang beban alat berat saat berjalan. Analisis struktur ini juga memakai salah satu metode elemen hingga. Pada penelitian ini yang akan diujikan adalah *Sleipner Platform* dengan variasi kapasitas 90 ton dan 125 Ton untuk mengetahui besar tegangan yang diterima dari masing-masing beban. Lalu pembuatan 3D pemodelan menggunakan *software* AutoCAD 2024 (*Student License*) serta *software* ANSYS sebagai penguji simulasi. Dengan itu penelitian ini diharapkan akan didapatkan perbaikan desain, peningkatan efisiensi yang kemudian dapat diaplikasikan pada produksi manufaktur *sleipner* selanjutnya.

2. METODOLOGI.

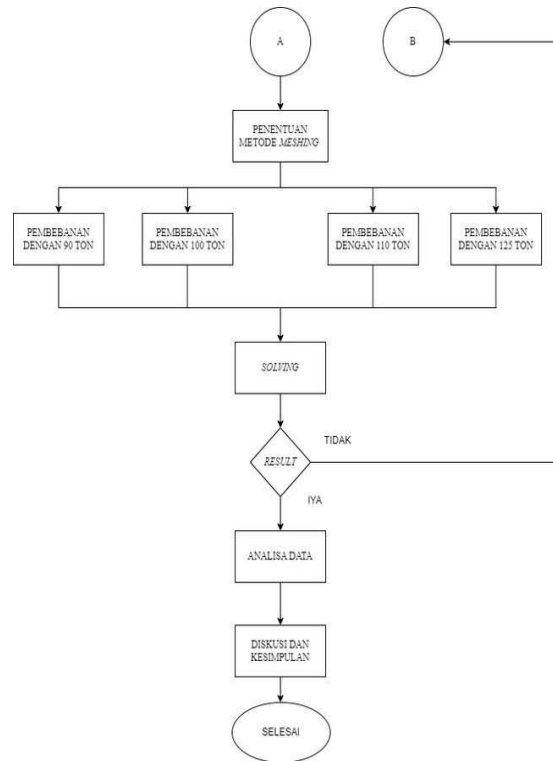
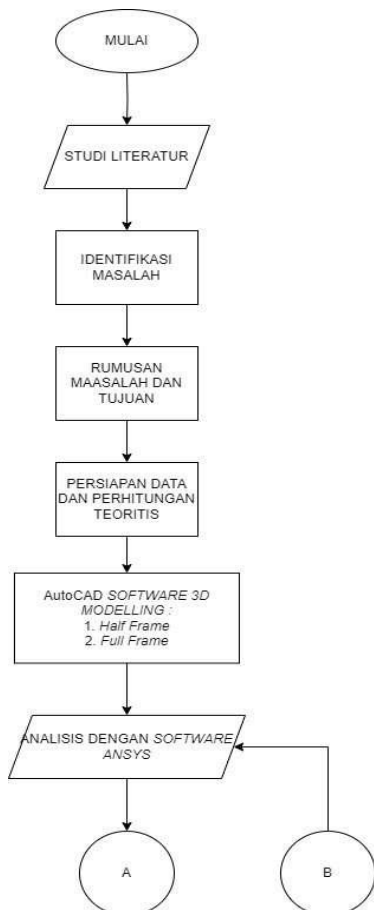
2.1 Metode Penelitian

FEM (*Finite Element Method*) adalah suatu metode yang secara keseluruhan didasari atas pendekatan dengan menggunakan analisa numerik. FEM sendiri merupakan metode pemecahan permasalahan struktur dengan menggunakan pendekatan pada sebuah permasalahan tertentu dalam teknik maupun sains [2]. Prosedur metode elemen hingga memungkinkan kontinum didiskritisasi menjadi sejumlah bagian (elemen) yang terbatas dan menekankan bahwa karakteristik domain kontinu dapat diperkirakan dengan merakit sifat-sifat yang sama dari elemen-elemen diskrit per node [3] Metode ini sering diterapkan dalam analisis struktur, termal, fluida, dan berbagai bidang rekayasa lainnya. Penerapan elemen hingga terbagi dalam 2 kelompok, yaitu kelompok analisa struktur dan kelompok masalah-masalah non-struktur.



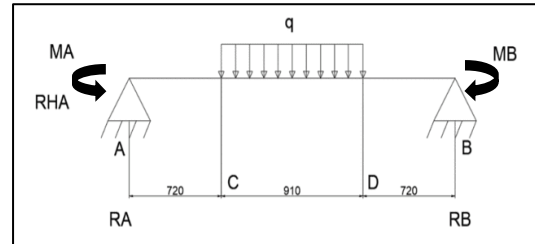
Gambar 1. Shaft Sleipner

2.2 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir

2.3 Perhitungan



Gambar 3. Free Body Diagram

Lalu untuk material sendiri menggunakan SM490YA dengan *material properties* yang ditunjukkan pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. *Material Properties*

<i>Property</i>	<i>Symbol</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>Density</i>	ρ	7850	Kg/m ³
<i>Yield Strength</i>	S_y	365	MPa
<i>Tensile Strength</i>	S_u	571	MPa
<i>Modulus Elasticity</i>	E	200	GPa

Berdasarkan Gambar 3. telah diketahui (q) masing – masing tiap beban 90 Ton dan 125 Ton dikarenakan *sleipner* ada 2 (dua) bagian maka

beban terbagi dua, untuk lebih lengkap bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Input Beban

Berat (N)	Ton
441299,25	45 (90 Ton)
612915,625	62,5 (125 Ton)

Lalu untuk rumus Mmax atau momen maksimum tiap beban berada dititik x = 0,45 m sebagai berikut :

$$M_{max} = RVA \cdot (a+x) - q \cdot x \left(\frac{x}{2}\right) = RVA \cdot (a+x) - q \cdot x^2 \quad (1)$$

Sebagaimana rumus maksimum sebagai berikut

$$M_{max} \text{ 90 Ton} = 22,5 \cdot (0,72 + 0,45) - 24,72(0,45)^2 = 21,31 \text{ tm}$$

$$M_{max} \text{ 125 Ton} = 31,25 \cdot (0,72 + 0,45) - 34,34(0,45)^2 = 29,6 \text{ tm}$$

Setelah menentukan momen maksimum pada titik tertentu yaitu 0,45 m atau 455 m, setelah itu mencari momen inersia, untuk lebih detailnya bisa dilihat pada Gambar 4. Dan Tabel 3. Untuk melihat keseluruhan bagian inersia pada tiap balok.

6				
1	2	3	4	5

Gambar 4. Bidang Inersia Bagian Shaft

Dari data diatas dapat diketahui jika inersia dari keseluruhan yaitu (0,000255938 m⁴) dan jarak sumbu yang ditinjau terhadap garis netral menuju titik tengah tengah penampang (C) yaitu 75 mm atau 0,075 m [4]. Setelah mengetahui maka bisa menentukan tegangan lentur maksimum sebagaimana rumus berikut ini.

$$\sigma_{max} = (M \times C)/I \quad (2)$$

Dimana,

σ_{max} = Tegangan Maksimum

M = Momen

C = Titik tengah penampang (*center of gravity*)

I = Momen inersia

Sehingga,

$$\sigma_{max} \text{ 90 Ton} = (21,31 \times 0,075) / 0,000255938 = 6244,68 \text{ t/m}^2 = 61,23 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{max} \text{ 125 Ton} = (29,6 \times 0,075) / 0,000255938 = 8673,99 \text{ t/m}^2 = 85,06 \text{ MPa}$$

Setelah mencari maksimum tegangan yaitu mencari *Maximum Allowable Stress* dengan perumusan sebagai berikut ini. Dikarenakan beban statis maka untuk *safety factor* sendiri menggunakan nilai 2.

$$\Sigma \text{izin} = \frac{\sigma_{yield}}{sf} \quad (3)$$

Dimana,

Σizin = Tegangan izin

σ_{yield} = *Yield Strenght*

Sf = *Safety Factor*

$$\Sigma \text{izin} = \frac{365}{2} = 182,5 \text{ MPa}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan nilai tegangan izin sebesar 182,5 MPa. Sehingga nilai tegangan ini tidak boleh dilampaui bagian manapun dalam struktur itu sendiri agar memenuhi batas keamanan dari suatu struktur *shaft*.

Untuk deformasi tiap beban yang divariasikan pada simulasi dengan mengetahui seberapa besar lendutan atau deformasi pada tiap beban yang berbeda dari beban 90 Ton sampai 125 Ton. Dan untuk *maximal* deformasi yaitu mengacu *standard* dari CMAA (*Crane Manufactur Association of America*). 70 – 2020. Persamaan bisa dilihat bawah ini

$$\delta_{max} = \frac{L}{888} \quad (4)$$

Dimana,

δ_{max} = Maksimum Defleksi

L = Lebar penampang

Sehingga hasil defleksi sebagai berikut :

$$\delta_{max} = \frac{910}{888} = 1,02 \text{ mm}$$

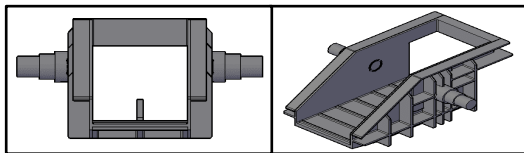
Maka tiap beban yang diterima pada *Sleipner* tidak boleh melebihi batas maksimum yaitu 1,02 mm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

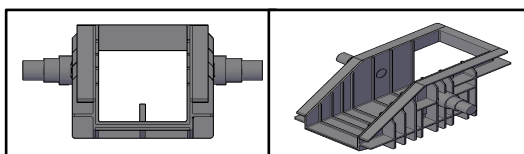
Setelah dilakukan perhitungan, selanjutnya dilakukan simulasi dan bentuk konsep desain

3.1 Konsep Desain

setelah perhitungan ditentukan maka simulasi dilakukan pada *Software Ansys* untuk melihat hasil tegangan yang diberikan tiap beban pada *sleipner*, lalu konsep desain ada dua yaitu *Half Frame* dan *Full Frame* tiap desain bisa dilihat pada Gambar 5. Dan Gambar 6.



Gambar 5. *Half Frame*

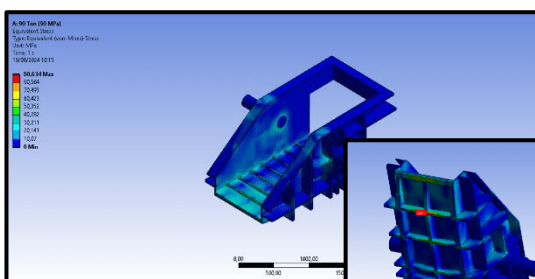


Gambar 6. *Full Frame*

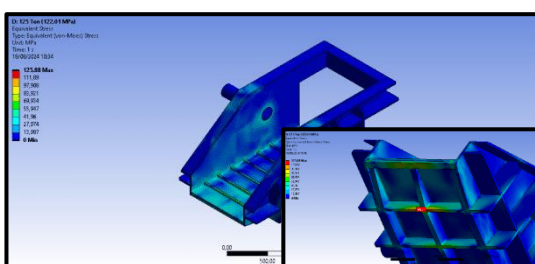
3.2 Simulasi

Berdasarkan dari simulasi pembebanan yang telah dilakukan didapatkan hasil analisis berupa tegangan *von mises*, defleksi yang terjadi pada struktur, sebagai berikut :

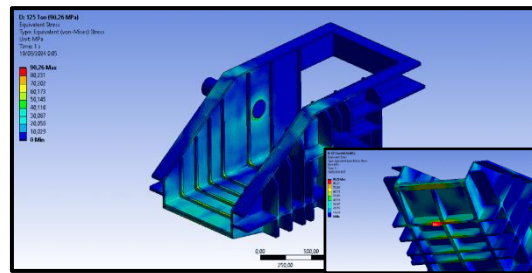
a. Tegangan *Von Mises*



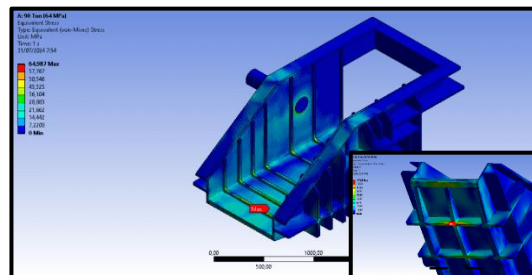
Gambar 6. *Sleipner Tipe Half Frame 90 Ton*



Gambar 7. *Sleipner Tipe Half Frame 125 Ton*



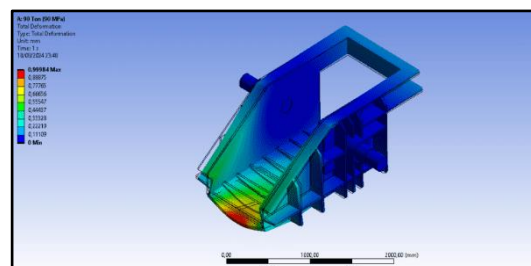
Gambar 8. *Sleipner Tipe Full Frame 90 Ton*



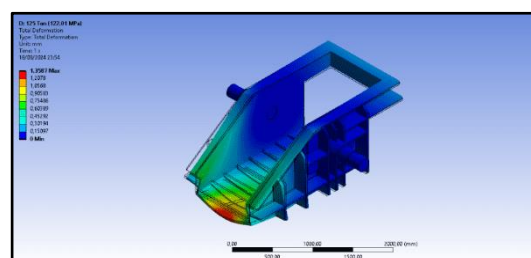
Gambar 9. *Sleipner Tipe Full Frame 125 Ton*

Berdasarkan Gambar 6. Dan Gambar 7. menunjukkan tegangan yang diterima pada desain *Half Frame* terbesar yaitu 125,88 MPa sedangkan Gambar 8. Dan Gambar 9. pada desain *Full Frame* dengan tegangan terbesar yaitu 90,26 MPa, hal ini bahwa hasil simulasi pembebanan pada *shaft Sleipner* bisa dikatakan aman dari beban statis yang diizinkan yaitu 182,5 MPa. Setelah tegangan ditemukan maka mencari defleksi sebagaimana dijelaskan pada Gambar 10. sampai Gambar 13.

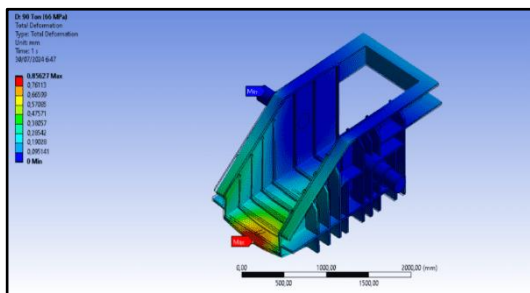
b. Defleksi



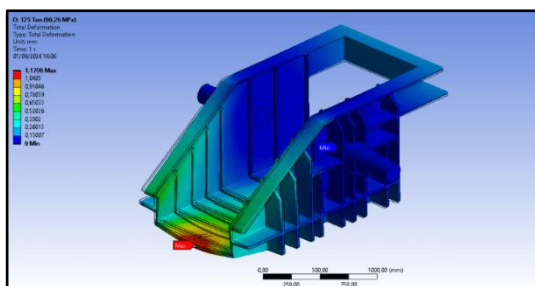
Gambar 10. Defleksi Pada *Half Frame 90 Ton*



Gambar 11. Defleksi Pada *Half Frame 125 Ton*



Gambar 12. Defleksi Pada Full Frame 90 Ton



Gambar 13. Defleksi Pada Full Frame 125 Ton

Berdasarkan pada simulasi defleksi pada *sleipner* dimulai dari desain *Half Frame* mendapati defleksi sebesar pada beban 125 Ton yaitu 1,35 mm lalu untuk *Full Frame* pada beban 125 Ton yaitu 1,17 mm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan tegangan pada *sleipner* secara teoritis didapatkan pada beban 90 Ton yaitu 61,23 MPa dan 125 Ton yaitu 85,06 MPa yang masih jauh dibawah nilai tegangan izin yaitu 182,5 MPa, Sehingga untuk perhitungan teoritis, model dapat dinyatakan aman dari beban statis.

Lalu pembuatan model 3D menggunakan *software* AutoCAD 2024 untuk pembuatan konsep *Half Frame Full Frame* untuk dirancang menopang beban 90 Ton dan 125 Ton dengan dihitung secara aktual pada lapangan. Analisis metode elemen hingga model pada desain *Half Frame* dan *Full Frame* dengan sistem analisis statis structural didapatkan 125,88 MPa untuk *Half Frame* dan *Full Frame* 90,26 MPa, secara data yang didapat kedua dari desain tersebut bisa dinyatakan aman dari beban statis karena jauh dari tegangan izin yaitu 182,5,

Pada hasil simulasi defleksi terbesar beban dari kedua desain yaitu 1,35 mm pada *Half Frame* dan 1,17 mm pada *Full Frame* hal ini dapat dinyatakan melebihi batas defleksi yang ditentukan yaitu 1,02 mm.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Tiada henti bersyukur mengucapkan terima kasih pada dosen pembimbing yang terus senantiasa membantu dan memberi arahan selama pengerjaan penelitian ini

7. PUSTAKA

- [1] Hartlieb, P. (2015). International Journal of Mining Science (IJMS) Vol 1. *Technical and Economic Aspects of the Sleipner System in Real Use*, 1.
- [2] Arliansyah, M. F. (2023). Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Karimun., Indonesia. *ANALISA FINITE ELEMENT METHOD (FEM) UJI BEBAN PADA MEJA* , (122) Vol. 4 No. 2.
- [3] Wibawa, L. A. (2020). Jurnal Rekayasa Mesin p-ISSN: 1411-6863, e-ISSN: 2540-7678. *Studi Numerik Pengaruh Radius Fillet dan Ketebalan Cap terhadap Tegangan Von Mises* , 1-9.
- [4] Singer, F. L. (1999). *Strenght Of Materials Fourth Edition*. California, USA: Harper & Row.