

Desain *Forklift* Mini Kapasitas 100 Kg dengan Sistem Penggerak Aktuator Linier

Angga Tegar Setiawan⁽¹⁾, Alfius Paluin⁽²⁾, Hendi Lilih Wijayanto⁽³⁾

Politeknik Industri Logam Morowali
Labota, Morowali, Indonesia

Email: ¹angga@pilm.ac.id, ²alviuspaluin@gmail.com, ³hendilw@gmail.com

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima pada 17 Oktober 2022
Disetujui pada 19 Februari 2023
Dipublikasikan pada 27 Februari 2023
Hal. 230-240

Kata Kunci:

Aktuator linier; *forklift* mini; rancang bangun

DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v8i1.1172>

memudahkan aktifitas angkat dan angkut yang dilakukan di bengkel kerja. Sehingga, rancangan *forklift* mini yang dihasilkan dapat membantu proses pemindahan barang yang sebelumnya dilakukan secara manual.

Abstrak: *Forklift* merupakan alat yang berfungsi sebagai alat angkat dan angkut barang dari suatu tempat ke tempat yang lain. Kebutuhan penggunaan *forklift* sangat banyak digunakan, terutama dalam proses pengangkutan barang yang dilakukan di bengkel kerja mekanik. Selain memudahkan pekerjaan manusia dalam memindahkan barang, penggunaan *forklift* dengan ukuran mini dapat mempermudah penggunaan di area yang terbatas. Rancangan *forklift* mini pada penelitian ini menggunakan *hollow* ASTM A36. Penggerak aktuator linier digunakan untuk menggerakkan garpu kearah vertikal. Akumulator (*accu*) digunakan untuk menyuplai arus listrik pada aktuator linier. *Forklift* mini memiliki 4 buah roda yang terpasang pada rangka. Roda pada rangka *forklift* mempermudah *forklift* bermanuver di area yang terbatas. Dari hasil pengujian pada *forklift* mini, *forklift* mampu mengangkat beban maksimum hingga 100 kg dengan ketinggian angkat garpu 140 cm. *Forklift* mini

PENDAHULUAN

Kebutuhan dalam memindahkan suatu benda dari suatu tempat ke tempat yang lain kini banyak dibutuhkan di lingkungan kerja. Pada area kerja seperti halnya area pembangunan, industri, pelabuhan, bengkel kerja dan sebagainya, memerlukan peralatan khusus yang dapat memindahkan benda-benda dengan berbagai ukuran dan bentuk. *Forklift* merupakan salah satu pesawat angkat yang berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan benda dengan ketinggian tertentu (Yusuf Daywin & Soeharsono, 2014). Dalam beberapa tahun terakhir, pemanfaatan energi yang efektif untuk *forklift* elektrik telah menjadi fokus penelitian (Cheng et al., 2022). Serta *forklift* menghadapi dua tantangan penghematan energi dan lingkungan (L. Wang et al., 2017).

Forklift dapat dioperasikan secara manual ataupun dengan menggunakan mesin. Pengangkatan beban yang tidak terlalu besar biasanya menggunakan *forklift* yang digerakkan secara manual. Sedangkan sistem yang menggunakan mesin, sistem pengangkatanya dikendalikan langsung dengan penggerak motor servo

listrik dan pompa hidrolis (L. Wang et al., 2017). Rancangan *forklift* manual dengan kapasitas angkut 200 kg dan ketinggian angkat 2 m sangat cocok digunakan sebagai alat pemindah bahan yang dapat bekerja secara efektif dan efisien. Prinsip kerja menggunakan sistem katrol yang ditumpu dengan menggunakan dua tiang rangka yang dihubungkan oleh tali baja yang digulung secara manual (Anwar et al., 2020). Garpu atau *clamp* merupakan komponen *forklift* yang digunakan untuk mengangkat dan menurunkan suatu benda dari satu tempat ketempat yang lain. Pada rancangan mini *forklift* manual dengan metode DFMA (*design for manufacture and assembly*) (Vaz-Serra et al., 2021) menghasilkan lima kriteria yaitu handal, aman, bongkar pasang perakitan, stabilitas, dan tahan korosi. Rancangan menggunakan sistem kontrol manual yang digunakan untuk mengangkat dan menurunkan bahan dengan beban maksimal 200 kg dan jangkauan angkat 200 cm (Fathoni & Anwar, 2020). Aktifitas angkat dan angkut menggunakan mini *forklift* dapat mengurangi resiko terjadinya kecelakaan. Beberapa bagian komponen utama mini *forklift* yaitu diantaranya rangka, kait, garpu pengangkat, puli, motor penggerak, dan tali baja. Analisis kinerja mini *forklift* dengan variasi beban 300-500 kg yang dilakukan di laboratorium menunjukkan mini *forklift* yang aman untuk digunakan dengan nilai *safety factor* 4,19 (Rosyidin, 2017).

Rangka pada *forklift* tidak hanya membatasi pandangan pengemudi tetapi juga dapat meningkatkan berat keseluruhan dari *forklift* yang dapat mengurangi penghematan bahan bakar. Mekanisme angkat berdasarkan multi-tautan spasial yang dapat meningkatkan nilai ekonomis dari penggunaan bahan bakar dan menunjukkan kelayakan gerak (J. Y. Wang et al., 2010). Dalam merancang *forklift*, rancangan desain harus dilakukan untuk mengetahui sistem hidrolis dan kekuatan *forklift* sehingga memastikan desain mampu mengangkat benda yang diinginkan. Rancangan *forklift* dengan kapasitas 7 Ton dengan mempertimbangkan rancangan desain *forklift* menghasilkan mekanisme angkat *forklift* dengan efisiensi = 0,9, jumlah hidrolis adalah 2, dan berdiameter 80 mm (Yusuf Daywin & Soeharsono, 2014). Analisa perhitungan yang dilakukan dalam rancang bangun *forklift* kapasitas 10 Ton, telah mampu mengangkat dan memindahkan *coil* sesuai dengan permintaan *customer*. Spesifikasi *forklift* dalam rancangan tersebut diantaranya berdimensi 1900 mm x 170 mm x 1000 mm, berat keseluruhan *forklift* sebesar 860 kg, seluruh bagian *forklift* menggunakan material St. 37 yaitu baja ekuivalen AISI 1045 dengan komposisi kimia 0,5% C, 0,8% Mn, dan 0,3% Si (Siagian et al., 2018), dan berat maksimal *coil* yang diijinkan adalah 8,5 Ton. Terdapat 3 bagian utama dari *forklift* yaitu pelat penghubung batang penyangga dengan *shoes*, *shoes* sebagai tempat untuk *fork* dari *forklift*, dan batang penyangga *coil* (Nukee et al., 2016).

Peralatan *forklift* berukuran kompak dapat menjadi alternatif pengangkatan yang dilakukan secara manual. Industri skala kecil tidak mampu membeli *forklift* yang besar dan mahal. Sehingga rancangan *forklift* untuk industri kecil dilakukan. Selain itu, pengembangan *forklift* mekanis menjamin kenyamanan ergonomis bagi operator ataupun pekerja serta mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk pengangkatan dan penanganan manual. Rancangan *forklift* telah mampu mengangkat beban maksimum 200 kg pada ketinggian maksimum 1250 mm. Hal ini meningkatkan efisiensi produktivitas dan memberikan keselamatan operator saat menangani material (Allwyn et al., 2008). Pada analisis sistem penggerak transmisi daya *forklift* menunjukkan daya *forklift* bersifat mekanis, hidrodinamik,

dan hidrostatis dengan berbagai transmisi kinematik dan penggerak daya ke roda penggerak. Perlunya solusi optimal dengan mengembangkan model dan program matematika untuk mengoptimalkan parameter desain *forklift* (Valkov & Nikolov, 2019). Desain *forklift* pada area sempit diperoleh dengan penerapan mekanisme penyeimbang mekanis yang inovatif. *Narrow aisled forklift* lebih efisien dari pada *forklift* roda dua dan roda tiga saat ini. *Forklift* ini tidak hanya mengurangi kebutuhan ruang tetapi juga menghemat waktu yang tidak bernilai tambah karena kecepatan operasinya yang lebih tinggi (Kshirsagar et al., 2019).

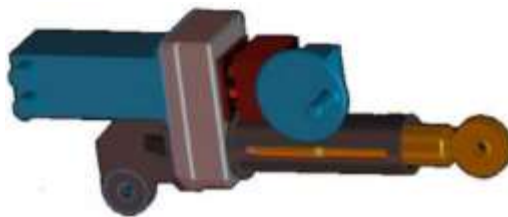
Analisis desain pada robot mini *forklift* memberikan keuntungan dalam mengembangkan unit penyimpanan yang hemat tempat. Memungkinkan pengepakan barang yang lebih ringan secara efisien ke area yang sempit. Setiap bagian pada mini *forklift* dirancang untuk memaksimalkan daya dukung beban terhadap rasio berat desain (Hema Latha et al., 2021). Konstruksi dan pembuatan *forklift* dengan pengangkatan otomatis telah dilakukan dengan memenuhi standar konstruksi yang disyaratkan. *Forklift* dirancang untuk kapasitas beban 50 sampai dengan 100 kg. Kinerja *forklift* ini cukup memuaskan dan dapat digunakan di laboratorium dan industri (Patil, 2021).

Hand pallet berbasis *rotary-lift* sulit untuk membawa barang yang berat. *Hand pallet* berbasis hidrolis juga apabila digunakan kecepatan angkatnya tidak cukup cepat. Selain itu, *Hand pallet* berbasis hidrolis tidak hemat energi. Rancangan *Hand pallet* menggunakan *rotary-lift* dapat menghemat waktu, tenaga, dan energi. Mekanisme angkatnya dapat dikunci secara otomatis setelah naik maupun turun ke posisi target (Yang et al., 2020). Dalam kegiatan manufaktur terdapat beberapa kondisi yang terus diperbaiki untuk mengatasi pemborosan waktu dalam pengangkutan material. Pemilihan *jig* dan *lifter* merupakan salah satu faktor yang berperan penting dalam proses angkat angkut. Penggunaan *lifter* pada alat dapat memudahkan kerja operator. Selain itu, dapat mengurangi waktu kerja operator (Arrahman et al., 2021). Aktuator linier memiliki kemampuan gerak linier yang cepat tetapi tidak diimbangi dengan kemampuan berhenti pada posisi pergerakannya. Aktuator linier terkadang hanya mampu berhenti pada *end point*. Sehingga, perlu adanya sistem yang mampu mengendalikan pergerakan aktuator linier (Hardiansyah et al., 2018). Pengembangan aktuator linier elektromekanis menggunakan sekrup *roller* cocok digunakan pada beban dinamis tinggi. Pemilihan dan parameter fungsional ulir rol juga berpengaruh dalam mengoptimalkan aktuator linier berbasis ulir rol (Badrinarayanan et al., 2018). Oleh karena itu, rancang bangun *forklift* mini dengan kapasitas 100 kg, diharapkan dapat digunakan untuk menunjang kelancaran kegiatan di dalam *workshop*. Sistem pengangkat menggunakan aktuator linier sebagai tenaga pengangkat garpu diharapkan dapat memudahkan kerja operator dengan ketinggian angkat yang akan ditentukan. Selain itu, diharapkan akan lebih stabil dalam mengangkat dan membawa beban di ruangan yang sempit.

METODE

Mekanisme kerja terdiri dari poros sekrup rol, *planetary rollers*, dan mur. Sekrup rol memiliki daya dukung beban yang lebih tinggi dan tegangan kontak yang lebih rendah. Sekrup rol terhubung ke motor penggerak melalui *gearbox*. Kecepatan dan percepatan sekrup rol searah dengan motor yang diteruskan

menggunakan *gearbox* yang dapat mengurangi kecepatan, menaikkan torsi serta mengoptimalkan kecepatan. Bentuk aktuator linier yang telah dijelaskan dapat dilihat pada *virtual solid model* yang ditunjukkan pada gambar 1. Aktuator linier terdiri dari sekrup rol, kotak roda gigi reduksi, kopling, dan motor penggerak. Dilengkapi dengan *housing* dan ujung poros sekrup yang dilengkapi dengan bantalan bola untuk berputar yang terdiri dari sejumlah besar elemen aktuator elektromekanis kecil yang disusun dalam konfigurasi seri dan *parallel* (Gollapudi et al., 2020). Model ini juga menampilkan pegangan untuk membantu pengoperasian manual jika terjadi kegagalan daya. Selain itu, sistem kerja mekanik aktuator linier secara rinci dapat ditunjukkan pada skema gambar 2 (Badrinarayanan et al., 2018). Sehingga, penggunaan aktuator linier dalam rancangan mini *forklift* digunakan sebagai penggerak garpu *forklift* yang berfungsi untuk mengangkat (Massone & Boeri, 2010).



Gambar 1. *Virtual Solid Model* Aktuator Linier Elektromekanis (Badrinarayanan et al., 2018)



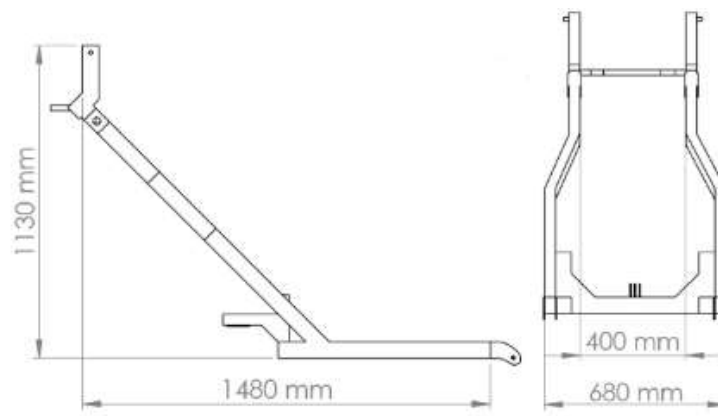
Gambar 2. Koneksi Mekanik Aktuator Linier Elektromekanis (Badrinarayanan et al., 2018)

Perancangan mini *forklift* yang akan dibuat terdiri dari beberapa komponen yaitu diantaranya *handle*, kontrol, *mast*, rangka, aktuator linier, *battery*, roda, dan garpu. Dalam perancangan mini *forklift* didesain dengan menggunakan CAD seperti ditunjukkan pada Gambar 3. *Handle* pada mini *forklift* dibuat bertujuan untuk memudahkan operator dalam memindahkan alat. Desain rangka dibuat dengan mempertimbangkan struktur yang kompak dan kokoh. Rancangan rangka pada mini *forklift* dapat dilihat pada Gambar 4. Penggunaan *battery* pada mini *forklift* digunakan untuk menggerakkan aktuator linier yang dikontrol melalui tombol pada panel kontrol. Pergerakan aktuator linier mendorong poros pada *mast* sehingga menyebabkan terjadinya pergerakan angkat pada garpu. Desain garpu yang digunakan pada rancangan mini *forklift* dibuat untuk dapat menopang beban

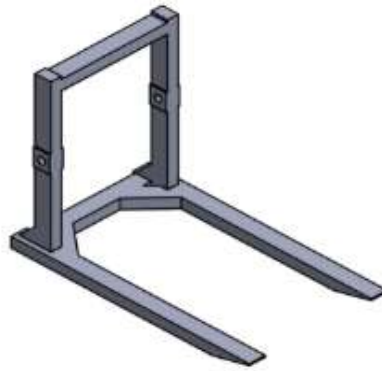
yang direncanakan. Desain garpu mini *forklift* ditunjukkan pada Gambar 5. Selain itu, untuk memudahkan pergerakan mini *forklift* didukung dengan penggunaan roda yang terpasang pada rangka.



Gambar 3. Desain Mini *Forklift*

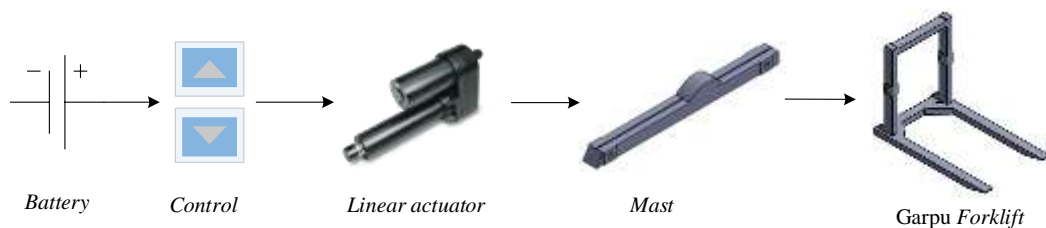


Gambar 4. Desain Rangka pada Mini *Forklift*



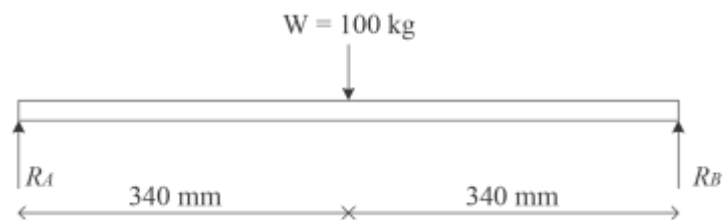
Gambar 5. Desain Garpu pada Mini *Forklift*

Forklift mini yang didesain menggunakan *battery* sebagai sumber arus listrik yang kemudian dikontrol oleh panel kontrol untuk mengaktifkan aktuator linear. Akibat dari pergerakan aktuator linear menyebabkan *mast* terdorong dan menghasilkan gaya angkat pada garpu *forklift* mini. Diagram sistem dari desain *forklift* mini dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Diagram Sistem dari Desain *Forklift* Mini

Beban maksimum yang direncanakan untuk diterima oleh rangka yaitu sebesar 100 kg dan tinggi angkat maksimum adalah 140 cm. Sehingga perlu dilakukan pemilihan material sesuai dengan kapasitas beban tersebut. Rangka yang direncanakan menggunakan Baja *Hollow* ASTM A36 sebagai rangka dan garpu. Pada *forklift* mini memiliki satu rangka yaitu rangka dasar yang berfungsi menopang garpu *forklift* mini. Pada rangka ini dapat dijabarkan gaya yang terjadi pada setiap penumpu. Secara umum diagram benda bebas untuk rangka *forklift* mini adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram benda bebas pada rangka *forklift*

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0 \\ 0 &= W \cdot 340 - R_B \cdot 680 \\ &= 100 \cdot 340 - R_B \cdot 680 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 34000 \text{ kg.mm} - R_B.680 \\
 R_B &= 34000/680 \\
 &= 50 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F_y &= 0 \\
 R_A - W + R_B &= 0 \\
 R_A &= W - R_B \\
 &= 100 \text{ kg} - 50 \text{ kg} \\
 &= 50 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga masing-masing tiang pada rangka *forklift* mini akan menerima beban sebesar 50 kg. Oleh sebab itu bahan yang akan digunakan pada rancangan rangka *forklift* mini harus mampu menahan beban tersebut. Jika material yang digunakan tiang rangka *forklift* mini adalah Baja *Hollow* ASTM A36 maka luas penampang tiang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= F/A \\
 37 \text{ kg/mm}^2 &= 50 \text{ kg}/A \\
 A &= 50 \text{ kg} / 37 \text{ kg/mm}^2 \\
 &= 1,35 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan yang diperoleh maka akan digunakan Baja *Hollow* ASTM A36 dengan ketebalan 2 mm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan *Forklift* Mini

Penelitian ini menghasilkan rancang bangun *forklift* mini yang digunakan sebagai alat angkat dan angkut barang. *Forklift* mini didesain untuk digunakan sebagai alat angkat dan angkut barang yang kompak, mudah digunakan serta dapat beroperasi di area yang terbatas. Selain itu, dengan desain yang ringkas dapat memberikan keuntungan dalam melakukan penyimpanan barang pada ruang gerak yang terbatas secara efisien (Hema Latha et al., 2021). *Forklift* mini memiliki rangka yang mampu menopang beban angkut barang hingga 100 kg. Rangka *Forklift* mini memiliki *handle* yang didesain untuk memudahkan operator dalam mengoperasikan alat. Pemasangan roda pada rangka juga berfungsi untuk memudahkan alat berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lain. Roda pada bagian belakang dipasang untuk memudahkan *Forklift* mini bermanuver saat digunakan.

Garpu pada *Forklift* mini mampu menopang beban hingga 100 kg. Garpu berfungsi untuk memudahkan proses angkat dan angkut barang. *Mast* yang terpasang pada *Forklift* mini berfungsi untuk menghubungkan rangka, garpu dan aktuator elektrik. Sehingga saat aktuator di aktifkan, aktuator mendorong *mast* dan menggerakkan garpu ke atas dan kebawah. Hasil rancang bangun *Forklift* mini pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 8 sebagai berikut.



Gambar 8. *Forklift* mini

Sehingga berdasarkan hasil perancangan *forklift* mini yang telah dilakukan menghasilkan spesifikasi *forklift* mini sebagai berikut.

1. Dimensi rangka *Forklift* mini: panjang 1480 mm x lebar 680 mm x tinggi 1130 mm.
2. Dimensi garpu: panjang 900 mm x lebar 520 mm x tinggi 640.
3. Material rangka dan garpu: ASTM A36 *steel square hollow* (ASTM A36, 2013).
4. Penggerak: *linear* aktuator elektrik.
5. Terdiri dari 4 roda penopang.

Sistem kerja *Forklift* mini yaitu dengan menggunakan aktuator elektrik yang berfungsi untuk mengangkat garpu pada ketinggian tertentu. Pergerakan aktuator dikontrol oleh *button* yang dirancang pada *handle Forklift* mini. Pada panel kontrol terdiri *button* yang memberikan perintah *forward* dan *reverse* pada pergerakan aktuator. Gerak linier diinginkan untuk menggerakkan sistem dengan inersia tinggi pada sumbu elevasi (Badrinarayanan et al., 2018). Sehingga hal ini dapat menggerakkan garpu *Forklift* mini keatas dan kebawah. Sumber arus listrik yang digunakan untuk menggerakkan aktuator elektrik yaitu menggunakan akumulator (*accu*).

Hasil Pengujian *Forklift* Mini

Forklift mini yang dirancang diuji dengan pembebanan yang bervariasi. Uji coba pembebanan diberikan sebesar 50 kg, 100 kg, dan 150 kg. Selain itu, pengujian juga dilakukan dengan pengangkatan beban dengan ketinggian yang bervariasi yaitu sebesar 40 cm, 70 cm, 100 cm, dan 140 cm. Setelah diberikan pembebanan dan ketinggian angkat garpu, *forklift* mini melakukan pemindahan beban dari suatu tempat ketempat yag lain pada jarak tertentu. Pengujian yang dilakukan pada *forklift* mini dapat ditunjukkan pada Gambar 9 sebagai berikut.



Gambar 9. Pengujian *forklift* mini

Pengujian rancangan *forklift* mini dilakukan di bengkel mekanik Politeknik Industri Logam Morowali. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengangkatan dan pemindahan barang dengan pembebanan yang telah ditentukan. Dari hasil pengujian diperoleh data-data seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Data hasil pengujian *forklift* mini

Beban (Kg)	Ketinggian (cm)	Kondisi
50	40	Stabil
	70	Stabil
	100	Stabil
	140	Stabil
100	40	Stabil
	70	Stabil
	100	Stabil
	140	Stabil
150	40	Stabil
	70	Stabil
	100	Keseimbangan garpu tidak stabil
	140	Keseimbangan <i>mast</i> dan garpu tidak stabil

Data hasil pengujian menunjukkan *forklift* mini mampu beroperasi pada beban 50 kg dan 100 kg pada ketinggian 40 cm hingga 140 cm dengan stabil. Pada beban 150 kg *forklift* mini mampu beroperasi stabil pada ketinggian 40 cm dan 70 cm. Sedangkan pada ketinggian 100 cm pada beban 150 kg, *forklift* mini menunjukkan ketidaksimbangan pada garpu. Pada ketinggian 140 cm dan beban 150 kg, *mast* dan garpu *forklift* mini tidak stabil. Sehingga, kapasitas angkat dan angkut *forklift* mini beroperasi pada beban maksimum 100 kg dan ketinggian 140 cm. Pengembangan *forklift* mekanik menjamin kenyamanan ergonomis bagi operator atau pekerja dalam upaya mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk pengangkatan dan penanganan secara manual pada kapasitas angkat dan angkut yang telah ditentukan. Hal ini meningkatkan efisiensi produktivitas & memberikan keselamatan operator saat menangani material/barang (Allwyn et al., 2008).

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perancangan dan ujicoba dapat disimpulkan bahwa mini *forklift* dengan menggunakan penggerak aktuator linier mampu mengangkat

beban sebesar 150 kg dengan ketinggian 70 cm. Rancangan *forklift* mini memiliki kapasitas angkut maksimum yang dianjurkan sebesar 100 kg dengan ketinggian 140 cm. *Forklift* mini yang dirancang mampu beroperasi pada area-area yang terbatas dengan kemudahan dalam proses pengangkatan dan pengangkutan barang. *Forklift* mini yang dirancang dioperasikan hanya untuk 1 orang operator. Kondisi kerja untuk *forklift* mini beroperasi yaitu area bengkel kerja mekanik dimana terdapat lokasi-lokasi sempit yang tidak dapat terjangkau dengan alat lain. Selain itu, *forklift* mini mudah untuk digunakan operator dalam aktifitas memindahkan barang.

SARAN

Penggunaan aktuator dengan kapasitas yang lebih besar dapat meningkatkan kapasitas angkat dan angkut *forklift* mini yang telah dirancang. Selain itu, perlu dilakukan perancangan pada *mast* untuk melakukan proses pengangkatan yang lebih stabil.

DAFTAR RUJUKAN

- Allwyn, L., Karan N, K., Ganesh B, A., Prathamesh, B., Omkar, K., & Abhijeet, N. (2008). Design and Development of Mechanical Forklift. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 1125. www.irjet.net
- Anwar, S., Suropto, H., & Rizal, J. (2020). *Perancangan Forklift Manual Dengan Kapasitas Angkat 200 kg*.
- Arrahman, A. A., Hakam, M., & Andi Setiawan, T. (2021). *Rancang Bangun Alat Bantu Meja Lift Otomatis Pengangkut Silinder Menggunakan Sistem Linear Aktuator Elektrik*.
- ASTM A36. (2013). *The Alro Difference! ASTM A-36 HOT ROLLED PLATE*.
- Badrinarayanan, S., Ramesh Kumar, V., Bhinder, K. S., & Ralexander. (2018). Electro mechanical linear actuator using roller screws. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 402(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/402/1/012101>
- Cheng, L., Zhao, D., Li, T., & Wang, Y. (2022). Modeling and simulation analysis of electric forklift energy prediction management. *Energy Reports*, 8, 353–365. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2022.03.071>
- Fathoni, A., & Anwar, S. (2020). Perancangan Mini Forklip Manual Dengan Metode DFMA (Design For Manufacture And Assembly). *Jurnal APTEK*, 12(2), 114–120. <http://journal.upp.ac.id/index.php/aptek>
- Gollapudi, A. M., Velagapudi, V., & Korla, S. (2020). Modeling and simulation of a high-redundancy direct-driven linear electromechanical actuator for fault-tolerance under various fault conditions. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 23(5), 1171–1181. <https://doi.org/10.1016/J.JESTCH.2019.12.007>
- Hardiansyah, R., Gozali, M. S., & Toar, H. (2018). Kendali Posisi Linear Aktuator Berbasis PID Menggunakan PLC. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 2, 12–17.
- Hema Latha, K., Misbahuddin Husaini, S., Saboor Sohail, S. A., & Ahmed Khan, M. (2021). Design and Analysis of a Remotely Operated Mini Forklift Bot. *E3S Web of Conferences*, 309, 01168. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130901168>

- Kshirsagar, A., Kesarkar, N., & Chandrashekhar, N. S. (2019). Design of automated two-wheeled forklift with retracting third wheel and dynamic counterbalance mechanism. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 47–54. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2490-1_5
- Massone, J. M., & Boeri, R. E. (2010). Failure of forklift forks. *Engineering Failure Analysis*, 17(5), 1062–1068. <https://doi.org/10.1016/J.ENGFANAL.2009.12.005>
- Nukee, G., Kurniawan, R., & Kristyanto, B. (2016). *Perancangan Alat Bantu Untuk Pemindah Coil Sheet Metal Pada Fork Forklift Di PT ATMI Surakarta*.
- Patil, Mr. Amol. A. (2021). Design and Development of Forklift. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(VI), 2687–2690. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.35471>
- Rosyidin, A. (2017). *Analisis Kinerja Mini Forklift Sebagai Alat Bantu Angkat Dan Angkut Dengan Berbagai Variasi Beban 300-500 Kg Pada Lab Teknik Mesin UMT*.
- Siagian, T., Siregar, I., & Lubis, H. (2018). Characteristics of St.37 Steel Materials with Temperature and Time on Heat Treatment Test using Furnace. In *International Journal of Innovative Science and Research Technology* (Vol. 3, Issue 4). www.ijisrt.com49
- Valkov, G., & Nikolov, V. (2019). Analysis of the power drives of terrain forklifts. *Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources*, 3, 241–248. <https://doi.org/10.17770/etr2019vol3.4197>
- Vaz-Serra, P., Wasim, M., & Egglestone, S. (2021). Design for manufacture and assembly: A case study for a prefabricated bathroom wet wall panel. *Journal of Building Engineering*, 44, 102849. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.102849>
- Wang, J. Y., Zhao, J. S., Chu, F. L., & Feng, Z. J. (2010). Innovative design of the lifting mechanisms for forklift trucks. *Mechanism and Machine Theory*, 45(12), 1892–1896. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2010.08.002>
- Wang, L., Zhao, D., Li, Y., Du, M., & Chen, H. (2017). Energy management strategy development of a forklift with electric lifting device. *Energy*, 128, 435–446. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2017.04.012>
- Yang, B., Yuan, J., Chen, M., & Yu, F. (2020). A Novel Hand Pallet Truck and Multi-objective Optimization Design of It's Lifting Mechanism. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 816(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/816/1/012014>
- Yusuf Daywin, F., & Soeharsono, dan. (2014). *Perancangan Sistem Angkat Forklift Dengan Kapasitas Angkat 7 Ton*.