

## SIMULASI TEGANGAN VON MISES DAN ANALISA SAFETY FACTOR GANTRY CRANE KAPASITAS 3 TON

**Al Ichlas Imran, Kadir**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo, Kendari

E-mail: aichlas@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi tegangan von mises dan menentukan faktor keamanan gantry crane. Material struktur yang digunakan adalah Steel AISI 4340 dan material *hook* adalah Cast Iron ASTM Grade 60. Gantry crane digambar menggunakan Autodesk Inventor 2014 dan simulasi menggunakan Comsol Multiphysics. Posisi pembebanan yang diberikan pada hook adalah 0,85 m, 1 m dan 1,15 m. Beban yang diberikan sebesar 29.420 N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tegangan von mises tertinggi dihasilkan oleh posisi pembebanan 0,85 m sebesar  $3,39 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  dan terendah dihasilkan oleh posisi pembebanan 1 m sebesar  $2,85 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ .

**Kata Kunci:** Crane, tegangan von mises, safety factor

### Abstract

*This study aims to determine the distribution of von mises stress and determine the safety factor gantry crane. The structural material was used the AISI 4340 Steel and the hook material was used Cast Iron ASTM Grade 60. Gantry crane was drawn using Autodesk Inventor 2014 and simulated using Comsol Multiphysics. The loading position given on the hook were 0,85 m, 1 m and 1,15m. The load given was 29.420 N. The results showed that the highest von mises stress value was generated by the 0,85 m loading position of  $3.39 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  and the lowest was produced by the loading position of 1 m of  $2.85 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ .*

**Keywords:** Crane, von mises stress, safety factor

### 1. Pendahuluan

Adapun faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan pesawat angkat adalah jenis dan ukuran dari beban yang akan diangkat, kapasitas perjam, arah dan panjang lintasan, metode penumpukan muatan serta kondisi lokal yang spesifik seperti luas dan bentuk lokasi, jenis dan rancangan gedung.

Menurut dasar perancangannya, pesawat angkat dikelompokkan atas tiga jenis, yaitu mesin pengangkat (*hoisting machine*), crane dan elevator. Crane adalah alat angkat atau pesawat yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan sebuah barang yang menggunakan pengkait (*hook*) dengan jarak, ukuran dan berat tertentu yang sulit dilakukan oleh manusia secara langsung. Crane digunakan diberbagai tempat, diantaranya: pabrik, lokasi konstruksi, tempat penyimpanan, pembongkaran barang dan sebagainya.

Crane terdiri dari beberapa komponen dasar, diantaranya tiang dan lengan, penggerak, stabilitas, pengkait (*hook*) serta tali pengkait. Salah satu tempat yang memanfaatkan fungsi crane adalah Laboratorium Teknologi Material dan Teknologi Mekanik, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo. Crane yang digunakan adalah jenis gantry dengan kapasitas hook sebesar 3 ton (29.420 N). Alat ini digunakan untuk memindahkan beberapa peralatan laboratorium ataupun barang-barang yang ada di Fakultas Teknik.

Namun, alat ini memiliki perbedaan pada struktur rangkanya yang terbuat dari Steel AISI 4340 sedangkan Hook nya terbuat dari Cast Iron, dimana kedua bahan tersebut memiliki sifat fisis dan mekanis yang berbeda (ASM Handbook). Selain itu, jarak posisi pembebanan hook pada gantry crane yang berbeda akan mempengaruhi tegangan yang dialaminya.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi tegangan von mises melalui simulasi menggunakan Comsol Multiphysics dan menentukan *safety factor* yang dialami oleh *gantry crane* untuk posisi pembebanan 0,85 m, 1 m dan 1,15 m.

## 2. Metodologi Penelitian

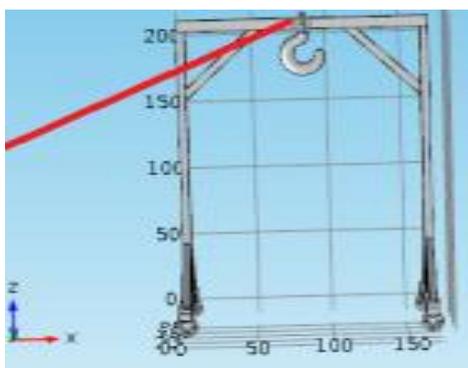
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material dan Teknologi Mekanik serta Laboratorium Aplikasi Komputer Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo. Untuk alat pengkaitnya (*hook*) digambar menggunakan Autodesk Inventor 2014 dan simulasi tegangan menggunakan Comsol Multiphysics. Untuk struktur, material yang digunakan adalah Steel AISI 4340 dan *hook* menggunakan material Cast Iron ASTM Grade 60.

### Sifat Material

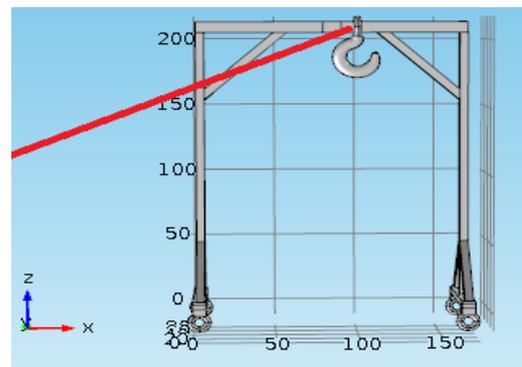
Tabel 1. Sifat Material Steel AISI 4340 dan Cast Iron (Manufacturing)

NO	Properties Material	Steel AISI 4340	Cast Iron ASTM Grade 60
1	Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>	7,2 g/cm <sup>3</sup>
2	Tensile Yield Strength	4,70 x 10 <sup>8</sup> N/m <sup>2</sup>	2,80 x 10 <sup>8</sup> N/m <sup>2</sup>
3	Poisson's Ratio	0,27-0,30	0,26
4	Tensile Ultimate Strength	7,45 x 10 <sup>8</sup> N/m <sup>2</sup>	4,50 x 10 <sup>8</sup> N/m <sup>2</sup>

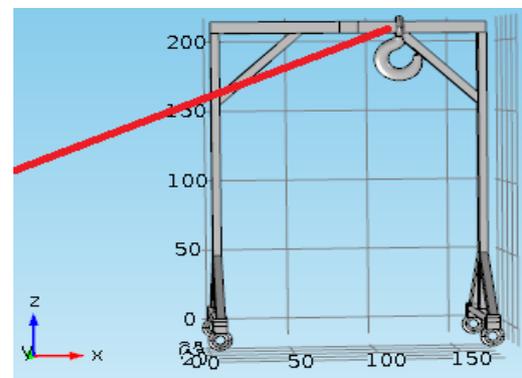
### Modeling



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Modeling pembebanan gantry crane untuk posisi pembebanan (a) 0,85 m, (b) 1 m dan (c) 1,15 m

### Perhitungan Tegangan Von Mises dan Faktor Keamanan

Tegangan efektif Von Mises didefinisikan sebagai tegangan tarik uniaksial yang dapat menghasilkan energi distorsi yang sama dengan yang dihasilkan oleh kombinasi tegangan yang bekerja (Gdoutos, 2005).

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_2 \sigma_3 - \sigma_1 \sigma_3}$$

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

Untuk kasus tegangan dua dimensi,  $\sigma_2 = 0$ , maka:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \sigma_3 + \sigma_3^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \quad (1)$$

Kegagalan akan terjadi apabila

$$\sigma' x \geq \frac{\sigma_y}{n} \quad (2)$$

Faktor keamanan adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi kemandan suatu struktur, dimana kekuatan suatu bahan harus melebihi kekuatan sebenarnya (Hearn, 1997).

$$Faktor\ keamananan\ (n) = \frac{S_y}{\sigma_e} \quad (3)$$

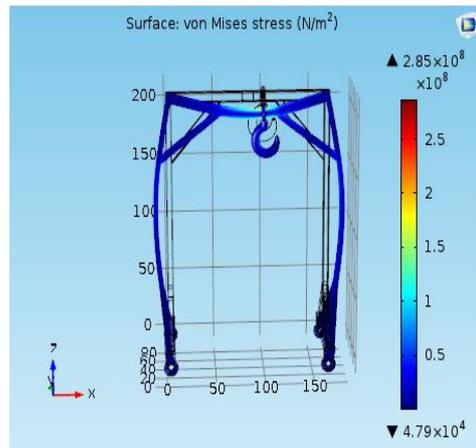
Dimana,

$S_y$  : Yield Strength

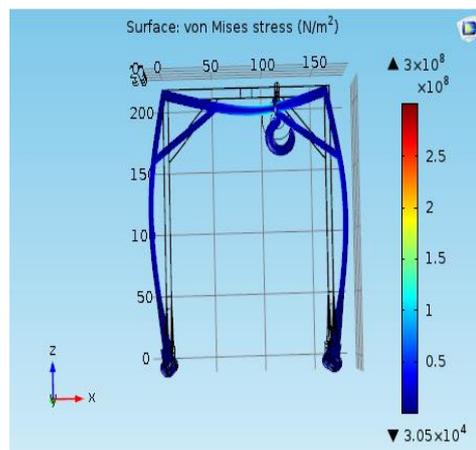
$\sigma_e$  : Tegangan Von Mises

### 3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 2 menunjukkan nilai tegangan von mises yang dialami oleh gantry crane saat diberi pembebanan 29.420 N untuk masing-masing posisi pembebanan sebesar 0,85 m, 1 m dan 1,15 m dari titik 0 pada sumbu X. Saat hook diberikan beban untuk masing-masing posisi pembebanan, maka gantry crane akan mengalami beban bending, dimana tiang penyanggannya akan menjadi tumpuannya.

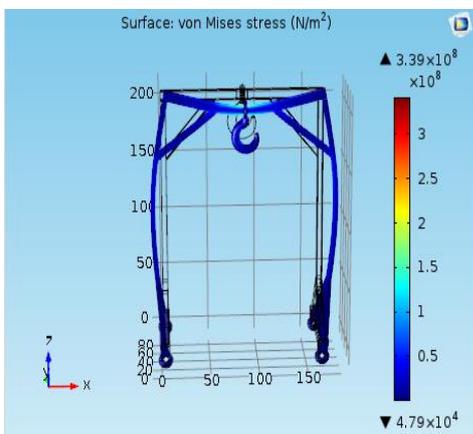


(b)



(c)

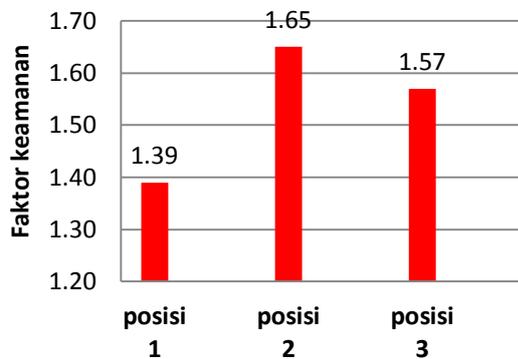
Gambar 2. Nilai tegangan von mises gantry crane untuk posisi pembebanan (a) 0,85 m, (b) 1 m dan (c) 1,15 m



(a)

Dari gambar 2 dapat diketahui bahwa nilai tegangan von mises tertinggi ditunjukkan oleh posisi pembebanan 0,85 m sebesar  $3,39 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  dan nilai tegangan von mises terendah ditunjukkan oleh posisi pembebanan 1 m sebesar  $2,85 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ .

Untuk posisi pembebanan 1, 2 dan 3, nilai tegangan von mises yang dihasilkan masih dibawah nilai kekuatan luluh dari material Steel AISI 4340 (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa untuk semua posisi pembebanan, ketika hook diberi beban maka struktur gantry crane hanya akan mengalami deformasi elastis dimana bentuk gantry crane kembali ke bentuk semula ketika bebannya dilepaskan.



Gambar 3. Nilai faktor keamanan untuk posisi pembebanan (1) 0,85 m, (2) 1 m dan (3) 1,15 m

Gambar 3 menunjukkan pengaruh pembebanan yang diberikan pada hook terhadap nilai faktor keamanan yang dialami oleh gantry crane untuk posisi pembebanan 0,85 m, 1 m dan 1,15 m dari titik 0 pada sumbu X.

Dari gambar dapat diketahui bahwa nilai faktor keamanan tertinggi ditunjukkan pada posisi pembebanan 1 m sebesar 1,65 dan nilai faktor keamanan terendah ditunjukkan pada posisi pembebanan 0,85 m sebesar 1,39. Dalam struktur, kisaran faktor keamanan yang harus dimiliki adalah 1,0 sampai 10. Semakin tinggi nilai faktor keamanannya maka tingkat keamanan yang dimiliki oleh struktur ketika menerima beban adalah semakin baik.

Jika faktor keamanannya kurang dari 1,0 maka suatu struktur bisa mengalami deformasi plastis yang akan berdampak terhadap ketidakmampuan suatu struktur dalam memperlihatkan fungsinya sesuai dengan perancangan awalnya atau kondisi struktur bisa mengalami perpatahan dan kelelahan saat diberikan beban.

#### 4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini adalah gantry crane yang diberikan beban pada hooknya sebesar 3 ton (29.420 N) untuk masing-masing posisi pembebanan 0,85 m, 1 m dan 1,15 m dari titik

0 pada sumbu X, masih mengalami deformasi elastis karena nilai tegangan von mises yang terjadi masih di bawah kekuatan lulunya sebesar  $4,70 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . Sedangkan nilai faktor keamanan yang dimiliki oleh gantry crane masih dalam kisaran 1,0 sampai 10, dimana tegangan yang dialami oleh struktur masih dalam keadaan aman.

#### Daftar Pustaka

- 1997, *ASM Handbook*, Material Selection and design, Volume 20, The Materials Information Company.
- Callister, Jr., W.D. And Rethwisch, D.G, 2010, *Materials Science and Engineering And Introductio..* Eighth Edition, Wiley, USA.
- Gdoutos, E.E., 2005, *An Introduction of Fracture Mechanics*, Second Edition, Springer, Netherlands.
- Hearn, E.J., 1997, *An Introduction to the Mechanics of Elastic and Plastic Deformation of Solid and Structural Materials*, Third Edition, Buttercoorth-Heinemenn, UK.