

P-58

**PERANCANGAN AS RODA TROLI PEMANJAT TANGGA  
BERDASARKAN ANALISIS TEGANGAN DAN FAKTOR KEAMANAN**

***SHAFT DESIGN FOR STAIR-CLIMBING HAND TRUCK BASED ON  
STRESS ANALYSIS AND FAKTOR OF SAFETY***

**Fahreza Hardiputra<sup>1</sup>, Alfian Djafar<sup>2\*</sup>, Sulistijono<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>*Institut Teknologi Kalimantan, Kampus ITK Jl. Soekarno Hatta Km. 15, Balikpapan*

<sup>\*</sup>*E-mail: alfian.djafar@itk.ac.id*

Diterima 21-10-2018	Diperbaiki 26-11-2018	Disetujui 27-12-2018
---------------------	-----------------------	----------------------

**ABSTRAK**

Pemindahan material secara manual menggunakan troli terbatas pada permukaan yang datar. Troli yang dilengkapi dengan mekanisme roda tri-star dapat mengatasi permasalahan tersebut. Pada penelitian ini membahas mengenai rancang bangun mekanisme roda tri-star pada troli pemanjat tangga. sebagai langkah awal, Perancangan bertujuan menganalisis tegangan dan faktor keamanan pada As roda yang menopang rangka dan roda. As roda dirancang melalui pemilihan material dan dimensi untuk menentukan faktor keamanan sesuai besarnya pembebanan yang diberikan. Hasil pemodelan pada perangkat lunak kemudian dianalisis menggunakan metode simulasi FEA. Komponen as roda menggunakan variasi material ASTM A41, AISI 304, dan AL 6061 dengan diameter sebesar 6 mm, 12 mm, dan 18 mm. As roda menerima beban sebesar 400 N. Berdasarkan hasil simulasi, material yang dapat digunakan adalah ASTM A41 dan AISI 304 dengan diameter 12 mm dan 18 mm, sedangkan material AL 6061 hanya bisa digunakan pada diameter 18 mm.

**Kata kunci:** As Roda, Analisis Tegangan, simulasi FEA, Faktor Keamanan, ASTM A41, AISI 304, AL 6061

**ABSTRACT**

*Manual material handling using hand truck is limited to flat surfaces. Hand truck equipped with tri-star wheel mechanisms can overcome these problems. On this research is discussed about the design of the tri-star wheel mechanism on the stair-climbing hand truck. For the first step, Design aims to analyze stresses and factor of safety on the shaft that supports the frame and wheels. The shaft is designed through the selection of material and dimensions to determine the factor of safety according to the amount of loading given. The modeling results in the software are then analyzed using the FEA simulation method. The shaft component uses various material ASTM A41, AISI 304, and AL 6061 with diameters of 6 mm, 12 mm, and 18 mm. The shaft receives a load of 400 N. The simulation results show that the materials that can be used are ASTM A41 and AISI 304 with a diameter of 12 mm and 18 mm, while the AL 6061 material can only be used on a diameter of 18 mm.*

**Keywords:** Shaft, Stress Analysis, FEA Simulation, Factor of Safety, ASTM A41, AISI 304, AL 6061

**PENDAHULUAN**

Kemajuan industri di Indonesia yang pesat memunculkan berbagai jenis usaha, baik usaha mikro hingga usaha makro Indonesia. Kemajuan tersebut tidak serta merta dapat mengubah kebiasaan industri di Indonesia yang saat ini masih bergantung pada tenaga kerja manusia yang dominan manual dapat beralih ke industri yang lebih automasi. Salah

satu bentuk peranan manusia sebagai sumber tenaga kerja manual adalah dalam aktivitas pemindahan material. Pemilihan manusia sebagai sumber tenaga kerja dalam memindahkan material bukanlah tanpa sebab. Penanganan material secara manual memiliki suatu keuntungan yaitu fleksibel dalam gerakan sehingga memberikan kemudahan

dalam pemindahan material pada ruang terbatas dan pekerjaan yang tidak beraturan.

Pemindahan material secara manual dilakukan tidak tanpa risiko. Pemindahan material secara manual selain tidak produktif juga dapat menyebabkan kurang nyaman, *overstress*, rasa sakit, hingga kecelakaan kerja (*accident*) pada pekerja. Risiko tersebut tentu dapat diminimalkan dengan tindakan kondisi kerja serta penunjangnya yang ergonomi. Pekerja bekerja sesuai dengan prosedur operasi standar pekerjaan serta penggunaan peralatan pendukung yang tepat.

Peralatan pendukung yang cukup dikenal dalam proses pemindahan barang secara manual yaitu troli. Troli merupakan alat yang berfungsi untuk memindahkan material dari satu tempat ke tempat lain dengan bantuan manusia. Kerugian troli yaitu tidak dapat digunakan untuk memindahkan material antar tingkat dalam suatu gedung, akibatnya penggunaan troli menjadi sangat terbatas. Sebagai solusi, digunakan mekanisme roda Tristar yang mampu diaplikasikan sehingga troli bisa memanjat tangga. Roda *tri-star* memiliki ciri dimana tiap setnya memiliki tiga buah roda.

Sebagai langkah awal dalam penelitian, dibutuhkan perancangan elemen-elemen pada troli pemanjat tangga. Perancangan dibatasi dengan menganalisis tegangan dan faktor keamanan pada As roda yang menopang rangka dan roda. As roda dirancang melalui pemilihan material dan dimensi untuk menentukan faktor keamanan sesuai besarnya pembebanan yang diberikan.

Penelitian terdahulu dapat dilihat pada Desain troli pemanjat tangga menggunakan mekanisme roda *tri-star* dengan melakukan perhitungan pada tiap elemen troli. Perancangan berupa *chassis* atau rangka, pemilihan *bearing*, roda, *Quasi-star frame*, Sistem pengereman, belt, pegas daun, dan juga *shaft*. *Shaft* yang tempat bertumpunya roda didesain dengan menggunakan material hollow, dengan diameter luar sebesar 19.5 mm dengan panjang sebesar 609.6 mm. berdasarkan hasil rancangan, troli mampu mengangkut beban pada permukaan datar sebesar 150 kg dan pada memanjat tangga sebesar 100 kg [1].

Penelitian lain menunjukkan desain dan fabrikasi prototipe troli pemanjat tangga. Prototipe dibuat dari *Poly Methyl Methacrylate* (PMMA) dengan pemberian beban 10 kg. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan

*Creo 3.0 Modelling Software*, dan analisis tegangan dan *displacement* menggunakan *Autodesk Fusion 360*. Prototipe yang dibuat memiliki sebaran tegangan dan *displacement* yang baik serta tidak memerlukan tenaga yang berlebih dalam mengoperasikannya. Putaran roda *tri-star* saat memanjat tangga juga baik [2].

### 1. FiniteElementMethod(FEM)

*FEM* berkembang dengan cepat sebagai alat yang paling berguna dalam analisis numerik karena keuntungan yang diberikan, seperti pengaplikasiannya dapat digunakan untuk bentuk yang acak dengan rentang dimensi yang luas. Keuntungan lainnya yakni penggunaan material yang banyak jenisnya dengan berbagai konfigurasi-konfigurasi sesuai kebutuhan. *FEM* yang diaplikasikan pada bidang spesifik seperti analisis tegangan, termal, dan vibrasi biasanya disebut sebagai *Finite Element Analysis* (FEA) [3].

### 2. Pemilihan Material

Dalam merancang suatu struktur, ditetapkan prosedur pemilihan suatu material yang sesuai dengan kondisi aplikasinya. Berikut ini dijabarkan beberapa sifat-sifat yang menentukan kualitas dalam memilih material [4].

- a. Kekuatan (*strength*) adalah kemampuan bahan untuk menahan tegangan tanpa terjadi kerusakan.
- b. Elastisitas (*elasticity*) adalah kemampuan bahan untuk kembali ke ukuran dan bentuk asalnya, setelah gaya luar dilepas. Sifat ini sangat penting pada semua struktur yang mengalami beban berubah-ubah.
- c. Kekakuan (*stiffness*) adalah sifat yang didasarkan pada sejauh mana bahan mampu menahan perubahan bentuk.
- d. Keuletan (*ductility*) adalah sifat dari bahan yang memungkinkan bisa dibentuk secara permanen melalui perubahan bentuk yang besar tanpa terjadi kerusakan.

### 3. Faktor Keamanan

Faktor keamanan adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi keamanan dari suatu elemen. Faktor keamanan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain [5].

- a. Variasi sifat-sifat bahan
- b. Pengaruh ukuran dari bahan yang diuji kekuatan
- c. Jenis beban

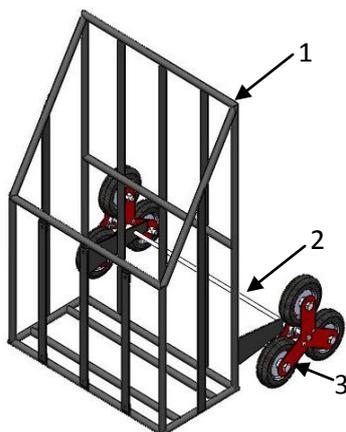
- d. Pengaruh permesinan dan proses pembentukan
- e. Pengaruh perlakuan panas terhadap sifat fisis dari material
- f. Pengaruh pelumasan dan umur dari elemen mesin
- g. Pengaruh waktu dan lingkungan dimana peralatan tersebut dioperasikan
- h. Syarat-syarat khusus terhadap umur dan ketahanan uji mesin
- i. Keamanan manusia secara keseluruhan harus diperhatikan

Penggunaan faktor keamanan yang paling banyak terjadi bila membandingkan tegangan kekuatan untuk menaksir keamanannya. Bahan ulet diasumsikan mempunyai tegangan luluh dan maksimum sama. Persamaan Faktor Keamanan (*FoS*) dijabarkan pada Persamaan (1) [5].

$$FoS = \frac{\text{Tegangan luluh}}{\text{Tegangan yang bekerja pada elemen}} \quad (1)$$

## METODOLOGI

Pembuatan suatu alat atau produk memerlukan tahapan perancangan. Tahap proses perancangan perlu diperhatikan analisis strukturnya, dengan menentukan efek dari beban gaya yang bekerja pada struktur fisik dan komponennya sehingga dapat diketahui keamanan dari suatu produk.

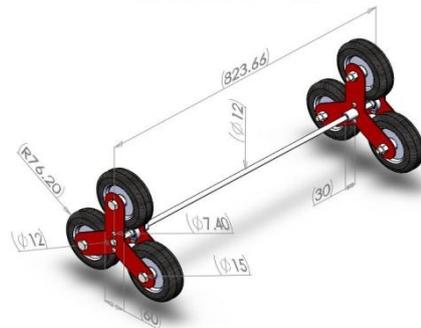


Gambar 1. Pemodelan troli pemanjat tangga

Pemodelan menjadi bagian dari tahap perancangan. Gambar 1 menunjukkan bagian dari troli pemanjat tangga berupa rangka, As roda, dan roda Tri-star.

Gambar 2 menunjukkan pemodelan dari As roda. Dari hasil pemodelan, akan dilakukan penentuan besarnya tegangan dan faktor keamanan dari As roda dengan menggunakan

program simulasi *Finite Element Analysis (FEA)*.



Gambar 2. Pemodelan As Roda

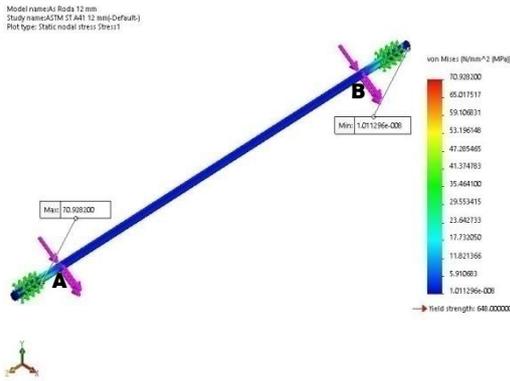
Variabel yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi duabagian, yaitu variabel independen dan variabel dependen. Variabel independen merupakan variabel yang divariasikan berupa material As yang bisa menjadi alternatif dalam proses produksi. Material As yang digunakan adalah *ASTM A41*, *AISI 304*, dan *AL 6061* dengan sifat mekanik berupa Tegangan luluh (*Yield Strength*) masing-masing sebesar  $370 \text{ N/mm}^2$ ,  $206.807 \text{ N/mm}^2$ , dan  $55.1485 \text{ N/mm}^2$ .

Variabel dependen merupakan variabel yang merupakan pengaruh dari adanya akibat variasi variabel independen. Variabel dependen yang digunakan berupa tegangan dan faktor keamanan.

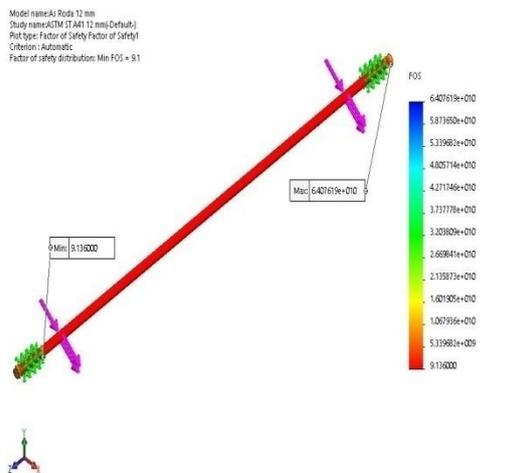
Untuk menentukan hasil perancangan yang aman, maka dipersyaratkan faktor keamanan bernilai 1.5, dengan parameter berupa data material yang cukup baik, kondisi lingkungan yang stabil, dan beban serta tegangan yang terjadi dapat dihitung dengan baik [5].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

As roda menerima gaya dari beban yang telah diproyeksikan sehingga perlu dianalisis dengan menggunakan metode simulasi. Beban yang diberikan sebesar 400 N. Simulasi dilakukan pada as roda berdasarkan variabel dependen, yakni material *ASTM A41*, *AISI 304*, dan *AL 6061* dengan diameter 6 mm, 12 mm, dan 18 mm.



Gambar 3. Hasil analisis tegangan pada as roda ASTM A41 12 mm



Gambar 4. Hasil analisis FoS as roda ASTM A41 12 mm

Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan sampel dari hasil pengujian tegangan dan faktor keamanan, material yang digunakan adalah *ASTM A41* dengan diameter 12 mm. As roda ditumpu di kedua ujungnya, sedangkan pemberian beban berada di titik A dan B. Berdasarkan gambar 3, tegangan maksimum berada pusat pembebanan, yakni pada titik A dan B. tegangan yang terjadi sebesar 70.928 N/mm<sup>2</sup>. Faktor Keamanan (*FoS*) diperlihatkan pada Gambar 4. Terlihat bahwa besarnya Faktor Keamanan pada *ASTM A41* dengan diameter 12 sebesar 9.14, hal ini menunjukkan kondisi perancangannya aman, karena Faktor Keamanan berada diatas batas nilai Faktor Keamanan yang dipersyaratkan.

Untuk menentukan besarnya tegangan dan faktor keamanan dengan material sesuai dengan variabel dependen, dilakukan proses simulasi seperti halnya pada material *ASTM A41*. Hasil lengkap analisis dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Hasil analisis tegangan dan faktor keamanan pada as roda menggunakan material *ASTM A41*

No.	Diameter (mm)	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Faktor Keamanan
1	6	506.866	1.28
2	12	70.928	9.14
3	18	22.765	28.46

Tabel 2. Hasil analisis tegangan dan faktor keamanan pada as roda menggunakan material *AISI 304*

No.	Diameter (mm)	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Faktor Keamanan
1	6	506.866	0.41
2	12	70.928	2.91
3	18	22.765	9.08

Tabel 3. Hasil analisis tegangan dan faktor keamanan pada as roda menggunakan material *AL 6061*

No.	Diameter (mm)	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Faktor Keamanan
1	6	495.734	0.11
2	12	69.708	0.79
3	18	22.392	2.46

Tabel 1, 2, dan 3 menunjukkan hasil analisis tegangan dan faktor keamanan pada as roda, baik material *ASTM A41*, *AISI 304*, dan *AL 6061*. Diameter yang digunakan pada 3 material tersebut adalah 6 mm, 12 mm, dan 18 mm. Acuan dasar yang digunakan dalam penentuan keamanan dari sebuah perancangan akibat pemberian beban sebesar lebih dari 1.5. Berdasarkan Tabel 1, material *ASTM A41* dengan diameter 6 mm memiliki tegangan maksimum sebesar 506.866N/mm<sup>2</sup> dengan faktor keamanan sebesar 1.28, lebih kecil dari faktor keamanan yang dipersyaratkan. Berbeda dengan material *ASTM A41* diameter 12 mm yang memiliki tegangan maksimum 70.928N/mm<sup>2</sup> dan 18 mm dengan tegangan maksimum sebesar 22.765N/mm<sup>2</sup>, faktor keamanan yang dimiliki melebihi dari faktor keamanan acuan, masing-masing sebesar 9.14 dan 28.46.

Sama halnya pada material *AISI 304*, Tabel 2 menunjukkan bahwa diameter 6 mm yang memiliki tegangan maksimum sebesar 506.686 hanya memiliki faktor keamanan sebesar 0.41. Material *AISI 304* pada diameter 12 mm dengan tegangan sebesar 70.928N/mm<sup>2</sup> memiliki faktor keamanan 2.91, dan diameter 18 mm memiliki tegangan maksimum 22.765 N/mm<sup>2</sup> dan faktor keamanan sebesar 9.08. hal ini menunjukkan

bahwa diameter 12 dan diameter 18 memiliki faktor keamanan yang besar melebihi faktor keamanan yang dipersyaratkan.

Berbeda dengan material *AL 6061*, hanya diameter 18 mm saja yang memiliki faktor keamanan diatas 1.5. Seperti yang ditunjukkan Tabel 3, diameter 18 mm memiliki faktor keamanan sebesar 2.4 dengan tegangan maksimum sebesar 22.392 N/mm<sup>2</sup>. diameter 6 mm dengan tegangan maksimum 495.734N/mm<sup>2</sup> dan diameter 12 mm dengan tegangan 69.708N/mm<sup>2</sup>, hanya memiliki faktor keamanan masing-masing 0.11 dan 0.79, jauh dari faktor keamanan yang dipersyaratkan.

Berdasarkan hasil pemodelan pada perangkat lunak kemudian menganalisis tegangan dan faktor keamanan menggunakan metode simulasi *FEA*, As roda yang menerima beban sebesar 400 N dapat menggunakan material *ASTM A41* dan *AISI 304* dengan diameter 12 mm dan 18 mm, sedangkan material *AL 6061* hanya bisa digunakan pada diameter 18 mm.

## KESIMPULAN

Struktur pada alat telah dirancang melalui metode simulasi dengan menggunakan software simulasi *FEA*. Pada simulasi, dilakukan dengan membandingkan berbagai variasi tipe material berupa *ASTM A41*, *AISI 304*, dan *AL 6061*. Dari hasil simulasi, material yang dapat direkomendasikan karena melebihi dari faktor keamanan yang menjadi persyaratan adalah *ASTM A41* ukuran diameter 12 mm dengan tegangan sebesar 70.928N/mm<sup>2</sup>, yang memiliki faktor keamanan 2.91, *ASTM A41* diameter 18 mm dengan tegangan maksimum sebesar 22.765N/mm<sup>2</sup> dan faktor keamanan sebesar 28.46, Material *AISI 304* diameter 12 mm dengan tegangan sebesar 70.928N/mm<sup>2</sup> dan faktor keamanan 2.91, *AISI 304* diameter 18 mm memiliki tegangan maksimum 22.765 N/mm<sup>2</sup> dan faktor keamanan sebesar 9.08, serta material *AL 6061* diameter 18 mm memiliki tegangan maksimum sebesar 22.392 N/mm<sup>2</sup> dengan faktor keamanan sebesar 2.4.

## SARAN

Untuk kelanjutan penelitian, perlu dilakukan peninjauan lapangan terkait material yang tersedia di pasaran beserta harganya. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan material aman dan juga bernilai ekonomis.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Kalimantan sebagai tempat mengembangkan potensi dan menjadi wadah sehingga kegiatan penelitian ini bisa terlaksana.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maniyar, G.K., Panjwani, K.A., Joshi, M.L., Lodaya, G.R., Ingle, N.S., dan Todkhar K.A. "Domestic Load Carrier Trolley", *International Journal of Infomative & Futuristic Research*, Vol. 4, No. 8 (2017) : 7019-7030.
- [2] Ajay, G.A., Harikrishna, K.L., Bharatharajan, S., dan Avinashilingam, M.K. "Design and Development of Light Weight Mechanical Staircase Climbing Trolley with Better Stress Distribution", *Journal of Chemical and Pharmaceutical Science*, No. 7 (2017): 192-194.
- [3] Akin J.E. "Finite Element Analysis Concepts via Solidworks", Rice University, Texas (2009).
- [4] Sadikin, A. "Perancangan Rangka Chassis Mobil Listrik Untuk 4 Penumpang Menggunakan Software 3D SIEMENS NX 8", Skripsi, Universitas Negeri Semarang, Semarang (2013).
- [5] Achmad, Z. *Elemen Mesin 1*, PT Refika Aditama, Bandung (2006).