

RANCANGAN ALAT ANGKAT KARUNG BERBASIS MEKANIK KAPASITAS 40 KG

Dede Geovani Erianda¹, Indra Maulana Kusuma¹, Adhe Anggry¹, Shanty Dwi Krishnaningsih¹

¹*Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat*

Corresponding Author: indramaulanakusuma80@gmail.com

ABSTRAK

Inovasi telah dikembangkan untuk mendukung produktivitas kerja di sektor industri semen, yaitu alat bantu angkat yang dilengkapi dengan sistem mekanisme gerak yaitu assist mechanical gripper, namun saat ini masih memiliki keterbatasan pada harga beli awal untuk industri semen skala kecil-menengah dikarenakan menggunakan sistem mekanisme kontrol. Proyek akhir ini bertujuan untuk merancang alat angkat berbasis sistem mekanik sederhana yang mengintegrasikan gripper dengan mekanisme tuas dan pegas. Metode perancangan meliputi pengumpulan data, perancangan alternatif rancangan, perhitungan manual, dan simulasi digital dengan metode finite element analysis (FEA). Hasil pengujian menunjukkan bahwa perancangan jari gripper, tuas, pegas, dan silinder pegas berada dalam batas aman, dengan faktor keamanan sebesar 2,9 untuk gripper, 80 untuk pegas, dan 5,3 untuk silinder pegas. Validasi biaya menunjukkan efisiensi produksi sebesar 84% dibandingkan dengan gripper komersial.

Kata Kunci: Alat angkat, Efisiensi biaya, Gripper mekanis, FEA,

ABSTRACT

An innovation has been developed to support work productivity in the cement industry, namely a lifting aid equipped with a motion mechanism system, the assist mechanical gripper. However, it currently faces limitations in its initial purchase price for small-to-medium-scale cement industries due to the use of a control mechanism system. This final project aims to design a lifting tool based on a simple mechanical system that integrates a gripper with a lever and spring mechanism. The design method includes data collection, alternative design options, manual calculations, and digital simulation using finite element analysis (FEA). Test results indicate that the design of the gripper fingers, lever, spring, and spring cylinder is within safe limits, with safety factors of 2.9 for the gripper, 80 for the spring, and 5.3 for the spring cylinder. Cost validation indicates a production efficiency of 84% compared to commercial grippers.

Keywords: Lifting equipment, Cost efficiency, Mechanical gripper, FEA,

1. PENDAHULUAN

Penanganan material secara manual atau *manual material handling* (MMH) masih menjadi praktik umum di berbagai sektor industri, terutama industri semen. Dalam proses ini, pekerja di industri semen seringkali harus mengangkat dan memindahkan karung semen seberat 40 kg secara manual dari satu titik ke titik lainnya. Metode kerja ini tidak hanya mengandalkan kekuatan fisik tetapi juga membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menyelesaikan setiap tugas, terutama ketika volume pekerjaan tinggi. Ketergantungan pada tenaga manusia dalam proses MMH dapat memperlambat produktivitas kerja secara signifikan.

Seiring kemajuan teknologi, berbagai inovasi telah dikembangkan untuk mendukung produktivitas kerja di sektor ini, termasuk alat angkat yang dilengkapi sistem gerakan mekanis, yaitu *assisted mechanical gripper*. Sistem ini beroperasi berdasarkan prinsip kemampuan alat untuk melakukan gerakan mengangkat, mengayun, dan mencengkeram secara terintegrasi melalui sambungan mekanis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Assist Mechanichal Gripper*

Meskipun *gripper* berbantuan mekanis dapat mempercepat operasi dan menjamin keselamatan, saat ini gripper tersebut menghadapi keterbatasan harga beli awal untuk industri semen skala kecil dan menengah. Oleh karena itu, peralatan pengangkat inovatif dengan sistem mobilisasi mekanisme yang aktif, sederhana, dan terjangkau diperlukan untuk memenuhi kebutuhan operasional di lingkungan industri semen yang dinamis.

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dirancang alat angkat dan karung kapasitas 40 kg berbasis *gripper* dan lengan mekanis dengan sistem mobilisasi aktif. Pengembangan ini diharapkan dapat menurunkan biaya produksi dan membuatnya lebih terjangkau dengan tetap mempertahankan prinsip kepraktisan, stabilitas, dan ketahanan struktural.

2. METODE PERANCANGAN

Dalam perancangan alat angkat karung berbasis mekanik kapasitas 40 kg ini, metode perancangan yang digunakan dijelaskan dalam bentuk diagram alir seperti yang ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Metode Perancangan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengumpulan Data

Data awal dikumpulkan dari dua sumber utama. Pertama, penelusuran daring terhadap produk *gripper* komersial menunjukkan bahwa bagian sistem mekanisme pada *assist mechanical gripper* memiliki harga yang relatif tinggi, yaitu Rp 2.314.000. Kedua, survei lapangan terhadap karung semen menghasilkan data dimensi fisik panjang 60 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 10 cm. Karakteristik bahan yaitu kertas kraft multilapis yang digunakan sebagai.

Data awal dikumpulkan dari dua sumber utama. Pertama, pencarian daring produk *gripper* komersial menunjukkan bahwa komponen sistem mekanis dari *gripper* mekanis bantu relatif mahal, yaitu Rp 2.314.000. Kedua, survei lapangan menunjukkan dimensi karung semen dengan panjang 60 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 10 cm. Karakteristik kemasan semen tipe *Portland Composite Cement* (PCC) adalah kertas kraft multilapis.

3.2. Perancangan Alternatif Rancangan

Dalam rancangan, material harus kuat, tahan aus, dan aman untuk penggunaan berulang. Konsep rancangan ini ditunjukkan pada Gambar 3.

Konsep pengembangan dari ide rancangan dengan uraian sebagai berikut:

1. Jenis *Gripper*

- *Gripper* mekanis dengan daya pegas tekan berbasis tuas untuk mentrasmisikan gaya.

2. *Handle Gripper*

Terdapat dua jenis *handle*, yaitu *handle* tuas dan *handle* pemindah, dengan dimensi sebagai berikut:

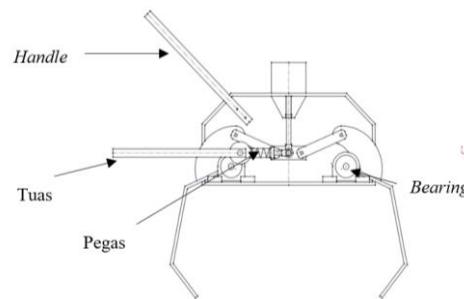
- *Handle* tuas panjang 22,05 cm, lebar 36 cm, dan diameter 1,6 cm untuk menyesuaikan rata-rata genggam tangan orang dewasa.
- *Handle* pemindah panjang 25 cm, lebar 31,4 cm, dan diameter 1,6 cm untuk menyesuaikan lebar *base gripper* dan nyaman menggunakan dua tangan.

3. *Base Gripper*

Kelebaran pencekaman *gripper* pada karung maksimum 48 cm (untuk memberikan sedikit ruang disaat mencekam agar lebih presisi) dan minimum 38 cm (untuk memberikan keseimbangan objek agar tidak berubah posisi saat diangkat)

4. *Material Gripper*

- Pegas: AISI 4340 steel karena kuat terhadap deformasi geser.
- Silinder pegas: Alloy steel karena memiliki kekuatan mekanis dan durabilitas tinggi.
- Bearing: Baja krom (SAE 52100) karena kekuatan tinggi, tahan aus, harga terjangkau.
- Tuas: Pipa Stainless Steel karena tahan korosi, ramah lingkungan.
- Link & pin: Medium carbon steel (30C8) karena kekuatan tarik tinggi, kekerasan, dan ketangguhan baik; panjang link 9 cm untuk menyesuaikan tarikan cengkeraman.
- Gripper: 1023 carbon steel sheet karena kuat, murah; menggunakan perforated steel plate untuk mencekam lebih baik, mengurangi bobot, dan meningkatkan pegangan pada karung agar tidak licin.



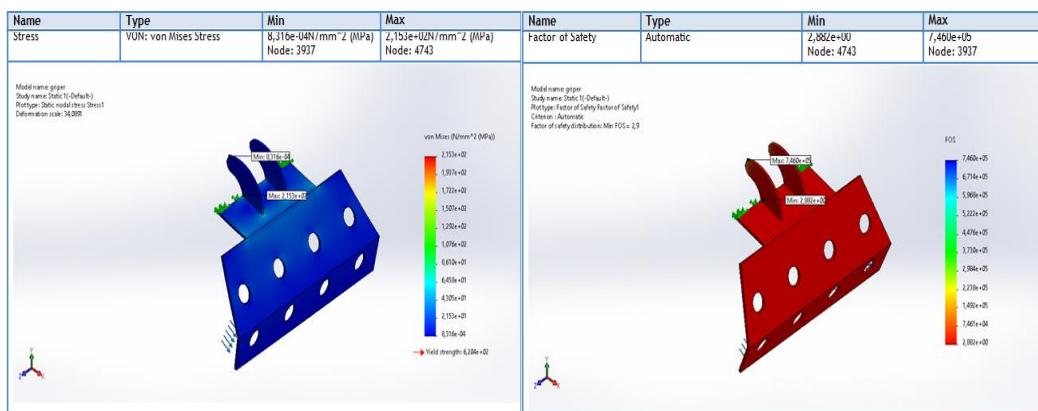
Gambar 3. Konsep Desain

3.3. Perhitungan Manual

Perhitungan dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen utama gripper yang terdiri dari jari-jari gripper, pegas kompresi, dan silinder pegas dapat beroperasi dengan aman saat mengangkat karung dengan kapasitas 40 kg. Nilai-nilai perhitungan ini mencakup gaya kerja, tegangan pada material, dan faktor keamanan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Manual

Komponen	Parameter Dihitung	Nilai
Jari Gripper	Gaya jepit minimum	2000 N
	Tegangan maksimum	215 MPa
	Faktor Keamanan (SF)	2,9
Pegas Tekan	Gaya maksimum per pegas	1401,8 N
	Tegangan pegas	262 MPa
	Faktor Keamanan (SF)	2,8
Silinder Pegas	Tegangan tarik	7,7 MPa
	Faktor Keamanan (SF)	80



Gambar 3. Simulasi Tegangan (Stress) dan Faktor Keamanan pada Jari Gripper

3.4. Simulasi Analisis Digital

Analisis struktur dilakukan secara digital menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) pada perangkat lunak SolidWorks Simulation. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui distribusi tegangan dan mengevaluasi tingkat keamanan desain terhadap pembebahan statis. Komponen yang disimulasikan meliputi jari *gripper*, pegas tekan, dan silinder pegas.

Langkah-langkah utama dalam proses simulasi meliputi:

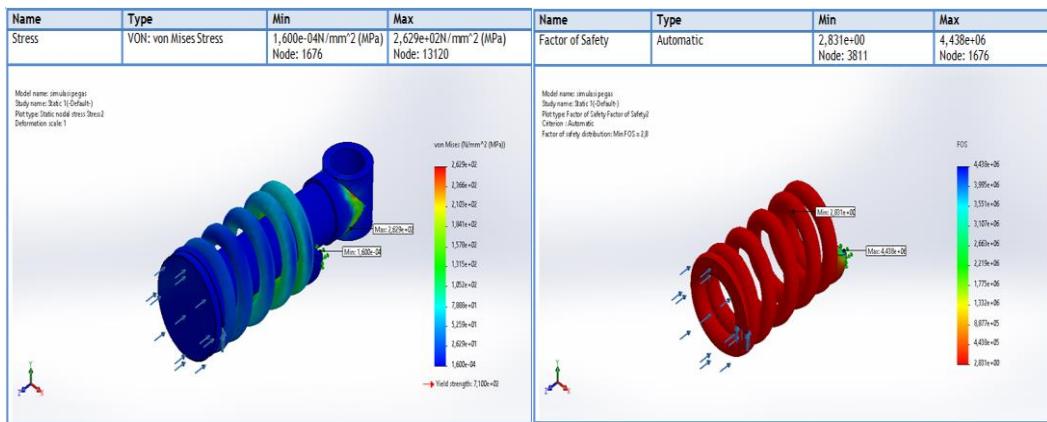
- Penentuan jenis elemen
- Pemberian kondisi batas (*fixed geometry* pada titik tumpu)
- Pembebahan sesuai gaya kerja komponen
- Penetapan properti material sesuai spesifikasi teknis

Hasil dari simulasi ini disajikan dalam Tabel 2, Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.

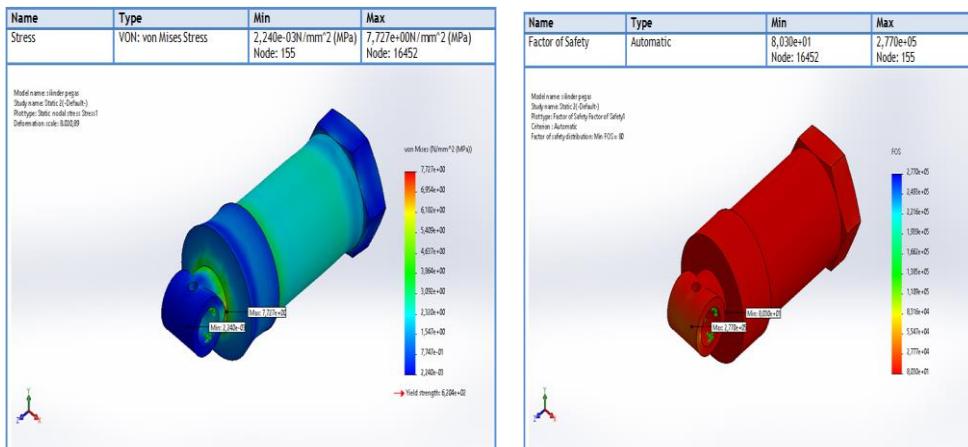
Tabel 2. Hasil Simulasi *Finite Element Analysis* Pada Mekanisme *Gripper*

Komponen	Tegangan Maksimum	Tegangan Minimum	Faktor Keamanan
Jari Gripper	2,153e+02 Mpa	8,316e-04 Mpa	2,9
Pegas Tekan	2,629e+02 Mpa	1,600e-04 Mpa	2,8
Silinder Pegas	7,727e+00 Mpa	2,240e-03 Mpa	80

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, semua komponen utama memiliki nilai tegangan maksimum yang masih jauh di bawah batas tegangan yang diizinkan untuk masing-masing material. Hal ini menunjukkan tidak adanya indikasi kegagalan struktural dalam kondisi kerja normal. Selain itu, nilai faktor keamanan (*Safety Factor*) untuk setiap komponen berada di atas batas aman minimum perancangan mekanis, yaitu faktor keamanan ≥ 2 , yang menjamin penggunaan jangka panjang yang aman bahkan di bawah beban dinamis atau berfluktuasi. Hasil Tabel 2 disusun berdasarkan hasil FEA seperti ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



Gambar 4. Simulasi Tegangan (Stress) dan Faktor Keamanan pada Pegas



Gambar 5. Simulasi Tegangan (Stress) dan Faktor Keamanan pada Silinder Pegas

4. KESIMPULAN

Tugas akhir ini berhasil merancang alat pengangkat karung berbasis sistem mekanik sederhana yang mengintegrasikan gripper, tuas, dan pegas sebagai mekanisme utamanya. Hasil analisis dan simulasi menunjukkan bahwa rancangan komponen berada dalam batas aman dengan faktor keamanan *gripper* sebesar 2,9, silinder pegas sebesar 5,3, dan pegas sebesar 80. Rancangan ini terbukti mampu menahan beban hingga 40 kg dengan kinerja mekanik yang stabil. Selain itu, dari segi biaya, alat ini memberikan efisiensi produksi sebesar 84% dibandingkan *gripper* komersial, sehingga sangat cocok untuk diaplikasikan pada industri kecil hingga menengah yang membutuhkan solusi pengangkatan beban yang ekonomis dan efektif. Kesimpulan ini menunjukkan bahwa tujuan desain telah tercapai baik dari aspek teknis maupun ekonomis.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya dari berbagai semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini, yaitu kepada orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan, kepada Ibu Adhe Anggry, S.S.T., M.T., dan Ibu Shanty Dwi Krishnaningsih, S.S., M.Hum., selaku dosen pembimbing yang

telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dalam memberikan pengetahuan, pengalaman, masukan serta pengaruhannya hingga penulisan dan penyusunan proyek akhir ini sampai selesai. Serta teman-teman seperjuangan yang telah memberikan bantuan, semangat, tenaganya, pikiran, usaha, dan pengetahuannya dalam proses penyelesaian proyek akhir ini.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yaitu kepada orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan, kepada Ibu Adhe Anggry, S.S.T., M.T., dan Ibu Shanty Dwi Krishnaningsih, S.S., M.Hum., selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dalam memberikan ilmu, pengalaman, masukan, dan arahan, serta rekan-rekan seperjuangan yang telah memberikan bantuan, semangat, tenaga, pikiran, tenaga, dan ilmunya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggry, A. (2016). *Kekuatan Bahan*. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- Hijazi, A. 2014. (2014). *CH 10 : Mechanical Springs*. 10, 1–8.
- IAI America. (2020). *Selection Guide (Gripping Force) - RCP2 Series*. 74–78. http://www.intelligentactuator.com/partsearch/robocylinder/appndx74_Model_Selection_by_RCP2_Gripper.pdf
- Khan, H. A., Farooq, U., Saleem, S. R., Rehman, U. ur, Tahir, M. N., Iqbal, T., Cheema, M. J. M., Aslam, M. A., & Hussain, S. (2024). Design and development of machine vision robotic arm for vegetable crops in hydroponics. *Smart Agricultural Technology*, 9(October), 100628. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100628>
- Kurniawan, K. (2022). *Analisis Perbandingan Kinerja Keuangan Sebelum Dan Selama Pandemi Covid-19 (Studi Empiris Pada Perusahaan Manufaktur Sektor Dasar Dan Kimia Sub Sektor* 19. <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/40310%0Ahttps://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/40310/18312233.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nugroho, B. P. T., Iftadi, I., & Rochman, T. (2013). Usulan Rancangan Troli Sebagai Alat Bantu Angkut Karung Gabah Dalam Rangka Perbaikan Postur Kerja di Penggilingan Padi (Studi Kasus: Penggilingan Padi di Sragen). *PERFORMA: Media Ilmiah Teknik Industri*, 12(1), 9–18.
- Pusapati, V., Imuetinyan, D., & Aghazadeh, F. (2024). *Effect of Task Characteristics on Maximum Voluntary Contraction Recovery Time During a Lifting Task The XXXIIIrd Annual International Occupational Ergonomics and Safety Conference Virtual Conference Effect of Task Characteristics on Maximum Voluntary Cont*. May.
- Umer, W. (2020). Sensors based physical exertion monitoring for construction tasks: comparison between traditional physiological and heart rate variability based metrics. *Department of Construction Engineering and Management, King Fahd University of Petroleum & Minerals, November*, 2–4. <https://www.researchgate.net/publication/345976172>