

RANCANG BANGUN *ELECTRIC TOWING TRACTOR* DI PABRIK PT INTI GANDA PERDANA

Ardyan Prayoga Halim, Paryanto*, Rusnaldy, Joki Irawan
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059
*E-mail: paryanto@ft.undip.ac.id

Abstrak

PT Inti Ganda Perdana merupakan perusahaan manufaktur *rear axle* dan *propeller shaft* untuk mobil penggerak belakang yang berlokasi di kota Jakarta. Dalam proses manufaktur di pabrik PT Inti Ganda Perdana, diperlukan tingkat mobilisasi yang tinggi dalam proses pemindahan pasokan antar *lane* di dalam pabrik. Oleh karena itu, dibutuhkannya kendaraan *towing tractor* untuk menarik kereta atau *trolley* pasokan untuk proses *supply* pasokan antar *lane* di dalam pabrik. Dalam prosesnya selama ini, PT Inti Ganda Perdana menyewa *electric towing tractor* merk Toyota untuk mendukung mobilisasi pasokan dalam pabrik. Namun, untuk mengurangi biaya pengeluaran atau demi mencapai *cost reduction* dari PT Inti Ganda Perdana, penulis melakukan riset rancang bangun *electric towing tractor* sendiri atau pribadi untuk menggantikan *electric towing tractor* sewaan dari pihak Toyota. Oleh karena itu, penulis merancang seluruh proses manufaktur khususnya manufaktur dengan proses pemesinan untuk merancang *electric towing tractor* pribadi yang menggunakan bahan material dan komponen yang dimiliki oleh PT Inti Ganda Perdana. Proses rancang bangun yang dilakukan penulis dibatasi oleh komponen mekanikal yang mana nantinya komponen elektrikal akan dibantu oleh pihak PT Inti Ganda Perdana agar selaras dan produk dapat berfungsi menggantikan *electric towing tractor* sewaan merk Toyota.

Kata kunci: *cost reduction*; *electric towing tractor*; proses pemesinan; rancang bangun; PT Inti Ganda Perdana

Abstract

PT Inti Ganda Perdana is a rear axle and propeller shaft manufacturing company for rear-drive cars located in the city of Jakarta. In the manufacturing process at the plant of PT Inti Ganda Perdana, a high level of mobilization is required in the process of transferring supplies between lanes within the plants. Therefore, a towing tractor vehicle is needed to pull the supply trolley for the supply process between lanes in the plants. In the process so far, PT Inti Ganda Perdana has been renting a Toyota brand electric towing tractor to support supply mobilization in the factory. However, to reduce expenses or to achieve cost reduction for PT Inti Ganda Perdana, the authors conducted research on the design of their own or private electric towing tractor to replace the Toyota brand electric towing tractor rental. Therefore, the author designed the entire manufacturing process, especially manufacturing with a machining process to design a personal electric towing tractor that uses materials and components owned by PT Inti Ganda Perdana. The design process carried out by the author has the scope of problem of mechanical components which later on electrical components will be assisted by PT Inti Ganda Perdana so that they are aligned and the product would function properly to replace the Toyota brand electric towing tractor rental.

Keywords: *cost reduction*; *electric towing tractor*; design; machining process; PT Inti Ganda Perdana

1. Pendahuluan

Kebutuhan mobilitas pada industri manufaktur sudah menjadi prioritas yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan tersebut. Tingkat mobilitas yang tinggi akan memberikan tingkat keefektifan dan keefisienan produksi yang tinggi sehingga akan memberikan banyak keuntungan bagi perusahaan manufaktur mulai dari penghematan waktu, tenaga, *cost*, dan lainnya.

Sampai tahun 2020, masih banyaknya industri dengan pengelolaan secara manual. Produk yang ditempatkan secara acak di lantai tanpa palet dan kinerja operasi yang sebagian besar tergantung pada memori dan pengalaman operator sehingga menghasilkan lebih banyak waktu dan kesalahan operasi [1].

PT Inti Ganda Perdana (PT IGP) merupakan salah satu perusahaan Astra Otoparts yang bergerak di industri otomotif dalam manufaktur dan *assembly rear axle* dan *propeller shaft* kendaraan bermotor roda empat atau lebih yang menggunakan tenaga penggerak belakang. Kebutuhan PT IGP dalam hal mobilitas sudah menjadi prioritas utama khususnya dalam hal perpindahan pasokan atau *supply* antar *lane* dalam plant atau pabrik. Oleh sebab itu PT IGP

membutuhkan kendaraan pengantar pasokan agar kebutuhan mobilitas tersebut tercapai dengan kendaraan *electric towing tractor*.

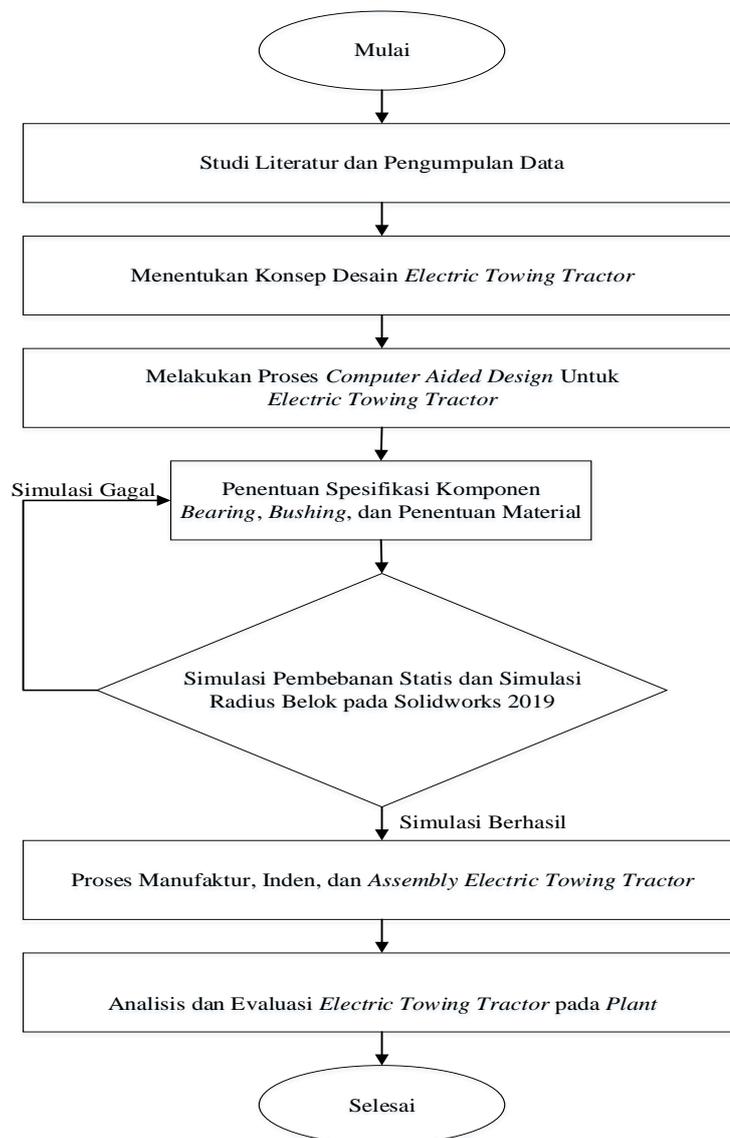
Saat ini, *electric towing tractor* yang digunakan oleh PT IGP masih berstatus sewa dengan Toyota yang berarti pihak PT IGP harus mengeluarkan biaya atau cost setiap bulannya. Untuk menekan biaya yang dikeluarkan setiap bulannya tersebut, PT IGP bermaksud untuk merancang dan memproduksi *electric towing tractor* itu sendiri. Rancang bangun dari *electric towing tractor* didasari dari inventaris dari PT IGP yang tidak terpakai sejak tahun 2019 yakni *Automated Guided Vehicle (AGV)*. Pihak perusahaan memutuskan untuk menjadikan produksi *electric towing tractor* sebagai salah satu project kuartar awal PT IGP dengan menggunakan komponen-komponen dari AGV.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis ingin merancang *electric towing tractor* berbasis komponen dari AGV dari perusahaan PT IGP. Industri otomotif sendiri merupakan salah satu fokus pemerintah Indonesia dalam mempercepat implementasi Industri 4.0 di Indonesia. Perancangan *electric towing tractor* ini berdasarkan alasan untuk membantu meningkatkan nilai efektivitas tingkat mobilitas *chain supply* pada lane pabrik PT IGP. Dengan adanya *electric towing tractor* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas PT IGP melalui mobilitas yang lebih memadai.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dibuat untuk memudahkan proses rancang bangun agar berjalan lebih sistematis terhadap langkah-langkah yang ingin diambil. Berikut merupakan diagram alir yang menunjukkan proses rancang bangun *Electric Towing Tractor* pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Perancangan

Perancangan dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu: perancangan tradisional, kelompok ini meyakini bahwa merancang membutuhkan pengalaman pribadi dan tidak bisa diajarkan. Sedangkan kelompok kedua meyakini bahwa perancangan dapat dioptimalisasikan dengan menggunakan peralatan seperti komputer (bisa dipelajari). Sementara kelompok ketiga adalah kelompok yang meyakini bahwa kedua kelompok sebelumnya adalah benar. Perancangan yang baik adalah perancangan yang menggunakan ketiga keyakinan tersebut [2].

Konsep perancangan dalam pembuatan *electric towing tractor* melalui beberapa proses. Berikut ini merupakan proses-proses yang dilakukan:

1. Pemotongan bahan material
 Proses pemotongan dengan menggunakan mesin gerinda potong, karena bahan yang digunakan berupa besi siku, aluminium *hollow*, besi *hollow*, besi pejal, dan lainnya.
2. Pengerindaan
 Proses ini dilakukan untuk menghilangkan sudut-sudut yang terlalu tajam dan menghilangkan permukaan yang belum rata.
3. Penge-drillan
 Proses ini dilakukan untuk penyambungan yang menggunakan *bolt* dan *nut*.
4. Pengelasan rangka
 Proses pengelasan ini dilakukan untuk penyambungan dan modifikasi rangka dari AGV untuk dijadikan rangka *electric towing tractor*.
5. *Assembly*
 Proses perakitan ataupun assembly antar komponen yang terpisah dengan satu sama lain hingga menjadi *electric towing tractor*.

2.3. Konsep Desain *Electric Towing Tractor*

Dalam dunia keteknikan kata desain atau merancang menjadi suatu hal yang sering didengar dalam pembuatan atau proses memodifikasi suatu alat. Desain menampilkan gagasan atau ide dalam bentuk gambar, baik dalam bentuk gambar teknik maupun gambar visual. Dalam pelaksanaannya validitas dari sebuah ide juga harus dipertimbangkan untuk mendapatkan ketepatan gagasan maupun aspek fungsional dari ide tersebut. *Electric towing tractor* ini berfungsi sebagai kendaraan penarik kereta pembawa supply atau pasokan komponen dalam plant PT IGP. Berikut merupakan bentuk dari kereta pembawa pasokan dalam pabrik PT IGP yang harus ditarik untuk dipindahkan oleh *electric towing tractor*.



Gambar 2. Kereta Pembawa Pasokan *Supply* [3].

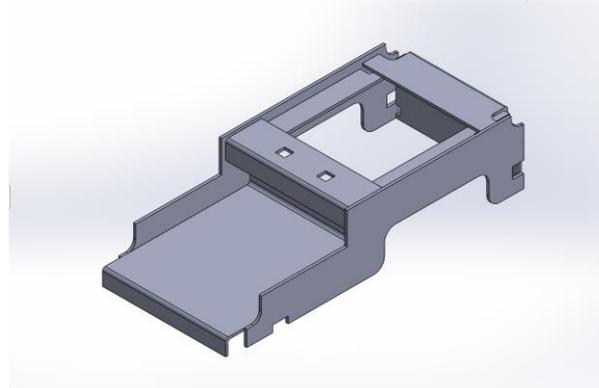
Berikut adalah spesifikasi dari komponen *electric towing tractor* yang sudah dibuat:

- | | |
|----------------------|---|
| a. Material frame | : Base plate 10 mm |
| b. Motor listrik | : Oriental Motor BLVM620KM-GFS / GFS6G50FR |
| c. Gear Ratio | : 50:1 |
| d. Sistem Pengereman | : Electromagnetic Brake |
| e. Sistem kemudi | : Ackerman |
| f. Tipe ban | : Solid Rubber |
| g. Dimensi ban | : 330 mm x 230 mm x 65 mm |
| h. Baterai | : 2 buah baterai Incoe SA65-12 |
| i. Bobot kendaraan | : 400 Kg |
| j. Dimensi kendaraan | : 1300 mm x 755 mm x 1500 mm (tanpa driver) |
| k. Wheelbase | : 1050 mm |

Desain yang digunakan merupakan desain hasil modifikasi rangka utama dari AGV merk Carry Bee yang sudah tidak terpakai lagi milik PT IGP seperti pada Gambar 3. Desain rangka ini direncanakan akan dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan bentuk *electric towing tractor* yang dilakukan di workshop PT IGP dengan metode pemotongan grinding dan penyambungan komponen tambahan dengan teknik pengelasan. Berikut merupakan desain rangka kedua pada Gambar 4.



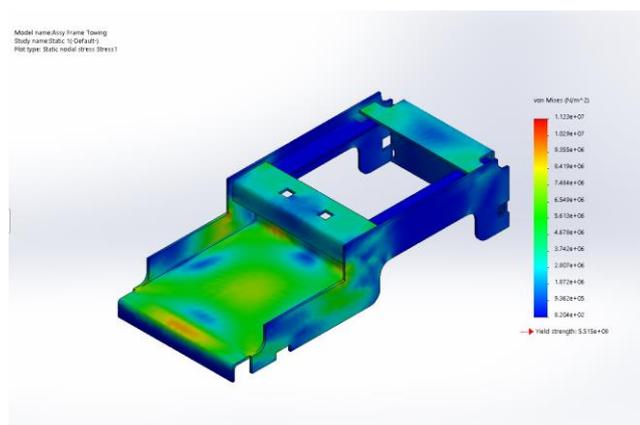
Gambar 3. *Automated Guided Vehicle* merk Carry Bee [3].



Gambar 4. Rangka Modifikasi *Automated Guided Vehicle* untuk *Electric Towing Tractor*.

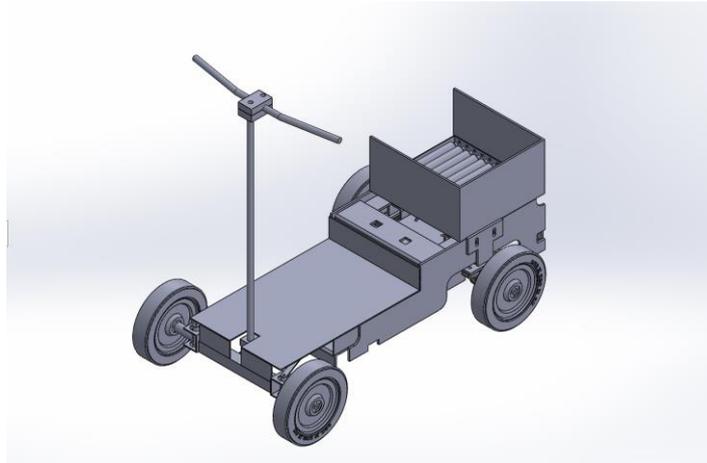
Desain ini juga telah disimulasikan dengan program *Soliworks 2019* untuk simulasi gaya tekan dengan metode beban statis untuk pengujian apakah desain ini mampu untuk menahan gaya beban. Gaya beban yang dimaksud adalah gaya beban dari operator, berat motor, berat baterai, dan berat komponen-komponen tambahan lainnya. Gaya-gaya tersebut dalam hal ini diprediksi maksimal memiliki besaran 500 Kg, dan disimulasikan dengan gaya 5500 Newton.

Untuk hasil dari simulasi beban statis tersebut dapat dikatakan bahwa desain tersebut lulus pengujian untuk simulasi beban dengan gaya maksimal 5500 Newton. Dalam pengujian ini, material yang diuji menggunakan material *Ductile Iron* pada program *Solidworks* yang menggunakan nilai *Yield Strength* dari material tersebut sebesar 5.515×10^8 N/m². Untuk pengujian beban statis sebesar 5500 Newton akan memberikan dampak tekan Von Mises maksimal pada bagian tengah rangka sebesar 1.123×10^7 N/m². Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Hasil pengujian gaya beban statis pada desain rangka.

Setelah mendapatkan desain rangka utama untuk *electric towing tractor*, yang akan dibuat selanjutnya melakukan pengkajian terhadap komponen-komponen pada mesin tersebut secara lebih rinci. Komponen-komponen pada *hardshell rooftop tent* tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



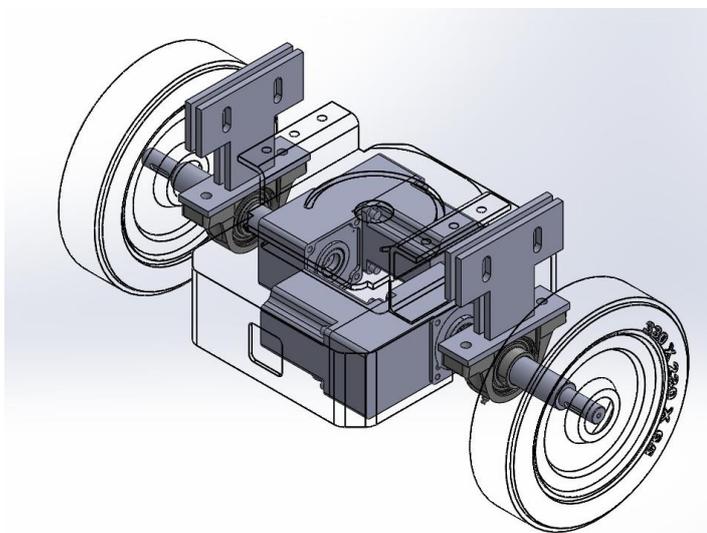
Gambar 6. Desain *Electric Towing Tractor*.

Dari Gambar 6, dapat dilihat bahwa terdapat empat komponen utama dalam perancangan *electric towing tractor* yaitu: sistem penggerak, slot baterai, sistem kemudi, dan tempat *driver* dan *cover* kelistrikan.

Pada sistem penggerak dari *electric towing tractor*, penulis merancang dengan penggerak motor *brushless direct current* atau (BLDC). Merk motor yang digunakan merupakan merk Oriental Motor model BLVM620KM-GFS / GFS6G50FR. Motor listrik tersebut merupakan motor listrik dari AGV yang kemudian dimodifikasi untuk tidak lagi berjalan otomatis melainkan dengan operator yang mengendalikannya. Untuk jumlahnya sendiri menggunakan dua buah motor penggerak yang menggerakkan shaft yang menyambung ke shaft roda kanan belakang dan roda kiri belakang.

Motor listrik penggerak *electric towing tractor* ini sudah dilengkapi dengan komponen *gearbox* yang disambung dengan *screw* langsung dengan motornya karena sudah menjadi satu kesatuan produk dari Oriental Motor. Untuk *gear ratio* dari komponen motor listrik yang digunakan adalah 50:1. Selain menjadi sumber penggerak, motor listrik ini juga dilengkapi dengan *electromagnetic brake* yang berfungsi untuk memperlambat atau memberhentikan putaran *wheel shaft* dari kendaraan *electric towing* itu sendiri.

Pada komponen keempat ini, penulis mendesain *bracket* untuk penempatan motor listrik yang berada di bagian belakang kendaraan, di bawah tempat baterai kendaraan. Selain itu, perancangan *wheel shaft* juga dilakukan yang merupakan penyalur energi mekanik dari motor listrik ke roda dari *towing*. Perancangan dari *bracket* motor listrik dan *wheel shaft* dilakukan pada *software* desain Solidworks 2019 seperti pada Gambar 7.

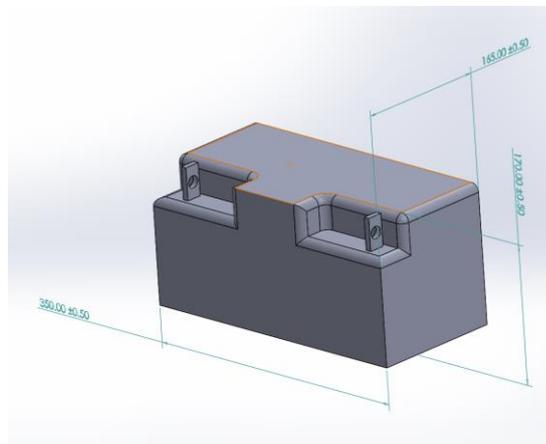


Gambar 7. *Assembly* Komponen Penggerak *Electric Towing Tractor*.

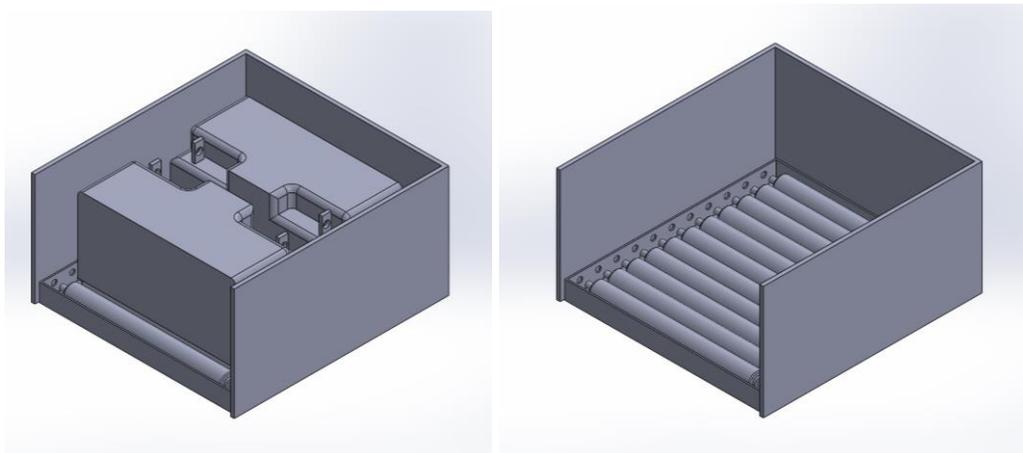
Dapat dilihat bahwa pada *assembly* sistem penggerak pada Gambar 7 terdapat beberapa komponen tambahan yang berfungsi untuk komponen pendukung dari sistem penggerak berupa *support bracket* dan *pillow block bearing*

yang berfungsi untuk menyanggah *wheel shaft* yang disanggah langsung ke rangka utama dari kendaraan. Untuk tipe dari *pillow block bearing* yang digunakan sendiri menggunakan *pillow block bearing* UCP 208.

Pada komponen slot baterai, penulis melakukan perancangan sederhana untuk tempat penyimpanan baterai kendaraan sebagai sumber energi penggerak motor listrik. Komponen ini berada pada bagian belakang tempat berdiri *driver* pada *electric towing tractor*. Komponen ini diposisikan tepat di atas rangka utama bagian belakang yang disambungkan dengan *bolt* dan *nut*. Baterainya sendiri merupakan baterai bekas dari AGV milik PT IGP yang sudah tidak terpakai. Informasi dimensi dari satu buah baterainya sendiri adalah 350 mm x 165 mm x 170 mm, seperti pada Gambar 8. Demi jangka waktu pengoperasian jangka lama *towing* itu sendiri, maka penulis merancang untuk menggunakan dua baterai untuk *electric towing*-nya sehingga slot baterai yang dirancang dapat memuat dua buah baterai. Untuk desainnya sendiri penulis membuat seperti pada Gambar 9.



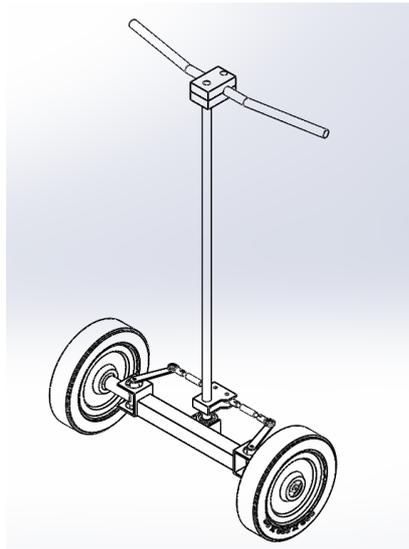
Gambar 8. Baterai *Electric Towing Tractor*.



Gambar 9. Desain Slot Baterai *Electric Towing Tractor*.

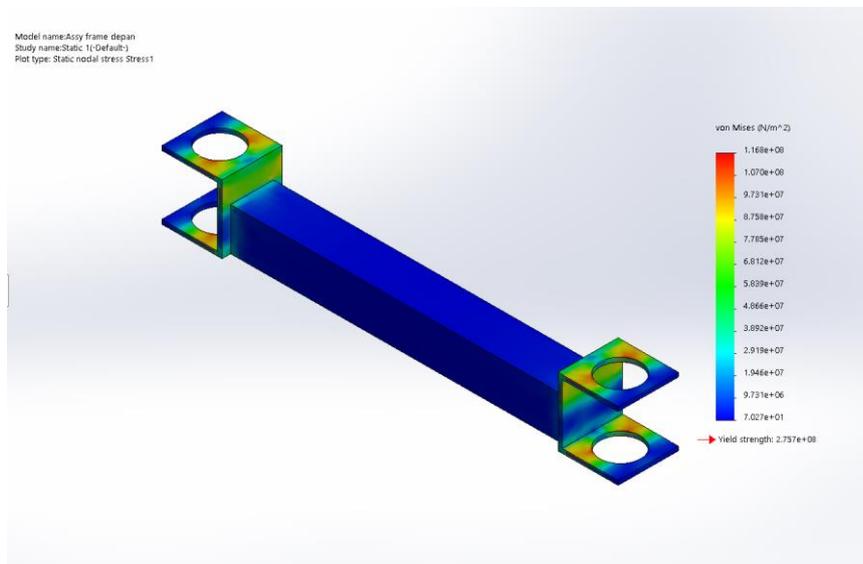
Pada parancangan slot baterai untuk *electric towing tractor*, penulis menggunakan komponen *gravity roller* pada bagian alas dari penempatan baterai tersebut. Hal ini dirancang demi kemudahan tindakan pemeliharaan oleh operator yang ketika nantinya *towing* harus diisi ulang kembali baterainya saat sudah di luar jam kerja. Kemudahan tersebut tercapai karena baterai tidak perlu diangkat lagi karena bisa didorong dengan adanya penggerak *gravity roller* yang memudahkan pemindahan.

Pada komponen sistem kemudi, penulis melakukan perancangan sistem kemudi untuk *electric towing tractor*. Sistem kemudi ini terletak di bagian paling depan yang menempel ke rangka utama dengan teknik pengelasan. Jenis sistem kemudi yang dirancang oleh penulis menggunakan sistem kemudi *ackerman* yang menghasilkan sudut belok yang berbeda pada roda depan kanan dan kiri pada saat kendaraan berbelok. Berikut merupakan gambar teknik *assembly* dari sistem kemudi untuk *electric towing tractor* pada Gambar 10.



Gambar 10. Gambar teknik tampak isometri komponen sistem kemudi *electric towing tractor*.

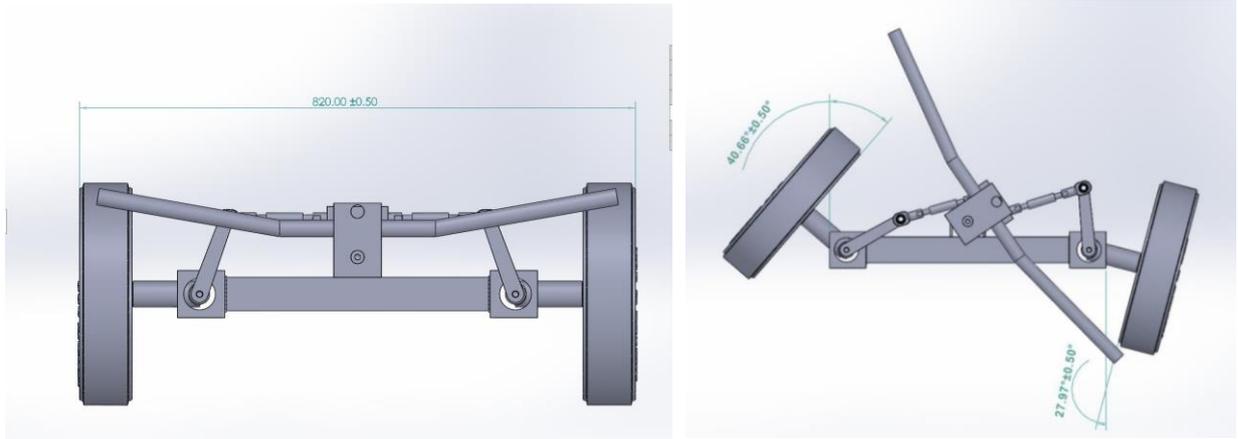
Pada rancangan sistem kemudi jenis *ackerman*, penulis melakukan pengujian simulasi gaya beban statis pada rangka sistem kemudi. Simulasi gaya beban statis ini dilakukan pada bagian rangka sistem kemudi karena rangka sistem kemudi tersebutlah yang menempel pada rangka utama dan merupakan fokus penyangga dari semua sub-komponen yang ada pada sistem kemudi. Berikut merupakan hasil pengujian pada sub-komponen rangka sistem kemudi pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil pengujian gaya beban statis pada sub-komponen rangka sistem kemudi.

Pada pengujian gaya beban statis seperti Gambar 11, penulis mengaplikasikan simulasi material untuk rangka sistem kemudi dengan material *malleable cast iron* pada program Solidworks 2019. Material tersebut memiliki nilai *yield strength* sebesar 2.757×10^8 N/m². Pada pengujian beban statis pada komponen tersebut dilakukan simulasi gaya total sebesar 3000 Newton yang jika menggunakan akselerasi gaya gravitasi sebesar 9.81 m/s^2 , setara dengan massa 305.81 Kg. Beban pengujian yang disimulasikan tersebut merupakan simulasi beban yang dianalisis akan diterima oleh rangka sistem kemudi dari beban akibat beban rangka utama *electric towing tractor*. Untuk pengujian beban statis sebesar 3000 Newton akan memberikan dampak tekan Von Mises maksimal pada bagian pinggir rangka sistem kemudi yang menuju *wheel shaft* sebesar 1.168×10^8 N/m², di mana nilai tersebut masih di bawah batas nilai *yield strength* dari material uji.

Selain melakukan pengujian simulasi gaya beban statis pada sistem kemudi, penulis juga melakukan perhitungan rancang sudut belok untuk sistem kemudi dari *electric towing tractor*. Sudut belok adalah gerakan kritis yang menunjukkan kualitas kestabilan dari kendaraan. Sudut belok harus dihitung agar dapat mengetahui seberapa besar ban mampu berbelok. Agar lebih jelas, perhitungan dilakukan dengan perhitungan sudut belok dibantu dengan Gambar 12 sebagai visualisasi sudut belok kendaraan.



Gambar 12. Visualisasi Sudut Belok *Electric Towing Tractor*.

Oleh karena itu, untuk perhitungan dari sudut belok roda kanan dan roda kiri adalah sebagai berikut dan untuk visualisasi sistem kemudi saat belok maksimal dapat juga dilihat pada perhitungan berikut:

Sudut belok *left wheel*

$$\delta_{l\max} = \tan^{-1} \frac{L}{R + \frac{t}{2}}$$

$$\delta_{l\max} = \tan^{-1} \frac{1050 \text{ mm}}{1600 + \frac{755 \text{ mm}}{2}}$$

$$\delta_{l\max} = \tan^{-1} 0.531$$

$$\delta_{l\max} = 27.967^\circ$$

Sudut belok *right wheel*

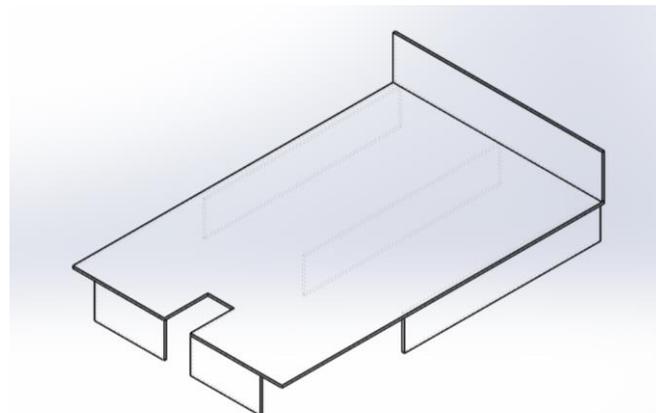
$$\delta_{r\max} = \tan^{-1} \frac{L}{R - \frac{t}{2}}$$

$$\delta_{r\max} = \tan^{-1} \frac{1050 \text{ mm}}{1600 - \frac{755 \text{ mm}}{2}}$$

$$\delta_{r\max} = \tan^{-1} 0.859$$

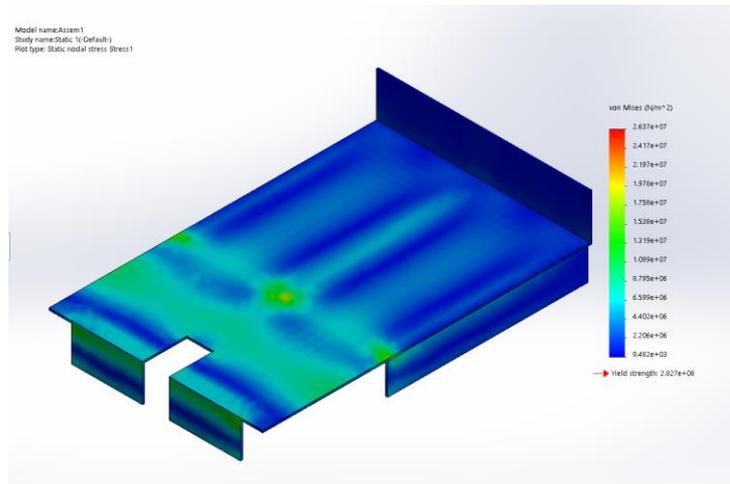
$$\delta_{r\max} = 40.659^\circ$$

Pada komponen tempat *driver* dan *cover* kelistrikan, penulis melakukan perancangan sederhana untuk menutup komponen-komponen kelistrikan yang diletakan di bawah komponen tersebut dan di atas nya merupakan tempat berdiri *driver* untuk mengoperasikan *towing tractor*. Komponen ini diposisikan tepat di atas rangka utama bagian depan yang disambungkan dengan *bolt* dan *nut*. Untuk desainnya sendiri penulis membuat seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Gambar teknik tampak isometri komponen tempat *driver* dan *cover* kelistrikan.

Komponen pertama pada rangkaian *towing tractor* ini dirancang dengan bahan utama rancangan plat bordes besi baja dengan tebal 5 mm. Oleh karena itu, penulis merancang untuk simulasi beban statis pada program *Solidworks* dan menggunakan material 1023 *Carbon Steel Sheet* (SS) untuk di program. Berikut merupakan hasil simulasi gaya beban statis untuk komponen tersebut.



Gambar 14. Hasil pengujian gaya beban statis pada komponen tempat *driver* dan *cover* kelistrikan.

Dalam pengujian ini, komponen tersebut menggunakan plat bordes besi baja yang memiliki nilai *yield strength* sebesar $2.827 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Pada pengujian beban statis pada komponen tersebut dilakukan simulasi gaya total sebesar 3000 Newton yang jika menggunakan akselerasi gaya gravitasi sebesar 9.81 m/s^2 , setara dengan massa 305.81 Kg. Beban pengujian yang disimulasikan tersebut merupakan simulasi berat dari *driver* yang nantinya akan berdiri pada komponen tersebut. Jadi, jika berat *driver* mencapai berat yang disimulasikan, maka kondisi komponen masih mampu untuk menopangnya tanpa mengalami deformasi. Untuk pengujian beban statis sebesar 3000 Newton akan memberikan dampak tekan Von Mises maksimal pada bagian tengah komponen di mana tempat *driver* tersebut berdiri sebesar $2.637 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, di mana nilai tersebut masih di bawah batas nilai *yield strength* dari material uji.

2.4. Metode Fabrikasi

Perancangan fabrikasi *electric towing tractor* dilakukan di lingkungan *workshop* PT IGP. Proses fabrikasi sendiri tersusun atas tiga bagian utama yaitu: proses pembuatan komponen *towing*, proses *assembly*, dan terakhir merupakan proses *finishing*.

Proses manufaktur komponen ini merupakan proses pembuatan setiap komponen-komponen berdasarkan *general design* yang sudah dirancang oleh penulis. Pada tahapan ini, kegiatan yang dilakukan adalah proses pemesinan untuk pembuatan komponen sesuai dengan bentuk dan dimensi yang dirancang melalui gambar teknik dengan program Solidworks 2019 [4, 5, 6, 7]. Proses pemesinan yang dilakukan antara lain seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Proses Pemesinan pada Tahapan Manufaktur Komponen

No	Metode Fabrikasi	Komponen yang Dimanufaktur
1	 <p>Mesin <i>Milling</i> Konvensional</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Wheel shaft</i> - <i>C arm</i>

2



Mesin Milling CNC

- *Steering handle bracke*
- *Rod to steer support*
- *Rod to wheel support*
- *Rear shaft support*
- *Motor bracket*

3



Mesin Cutting

- *Rod to wheel support*
- *Rear shaft support*

4



Mesin Turning

- *Steering shaft*
- *Tie rod*
- *C bushing*
- *Steering bushing*
- *Wheel shaft*
- *Steering shaft*

5



Gerinda Tangan

- Rangka *steering system*
- *Steering support*
- C *arm*
- Rangka utama
- Pijakan *driver*
- *Front cover*

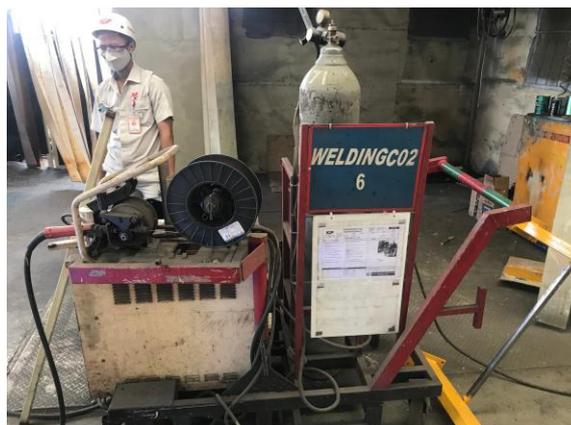
6



Gerinda Duduk

- Rangka *steering system*
- Rangka utama
- *Front cover*

Setelah proses manufaktur tiap-tiap komponen selesai dilakukan, maka selanjutnya adalah proses *assembly*. Proses *Assembly* atau proses penggabungan ini merupakan proses penggabungan semua komponen yang telah dimanufaktur sesuai pada Tabel 1. Pada tahapan ini, penggabungan dilakukan sebagian besar menggunakan *bolt* dan *nut*. Namun, ada juga beberapa komponen yang digabungkan dengan metode pengelasan [8, 9]. Biasanya, penggabungan menggunakan teknik pengelasan dilakukan karena tidak memerlukan tindakan *maintenance* yang sering pada komponen tersebut. Sedangkan komponen yang memerlukan tindakan *maintenance* yang diperkirakan akan sering dilakukan proses *assembly* menggunakan *bolt* dan *nut* dengan tujuan kemudahan proses lepas pasang dari komponen tersebut. Mesin pengelasan yang digunakan pada PT IGP merupakan mesin pengelasan GMAW seperti pada Gambar 15.



Gambar 15. Mesin Pengelasan GMAW [3].

Setelah penggabungan dari setiap komponen telah selesai dan semua dimensi telah sesuai dan berfungsi dengan baik, maka akan dilakukan proses *finishing*. Proses akhir ini merupakan proses pengecatan pada komponen-komponen dari *electric towing tractor*. Proses pengecatan ini dilakukan karena sebagian besar dari material yang digunakan untuk perancangan kendaraan ini adalah menggunakan besi dan baja. Oleh karena itu, pengecatan dilakukan untuk menjaga material dari oksidasi yang dapat mengakibatkan komponen berkarat. Selain itu, pengecatan juga akan menambah nilai estetika dari kendaraan sehingga kendaraan tidak hanya berwarna polos dari material utama.

2.5. Analisis Biaya Produksi

Setelah mendapatkan spesifikasi perancangan alat, dapat dilakukan analisis biaya yang dibutuhkan. Tabel 2 berikut merupakan analisis biaya produksi *electric towing tractor*.

Tabel 2. Analisis Biaya Produksi

Macam Komponen	Biaya Satuan	Kuantitas	Biaya Total
Baterai SA65-12	Rp950.000,00	2 pcs	Rp1.900.000,00
Roda <i>Solid Rubber</i> 13"	Rp200.000,00	4 pcs	Rp800.000,00
Oriental Motor BLVM620KM-GFS / GFS6G50FR	Rp10.500.000,00	2 pcs	Rp21.000.000,00
Komponen Kelistrikan	Rp1.600.000,00	1 set	Rp1.600.000,00
Plat Galvanis 5mm (1200 mm x 2400 mm)	Rp2.450.000,00	4 pcs	Rp9.800.000,00
Besi Hollow 50 mm x 50mm (6m)	Rp350.000,00	0.5 m	Rp125.000,00
Rod Besi As S45C D 30mm x 100cm	Rp218.000,00	200 cm	Rp436.000,00
Rod Besi As S45c Diameter 40mm x 80cm	Rp276.000,00	80 cm	Rp276.000,00
Plat Bordes 5,0mm x 4' x 8'	Rp. 1.516.000,00	1 pcs	Rp1.516.000,00
Plat Eser Besi Hitam 10mm, 1200 x 2400 mm	Rp3.748.500,00	5 pcs	Rp18.752.300,00
Rod End SIL 10 C	Rp51.000,00	4 pcs	Rp204.000,00
6005-2Z Bearing	Rp57.000,00	8 pcs	Rp456.000,00
M10 Bolt and Nut	Rp2.000,00	20 pcs	Rp40.000,00
Lisensi Solidwoks 2019	Rp2.300.000,00	1 year	Rp2.300.000,00
Mata Gerinda Tangan	Rp55.000,00	1 box	Rp55.000,00
Filler elektroda Mg51t Kobe	Rp1.000.000,00	1 roll	Rp1.000.000,00
TOTAL			Rp60.260.300,00

Selain perhitungan biaya produksi, selanjutnya ada juga perhitungan mengenai *labour cost*. Untuk *electric towing tractor* ini sendiri ditargetkan selesai dalam waktu 90 hari kerja atau sekitar 4 bulan jika terhitung akhir pekan, mulai dari proses desain hingga proses trial. Penulis yang melakukan magang di PT IGP diberikan uang saku sebesar Rp90.000,00 per hari sehingga untuk uang saku penulis yaitu sebesar Rp8.100.000,00.

Selain uang saku ada juga gaji dari pekerja IGP yang membantu dalam proses machining hingga proses assembly yang diasumsikan berdasarkan upah minimum regional (UMR) kota Jakarta dikarenakan PT IGP sendiri berlokasi di kota Jakarta. Namun, untuk pengerjaan dari *project* ini sendiri dapat dianggap merupakan 20% pekerjaan dari semua total pekerjaan dari pekerja PT IGP. Oleh karena itu dapat diambil 20% dari UMR nya yaitu Rp4.641.854,00 [10]. Total dari labour cost sendiri yaitu menjadi sebesar Rp3.713.483,00 per orangnya. Total pekerja yang ikut andil dalam *project electric towing tractor* ini ada sebanyak 3 pekerja sehingga dapat ditulis bahwa total biaya pengerjanya adalah Rp11.140.450,00.

Berikut ini merupakan total biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan *electric towing tractor*.

$$\begin{aligned} \text{Total Cost} &= \text{Production Cost} + \text{Uang Saku Penulis} + \text{Labour Cost} \\ &= \text{Rp60.260.300,00} + \text{Rp8.100.000,00} + \text{Rp11.140.450,00} \\ \text{Total Cost} &= \text{Rp79.500.750,00} \end{aligned}$$

Biaya manufaktur dari *electric towing tractor* ini tergolong sangat murah karena menurut PT IGP, perusahaan ini menghabiskan *cost* atau biaya sebesar Rp15.000.000,00 per bulannya untuk melakukan penyewaan terhadap *towing* elektrik merk Toyota. Untuk biaya pembelian unit dari satu buah kendaraan *electric towing tractor* merk Toyota sendiri penulis tidak bisa mendapatkan harga pastinya karena merupakan informasi rahasia yang dimiliki oleh PT IGP. Namun untuk kisaran biaya pembelian unitnya dapat mencapai sekitar Rp400.000.000,00.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proses Manufaktur Rangka Utama

Proses manufaktur rangka utama *electric towing tractor* dilakukan di kompleks *workshop* PT IGP plant Jakarta. Komponen-komponen yang diproduksi pada rangka utama ini berbasiskan rangka utama milik AGV yang sudah tidak terpakai pada PT IGP. Pada komponen rangka utama dari *electric towing tractor*, semua komponen diproduksi di kompleks *workshop* PT IGP dan tidak ada yang dibeli dari pihak ketiga.

Pada proses pembuatan atau modifikasi rangka utama untuk *electric towing tractor* ini, material yang digunakan berdasarkan material dari rangka AGV yang sudah tidak terpakai. Material tersebut adalah *steel plate* dengan tebal 9 mm. Namun, ada penambahan pada bagian depan rangka utama yang berfungsi sebagai *support* untuk sistem kemudi yang menggunakan material besi siku ukuran 40 mm x 40 mm dengan tebal 4 mm seperti pada Gambar 4.1 dan juga material plat galvanis dengan tebal 3 mm.

Konstruksi rangka merupakan salah satu bagian terpenting dalam konstruksi ini karena komponen rangka merupakan dasar awal dari semua komponen kendaraan *electric towing tractor* akan ditempatkan. Proses manufaktur rangka dilakukan dengan menggunakan acuan desain rangka yang telah dibuat dan telah disesuaikan dengan dimensi yang ada. Pada proses manufaktur komponen rangka utama, alat-alat pendukung yang digunakan adalah gerinda *cutting*, mesin pengelasan, alat ukur penggaris, *marker*, dan desain gambar teknik yang dilakukan untuk menghasilkan bentuk rangka sesuai dengan gambar teknik yang sudah dibuat.

Untuk hasil dari proses manufaktur rangka utama itu sendiri dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17.



Gambar 16. Rangka utama yang telah dimodifikasi dari rangka AGV.



Gambar 17. Rangka *extension* untuk *support* sistem kemudi.

3.2 Proses Manufaktur Sistem Penggerak

Proses manufaktur sistem penggerak *electric towing tractor* dilakukan di komplek *workshop* PT IGP plant Jakarta. Sebuah komponen pada proses manufaktur sistem penggerak menggunakan hasil lepasan dari AGV yaitu motor listrik *brushless direct current* (BLDC). Selain itu, pada manufaktur sistem penggerak *electric towing tractor* juga menggunakan *pillow block bearing* dengan kode ukuran *bearing* UCP 208 dan roda ukuran 330 mm x 230 mm x 65 mm yang dipesan dari pihak ketiga. Untuk komponen-komponen selain motor listrik, *pillow block bearing*, dan roda, proses manufaktur dilakukan di *wokshop* PT IGP. Komponen-komponen tersebut antara lain adalah *motor bracket*, *rear shaft support*, dan *rear shaft*.

Sistem penggerak merupakan sebuah sistem yang tergabung dari beberapa komponen yang berfungsi untuk mengubah energi dari baterai menjadi energi mekanik. Proses manufaktur sistem penggerak dilakukan dengan menggunakan acuan desain sistem penggerak yang telah dibuat dan telah disesuaikan dengan dimensi yang ada. Pada proses manufaktur komponen sistem penggerak, alat-alat pendukung yang digunakan adalah mesin *milling*, mesin *turning*, mesin *cutting*, gerinda *cutting*, mesin pengelasan, alat ukur penggaris, *marker*, dan desain gambar teknik yang dilakukan untuk menghasilkan bentuk rangka sesuai dengan gambar teknik yang sudah dibuat.

Untuk hasil dari proses manufaktur rangka utama dapat dilihat pada Gambar 18 sampai dengan Gambar 21.



Gambar 18. Hasil manufaktur *rear shaft*.



Gambar 19. Hasil manufaktur *motor bracket electric towing tractor*.



Gambar 20. Hasil instalasi dan *fitting motor bracket* pada rangka utama.



Gambar 21. Instalasi sistem penggerak pada rangka utama.

3.3 Proses Manufaktur Slot Baterai

Proses manufaktur slot baterai electric towing tractor dilakukan di komplek workshop PT IGP plant Jakarta. Sub-komponen pada komponen slot baterai dimanufaktur secara pribadi dari pihak PT IGP kecuali untuk komponen *gravity roller* dan baterainya. *Gravity roller* pada *electric towing tractor* ini menggunakan ukuran diameter 38 mm dan untuk baterainya sendiri, penulis merancang *electric towing tractor* ini menggunakan baterai lepasan dari AGV yang memiliki merk Incoe.

Proses manufaktur sistem penggerak dilakukan dengan menggunakan acuan desain sistem penggerak yang telah dibuat dan telah disesuaikan dengan dimensi yang ada. Pada proses manufaktur komponen sistem penggerak, alat-alat pendukung yang digunakan adalah gerinda *cutting*, mesin pengelasan, alat ukur penggaris, *marker*, dan desain gambar teknik yang dilakukan untuk menghasilkan bentuk rangka sesuai dengan gambar teknik yang sudah dibuat.

Untuk hasil dari proses manufaktur rangka utama dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Instalasi slot baterai pada *electric towing tractor* berikut dengan baterainya.

3.4 Proses Manufaktur Sistem Kemudi

Proses manufaktur sistem kemudi *electric towing tractor* dilakukan di komplek *workshop* PT IGP plant Jakarta. Sistem kemudi yang penulis desain ini menggunakan konsep sistem kemudi *ackerman*. Untuk komponen-komponen sistem kemudi *electric towing tractor* ini, sebagian besar komponen diproduksi sendiri di PT IGP dan sebagian kecil dipesan dari pihak ketiga seperti *bearing* 6005-2Z, *rod end* SIL 10 C, dan roda 330 mm x 230 mm x 65 mm. Untuk komponen yang dimanufaktur sendiri antara lain: *tie rod*, *C arm*, *steering shaft*, *front wheel shaft*, *steering bushing*, *C bushing*, *rod to wheel support*, *rod to steer support*, *steering handle bracket*, dan *handle bar*.

Sistem kemudi merupakan sebuah sistem yang tergabung dari beberapa komponen yang berfungsi untuk mengatur arah gerak dari *electric towing tractor* ketika bergerak. Proses manufaktur sistem kemudi dilakukan dengan menggunakan acuan desain sistem penggerak yang telah dibuat dan telah disesuaikan dengan dimensi yang ada. Pada proses manufaktur komponen sistem penggerak, alat-alat pendukung yang digunakan adalah mesin *milling*, mesin *turning*, mesin *cutting*, gerinda *cutting*, mesin pengelasan, alat ukur penggaris, *marker*, dan desain gambar teknik yang dilakukan untuk menghasilkan bentuk rangka sesuai dengan gambar teknik yang sudah dibuat.

Untuk hasil dari proses manufaktur sistem kemudi dapat dilihat pada Gambar 23 sampai dengan Gambar 30.



Gambar 23. Komponen *rod to steer support*.



Gambar 24. Komponen (a) *tie rod shaft* dan (b) *rod end*.



(a) (b)
Gambar 25. Komponen (a) *C bushing* dan (b) *rod to wheel support*.



Gambar 26. Komponen *wheel shaft*.



Gambar 27. Komponen *C arm* dan *fitting* serta instalasi *bearing*.



Gambar 28. Komponen *assembly steering shaft bushing* dengan rangka sistem kemudi.



Gambar 29. Komponen (a) *steering shaft* dan (b) *steering handle bar*.



Gambar 30. Komponen *steering handle bracket*.

Pada sistem kemudi di *electric towing tractor*, komponen-komponen seperti pada Gambar 23 sampai dengan Gambar 30 dimanufaktur sendiri oleh PT IGP. Selanjutnya, komponen-komponen tersebut diproses melalui tahapan *assembly* atau penggabungan. Pada proses penggabungannya, komponen-komponen tersebut disatukan dengan berbagai macam teknik antara lain: penggabungan dengan pembuatan drat antar komponen, penggabungan dengan metode *nut and bolt*, dan penggabungan dengan teknik pengelasan. Berikut merupakan gambar hasil *assembly* pada sistem kemudi *electric towing tractor* pada Gambar 31.



Gambar 31. Hasil *assembly* sistem kemudi *electric towing tractor*.

3.5 Proses Manufaktur Tempat *Driver* dan *Cover* Kelistrikan

Proses manufaktur tempat *driver* dan *cover* kelistrikan dilakukan di komplek workshop PT IGP plant Jakarta. Tempat *driver* dan *cover* kemudi dimanufaktur secara pribadi dan tidak ada melibatkan pesanan barang jadi dari pihak ketiga. Untuk materialnya sendiri kebanyakan dari komponen ini terbuat dari plat *galvanis* dan plat *bordes* yang disupport oleh besi *hollow*.

Proses manufaktur sistem penggerak dilakukan dengan menggunakan acuan desain tempat *driver* dan *cover* kelistrikan yang telah dibuat dan telah disesuaikan dengan dimensi yang ada. Pada proses manufaktur komponen sistem penggerak, alat-alat pendukung yang digunakan adalah gerinda *cutting*, mesin pengelasan, alat ukur penggaris, marker, dan desain gambar teknik yang dilakukan untuk menghasilkan bentuk rangka sesuai dengan gambar teknik yang sudah dibuat

Untuk hasil dari proses manufaktur tempat *driver* dan *cover* kelistrikan dapat dilihat pada Gambar 32.



Gambar 32. Hasil manufaktur tempat *driver* dan *cover* kelistrikan.

4. Kesimpulan

Electric towing tractor dibuat dengan komponen rangka utama, sistem penggerak, sistem kemudi, slot baterai, dan tempat *driver* menyesuaikan dengan bentuk *electric towing tractor* merk Toyota yang dibuat secara pribadi pada *workshop* PT Inti Ganda Perdana hasil dari material mentah dan modifikasi komponen-komponen *automated guided vehicle* dengan melewati tahap pemesinan.

Jenis desain komponen-komponen *electric towing tractor* yang dipilih telah didesain sesuai kebutuhan aktivitas pemindahan pasokan yang menggunakan kereta atau *trolley* pembawa pasokan untuk ditarik dengan *electric towing tractor* pada *plant* PT Inti Ganda Perdana Jakarta karena memiliki beberapa keuntungan yaitu:

- a. Kemudahan dalam pengoperasian
- b. Menggunakan material yang tersedia di pasaran dengan harga terjangkau
- c. Mengurangi *cost* atau beban biaya sewa per bulannya untuk penyewaan *electric towing tractor* milik Toyota.

Semua komponen telah melewati proses manufaktur per komponen dan telah melalui proses *assembly* sehingga menjadi sebuah kesatuan bernama *electric towing tractor* dan semua komponen dapat bekerja dengan baik sesuai fungsinya. Semua komponen pada *electric towing tractor* ini juga mudah dalam perawatan dan juga perbaikan karena sudah didesain agar dapat dibuka pasang dengan mudah, serta sudah melewati tahapan simulasi uji gaya tekan statis sehingga dapat diperkirakan komponen-komponen tersebut sudah sesuai dengan kehandalannya.

5. Daftar Pustaka

- [1] Hausman, W., Schwarz, L., & Stephen, C. (1976). *Optimal Storage Assignment In Automatic Warehousing Systems*. Management Science, 22(6).
- [2] Albano, L. D., (1999), *Engineering design*. Mechanical Engineering Handbook, ed Nam, P. Suh, Massachusetts Institute of Technology, Boca Roton: CRC Press LLC.
- [3] PT Inti Ganda Perdana. (2022).
- [4] Rochim, T., (1993). Teori dan teknologi proses pemesinan. Edisi ke-2. HEDSProject. ITB. Bandung. pp 9.
- [5] Paridawati. (2015). Pengaruh Kecepatan dan Sudut Potong Terhadap Kekasaran Benda Kerja Pada Mesin Bubut. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 3, No.1, Universitas Islam 45 Bekasi.
- [6] El-Hofy, Hassan. (2014). *Fundamentals of Machining Processes Conventional and Nonconventional Processes*. Boca Raton: CNC Press.
- [7] Yanottama, Miftah. 2017. *Pengaruh Arah Pemakanan Terhadap Arah Getaran Mesin Frais Universal*. Skripsi. Teknik Mesin. Universitas Negeri Semarang.
- [8] Norrish, Josh. 2006. *Advanced Welding Processes*. Sawston, United Kingdom: Woodhead Publishing.
- [9] Gunawan, Y., Endriatno, N. & Anggara, B. H., (2017). Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Dan Baja Karbon Tinggi. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, Volume 2, p. 12.
- [10] CNBC Indonesia. (2022).