

Contents list available at [Sinta](https://sinta)**A R M A T U R**

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>**Perancangan Dan Analisis Statik Kekuatan Rangka *Hand Trolley* Menggunakan Pendekatan Metode Elemen Hingga**Sayang Wijaya^{1*}, Rizal Hanifi², Ujiburrahman³¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Indonesia**A R T I C L E
I N F O**

Keywords:
design
static analysis
hand trolley
finite element method

A B S T R A C T

Manual goods transfer activities are commonplace in various industries, but can pose a risk of injury and reduce work efficiency. The use of a hand trolley as a tool can ease the workload and improve worker safety. This study aims to design and analyse the static strength of a hand trolley frame made of aluminium alloy 6061. Aluminium alloy 6061 was chosen because it has a light density, high yield strength, corrosion resistance, and is popular in construction. This study uses the finite element method, with loading variations of 1000 N, 2000 N and 3000 N. The simulation results show that the maximum loading of 2000 N and 3000 N with the smallest safety factor numbers are 0.78 and 0.51, respectively. The proposed hand trolley design with alluminium alloy 6061 material can only withstand 1000 N load.

Pendahuluan

Aktivitas pemindahan barang secara manual merupakan hal yang lumrah dan sering terjadi di berbagai tempat kerja. *Material handling* memakan biaya sekitar 20-25% dari total biaya tenaga kerja dalam suatu proses produksi dikhususkan untuk *material handling* [1]. *Manual Material Handling* (MMH) merupakan istilah resmi yang digunakan *Occupational Safety and Helath Administration* (OSHA) untuk merujuk pada aktivitas memindahkan barang secara manual, seperti mengangkat,

menurunkan, mendorong, menarik, membawa, dan memindahkan benda [2]. Demi menjaga kesehatan dan keselamatan kerja, penting untuk mengikuti batas normal pengangkutan barang tanpa alat bantu yang ditetapkan oleh *Occupational Health and Safety Commission* (OHSC), yaitu 34-40 kg. Apabila berat barang melebihi batas tersebut, maka penggunaan alat bantu harus diterapkan [3]. Pengguna perlu menggunakan alat bantu *trolley* untuk meringkankan beban kerja, mengurangi risiko cedera, dan meningkatkan efisiensi

****Corresponding author:** 2010631150064@student.unsika.ac.id

DOI: <https://10.24127/armatur.v5i2.6199>

Received 1 Juli 2024; Received in revised form 30 Juli 2024; Accepted 24 September 2024

Available online 30 September 2024

dalam pengangkutan barang [4]. Di industri, terdapat berbagai jenis *trolley* yang dirancang khusus untuk fungsi yang berbeda-beda, seperti *platform hand trolley*, *tilting forklift trolley*, *folding trolley*, *canvas wheel barrow trolley*, *gas cylinder trolley*, *platform hand trolley*, *single wheeled wheelbarrow trolley* and *sck trolley*. Dalam penelitian ini, *trolley* yang digunakan adalah *platform hand trolley* yang didesain khusus untuk mengangkut beban di permukaan datar dan tidak memiliki kemampuan untuk melewati rintangan seperti tangga [5].

Kenyamanan pengguna *trolley* pengangkut barang sangat dipengaruhi oleh berat *trolley* itu sendiri. *Trolley* yang terlalu berat dapat menghambat mobilisasi para pengguna. Oleh karena itu, pemilihan material *trolley* harus mempertimbangkan massa jenisnya. Material seperti *mild steel* dengan massa jenis $7,85 \text{ g/cm}^3$ lebih berat dibandingkan *aluminium alloy* 6061 yang hanya $2,66 \text{ g/cm}^3$ [6]. Hal ini perlu diperhatikan karena berat *trolley* juga memengaruhi kapasitas angkatnya. Memilih material yang lebih ringan seperti aluminium akan meningkatkan efisiensi mobilisasi pekerja. Memilih material yang tepat di awal produksi merupakan kunci utama. Pemanfaatan teknologi modern dalam desain mesin dapat menghemat biaya secara signifikan [7]. Optimasi desain adalah kunci untuk meminimalkan cacat produk, meningkatkan masa pakai, dan memaksimalkan waktu produktif [8].

Stress Analysis merupakan salah satu alat pengujian struktur pada *Solidworks* yang dilakukan dengan menerapkan konsep *Finite Element Analysis* (FEA). *Finite Element Analysis* (FEA) merupakan metode numerik yang dipakai untuk memecahkan masalah rekayasa dengan cara membagi struktur menjadi elemen-elemen kecil dan menghitung tegangan serta parameter lainnya pada setiap elemen [9]. *Finite Element Analysis* (FEA) memiliki kelebihan diantaranya untuk mengoptimalkan desain, melakukan perhitungan secara teoritis, memprediksi kekuatan sebuah material [10] dan menggunakan analisis regresi untuk

memastikan gaya pembebanan [11]. Material dipilih berdasarkan pertimbangan untuk meningkatkan fungsionalitas, efisiensi, dan ketahanan desain [12].

Penelitian ini berfokus pada perancangan dan analisis statik pada *hand trolley* pengangkut barang yang terbuat dari *aluminium alloy* 6061. Berdasarkan pada beberapa kelebihanannya, seperti kekuatan luluh yang tinggi, massa jenis yang ringan, ketahanan terhadap korosi, dan popularitasnya dalam konstruksi [13].

Metode Penelitian

A. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Praktikum Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang.

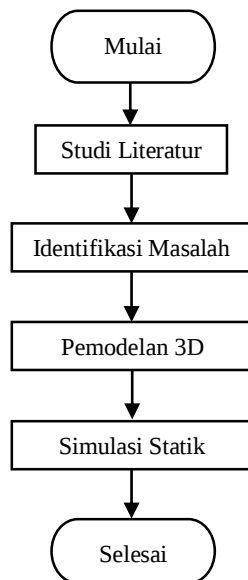
B. Peralatan Yang Digunakan

Peralatan utama yang dipakai dalam penelitian ini adalah Laptop Acer Aspire 5 dengan prosesor Intel AMD Ryzen 5 8GB dan menggunakan *software Solidworks*.

C. Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini melalui beberapa tahapan untuk menghasilkan kekuatan rangka *hand trolley* berdasarkan analisis statik dengan eksperimen simulasi *Solidworks*. Pengamatan dilakukan dengan mengidentifikasi masalah melalui observasi *hand trolley* secara langsung. Penelitian ini dilakukan dari 5 Mei 2024 s/d 1 Juni 2024. Bahan-bahan yang mendukung penelitian bersumber dari studi literatur dan pengamatan lapangan. Pengumpulan data dalam penelitian ini akan menjadi *input* dalam pengolahan data. Penelitian ini dilakukan dengan metode observasi kemudian hasil perancangan disimulasikan dengan *software Solidworks*.

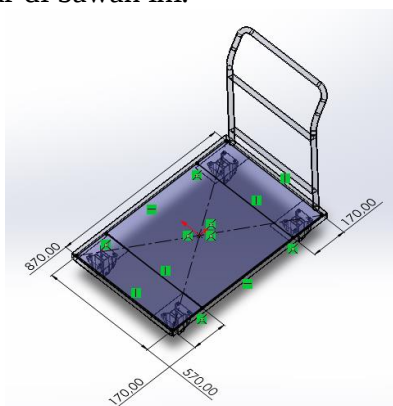
Diagram Alir



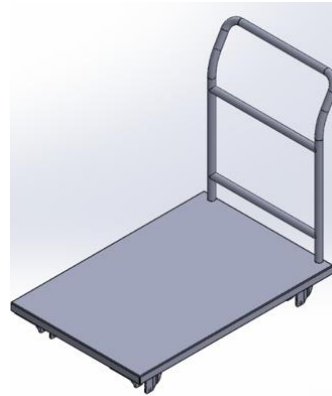
Gambar 1. Diagram Alir

D. Pengambilan Data

Proses pengumpulan data menggunakan metode elemen hingga dilakukan pada tahap pembuatan model menggunakan *software Solidworks*, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Model Hand Trolley 2D



Gambar 3. Model Hand Trolley 3D

Dalam proses pembuatan *hand trolley* ini, model *hand trolley* didesain menggunakan material *aluminium alloy 6061*. Pemodelan gambar dilakukan dengan bantuan *software Solidworks*, dan model tersebut dianalisis menggunakan *software* yang sama. Sebelum menjalankan simulasi, beberapa langkah perlu dilalui, seperti yang akan dijelaskan berikut:

1. Siapkan model desain

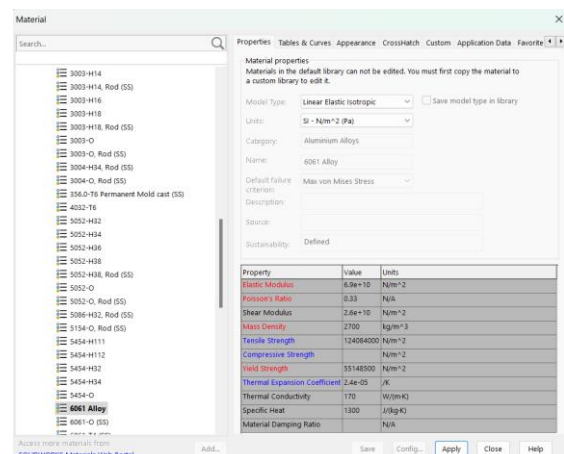
Proses ini yaitu menyiapkan model *hand trolley* yang akan di uji simulasi. Proses pemodelan ini menggunakan *software Solidworks*.

2. Mulai studi simulasi

Proses ini menentukan jenis *study* yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dalam hal ini, *study* yang dipilih adalah *static*.

3. Terapkan properti material

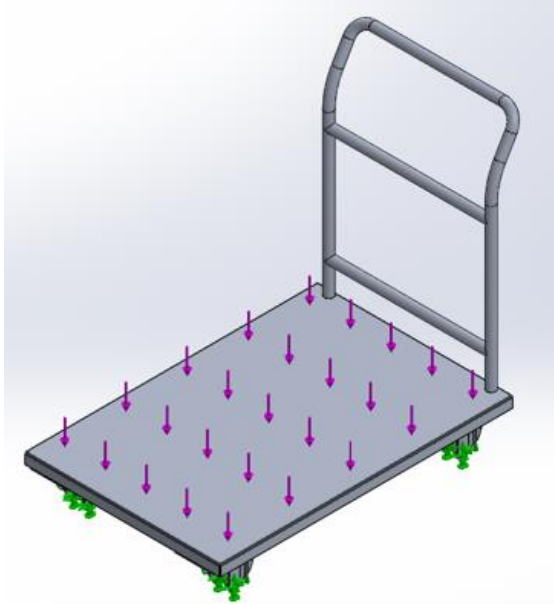
Proses ini untuk memilih material yang akan diuji, data properti material yang akurat sangat penting untuk memperoleh hasil simulasi yang realistis.



Gambar 4. Material software properties

4. Terapkan titik tumpu

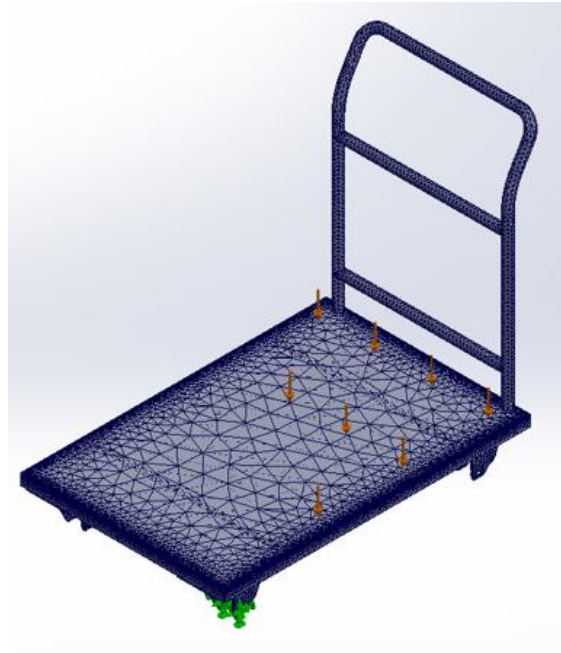
Langkah ini yaitu menentukan titik tumpu. Jenis *constrain* pada simulasi ini menggunakan *Fixed Geometry*. Titik tumpu diletakan di 2 (dua) titik pada *hand trolley* yang sudah dimodelkan. Kemudian menentukan beban atau *load* yang akan di topang rangka *hand trolley*. Beban yang akan digunakan yaitu 1000, 2000, 3000 Newton.



Gambar 5. Posisi *Fixed* dan *Force*

5. Buat *mesh*

Pada proses ini, meshing membagi model menjadi elemen segitiga yang lebih kecil dan lebih mudah dikelola untuk dianalisis, oleh karena itu disebut analisis elemen hingga (FEA). Jaring segitiga dapat berukuran kasar atau diatur lebih halus, hal ini membantu menemukan keseimbangan antara waktu yang diperlukan untuk menjalankan penelitian dan keakuratan hasil. Penelitian ini menghasilkan nodes 478969 dan element 236792.



Gambar 6. Model setelah di *Mesh*

6. Jalankan studi simulasi

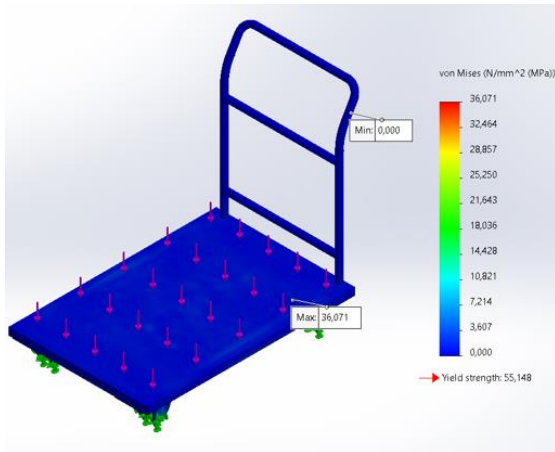
Selanjutnya setelah *set up* selesai, saatnya menjalankan simulasi. Pada proses ini, akan menghasilkan tegangan, displacement dan faktor keamanan.

Hasil dan Pembahasan

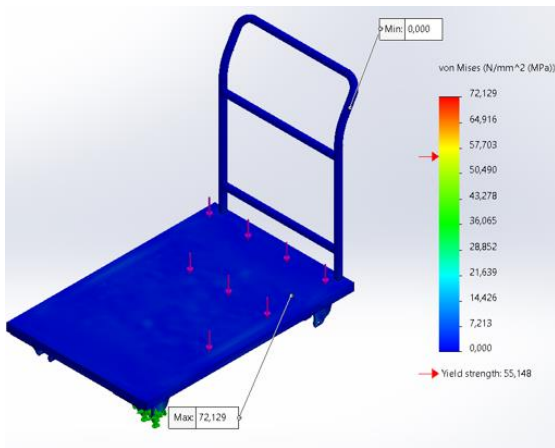
A. *Von Mises Stress*

Von Mises Stress merupakan parameter penting untuk menilai ketahanan material terhadap kegagalan saat digunakan dalam berbagai aplikasi [14]. Kriteria *von mises* menunjukkan bahwa material akan gagal bila tegangan *von mises* melebihi batas kekuatan [15]. Dalam pengujian ini beban yang diberikan terjadi pada papan *hand trolley* terdapat 3 (tiga) variasi beban yaitu, 1000N, 2000N, dan 3000N. Gaya yang didistribusikan bertujuan untuk mengetahui nilai *von mises Stress*. Hasil tegangan *von mises Stress* pada *hand trolley* sebagai berikut:

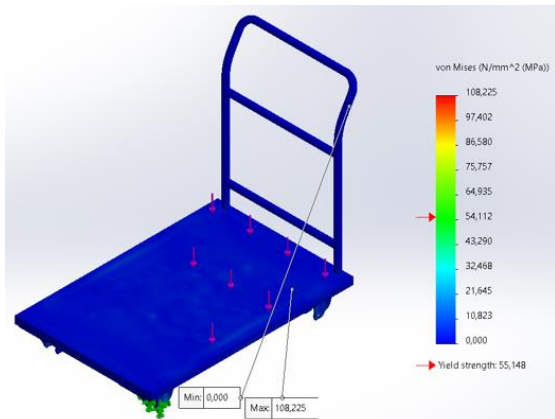
Simulasi 1:



Simulasi 2:



Simulasi 3:



Gambar 7. Von Mises Stress hasil simulasi rangka

Hasil simulasi tegangan *von mises stress*:

Tabel 1. Hasil analisis Tegangan *Von Mises Stress*

No	Parameter	<i>Von Mises</i> ($N/mm^2(Mpa)$)
1	1000N	36,071
2	2000N	72,129

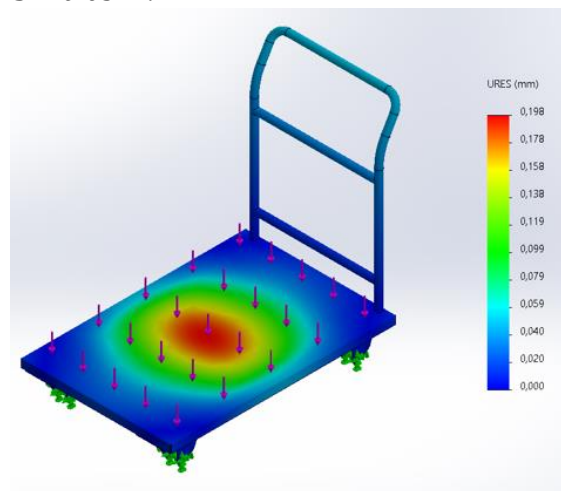
3	3000N	108,225
---	-------	---------

Berdasarkan simulasi, diperoleh bahwa nilai tegangan *von mises stress* terbesar terjadi pada bagian papan *hand trolley* dikarenakan gaya yang didistribusikan terjadi pada bagian papan *hand trolley* sedangkan nilai terkecil terdapat pada bagian pegangan *hand trolley* yang tidak dikenakan beban.

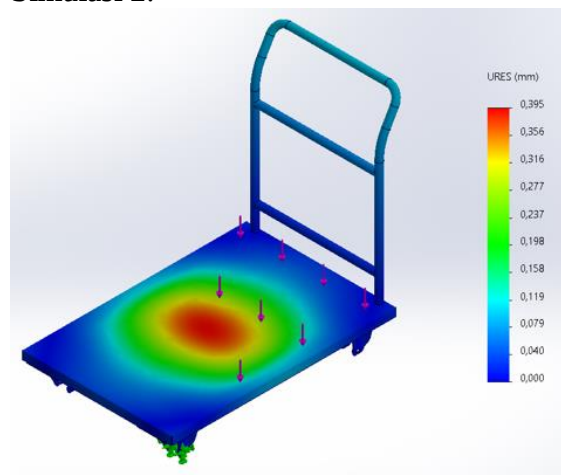
B. Displacement

Hasil simulasi *Displacement* pada *Hand Trolley* sebagai berikut:

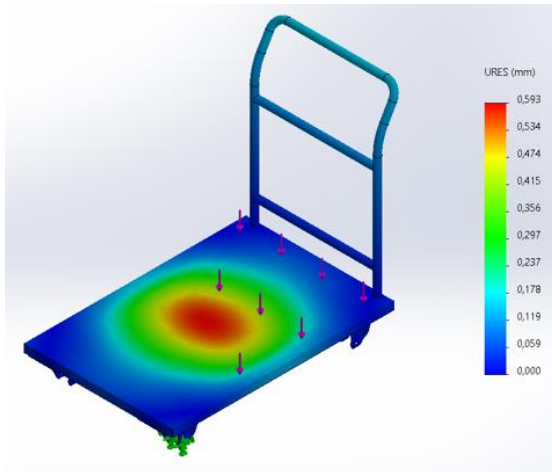
Simulasi 1:



Simulasi 2:



Simulasi 3:



Gambar 8. *Displacement* hasil simulasi rangka

Hasil simulasi *Displacement*:

Tabel 2. Hasil *Displacement*

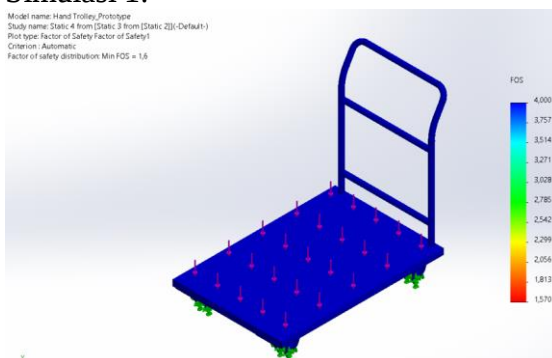
No	Parameter	<i>Displacement</i> (mm)
1	1000N	0,198
2	2000N	0,395
3	3000N	0,593

Berdasarkan simulasi, diperoleh bahwa *Displacement* terbesar terjadi pada bagian papan *hand trolley* dikarenakan terjadi perubahan bentuk, akibat beban yang dikenakan pada bagian papan *hand trolley*.

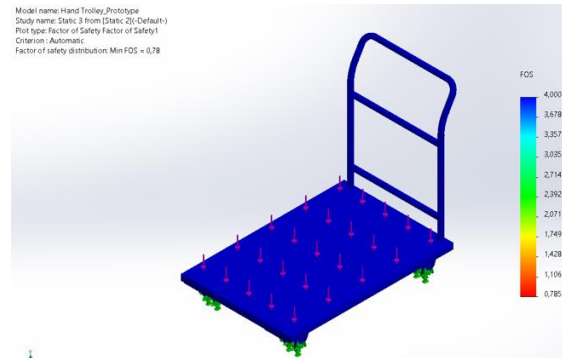
C. *Safety Factor* (Faktor Keamanan)

Hasil simulasi *Safety Factor* pada *Hand Trolley* sebagai berikut:

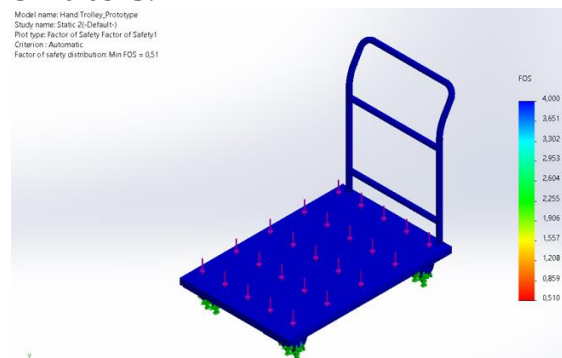
Simulasi 1:



Simulasi 2:



Simulasi 3:



Gambar 9. *Safety Factor* hasil simulasi rangka

Hasil simulasi *safety factor*:

Tabel 3. Hasil *Safety Factor*

No	Parameter	<i>Safety Factor</i>
1	1000N	1,6
2	2000N	0,78
3	3000N	0,51

Berdasarkan hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa *safety factor* yang terjadi pada bagian papan *hand trolley* dikatakan aman apabila tidak kurang dari 1.0 untuk menghindari kegagalan struktur, maka dari itu pada variasi beban 2000N dan 3000N tidak aman.

Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dengan simulasi menggunakan *software Solidworks*, diperoleh kesimpulan bahwa pembebanan maksimal sebesar 2000 N dan 3000 N dengan angka faktor keamanan terkecil secara berturut-turut sebesar 0,78 dan 0,51 yang terjadi pada bagian papan *hand trolley*. Untuk nilai faktor keamanan berhasil jika nilai lebih besar dari 1.0 untuk

menghindari kegagalan struktur [16]. Maka dari itu *force* 2000 N dan 3000 N tidak aman, sedangkan *force* 1000 N aman seperti pada simulasi ke 1 (satu).

Ucapan terimakasih

Penuh rasa syukur, Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian, penulisan, dan publikasi jurnal ini.

Referensi

- [1] V. Deshpande, A. A. Karekar, T. Patil, S. Shahapurkar, and P. Hubalikar., 2017. Design and Fabrication of Efficient Material Transport Equipment. International Research Journal of Engineering and Technology 4, 2075-2081.
- [2] M. Apple and James., 1976. Material Handling System Design, in: Jhon Willey & Sons., New York.
- [3] B. P. Bernard, Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors., 1977. A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back Edited. DHHS (NIOSH) 39.
- [4] Q. M. Esteban, J. M. Villareal, K. Yoo, E. S. S. Magon, and M. J. J. Gumasing., 2020. An ergonomic design of six-wheeled trolley for transportation of a 100-kg weight load. Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag 5, 87-93.
- [5] S. D. ; Z. S. R. Shiwardkar, S. S. ; Pairag., 2018. Design and Fabrication of Easy Handling Trolley. International Research Journal of Engineering and Technology 5, 1690-1694.
- [6] C. Koulochieris, D. and Vossou., 2020. Tanks Transporting Flammable Liquids. J. Comput. Sci. Eng 8, 1-22.
- [7] A. B. Prasetyo, K. A. Sekarjati, and S. Haryo., 2022. Design And Analysis of The Effect of Variation Of compression Force on Allen Key Using Finite Element Analysis Method. SJME Kinemat 7, 39-52.
- [8] A. B. Prasetyo, K. A. Sekarjati, and I. P. A. Assagaf, Sutrisna., 2022. Analisis Frekuensi Natural Velg Ring 16 Menggunakan Finite Element Method. Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVII Tahun 2022 (ReTII) 2022, 354-359.
- [9] S. Bambang, Mrihrenangingtyas, and Hamid. A., 2016. Perancangan dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid Trisona Menggunakan Software Autodesk Inventor. Jurnal IPTEK 20, 1411-7010.
- [10] A. Kešner, R. Chotěborský, M. Linda, M. Hromasová, E. Katinas, and H. Sutanto., 2021. Stress distribution on a soil tillage machine frame segment with a chisel shank simulated using discrete element and finite element methods and validate by experiment. Biosystems Engineering 209, 125-138.
- [11] H. Azimi, S. H. Karparvarfard, M. Naderi-Boldaji, and H. Rahmanian-Koushkaki., 2019. Combined finite element and statistical models for predicting force components on a cylindrical mouldboard plough. Biosystems Engineering 186, 168-181.
- [12] A. B. Prasetyo and K. A. Sekarjati., 2022. Analisis Struktur Desain Pisau Pengupas Tempurung Kelapa. in: Seminar Nasional Riset & Inovasi Teknologi 2022, 417-423
- [13] A. Suresh et al., 2017. An advanced spider-like rocker-bogie suspension system for mars exploration rovers. Adv. Intell. Syst. Comput 447, 423-447.
- [14] R. G. Karmankar., Analysis of Von-Mises-Stress for Interference Fit and Pull- Out States By Using Finite Element Method. Int. Res. J. Eng. Technol 4, 11367-1374.

- [15] S. H. Pranoto and M. Mahardika., Design and finite element analysis of micro punch CNC machine modeling for medical devices. AIP Conf. Proc 1941.
- [16] M. Saiful., 2019. Pengaruh Variasi Material dan Beban Keamanan Pada Desain Pencakar Inner Puller Bearing

Berbasis Simulasi Menggunakan Solidwork, 22-66.