

**PERANCANGAN ALAT PENGANGKUT BAHAN BAKAR KAYU *CUSTOM*
MENGUNAKAN PENDEKATAN *REVERSE ENGINEERING***
***CUSTOM WOOD FUEL CARRIER DESIGN USING REVERSE ENGINEERING
APROACH***

Anggi Lesmana¹, Agus Kusnayat², Mira Rahayu³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹anggi.les21@gmail.com, ²aguskusnayat17@gmail.com, ³mira.rahayu82@gmail.com

Abstrak

PT.XYZ adalah perusahaan produsen teh. Berdasarkan observasi di pabrik pengolahan teh telah ditemukan masalah pada unit pengeringan yaitu satu-satunya *material handling equipment* (troli) yang digunakan untuk memasok bahan bakar kayu sering rusak dan menghambat pemasokan bahan bakar kayu yang mencapai 49 m³/hari untuk bahan bakar mesin pengering teh. sehingga hal tersebut mempengaruhi stabilitas suhu udara panas yang akan menentukan optimal atau tidaknya proses pengeringan teh serta kualitas teh, keterbatasan *space* ruang pengeringan, padatnya jumlah produksi teh yg mencapai 40 ton/hari dan beberapa kebijakan perusahaan lainnya membuat pihak pabrik tidak menerapkan sistem pengangkutan lainnya. Selain itu, berdasarkan hasil wawancara dengan pengguna, masih ada beberapa *user needs* yang belum terpenuhi dengan rancangan troli eksisting. Maka dari itu dilakukan penelitian berupa perancangan troli pengangkut bahan bakar kayu yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna dengan menggunakan pendekatan *reverse engineering* dengan cara mengkaji dan menganalisis komponen-komponen penyusun produk beserta sub-fungsi produk eksisting agar dapat dikembangkan berdasarkan kebutuhan. Luaran dari penelaian ini berupa konsep rancangan troli yang dapat menjawab kendala troli dan memenuhi *user needs* sehingga dapat mempermudah pekerja memasok kebutuhan bahan bakar kayu serta dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan PT.XYZ. dan berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa konsep rancangan terpilih mempunyai karakteristik teknis yang mampu menjawab kendala troli terdahulu dan sesuai dengan *user needs* di PT.XYZ.

Kata kunci: Kebutuhan Pengguna, *Material Handling Equipment*, Troli, Pengangkut kayu, *Reverse Engineering & Redesign*

Abstract

PT.XYZ is a tea manufacturer. Based on observations at the tea processing plant it has been found that the problem with the drying unit is that the only material handling equipment (trolleys) used to supply wood fuels is often damaged and inhibits the supply of wood fuel which reaches 49 m³ / day for the fuel of the tea dryer. So that it affects the stability of hot air temperature which will determine the optimal or not the process of tea pepper and the quality of tea, the limited space of drying room, the density of tea production reaching 40 ton / day and some other company policies make the factory does not implement other transportation system. In addition, based on the results of interviews with users, there are still some user needs that have not been met with the existing trolley design. Therefore, the research is in the form of design of wooden fuel transport trolleys that can meet the needs of users by using reverse engineering approach by reviewing and analyzing the components of the product compiler and sub-function of the product so that it can be developed based on the need. The outline of this supervision is the concept of trolley design that can answer the constraints of trolleys and meet user needs so as to facilitate workers to supply the needs of wood fuel and can be used in accordance with the needs of PT.XYZ. And based on the results of the research it was found that the selected design concept has technical characteristics that can answer the previous trolley constraints and according to user needs in PT.XYZ.

Key word: *User Requirement, Material Handling Equipment, Trolley, Carrier, Reverse Engineering & Redesign*

Pendahuluan

PT. XYZ adalah sebuah perusahaan Perkebunan Besar Negara (PBN) di Indonesia yang memproduksi 8 jenis teh hitam orthodox. Hasil produksi teh dipasarkan didalam maupun luar negeri. Produksi teh dilakukan di pabrik setiap hari selasa sampai dengan hari minggu selama 24 jam tanpa henti dengan rataan sasaran produksi teh mencapai 40 ton/hari. Produksi teh orthodox terdiri dari proses pelayuan, penggilingan, oksidasi enzimatis, pengeringan, sortasi, pengepakan, dan penyimpanan. Setiap proses produksi memiliki ruangan tersendiri, pada masing-masing ruangan terdapat MHE yang digunakan

sebagai alat transportasi berbagai jenis bahan ataupun objek lainnya pada setiap proses produksi teh, dan salah satu diantaranya adalah pada proses pengeringan.

Pada proses pengeringan, satu unit *manual handtruck* atau troli digunakan sebagai alat transportasi pemasok kebutuhan kayu bakar untuk mesin pengering teh (*Dryer*). kebutuhan kayu bakar yang digunakan *dryer* mencapai 49 m³/Hari. Kayu bakar tersebut didistribusikan secara kontinu setiap 30 menit sekali kepada tungku *dryer*, hal tersebut dilakukan untuk menjaga kestabilan suhu udara panas pada *dryer* yang akan mempengaruhi kualitas teh. Untuk mendapatkan kualitas teh yang baik suhu udara panas pada *dryer* harus selalu pada kondisi stabil yaitu antara rentang 100-115°C. Adapun dampak yang terjadi apabila suhu tidak stabil terhadap kualitas teh ditunjukkan oleh Tabel 1. maka dari itu, untuk menjaga kestabilan suhu tersebut salah satu caranya adalah dengan mengoptimalkan penggunaan troli pengangkut kayu bakar sehingga aktivitas pemasokan kayu bakar tidak terlambat.

Tabel 1. Dampak kestabilan suhu terhadap kualitas teh

Suhu udara	Dampak
<100°C	Bobot teh kering yang dihasilkan akan lebih ringan
>115°C	Aroma teh akan berbau asap

Troli merupakan satu-satunya MHE yang dapat digunakan dalam ruangan pengeringan. Hal ini disebabkan beberapa batasan yang tidak dapat diubah oleh pihak perusahaan yang terdapat pada Tabel I.2.

Tabel 2. Batasan PT. XYZ

No	Batasan Perusahaan	Alasan
1	Layout ruangan tidak dapat di ubah	Padatnya jadwal produksi (selasa-minggu)
2	Penggunaan mesin berbasis otomasi tidak dapat digunakan	Faktor keterbatasan tempat
		Faktor keselamatan dan kesehatan kerja
		Kebutuhan kayu berdistribustri diskrit
	Tidak ingin adanya penambahan <i>cost material handling</i>	
3	Penggunaan kendaraan bermotor tidak dianjurkan	Ruangan yang rawan terjadi kebakaran

Berdasarkan fakta yang terdapat dilapangan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya maka dapat dikatakan bahwa troli ini merupakan salah satu faktor yang penting serta mempengaruhi aktivitas pemasokan kayu bakar yang optimal. Meskipun demikian, berdasarkan hasil pengamatan telah ditemukan bahwa troli pengangkut kayu bakar ini tidak handal karena sering mengalami kerusakan dan troli memiliki beberapa kendala pada saat dioperasikan oleh pengguna yang dapat mempengaruhi keterlambatan pada aktivitas pemasokan kayu bakar. Adapun kendala pada troli tersebut adalah sebagai berikut:

- Rangka troli patah akibat benturan keras pada saat memuat kayu bakar.
- Troli tidak dapat dikendalikan dengan baik.
- Kayu bakar sering terjatuh dan menyebabkan proses pendorongan menjadi terganggu

Kendala troli lainnya juga terdapat pada sisi ergonomis yaitu sebagaimana yang tercantum pada penelitian terdahulu yang melakukan kajian mengenai aspek K3 dan ergonomi di PT.XYZ. penelitian tersebut menyatakan bahwa kondisi troli eksisting menyebabkan pekerja memiliki resiko *Muscoloskeletal Disorder* yang tinggi yang dibuktikan dengan simulasi *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) terhadap postur pendorongan troli oleh 3 orang pekerja dan mendapatkan nilai RULA 7 sehingga kondisi tersebut wajib dilakukan^[1]. Selain itu, berdasarkan hasil wawancara didapatkan beberapa kebutuhan pihak pabrik mengenai troli pengangkut kayu bakar yang hampir serupa dengan hasil pengamatan. Adapun kebutuhan pihak pabrik tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

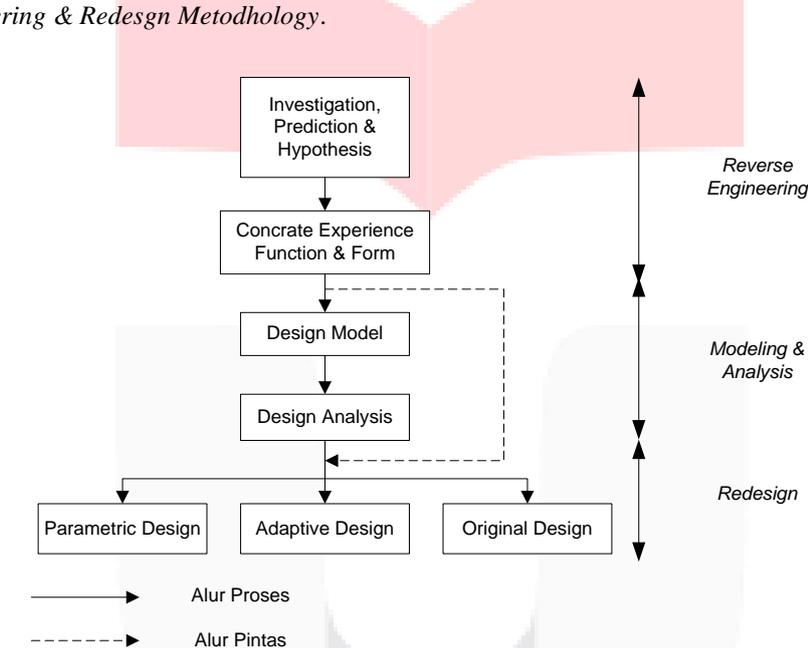
- Troli dapat menampung kayu bakar lebih kuat.
- Troli dapat dikendalikan dengan baik.
- Troli dapat menampung kayu bakar dengan baik.
- Pengguna ingin lebih cepat dan mudah membongkar kayu dari troli.
- Pengguna ingin troli lebih ringan ketika digunakan.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka pada penelitian ini dilakukan pengembangan rancangan troli yang dapat memberi solusi terhadap kendala serta dapat memenuhi kebutuhan pengguna dengan menggunakan pendekatan *Reverse Engineering*. Pendekatan *Reverse Engineering* (RE) digunakan karena apabila berdasarkan analisis dan kajian terhadap rancangan troli pengangkut kayu bakar eksisting telah ditemukan bahwa troli tersebut memiliki beberapa sub-fungsi komponen yang masih layak untuk digunakan dan diadopsi untuk rancangan usulan sehingga sub-fungsi tersebut akan terlebih dahulu dikaji dalam rangka merancang troli usulan. Selain itu, pendekatan RE dikatakan sesuai apabila diterapkan pada penelitian ini karena memiliki pendekatan ini memiliki cakupan utama untuk melakukan perancangan ulang objek yang sudah ada dengan menganalisis dimensi, fitur, bentuk dan sifat sehingga data dan informasi yang dikumpulkan harus diubah menjadi pengetahuan produk yang berkaitan di tingkat sistem, perwujudan, dan rinci^[2].

2. Landasan Teori

2.1. Reverse Engineering and Redesign Methodology

Pada penelitian ini digunakan metode *Reverse Engineering and Redesign*. Metode ini dapat secara signifikan mengurangi siklus pembentukan model serta secara drastis menghemat dalam biaya prototyping dengan mengawali tahapannya dari model yang sudah ada untuk mengembangkan model baru^[3]. sehingga sangat cocok untuk digunakan pada perancangan alat pengangkut bahan bakar kayu ini. Berikut ini merupakan kerangka kerja metode *Reverse Engineering & Redesign Methodology*.



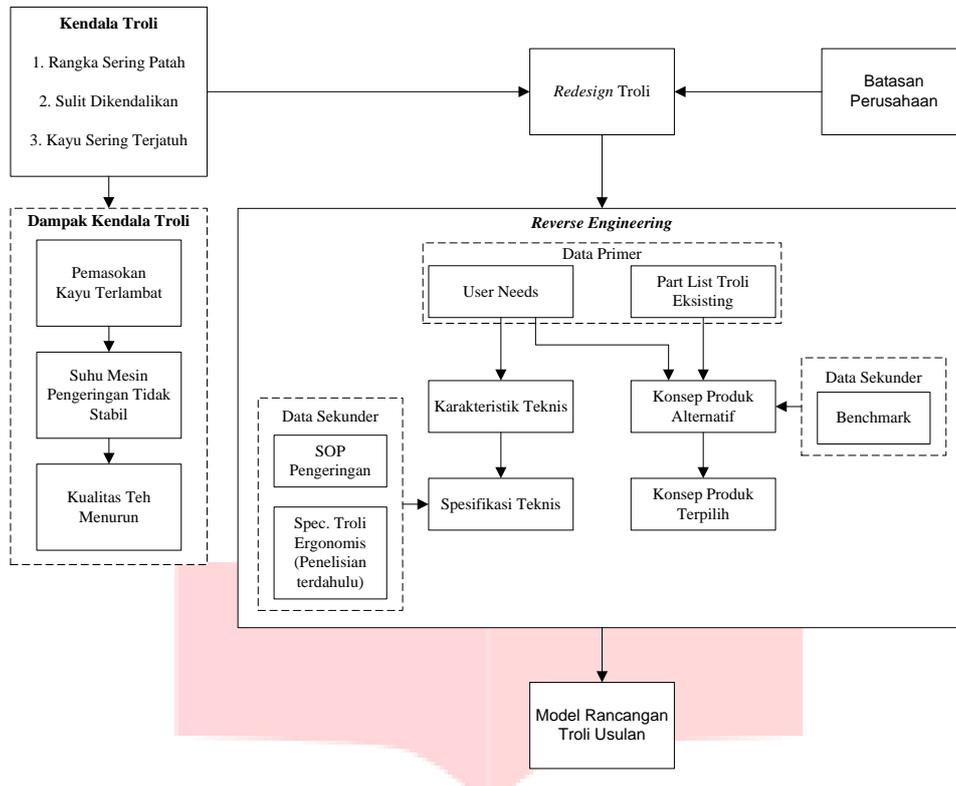
Gambar 2. kerangka kerja *Reverse engineering and Redesign Methodology* ^[4]

Berikut merupakan keterangan langkah-langkah penerapan metode:

- Identifikasi kebutuhan pengguna, pengalaman penggunaan produk, dan daftar kelemahan produk yang dirincikan
- Melakukan percobaan produk dengan cara dibongkar sampai level komponen atau sub-komponen untuk kemudian dikaji berdasarkan fungsionalitasnya. Pada tahap ini dihasilkan fungsional sub-komponen produk.
- Membangun konsep-konsep pilihan yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.
- Membuat spesifikasi teknis dari produk berdasarkan kebutuhan pengguna.
- Pengembangan produk baru dengan cara melakukan eksperimen perancangan. atau pemodelan.

3. Metode penelitian

Pengolahan data dilakukan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, data yang diperlukan terdiri dari 2 jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara melakukan peninjauan dan observasi langsung terhadap kondisi lapangan dan berinteraksi langsung dengan pengguna. Adapun data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah kebutuhan pengguna (*user needs*) dan daftar komponen (*part list*) dari kondisi troli eksisting. Kemudian selanjutnya adalah data sekunder, data sekunder ini diperoleh secara tidak langsung, yaitu diantaranya adalah dengan cara mengumpulkan informasi secara tidak langsung contohnya adalah *bencharking* produk sejenis, data perusahaan yang berupa tulisan, karya tulis ilmiah terdahulu dan sebagainya. Pada penelitian ini data sekunder terdapat tiga data yaitu data Standard Operasional Prosedur PT.XYZ, penelitian terdahulu di PT.XYZ, dan *bencharking* produk.



Gambar 3. Model Konseptual Perancangan Troli

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Investigasi dan Prediksi

a. Identifikasi *User Needs* dan Analisa Kelemahan Produk

Pada tahap ini *user needs* didapatkan dengan menggunakan teknik wawancara dan observasi langsung di lapangan, adapun daftar *user needs* tersebut antara lain adalah dapat dilihat pada tabel berikut ini:

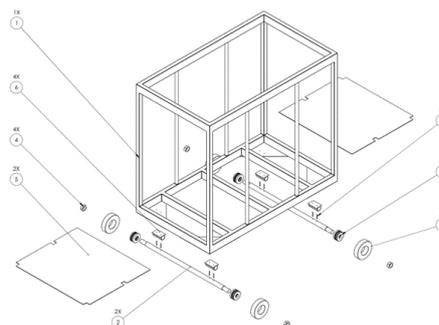
Tabel 3. Daftar *User Needs* dan Nilai Tingkat Kepentingan & Kepuasan

No.	Atribut Produk	Tingkat Kepentingan	Tingkat Kepuasan
1	Troli dapat menampung kayu bakar lebih kuat.	3	2
2	Troli dapat dikendalikan dengan baik.	4	3
3	Troli dapat menampung kayu bakar dengan baik.	3	3
4	Pengguna ingin lebih cepat dan mudah membongkar kayu dari troli.	4	4
5	Pengguna ingin troli lebih ringan ketika digunakan.	3	3

4.2. Pemisahan dan Percobaan Produk

a. Dekomposisi Produk

Dekomposisi produk dilakukan terhadap troli pengangkut bahan bakar kayu eksisting yang bertujuan untuk mengetahui komponen-komponen penyusun troli dan mendapatkan sub-fungsi setiap komponen produk untuk proses pengembangan selanjutnya. Berikut ini merupakan dekomposisi rancangan troli pengangkut bahan bakar kayu eksisting.



Gambar 4. Dekomposisi Troli Pengangkut Bahan Bakar Kayu Eksisting

Berikut ini merupakan hasil analisis terhadap sub-fungsi setiap komponen:

Tabel 4. Sub-fungsi Komponen

No.	Komponen	Sub-fungsi Komponen
1	<i>Frame</i>	Penampung kayu
2	<i>Sheet</i>	Pembatas kayu
3	<i>Solid Wheel</i>	Pengarah troli
4	<i>As Trolley</i>	Penggerak troli
5	<i>Top plate Wheel</i>	Penyeimbang gerak roda
6	<i>Wheel Nuts</i>	Dudukan as troli
7	<i>Bearing</i>	Pengikat roda
8	<i>Hex Screw</i>	Poros putar sistem penggerak

4.3. Constrain Propagation

a. Analisis Morfologi Produk

Pada tahap ini dilakukan pemetaan terhadap alternatif solusi yang memungkinkan dengan cara dilakukan kombinasi pada setiap sub-fungsi produk sehingga menghasilkan beberapa konsep rancangan. Alternatif solusi tersebut dikelompokkan berdasarkan sub fungsi yang telah dikembangkan. Berikut adalah peta morfologi pengembangan rancangan troli.

Tabel 5. Peta Morfologi Troli Usulan

Fungsi	Alternatif	
	Opsi 1	Opsi 2
Penampung kayu	<i>Simple Container</i>	<i>Container & Chasis</i>
Pembatas kayu	<i>Net Wire</i>	
Pengarah troli	<i>Adjustable Handle</i>	
Penggerak troli	<i>Fixed Wheel</i>	<i>Semi-Fixed Wheel</i>
Mekanisme fitur pembongkaran kayu instan	<i>Rotation</i>	<i>Drop</i>

Berdasarkan beberapa alternatif tersebut dilakukan kombinasi terhadap setiap sub-fungsi sehingga menghasilkan 8 buah alternatif konsep rancangan troli usulan seperti yang ditunjukkan oleh tabel berikut ini:

Tabel 6. Bakal Konsep Troli Pengangkut Bahan Bakar Kayu Usulan

Konsep	Penampung kayu	Pembatas kayu	Pengarah troli	Penggerak troli	Mekanisme fitur pembongkaran kayu instan
A	<i>Simple Container</i>	<i>Net Wire</i>	<i>Adjustable Handle</i>	<i>Fixed Wheel</i>	<i>Rotation</i>
B	<i>Simple Container</i>	<i>Net Wire</i>	<i>Adjustable Handle</i>	<i>Semi-Fixed Wheel</i>	<i>Rotation</i>
C	<i>Simple Container</i>	<i>Net Wire</i>	<i>Adjustable Handle</i>	<i>Fixed Wheel</i>	<i>Drop</i>
D	<i>Simple Container</i>	<i>Net Wire</i>	<i>Adjustable Handle</i>	<i>Semi-Fixed Wheel</i>	<i>Drop</i>
E	<i>Container & Chasis</i>	<i>Net Wire</i>	<i>Adjustable Handle</i>	<i>Fixed Wheel</i>	<i>Rotation</i>
F	<i>Container & Chasis</i>	<i>Net Wire</i>	<i>Adjustable Handle</i>	<i>Semi-Fixed Wheel</i>	<i>Rotation</i>
G	<i>Container & Chasis</i>	<i>Net Wire</i>	<i>Adjustable Handle</i>	<i>Fixed Wheel</i>	<i>Drop</i>
H	<i>Container & Chasis</i>	<i>Net Wire</i>	<i>Adjustable Handle</i>	<i>Semi-Fixed Wheel</i>	<i>Drop</i>

b. Kompabilitas produk

Setelah mendapatkan alternatif konsep kemudian dilakukan pengerucutan ide dengan menggunakan *Concept Screening* yaitu dengan cara memberikan penilaian fungsi produk secara subjektif yang dibandingkan dengan konsep referensi troli eksisting. Pada penulisan ini Konsep A adalah konsep referensi karena memiliki beberapa sub-fungsi yang sama dengan kondisi troli eksisting yaitu sambungan *container* menggunakan teknik *weld*, penampung menggunakan *sheet steel* serta sistem penggerak menggunakan *fix wheel*.

Adapun hasil dari *concept screening* perancangan alat pengangkut bahan bakar kayu ini adalah sebagai berikut:

Tabel 7. *Concept screening* troli pengangkut bahan bakar kayu usulan

Kriteria Seleksi	Konsep							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Troli dapat menampung kayu bakar lebih kuat.	0	0	0	0	+	+	+	+
Troli dapat dikendalikan dengan baik.	+	+	+	+	+	+	+	+
Troli dapat menampung kayu bakar dengan baik.	+	+	+	+	+	+	+	+
Pengguna ingin lebih cepat dan mudah membongkar kayu dari troli.	0	+	0	+	0	+	0	+
Pengguna ingin troli lebih ringan ketika digunakan.	0	0	0	0	+	+	+	+
Jumlah (+)	2	3	2	3	4	5	4	5
Jumlah (0)	3	2	3	2	1	0	1	0
Jumlah (-)	0	0	0	0	0	0	0	0
Nilai Akhir	2	3	2	3	4	5	4	5
Peringkat	7	5	7	5	3	1	3	1
Lanjutkan?	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes

Berdasarkan hasil dari *concept screening* yaitu terdapat 4 konsep rancangan yang dilanjutkan yaitu konsep E, F, G, dan H. kemudian langkah terakhir untuk mendapatkan konsep rancangan yang akan dikembangkan langkah terakhir adalah dengan melakukan *concept scoring*. Adapun hasil dari *concept scoring* perancangan alat pengangkut bahan bakar kayu ini adalah sebagai berikut:

Tabel 8. *Concept scoring* troli pengangkut bahan bakar kayu usulan

Selection Criteria	Weight	Concept							
		E		F		G		H	
		Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Troli dapat menampung kayu bakar lebih kuat.	0.24	4	0.94	4	0.94	4	0.94	4	0.94
Troli dapat dikendalikan dengan baik.	0.18	4	0.71	4	0.71	4	0.71	4	0.71
Troli dapat menampung kayu bakar dengan baik.	0.18	4	0.71	4	0.71	4	0.71	4	0.71
Pengguna ingin lebih cepat dan mudah membongkar kayu dari troli.	0.24	3	0.71	4	0.94	3	0.71	4	0.94
Pengguna ingin troli lebih ringan ketika digunakan.	0.18	4	0.71	4	0.71	2	0.35	2	0.35
Total Score			3.76		4.00		3.41		3.65
Rank			2		1		4		3
Continue?			No		Develop		No		No

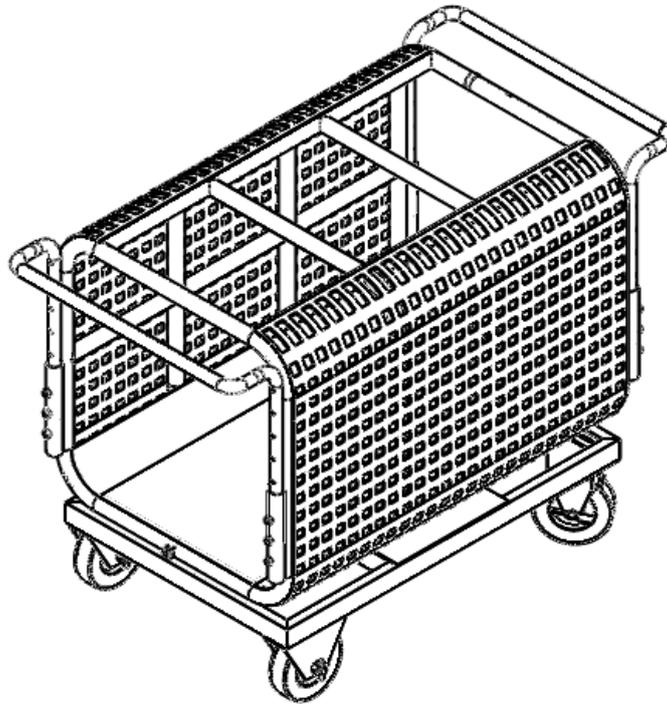
4.4. Membangun Spesifikasi teknis yang sesuai dengan kebutuhan dan menjawab kendala troli terdahulu

Tabel 9. Karakteristik Teknis

No.	Karakteristik Teknis	Target	Satuan
1	Nilai <i>Yield Strength</i> Material Troli	620422016	MPa
2	<i>Connection technique</i> Struktur Troli	<i>Bending Technique</i>	List
3	Energi Pendorong Troli	29.8	kJ
4	Nilai RULA	3	Skor
5	Mekanisme Penggerak Troli	<i>Semi Fixed</i>	List
6	Kapasitas Muatan Troli	600	kg

Tabel 10. Karakteristik Teknis (Lanjutan)

No.	Karakteristik Teknis	Target	Satuan
7	Mekanisme Penampungan Kayu	Tertutup	List
8	Dimensi Troli	175 x 100 x 145	mm
9	Waktu Pembongkaran Kayu	73	detik
10	Massa Troli Sesuai	120	kg



Gambar 5 Troli Pengangkut Bahan Bakar Kayu Usulan

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uraian yang terdapat pada bab-bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa troli pengangkut BBP kayu bakar usulan memiliki rancangan yang memenuhi *user needs* di PT.XYZ. hal tersebut karena rancangan troli usulan mempunyai beberapa perbaikan sub-fungsi lama memiliki karakteristik teknis yang mampu menjawab kendala troli terdahulu serta sesuai dengan *user needs* di PT.XYZ yang diantaranya adalah troli usulan memiliki penampung kayu yang lebih kokoh, lebih mudah dikendalikan, selain itu dengan adanya fitur *container* putar maka diharapkan akan lebih membantu pekerja dalam membongkar bahan bakar kayu sehingga mengoptimalkan waktu pemasokan bahan bakar kayu ke ruangan pengeringan.

Daftar Pustaka

- [1] Heni, I. P. (2017). Analisis Dan Perbaikan Rancangan *Material Handling Equipment* Aktivitas Pindahan Kayu Menggunakan Pendekatan *Ergonomic Function Deployment (EFD)* dalam PT. Perkebunan Nusantara VIII.
- [2] Tang, D., Zhu, R., & Xu, R. (2010). Functional reverse design: Method and application. *Proceedings of the 2010 14th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2010*, (50775111), 723–727.
- [3] Wang, W. (2013). Applications of reverse engineering in manufacturing industry. *Technical Paper - Society of Manufacturing Engineers, TP13PUB47*, 1–7.
- [4] Wood, K. L., & Otto, K. N. (2001). Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development.

[1] - [4].