

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN VESSEL DENGAN DOUBLE CYLINDER PADA UNIT ELECTRIC ROAD SWEEPER

Ridha Ikhsan<sup>1</sup>, Sugiyanto<sup>1</sup>, Irfan Bahiuddin<sup>1</sup>✉, Andhi Akhmad Ismail<sup>1</sup>, Robertus Tirta Kuncoroadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering, Vocational College, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

✉irfan.bahiuddin@ugm.ac.id

Received 27 June 2023, Revised 25 August 2023, Accepted 10 January 2024

### ABSTRAK

*Electric road sweeper* yang dikembangkan Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada dapat menangani permasalahan pada pengelolaan sampah. Untuk meningkatkan kinerja *sweeper* masih memerlukan beberapa perubahan pada unit tersebut terutama pada bagian *vessel sweeper*. Dalam upaya meningkatkan kinerja *sweeper* dibutuhkan perancangan *vessel*. Perancangan dan analisis kinerja dari *vessel* menggunakan *software Autodesk Inventor*. Pada penelitian ini dilakukan penambahan dan penggantian tipe silinder hidrolik untuk menjadikannya kendaraan angkut. Selain itu, penggunaan material yang lebih ringan juga mengurangi bobot *vessel* dari 650 kg menjadi 278,95 kg. Hasil simulasi menunjukkan semua komponen *vessel sweeper* memiliki *safety factor* di atas satu, menandakan aman dalam penggunaannya. Selain itu, desain ini mampu menahan beban hingga 4900 N tanpa melebihi batas *yield strength* material yang digunakan *vessel*. Kemiringan maksimum *vessel sweeper* adalah 30,4 derajat. Pengujian silinder hidrolik menunjukkan kecepatan *extend* 11,77 m/s dan *retract* 7,9 m/s. Dalam kondisi beban 100 kg, kecepatan *extend* menjadi 12,49 m/s dan *retract* menjadi 8,39 m/s, pergerakan *retract* lebih cepat karena gaya gravitasi.

**Kata Kunci:** *Electric road sweeper*, *safety factor*, silinder hidrolik, *vessel*.

### 1. PENDAHULUAN

Sampah merupakan permasalahan utama dari berbagai negara, tidak terkecuali Indonesia. Indonesia saat ini merupakan penghasil sampah plastik terbesar kedua setelah negara China [1]. Perkembangan dan pertumbuhan penduduk yang pesat di daerah perkotaan mengakibatkan daerah pemukiman semakin luas dan padat [2]. Untuk mengatasi masalah ini, beberapa kota besar di Indonesia memerlukan penanganan khusus dalam mengolah sampah. Salah satunya adalah dengan penggunaan kendaraan penyapu jalan. Pengembangan *electric road sweeper* (kendaraan penyapu jalan) yang dilakukan oleh Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada yang dibuat sejak tahun 2018, bertujuan mengatasi masalah sampah di jalanan dengan harga unit yang lebih terjangkau. Untuk meningkatkan kinerja *sweeper* masih memerlukan beberapa

perubahan pada unit tersebut terutama pada bagian *vessel sweeper*. Dalam upaya meningkatkan kinerja *sweeper* dibutuhkan perancangan *vessel*.

Menurut penelitian oleh Harja dkk. [3] untuk meningkatkan kinerja *vessel* seperti meningkatkan kapasitas angkut unit truk yaitu dengan memodifikasi *vessel* tersebut. Proses memodifikasi *vessel* dilakukan dengan melalui beberapa tahap mulai dari tahapan menentukan besar kenaikan kapasitas angkut, identifikasi spesifikasi sistem *loading unloading vessel* sampai perhitungan analisis statis dan perhitungan simulasi *software* untuk memastikan fisibilitas *load* (muatan) yang memungkinkan mampu diterima konstruksi.

Penelitian lain yang terkait dengan penggunaan *double acting cylinder* adalah penelitian yang dilakukan [4]. Penelitian ini membahas penggunaan hidrolik jenis *Double Acting Cylinder* pada *Excavator*. Penelitian ini menjelaskan keuntungan *double acting cylinder* bahwa jenis hidrolik tersebut dapat dibebani di kedua sisi pada pergerakan batang piston, oleh karena itu memungkinkan pemasangannya lebih fleksibel. Selain itu, ditinjau dari pergerakan batang pistonnya, pergerakan batang piston kearah keluar hampir sama dengan gerakan batang piston kearah masuk.

Maka dari itu, dalam rangka meningkatkan kinerja dari *sweeper* diperlukannya pembuatan keseluruhan desain *vessel* dan sistem penggerak *vessel* secara proporsional dan menganalisa faktor keamanan pada sistem mekanis *vessel* dari *sweeper* tersebut.

### 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan menyempurnakan produk yang telah dibuat sebelumnya yaitu *vessel*. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang dijelaskan Tabel 1.

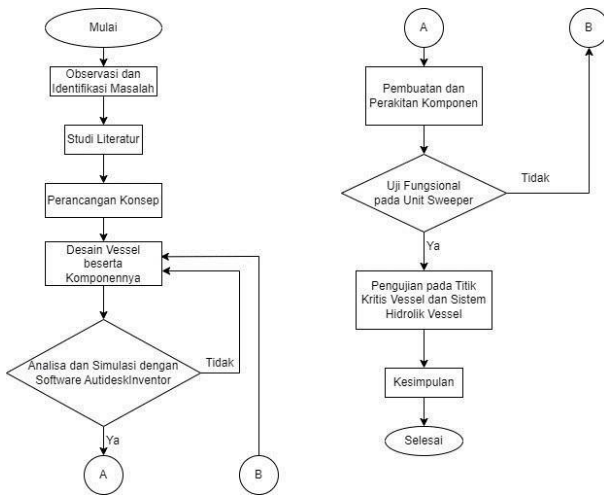
Dimulai dari obsevasi dan identifikasi masalah yang ada lalu dilanjutkan dengan studi literatur dengan jurnal-jurnal yang dapat mendukung penelitian ini. Selanjutnya perancangan konsep *vessel* yang mengadaptasi dari konsep *vessel dump truck*. Tahap berikutnya yaitu analisa dan simulasi dengan *software* untuk menentukan dimensi dari komponen *vessel* tersebut. Setelah proses pembaharuan desain, selanjutnya dilakukan simulasi dan pengujian melalui *software* Autodesk

Inventor dan *software* FluidSIM guna mengetahui pergerakan fluida cair dari sistem hidrolik. Setelah melalui pengujian masuk ke tahapan pembuatan *vessel* dan perancangan sistem hidrolik *vessel* sesuai dengan desain yang telah dibuat. Selanjutnya melakukan proses instalasi ke unit *electric road sweeper*.

**Tabel 1.** Alat dan Bahan

Alat	Bahan
Software Autodesk Inventor	Alumunium plat
Las SMAW	Besi pejal
Gerinda	Paku rivet
Bor	Silinder hidrolik
Tang rivet	Satu set <i>hose</i> hidrolik
Jangka sorong	<i>Power pack</i>
Busur derajat	Amplas
Satu set kunci pas dan kungsi ring	<i>Electrode</i> las
Obeng, tang, palu, dan penitik	Snap ring <i>outer</i>
Mesin bending	
Mesin bubut	
Meteran	

Penelitian dilakukan dengan tahapan sesuai dengan skema pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alur Penelitian

Setelah komponen di instalasi, untuk mengetahui kekuatan efisiensi paku keling didefinisikan sebagai perbandingan antara kekuatan sambungan keling dengan kekuatan tanpa keling atau plat padat. Kekuatan sambungan keling atau rivet ditunjukkan oleh  $P_t$ ,  $P_s$ , dan  $P_c$  [5].

Ketahanan plat terhadap robekan (*tearing*) adalah:

$$P_t = (p \times d) \times t \times \bar{\sigma}_t \quad (1)$$

Keterangan:

$P$  = *Pitch*

$d$  =Diameter paku keeling

$t$  =Tebal plat

$\bar{\sigma}_t$  =Tegangan tarik yang diijinkan dari material plat.

Kerusakan sambungan paku keling (*shearing resistance of the rivet*) adalah:

$$P_s = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times \bar{\tau} \quad (2)$$

Keterangan:

$d$  = Diameter paku keling

$\bar{\tau}$  =Tegangan geser yang diijinkan dari material paku keling

Kerusakan *crushing* sambungan paku keling (*Crushing resistance of the rivet*) adalah:

$$P_c = d \times t \times \bar{\sigma}_c \quad (3)$$

Keterangan:

$d$  = Diameter paku keling

$t$  =Tebal plat

$\bar{\sigma}_c$  =Tegangan geser yang diijinkan dari material paku keling

Beban maksimum paku keling adalah:

$$P = p \cdot t \cdot \sigma_t \quad (4)$$

Keterangan:

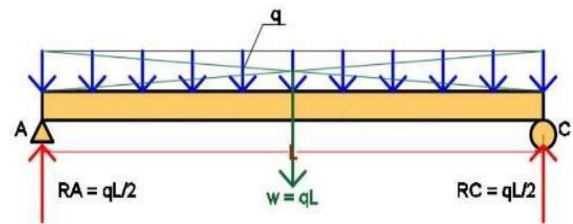
$p$  = *Pitch* keling

$t$  = Ketebalan plat

$\sigma_t$  =Tegangan tarik yang diijinkan dari material plat.

Efisiensi sambungan keling adalah:

Lalu, untuk mengetahui momen maksimum dari *vessel* tersebut menggunakan beban merata [6]. Gambar 2 merupakan contoh gambar beban merata dan momen maksimum beban merata:



**Gambar 2.** Beban Merata [6]

Adapun rumus untuk mencari beban yang di alami titik A, titik C dijadikan poros:

$$R_{AV} \times L - (q \times L) \times \frac{1}{2}L = 0 \quad (6)$$

Rumus untuk mencari beban yang di alami titik C, titik A dijadikan poros:

$$-R_{CV} \times L + (q \times L) \times \frac{1}{2}L = 0 \quad (7)$$

Sedangkan untuk mencari momen maksimum dengan pembagian beban merata yaitu:

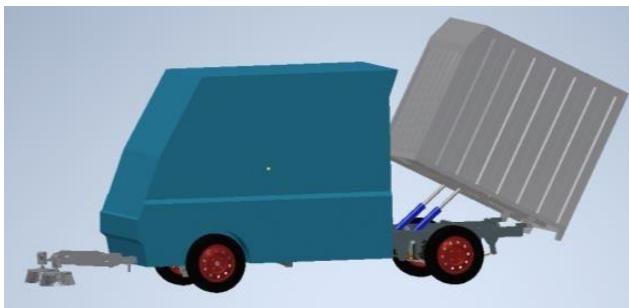
$$M_{max} = \frac{1}{8} \times q \times L^2 \quad (8)$$

Selanjutnya dilakukan pengujian fungsional pada komponen *vessel sweeper* yang telah diperbaharui guna untuk melihat apakah mengalami deformasi pada titik kritis *vessel*. Pengujiannya dengan cara menggunakan dua variabel uji mengikuti aturan standar kapasitas yaitu *zero capacity* dan *struck capacity*. *Zero capacity* yaitu posisi dimana *vessel* kosong tanpa beban sama sekali di dalamnya, *struck capacity* atau volume *vessel* yang dibatasi dengan jumlah beban tertentu. Untuk mengetahui performa dari sistem hidrolik pada *vessel* maka ada beberapa bagian yang perlu dilakukan pengujian. Pengujian *hydraulic* pada unit *vessel* ini terfokus pada tekanan oli hidrolik dan waktu yang dibutuhkan silinder hidrolik untuk mencapai *extend* (memanjang) dan *retract* (memendek) [7].

Ketika penelitian sudah mencapai tujuan dari penelitian tersebut maka dapat diambil hasil dan kesimpulan yang menandakan sebagai berakhirnya penelitian ini.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan *vessel* terfokus pada bagian penggerak *vessel* berupa silinder hidrolik dan material *vessel* seperti pada Gambar 3.



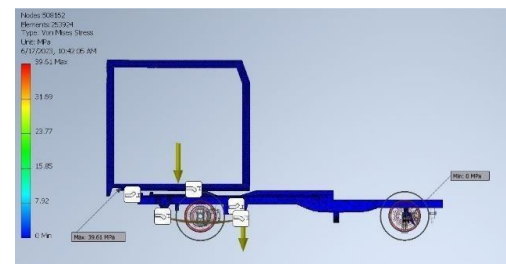
Gambar 3. Desain *vessel* baru

Dalam sebuah perancangan konstruksi, tingkat keamanan material sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya tegangan yang terjadi [8]. Semakin besar tegangan yang terjadi maka akan semakin kecil tingkat keamanan material yang akan digunakan [9]. Desain perancangan dikatakan gagal jika tingkat keamanan material kurang dari angka satu, hal ini dikarenakan beban yang diterima melebihi batas beban dari material. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dan hasil simulasi pengujian pada setiap komponen sistem *dumping vessel sweeper* menunjukkan angka lebih dari satu, artinya komponen aman untuk digunakan [10]. Nilai *safety factor* komponen *vessel* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan Setiap Komponen

No	Nama Komponen	Tegangan Minimum (MPa)	Tegangan Maksimum (MPa)	Yield Strength (MPa)	Safety Factor
1	Bracket Silinder Hidrolik	0,004	2,376	207	87,1
2	Chassis Road Sweeper	0,0046	38,84	207	5,32
3	Vessel Sweeper	0.000000028	38,75	207	5,34

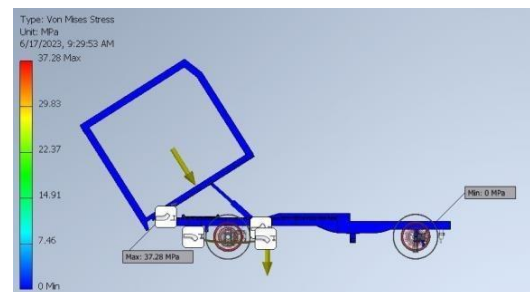
Setelah dilakukan analisis pada setiap komponen *vessel sweeper* selanjutnya dilakukan analisis pada keseluruhan *vessel*. Pengujian simulasi pada *vessel sweeper* dilakukan dengan dua kondisi yang berbeda yaitu saat kondisi *vessel sweeper* normal dan saat *vessel sweeper* berada pada posisi *dumping*. Hasil analisis disaat kondisi *vessel* horizontal atau sejajar dengan *frame sweeper* yaitu memiliki tegangan maksimum sebesar 39,61 MPa dan memiliki nilai *safety factor* sebesar 5,22 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Analisis Pada Saat Kondisi *Vessel*

Normal

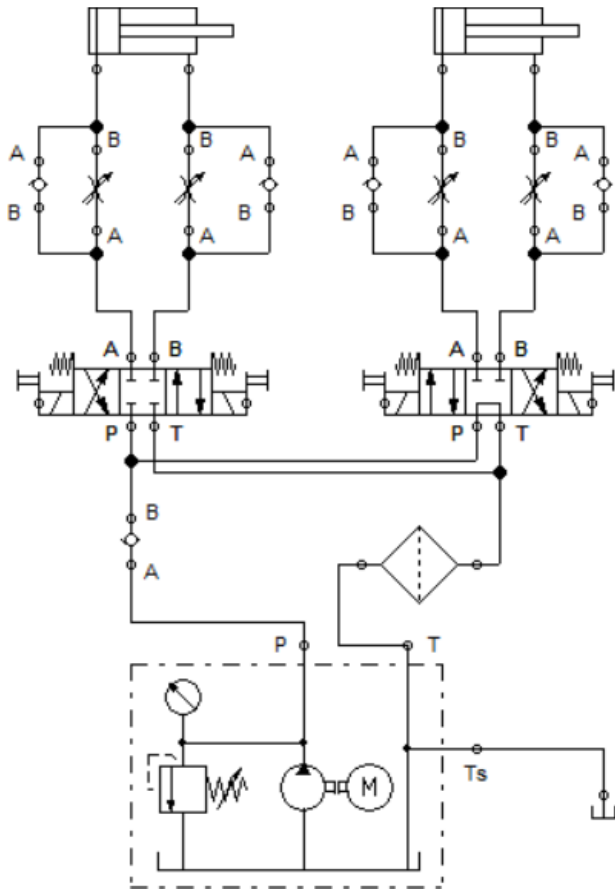
Sedangkan hasil analisis disaat kondisi *vessel* saat melakukan *dumping* yaitu memiliki tegangan maksimum sebesar 37,28 MPa dan memiliki nilai *safety factor* sebesar 5,55 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Analisis Pada Saat Kondisi *Vessel*

*Dumping*

Tidak hanya berfokus pada analisis keseluruhan *vessel*, pada penelitian ini juga menjabarkan sistem penggerak *vessel* yaitu sistem hidrolik dengan memakai dua buah silinder berjenis *double acting cylinder*. Sistem tersebut dijelaskan menggunakan diagram sistem hidrolik *vessel sweeper* yang memiliki fungsi untuk mengetahui aliran fluida cair (oli hidrolik) serta komponen yang dilaluinya. Diagram sistem hidrolik pada *vessel sweeper* dapat dilihat dari Gambar 6.



**Gambar 6.** Diagram Sistem Hidrolik *Vessel*

Pergerakan fluida cair (oli hidrolik) bermula dari tangki oli hidrolik yang menuju ke *pump* unit. Kemudian pompa hidrolik diputar oleh motor listrik sehingga oli dapat bergerak dari tangki hidrolik menuju sistem, sebelum menuju sistem terdapat *relief valve* yang berfungsi untuk membatasi tekanan, jika terdapat tekanan yang berlebih maka katup akan terbuka dan mengarahkan kembali oli menuju ke tangki hidrolik. Setelah oli hidrolik memiliki tekanan yang sesuai maka akan melewati *check valve* untuk memastikan aliran fluida satu arah. Setelah itu, oli hidrolik menuju *solenoid control valve* dengan tipe *check modular* dimana akan aktif apabila tombol *push button* pada kabin mobil ditekan. Pada proses ini akan mengaktifkan *relay* pada *control panel* sehingga memberikan sinyal ke *solenoid valve* untuk menggerakkan katup pengarah yang menghasilkan pergerakan *cylinder* memanjang (*extend*) maupun pergerakan memendek (*retract*).

Setelah melewati proses perancangan dan proses analisis hasil desain, tahap selanjutnya dilakukan adalah proses pembuatan komponen dan penginstalan komponen pada unit *sweeper* seperti pada Gambar 7



**Gambar 7.** Setelah Komponen Terpasang Semua

Untuk memperkuat dinding *vessel* diperlukannya perhitungan efisiensi paku keling yang menggabungkan dinding *vessel* ke rangka *vessel*. Efisiensi paku keling dihitung berdasarkan perbandingan kekuatan sambungan dengan kekuatan *unriveted*. Kekuatan sambungan paku keling tergantung pada  $F_t$ ,  $F_s$ ,  $F_c$  dan diambil harga yang terkecil. Berdasarkan persamaan (1), didapatkan ketahanan plat terhadap robekan  $P_t$  (*tearing*) sebesar 2750 N, dan berdasarkan persamaan (2) didapatkan kerusakan sambungan paku keling  $P_s$  (*shearing resistance of the rivet*) sebesar 1352162,5 N, serta berdasarkan persamaan (3) didapatkan kerusakan *crushing* sambungan paku keling  $P_c$  (*Crushing resistance of the rivet*) sebesar 68900 N sedangkan untuk beban maksimum yang boleh diterima plat sebesar 5500 N.

Dari semua data tersebut dapat dihitung efisiensi sambungan keling yang dihitung dari ketahanan yang paling kecil, yaitu ketahanan terhadap *tearing* ( $F_t$ ). Berdasarkan persamaan (5) dan data yang didapat menunjukkan efisiensi paku keling sebesar 50% dan menurut Purna Irawan [5], jenis sambungan keling *single riveted* harus memiliki efisiensi sebesar 45% - 60%.

Selanjutnya menentukan titik berat dari *vessel*, untuk menentukan titik berat kendaraan dapat menggunakan sistem *experiment*, dimana titik berat tersebut ditimbang dengan asumsi bahwa beban yang diterima oleh *vessel* terdistribusi secara merata. Momen *maksimum* yang dimiliki *vessel* sebesar 137,83 N/m.

Untuk pengujian silinder hidrolik *vessel* menggunakan 2 variabel uji mengikuti aturan standar kapasitas yaitu *zero capacity* dan *struck capacity*. *Zero capacity* yaitu dimana *vessel* kosong tanpa beban sama sekali dan *struck capacity* atau beban pada *vessel* dibatasi dengan jumlah beban tertentu. Pada *struck capacity* pengujian beban pada *vessel* dibatasi dengan 4 beban yaitu 50 kg, 100 kg, 150 kg, dan 200 kg. Pengujian silinder hidrolik pada *vessel* terfokus pada tekanan oli hidrolik dan waktu yang dibutuhkan silinder hidrolik untuk mencapai *extend* (memanjang) dan *retract* (memendek). Hasil pengujian silinder hidrolik *vessel* dapat dilihat dari Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Silinder Hidrolik

Posisi	Beban <i>Vessel</i> (kg)	Tekanan (bar)	Waktu (m/s)
<i>Extend</i>	0	30	11,77
<i>Retract</i>	0	20	8,66
<i>Extend</i>	50	30	12,19
<i>Retrac</i>	50	20	8,57
<i>Extend</i>	100	30	12,49
<i>Retract</i>	100	20	8,39
<i>Extend</i>	150	30	12,74
<i>Retract</i>	150	20	8,25
<i>Extend</i>	200	30	12,86
<i>Retract</i>	200	20	7,9

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Subarkah dkk. [6] berkaitan dengan simulator *excavator* yang menggunakan silinder hidrolik jenis *double acting cylinder* dan menghasilkan data dimana ketika pergerakan *retract* pada *cylinder hydraulic bucket* yang sedang terkena beban *bucket* sebesar 11,8 kg mempunyai pergerakan *retract* pada *cylinder hydraulic bucket* lebih cepat dibandingkan ketika *bucket* dalam kondisi *zero capacity*. Hal tersebut menunjukkan bahwa beban pada *cylinder hydraulic bucket* mempengaruhi kecepatan dalam melakukan suatu pekerjaan, hal ini disebabkan pengaruh gaya gravitasi. Namun, dalam penelitian ini khususnya pada instalasi sistem hidrolik yang menggunakan jenis silinder hidrolik *double acting cylinder* masih memiliki kendala yaitu pada saat pengaturan *control valve* di setiap silinder hidroliknya. Hal tersebut dikarenakan *control valve* yang berdiri sendiri pada setiap silinder hidroliknya harus bergerak secara bersamaan

#### 4. KESIMPULAN

Penggunaan material *vessel* yang lebih ringan mengurangi bobot dari 650 kg menjadi 278,95 kg. Hasil simulasi menunjukkan semua komponen *vessel sweeper* memiliki *safety factor* di atas satu, menandakan aman dalam penggunaannya. Selain itu, desain ini mampu menahan beban hingga 4900 N tanpa melebihi batas *yield strength* material yang digunakan *vessel* dengan kemiringan maksimum adalah 30,4 derajat. Pengujian fungsional silinder hidrolik menunjukkan kecepatan *extend* 11,77 m/s dan *retract* 7,9 m/s. Dalam kondisi beban 100 kg, kecepatan *extend* menjadi 12,49 m/s dan *retract* menjadi 8,39 m/s, pergerakan *retract* lebih cepat karena gaya gravitasi.

#### REFERENSI

- [1] J. R. Jambeck *et al.*, "Plastic waste inputs from land into the ocean," *Science*, vol. 347, no. 6223, pp. 768–771, Feb. 2015, doi: 10.1126/science.1260352.
- [2] R. Subarkah, S. Pramudita, and G. G. R. Gunadi, "Pengujian Hydraulic Cylinder Pada Simulator Arm Excavator," *J. Mek. Terap.*, vol. 1, no. 2, pp. 116–122, 2020.
- [3] H. Harja, A. Sunarya, and Luthfi, *Modifikasi Vessel Nissan Cwb45- Aldn45 Untuk Peningkatan Kapasitas*

*Angkut Unit Truk*. 2014.

- [4] M. N. S. Putra, "Analisa Kinerja Motor Terhadap Pemberian Beban Pada Model Excavator Sistem Hidrolik Double Acting Silinder," PhD Thesis, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2020.
- [5] A. P. Irawan, *Diktat Elemen Mesin*. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, 2009.
- [6] D. Y. Goswami, *The CRC handbook of mechanical engineering*. CRC press, 2004.
- [7] Sholihah, K. K. A., & Hariyanto, B. (2020). Kajian Tentang Pengelolaan Sampah di Indonesia. *Swara Bhumi: Jurnal Geografi dan Pendidikan Geografi*, 3(3), 1-9.
- [8] Kusuma, Lingga Tri, and Haris Mahmudi. "Analisa Kekuatan Rangka Mesin Pengupas Kacang Tanah Menggunakan Software Solidworks." *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*. Vol. 7. No. 1. 2023.
- [9] Faisal, Boby. *Rancang Desain Alat Peraga Elektro Pneumatik Menggunakan Perangkat Lunak Solidworks 2016*. Diss. DIII Teknik mesin Politeknik Harapan Bersama, 2021.
- [10] Hendrawan, Muh Alfatih, et al. "Perancanganchassis Mobil Listrik Prototype" Ababil" dan Simulasi Pembebanan Statik dengan Menggunakan Solidworks Premium 2016." *Prosiding University Research Colloquium*. 2018.