

Optimasi Desain Dan Rekayasa Lori *Fast Track* dengan Metode DFMA pada Kasus Perbaikan Bodi Kendaraan Roda Empat

Arifiansah¹, Susanto Sudiro²

¹ Mahasiswa Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

² Staf Pengajar Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

E-Mail : arifiansahhanapi@gmail.com ; sudiro56@gmail.com

ABSTRAK

Dalam perbaikan bodi mobil di fasilitas layanan perbaikan perlu diseimbangkan antara layanan permintaan perbaikan dan kemampuan untuk menyelesaikan kerusakan bodi mobil. Dalam hal ini mobil ditempatkan pada fasilitas perbaikan bodi berupa lorry fast track. Pengembangan produk lorry menjadi penting mengingat nilai teknis dan fungsi keekonomian yang harus terus ditingkatkan. Secara prinsip, desain dan pemilihan bahan lorry *fast track* harus bisa memenuhi parameter geometri dengan mengacu kepada spesifikasi mobil yang akan diangkut, kuat, aman digunakan, harga yang relatif terjangkau, dan proses pembuatan cepat. Berdasarkan kriteria tersebut pada desain lorry digunakan beban kerja aman dua kali berat kendaraan. Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan varian terbaik dari alternatif rancangan desain lorry *fast track*. Metoda desain yang digunakan adalah pendekatan sistematis yang diluaskan hingga Metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA). Berdasarkan analisis manufaktur dan biaya, jumlah komponen awal yaitu 106 komponen, dan setelah melalui optimasi desain menjadi 46 komponen. Dan untuk harga produksi untuk satu set stal, turun dari Rp 12.000.000,00 menjadi Rp 8.136.192,50. Analisis kinerja, pembuatan prototipe dan validasi menjadi bagian akhir dari proses optimasi

Kata Kunci : Lori *Fast Track*, DFMA, Pendekatan sistematis

ABSTRACT

In car body repair in repair service facilities it is necessary to balance between repair request services and the ability to resolve car body damage. In this case, the car is placed in a body repair facility in the form of a fast track lorry. The development of lorry products is important considering the technical value and economic function that must be continuously improved. In principle, the design and selection of fast track lorry materials must be able to meet the geometric parameters by referring to the specifications of the car to be transported, strong, safe to use, relatively affordable prices, and fast manufacturing processes. Based on these criteria, the lorry design uses a safe workload of twice the weight of the vehicle. The purpose of this research is to get the best variant of the alternative fast track lorry design. The design method used is a systematic approach which is extended to the Design For Manufacturing and Assembly (DFMA) method. Based on the analysis of manufacturing and costs, the number of initial components is 106 components, and after going through design optimization it becomes 46 components. And for the production price for a set of booths, it fell from Rp 12,000,000.00 to Rp 8,136,192.50. Performance analysis, prototyping and validation are the final part of the optimization process.

Keywords: Lori *Fast Track*, DFMA, Systematic Approach

PENDAHULUAN

Bisnis layanan perbaikan bodi kendaraan ringan terus mengalami kemajuan, baik dari sisi kualitas pengecatan, harga yang semakin bersaing, dan kecepatan pekerjaan. Untuk meningkatkan mutu pelayanan terhadap pelanggan maka dilakukan upaya perbaikan kualitas layanan dimana secara produksi mulai dilakukan restrukturisasi terhadap jenis-jenis pekerjaan yang dikerjakan dengan

memperhatikan ringan, sedang, dan beratnya jenis kerusakan. Dengan demikian maka produktivitas kerja dapat ditingkatkan. Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas kerja adalah dengan cara mengurangi total waktu pengerjaan, mengatur proses kerja, dan menggunakan alat kerja yang sesuai dengan tujuan kerja. Adapun jenis kerusakan bodi kendaraan dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Kerusakan di Area Produksi

No.	Kategori	Struktur Lini
1.	Kerusakan Ringan	Reguler
2.	Kerusakan Sedang	Reguler
3.	Kerusakan Berat	Reguler
4.	<i>Spot Repair/Re-work</i>	Jalur Khusus

Penggunaan alat bantu juga mampu menekan gap antara permintaan atas perbaikan kerusakan bodi yang masuk dengan kapasitas perbaikan kerja per hari. Tabel 2 menunjukkan data gap harian.

Tabel 2. Gap Penerimaan Unit

Line Structure	Penerimaan (Unit/Hari)	Kapasitas (Unit/Hari)	Gap (Unit/Hari)
Jalur Express	24	21	3
Jalur Super Light	7	6	1
Jalur Regular & Extreme Damage	63	56	7
Jalur Spot Repair & Re-Work	2	1	1
Jumlah:	96	85	12

Berdasarkan kebutuhan di atas maka secara khusus untuk kategori kerusakan ringan telah dilakukan inovasi dalam upaya meningkatkan mutu layanan secara teknis yaitu dengan dibuatkannya alat bantu kerja atau produksi berupa lori *fast track* yang digerakkan secara manual yang mampu meningkatkan kapasitas layanan untuk *service* kerusakan ringan.

Pemanfaatan alat bantu khusus berupa lori *fast track* mampu mengurangi gap antara permintaan dan kemampuan layanan harian akibat dari adanya perbaikan waktu kerja dan perbaikan proses sebagaimana pada Gambar 1.

Kegunaan dan performa lori *fast track* akan ditingkatkan melalui upaya optimasi desain demi memenuhi kebutuhan pasar yang terus bergerak dinamis seiring meningkatnya nilai keekonomian suatu produk.



Gambar 1. Lori *Fast Track* dan Rel Stal

Dalam upaya untuk mengoptimasi desain lori *fast track* maka dilakukan kegiatan desain dan manufaktur dengan menerapkan metoda pendekatan sistematis yang diluaskan hingga dilakukan metode manufaktur dan perakitannya menggunakan *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA). DFMA sebagai salah satu teknik yang mengedepankan kemudahan proses, baik dari kemudahan perakitan dan kemudahan manufaktur komponen sejak tahap awal mendesain produk dengan tujuan meminimalkan biaya [1-4]. Perubahan atas desain akan berpengaruh terhadap proses manufaktur maupun proses assembling. Mengganti material dan mengurangi jumlah komponen akan mampu memberikan harga yang lebih kompetitif [5-7].

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu mengoptimalkan desain lori *fast track* sebagai salah satu solusi pelayanan cepat pada perbaikan bodi kerusakan ringan, melakukan pengujian terhadap alat pemindah kendaraan (mobil) yang telah dirancang, dan menganalisa kinerja dari alat pemindah kendaraan (mobil) yang dirancang setelah dilakukan pengujian.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Perancangan

Dalam konsep perancangan suatu produk yang mempunyai fungsi sebagai alat bantu khusus maka metode perancangan menggunakan metoda perancangan dengan pendekatan sistematis dari Pahl & W.Beitz. Titik berat metode ini ada empat langkah [8,9,10,11].

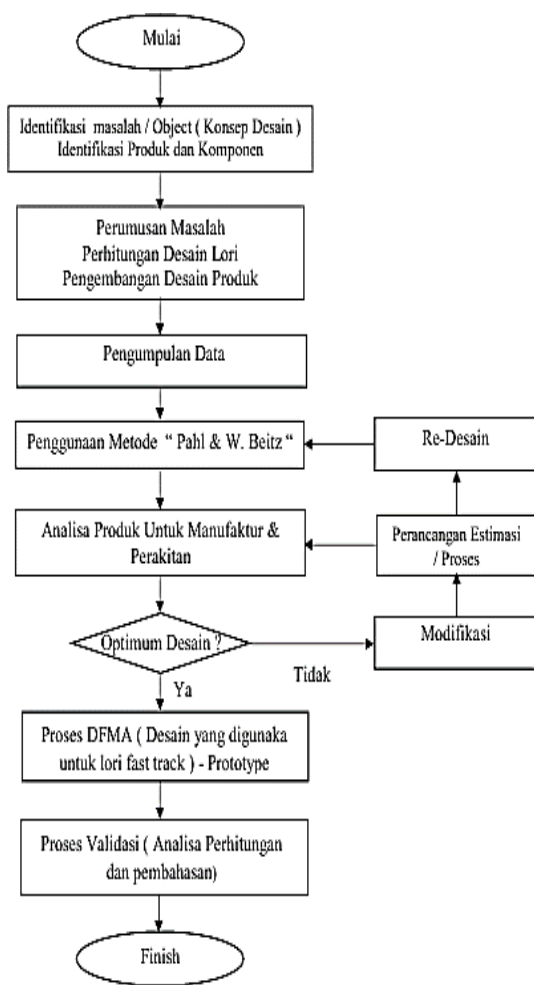
1. Penentuan Tugas dan Perencanaan (*Clarifying the Task and Planning*).
2. Perancangan Konsep (*Conceptual Design*).
3. Perancangan Bentuk (*Embodiment Design*).
4. Perancangan Detil (*Detail Design*).

Metode Manufaktur

Dalam hal efisiensi biaya produksi, efektifitas alat yang digunakan, serta kehandalan dan kemudahan alat tersebut dalam pengoperasiannya, menjadi satu

hal yang wajib dipertimbangkan. Salah satu faktor yang berperan dalam kehandalan alat adalah cara merakit maupun membongkar yang sederhana, cepat, dan tidak memerlukan banyak waktu dalam sebuah pertimbangan perancangan desain dan pemilihan suatu konsep produk, biaya merupakan satu kriteria untuk pengambilan keputusan [4,5,10,12]. Dalam pembuatan dan perakitan konstruksi rangka berdasarkan metode DFMA, keluaran dari tahapan ini adalah berupa prototipe produk.

Berdasarkan metode Perancangan dan metode manufaktur maka di tetapkan diagram alur pemecahan masalah sebagaimana pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Pemecahan Masalah

Pengumpulan Data Primer

Data Utama atau Data Primer adalah sebuah data yang didapatkan langsung dari sumber dan dikumpulkan oleh peneliti. Sumber data primer yaitu wawancara dengan narasumber dan observasi atau pengamatan langsung [13]. Data utama yang

diambil dalam penelitian ini meliputi:

1. Data Desain Lori dan Rel *Fast Track*.
2. Data Kontruksi Lori *Fast Track*.
3. Data *Assembling* Lori *Fast Track*

Data Pendukung (Data Sekunder)

Yaitu data yang diperoleh dari peneliti atau sumber lain. Umumnya data ini berupa diagram, grafik, atau tabel dari informasi penting. Data sekunder dapat dikumpulkan dari berbagai sumber antara lain buku, situs, atau dokumen pemerintah [13]. Data pendukung yang diambil dalam penelitian ini meliputi:

1. Gambar-Gambar Lori Inspeksi Jalan Rel.
2. Keandalan Material Alat.

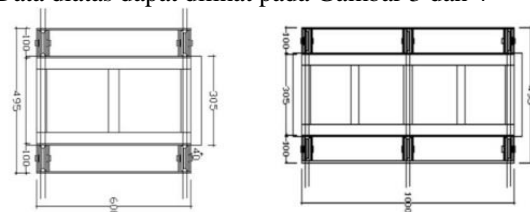
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penentuan Tugas dan Perencanaan (*Clarifying the Task and Planning*)

Setelah dilakukan observasi di lapangan, diperoleh data primer sebagai berikut:

1. Gambar dan data spesifikasi lori.
2. Jarak antar roda kendaraan, terdekat - terjauh.
3. Berat kendaraan, teringan - terberat.

Data diatas dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4



Gambar 3. Spesifikasi Lori



Gambar 4. Jarak Antar Sumbu

Berat kendaraan dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Berat Kendaraan

Kendaraan (Toyota)	Berat bersih	Jarak Sumbu Belakang
Land Cruiser	2620 kg	2850 mm
Fortuner	2139 kg	2745 mm
Inova	1860 kg	2750 mm
Agya	800 kg	2450 mm

Berdasarkan spesifikasi produk hasil fase pertama,

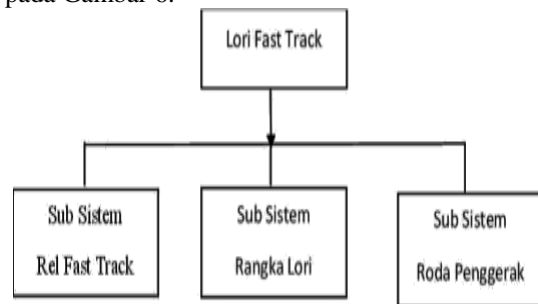
selanjutnya disusun daftar persyaratan utama sebagaimana dapat di lihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Daftar Persyaratan

No	Requirementment	Persyaratan	Tingkat Kebutuhan
1	Geometri	a. Dimensi lori Panjang ?	D
		b. Dimensi lori lebar ?	D
		c. Dimensi diameter roda ?	D
		d. jarak antar rel ?	D
		e. Jumlah rel ?	W
2	Material	a. Mudah didapat dan murah harganya.	D
		b. Mempunyai sifat mekanis yang baik	D
		c. Sesuai standart umum	D
		d. Umur pemakaian yang panjang	D
		e. Baik mutunya.	W
3	Gaya	Mempunyai Gaya Tekan	D
4	Ergonomik	a. Sesuai dengan kebutuhan.	D
		b. Tidak bising.	D
		c. Mudah dioperasikan.	D
5	Energi	Menggunakan Tenaga Manusia	D
6	Sinyal	a. Petunjuk pengoperasian mudah dimengerti	D
		b. Petunjuk pengoperasian mudah dipahami	D
7	Keselamatan	a. Konstruksi harus kokoh.	D
		b. Bagian yang berbahaya ditutup.	D
		c. Tidak menimbulkan polusi.	W
8	Produksi	a. Dapat diproduksi bengkel kecil	D
		b. Suku cadang murah dan mudah didapat	D
		c. Biaya produksi relatif murah.	W
9	Perawatan	a. Biaya perawatan murah.	D
		b. Perawatan mudah dilakukan.	D
		c. Perawatan secara berkala	W
10	Kinematik	a. Mekanismenya mudah beroperasi	D
		b. Posisi yang tepat dari sampel uji	D

track energi yang masuk (Ei) maupun keluar (Eo). Untuk material yang masuk (Mi) adalah posisi manusia di samping kendaraan (mobil), material keluarnya (Mo) adalah kendaraan berpindah ke stal-stal yang berada di sampingnya. Sedangkan untuk sinyal masuk (Si) dan keluar (So) merupakan perintah dari otak untuk menggerakkan tangan dan kaki.

Selanjutnya dibuat struktur fungsi yang menunjukkan elemen-elemen fungsi penyusun alat tersebut dalam bentuk sistem modul. Dapat dilihat pada Gambar 6.

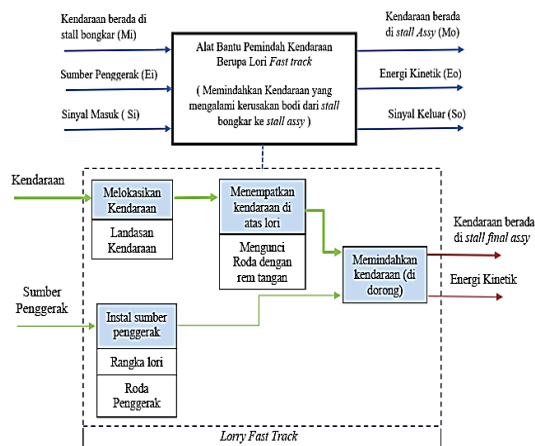


Gambar 6. Sistem Modul

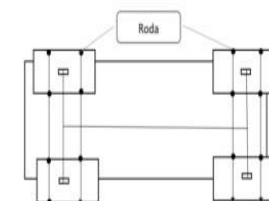
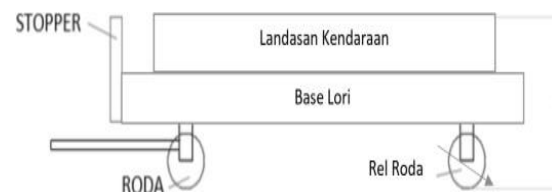
Untuk mempermudah dalam proses perancangan, maka berdasarkan sistem modul pengembangan konsep *black box* di atas dibuatlah skema rancangan dan desain alternatif yang yang dapat di lihat pada Gambar 7. Dan untuk selanjutnya menjadi panduan dalam pemilihan alternatif sub sistem.

2. Perancangan Konsep (Conceptual Design)

Pada tahap ini dilakukan pembagian fungsi alat yang akan dirancang sebagai sarana untuk mencari alternatif dari masing-masing fungsi tersebut. Untuk mempermudah pembagian fungsi, dapat dengan membuat bagan fungsi dalam bentuk Konsep *Black Box* sebagaimana pada Gambar 5.

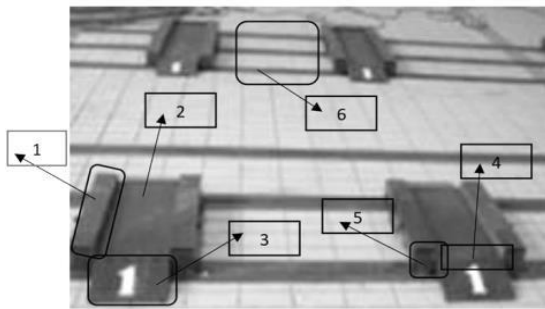


Gambar 5. Gambar Bagan Fungsi Pada alat bantu pemindah kendaraan berupa lori fast



Gambar 7. Skema Rancangan

Mengacu kepada skema rancangan dan berdasarkan desain awal, maka dilakukan perubahan atau perbaikan konstruksi dengan menggunakan DFMA. Adapun beberapa desain yang akan mengalami DFMA direncanakan berdasarkan Gambar 8.



Gambar 8. Rencana DFMA

2.1 Konsep Perancangan Lori

Pada tahapan ini dilakukan dengan membuat beberapa rancangan produk sebagai alternatif proses maupun penentuan material. Berikut adalah Tabel 5 Perancangan lori *fast track*.

Tabel 5. Varian Perancangan Lori

Vatrian 1	Varian 2	Varian 3
Data Teknis		
<ul style="list-style-type: none"> Plat Gelombang (bending) Tulangan tetap ada Ukuran lori depan dan belakang berbeda Menggunakan plat bordes 	<ul style="list-style-type: none"> Flat floor Jembatan menyatu dg lantai Ukuran lori depan dan belakang sama Menggunakan plat eser 	<ul style="list-style-type: none"> Flat floor Mendekati permukaan lantai Menggunakan plat eser
Kelebihan		
Kelebihan	Kelebihan	Kelebihan
<ul style="list-style-type: none"> Konstruksi Rigit Bentuk Artistic 	<ul style="list-style-type: none"> Mudah di konstruksi Konstruksi Ringan 	<ul style="list-style-type: none"> Konstruksi simple Bentuk Ergonomik
Kekurangan		
<ul style="list-style-type: none"> Proses Rumit Biaya pembuatan mahal Permukaan lori lebih tinggi dari lantai 	<ul style="list-style-type: none"> Biaya pembuatan mahal Lori lebih Berat 	<ul style="list-style-type: none"> Bentuk sederhana

Secara konsep, perbedaan setiap varian alat ini dari sisi penggunaan plat eser, yaitu:

1. Varian 1 menggunakan plat eser *profile bending* dan tulangan siku 30.
2. Varian 2 menggunakan plat eser dengan tekukan di ujung dan tulangan siku 30.
3. Varian 3 menggunakan plat eser dengan tulangan siku 30

2.2 Konsep Perancangan Rel Lori

Selanjutnya di buat kan perancangan pendukung kerja lori fast track yaitu rel sebagai jalur untuk operasional lori. Alternatif Perancangan rel dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Varian Perancangan Rel Lori

Vatrian 1	Varian 2	Varian 3
Data Teknis		
<ul style="list-style-type: none"> Menggunakan 2 materia (UNP + AS) 		
Kelebihan		
<ul style="list-style-type: none"> Jumlah rel lebih banyak Pembebanan lebih kecil Penyetelan sulit 	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah rel lebih sedikit Lebih banyak coran Lebih banyak angkur 	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah rel lebih sedikit Pemasangan mudah, cepat
Kekurangan		
<ul style="list-style-type: none"> Material lebh banyak Penyetelan as sulit Harga relatif mahal 	<ul style="list-style-type: none"> Gesekan lebih besar Seting relatif sulit 	<ul style="list-style-type: none"> Gesekan lebih besar Harga lebih mahal

Secara konsep, perbedaan setiap varian alat ini dari sisi jumlah dan material rel yang digunakan, yaitu:

1. Varian 1 relnya berjumlah 5 dengan material UNP 50 dan Asental 16.
2. Varian 2 relnya berjumlah 4 dengan material UNP 50 dengan desain untuk roda tipe rel kereta.
3. Varian 3 relnya berjumlah 4 dengan material UNP 50 dengan desain untuk roda tipe UNP.

2.3 Konsep Perancangan Roda Lori

Perancangan jenis roda yang digunakan untuk lori fast track dapat di lihat Tabel 7.

Tabel 7. Varian Perancangan Roda Lori


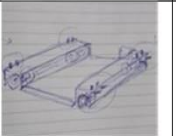

Vatrian 1	Varian 2	Varian 3
Kelebihan		
<ul style="list-style-type: none"> Pembebanan lebih kecil 	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah rel lebih sedikit 	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah rel lebih sedikit
Kekurangan		
<ul style="list-style-type: none"> Material lebh banyak 	<ul style="list-style-type: none"> Memberi nilai gesek lebih besar 	<ul style="list-style-type: none"> Memberi nilai gesek lebih besar

Secara konsep, perbedaan setiap varian alat ini dari sisi penggunaan roda, yaitu:

1. Varian 1 roda *solid steel, double bearing*, tipe as.
2. Varian 2 roda *solid steel, double bearing*, tipe roda kereta api, as Panjang.
3. Varian 3 roda *solid steel, double bearing*, tipe roda UNP.

2.4 Konsep Pengadaan Komponen dan Proses Manufaktur

Tabel 8. Varian Proses Manufaktur

Varian 1	Varian 2	Varian 3
		
Pengadaan Roda		
• Beli barang jadi	• Beli barang jadi	• Beli barang jadi
Lantai lori		
• Beli material dan proses bending	• Beli material dan proses bending	• Beli material dan proses bending
Rangka Lori		
• Beli Material dan Proses pengelasan	• Beli Material dan proses pengelasan	• Beli Material dan proses pengelasan
Proses Manufaktur		
• Sharing dan Bending Lebih banyak	• Sharing dan Bending lebih sedikit	• Sharing dan Bending sedikit
• Proses Pengelasan lebih banyak	• Proses Pengelasan lebih sedikit	• Proses Pengelasan lebih sedikit

Pada Tabel 8 dapat dilihat konsep pengadaan komponen dan proses manu-faktur pada setiap varian mempertimbangkan beberapa hal:

1. Waktu Kerja.
2. Biaya Pengadaan Barang.
3. Tingkat Effektivitas

Untuk itu setiap varian diputuskan sebagai berikut:

1. Varian 1,2 dan 3 untuk pengadaan roda yang lebih murah dan efisien adalah dengan membeli produk jadi yang telah memenuhi syarat teknik.
2. Varian 1, 2, dan 3 dalam hal pembentukan profil lantai dengan pengadaan material dimana proses potong dan tekuk plat dengan menggunakan mesin sharing dan bending otomatis karena mempertimbangkan ketebalan plat.
3. Varian 1,2 dan 3 untuk rangka lori pengadaan material dengan dilanjutkan proses potong dan pengelasan.
4. Varian 1 proses manufaktur lebih sulit dan proses bending lebih mahal.
5. Varian 2 proses manufaktur lebih mudah dan proses bending lebih murah.
6. Varian 3 proses manufaktur mudah dan proses bending murah

2.5 Hasil Konsep Terpilih

Berdasarkan perencanaan konsep di atas, maka diperoleh perbandingan komponen sebagai pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Jumlah Komponen

No	Komponen	Varian Awal	varian 1	Varian 2	varian 3
1	Rangka lori	4	4	4	4
2	Lantai Lori	4	4	4	4
3	Dudukan roda lori	4	-	-	-
4	Jembatan lori	6	-	-	-
5	Roda lori	20	20	16	16
6	As jembatan	6	4	-	-
7	Spring (per)	24	24	-	-
8	Bushing as	6	-	-	-
9	Stoper roda mobil	2	2	2	2
10	Braket roda	20	20	16	16
11	Rel roda lori (UNP)	5	5	4	4
12	AS dudukan roda lori	5	-	-	-
Jumlah Komponen		106	83	46	46

Berdasarkan matrik pengambilan keputusan melalui perbandingan komponen, pengaruh jumlah komponen berdampak kepada:

1. Kebutuhan Material.
2. Waktu Proses dan Waktu Perakitan.
3. Biaya Produksi.

Namun tetap dengan memperhatikan bahasan evaluasi terhadap kriteria teknis dan ekonomis.

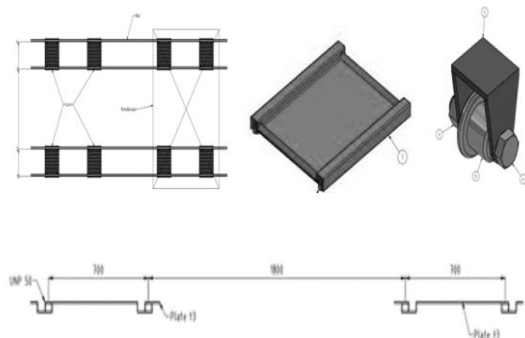
Tabel 10. Evaluasi Kriteria Teknis dan Ekonomis

No	Kriteria	Bobot	Konsep		
			1	2	3
1	Kuat dan tahan lama	10	+	+	+
2	komponen tidak banyak	5	-	+	+
3	Kemampuan menahan beban	10	+	+	+
4	Dimensi Produk	5	-	+	+
5	Biaya material murah	8	-	+	-
6	Biaya pembuatan	8	-	+	-
7	Ringan	5	-	+	+
8	Pengoperasian mudah	6	+	+	+
9	Pemeliharaan mudah	8	-	+	+
10	Keamanan pengoperasian	10	-	+	+
Total +			3	11	8
Total -			7	0	2
Keseluruhan Total dengan bobot			-23	70	38

Dengan menggunakan Tabel 10 untuk menetapkan varian terpilih maka konsep produk yang memiliki skor tertinggi adalah konsep produk/varian 2. Untuk selanjutnya konsep produk ini akan dikembangkan pada pengembangan produk. Selanjutnya akan dilakukan langkah pemberian bentuk.

3. Perancangan Bentuk (Embodiment Design)

Perancangan di sini merupakan konsep produk yang “dibentuk”, yaitu konsep produk yang dirancang dalam bentuk sketsa atau diagram skematis dibuat menjadi produk dalam bentuk yang dapat dibuat dengan menggunakan komponen yang direncanakan di muka. Pada Gambar 9 tampak *layout* produk.



Gambar 9. *Layout* Lori *Fast Track* dengan menggunakan Tabel Morfologi

Selanjutnya kemudian dilakukan perhitungan pada komponen-komponen yang dianggap kritis, sebagai berikut:

1. Rangka/tulangan lori yang sanggup menanggung dua kali beban maksimum kendaraan yaitu $F_p = S_f \times F$.
2. Jenis Roda dan *Bearing* Lori

3.1 Perhitungan Kapasitas Beban Lori

Beban kendaraan yang harus ditanggung lori adalah dengan kendaraan varian *Toyota Land Cruiser*, yaitu 2725 kg. Dengan menghitung beban maksimum kendaraan yang ditetapkan, yaitu 2725 kg maka diperoleh perhitungan kapasitas beban lori:

$$P = \frac{2725 \text{ (kg)}}{4 \text{ lori}} \tag{1}$$

$$P = 681.25 \text{ kg/lori}$$

$$= 6680.78 \text{ Newton}$$

3.2 Factor of Safety

Factor of Safety atau yang lebih sering kita kenal dengan *Safety Factor* merupakan faktor keamanan yang digunakan untuk menyediakan jaminan desain.

Dalam desain konstruksi mesin, besarnya Angka Keamanan harus lebih besar dari 1 (satu). Faktor keamanan diberikan agar desain konstruksi dan komponen mesin mempunyai ketahanan terhadap beban yang diterima.

Angka Faktor Keamanan atau *Safety Factor* berdasarkan jenis pembebanan, adalah sebagai berikut:

1. Pembebanan Statis : 1.25 – 2
2. Pembebanan Dinamis : 2 – 3
3. Pembebanan Kejut : 3 – 5

Untuk selanjutnya diharapkan desain konstruksi dan pemilihan material mampu untuk menahan beban (*allowable load*) :

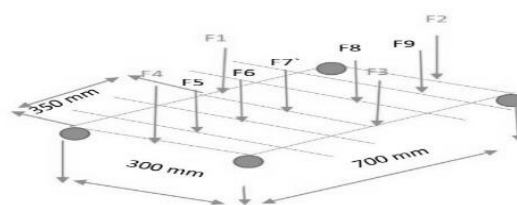
$$F_p = S_f \times F \tag{2}$$

$$= 2 \times (681.25 \text{ kg})$$

$$= 1362.5 \text{ kg} = 13361.49 \text{ N}$$

3.3 Perhitungan Kekuatan Material

Dengan menghitung beban yang ditanggung oleh setiap rangka lori sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rangka Lori yang Akan Dianalisis

Pembebanan merata :

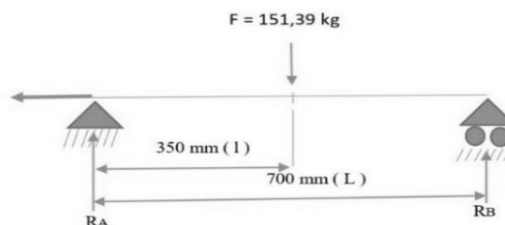
$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = F_5 = F_6 = F_7 = F_8 = F_9 = \frac{F_t}{9}$$

$$F = \frac{1362.5 \text{ (kg)}}{9} \tag{3}$$

$$= 151.39 \text{ kg}$$

$$= 1484.61 \text{ N}$$

Pada Gambar 11 tampak *free body diagram*.



Gambar 11. *Free Body Diagram*

$$\sum M_b = \sum M_b = 0$$

$$R_a \cdot L - F(L - l) = 0 \tag{4}$$

$$F = \frac{151.39 \times (700 - 350)}{700}$$

$$R_a = 75.695 \text{ kg}$$

Nilai reaksi $R_a = R_b = 75.695 \text{ kg} = 742.31 \text{ N}$
 Bending Moment pada titik Pusat (F)

$$\sum MF = \frac{F}{2} \times l \tag{5}$$

$$\sum MF = \frac{151.39 \text{ kg}}{2} \times 350 \text{ mm}$$

$$= 26493.25 \text{ kg.mm}$$

$$= 259.81003 \text{ N.m}$$

Maka Nilai Momen Maksimum yang terjadi di titik RA dan RB adalah $\sum MF_{\max} = 259.81003 \text{ N.m}$

3.3.1 Tegangan Bengkok Maximum

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\max}} \tag{6}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{\left(\frac{I}{C}\right)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} \cdot C}{I}$$

$I = 0.052 \times 10^6 \text{ mm}^4$
 $C = 45 - 12.4 \text{ mm}$
 $= 32.6 \text{ mm}$

$$\sigma_{\max} = \frac{26493.25 \text{ kg.mm} \times 32.6 \text{ mm}}{(0.052 \times 10^6 \text{ mm}^4)}$$

$$= 16.6 \text{ kg/mm}^2$$

$$= 162.88 \text{ N/mm}^2 = 162.88 \text{ MPa}$$

1.3.2 Tegangan Aktual

$$\sigma_{\text{aet}} = \frac{\sigma_{\max}}{S_f} \tag{7}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dimana tegangan bengkok perencanaan (σ_{\max}) yang terjadi sebesar 162.88 N/mm^2 dengan pembebanan statis ($S_f = 2$) maka dapat dihitung *yield strength* (kekuatan luluh) dari material ST 37 :

$$\sigma_{\text{aet}} = \frac{370 \text{ N/mm}^2}{2}$$

$$= 185 \text{ N/mm}^2 = 185 \text{ MPa}$$

Karena $\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{act}}$ ($162.88 \text{ MPa} \leq 185 \text{ MPa}$), maka profil L dengan bahan ST 37 yang digunakan aman.

1.3.3 Penentuan Roda Lori

Dalam pengembangan perancangan ini ditetapkan jumlah roda untuk satu stall adalah 16 roda (4 lori). Maka berdasarkan hasil hitungan yang telah ditetapkan :

$$F = \frac{2725 \text{ (kg)}}{4 \text{ lori}} \tag{9}$$

$F = 681.25 \text{ kg/lori}$ (6680.78 Newton)
 Jadi setiap lori di pastikan harus mampu menahan gaya luar sebesar (F) = 6680.78 Newton .

Dengan jumlah roda 4 buah disetiap lori maka dapat di ketahui kapasitas yang harus di terima setiap rodanya.

$$P = \frac{681.25 \text{ (kg)}}{4 \text{ roda}}$$

$$= 170.31 \text{ kg/roda} = 1670.170 \text{ Newton}$$

Dengan mempertimbangkan safety factor (beban dinamis) maka digunakan faktor *safety* (2 - 3).

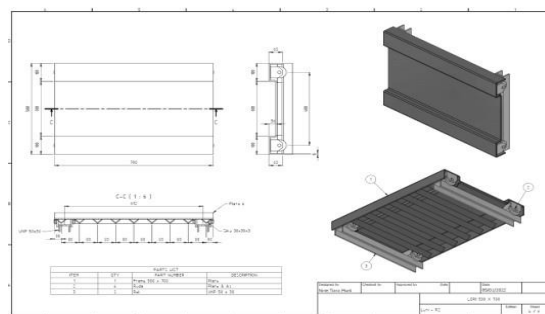
$$F = 170.31 \text{ kg/roda} \times 2$$

$$= 340.625 \text{ kg} = 3340.390 \text{ Newton}$$

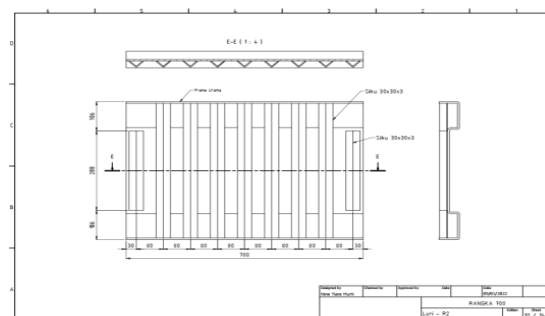
Berdasarkan data diatas maka dapat ditentukan roda lori dengan menggunakan katalog roda. Adapun roda yang di rencanakan adalah Series SPK 50 G dengan kapasitas beban (*load capacity*) = 400 kg dengan diameter 50 mm (Series SPK type SPK 50G diameter $50 \text{ mm} = 2''$).

2. Perancangan Detil (Detail Design)

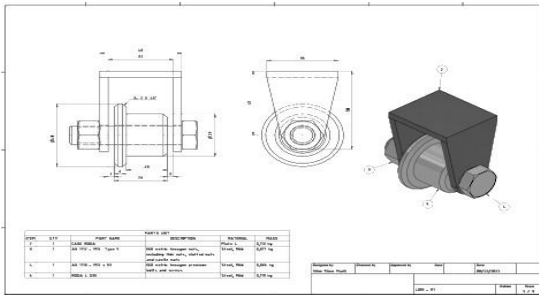
Dalam tahapan ini di lakukan langkah *detailing* untuk varian terpilih dengan memberikan spesifikasi lengkap sebagaimana pada Gambar 12, Gambar 13, Gambar 14 dan Gambar 15.



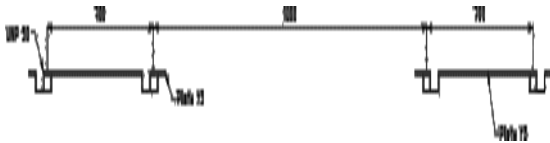
Gambar 12 Detail Lori



Gambar 13 Detail Rangka Lori



Gambar 14. Detail Roda Lori



Gambar 15 Detail Rel Lori

Berdasarkan gambar di atas maka disusun detail setiap komponen dan proses.

Tabel 11. Desain Detail Lori Fast Track

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Proses	Jumlah	Gambar
1	Rangka Lori	Siku 30x30x3 ST 37 Panjang 500 mm	1. Pemotongan 2. Pengelasan	4 buah	
2	Lantai lori	Plat esser 2,6 mm SS 400 Ukuran : 700 x 700	1. Sharing 2. Bending	4 buah	
3	Roda Lori	Series SPK type SPK 50G	Pembelian barang jadi	16 pcs	
4	Rel Lori	UNP 50 Panjang / stall = 4 M Jumlah / stall = 4 lajur Coran K250 Sayatan coran 100 x 100 Support angkur	1. Pemotongan UNP 2. Penyayatan lantai 3. Pemasangan angkur 4. Penanaman rel (UNP) 5. Pengecoran	1 paket	

Berdasarkan Tabel 11 terlihat bahwa pada desain lori fast track dengan penggerak manual terdapat empat bagian utama dengan 46 komponen (*attachment*).

3. Pembuatan *Prototype*

Setelah melalui proses detail desain maka selanjutnya adalah pembuatan *prototype* dimulai dengan Menyusun *Bill of material* untuk pembuatan lori *fast track* seperti yang tampak pada Tabel 12 dan Tabel 13.

Tabel 12. Proses Pembuatan *Prototype*

No	Material	Proses	Keterangan	Jumlah	Gambar
1	Siku 30 x 30	Cutting untuk rangka lori	Panjang 500 mm Panjang 300 mm panjang 700 mm	6 btg x 4 1 btg x 4 2 btg x 4	
2	Plat Esser	Sharing untuk lantai	Ukuran 700 x 700 (mm)	1 pcs x 4	
3	Plat Esser	Bending untuk dudukan roda lori	Ukuran 700 x 700 (mm)	1 pcs x 4	
4	Siku 30 x 30	Pengelasan rangka lori	700 x 500 (mm)	1 set x 4	
5	Roda lori	Pemasangan roda pada lori			
6	Semua material	Gerinda dampak dari las, cutting	Proses penghalusan	4 unit	
7	UNP 50	Pemotongan	Panjang 4 meter	4 btg	
8	UNP 50	Penanaman di lantai cor	100 mm x 100 mm x 4 Meter	4 lajur	
9	Semua material	Finishing	Pengecatan	4 Unit	

Tabel 13. Estimasi Harga Lori dan Rel Lori

NO	URAIAN	VOLUME SAT	HARGA/PCS	TOTAL HARGA
Lori Fast Track 2 Stall				
Material				
1	Lori 2 stall	8	unit	
	a. Lantai lori plat 2,6 mm (700 x 500) x 8 = 2,8 M ²	1	sheet	1.215.500,00
	b. rangka lori siku 30x30 (400 x 9) x 8 = 28,8 M	5	btg	75.000,00
	c. Roda lori 2" (4 roda x 4 lori) x 2 stall	32	roda	210.000,00
			Total 1	8.310.500,00
2	Rel fast Track			
	a. UNP 50 (4M x 4 lajur) x 2 stall = 32 meter	6	btg	120.000,00
	b. Angkur bengel 10 mm	1	btg	70.000,00
			Total 2	790.000,00
Proses Peoduksi				
3	Consumable			
	a. Batu Gerinda	5	pcs	10.000,00
	b. Kawat Las	1	dirz	120.000,00
	c. Cat Dasar	3	kg	80.000,00
	d. Cat akhir	3	kg	180.000,00
	e. Thinner	7	liter	24.000,00
	f. Batu amplas (amplas susun)	5	pcs	40.000,00
	g. Batu Potong 4"	10	pcs	40.000,00
	h. Batu potong 14"	1	pcs	35.000,00
			Total 3	1.233.000,00
4	Proses Fabrikasi			
	a. Pengelasan @ 10.000 x 20 cm x 11 btg x 4 pcs x 2 stall	1800	cm	500,00
	b. Sharing (menggunakan vendor)	16	stroke	6.000,00
	c. Bending (menggunakan vendor)	48	stroke	6.000,00
	d. Gerinda 4" @ 1.800 x 5 jam	5	jam	1.800,00
	e. Potong 14" @ 1.800 x 5 jam	5	jam	1.800,00
	f. Polesh amplas susun 4" @ 1.800 x 3 jam	3	jam	1.800,00
	g. Mesin kompresor @ 1.800 x 5 jam	5	jam	1.800,00
			Total 4	1.316.400,00
4	Proses Sipil			
	a. Bobokan lantai (Mesin) - operator	1	hari	1.100.000,00
	b. Pengecoran	2	sak	150.000,00
	c. Tenaga sipil @ 300.000	2	hari	300.000,00
			Total 5	2.000.000,00
5	Mobilisasi	1	ls	500.000,00
			Total 6	500.000,00
			Grand Total	14.149.900,00
	Laba Yang Dikembudaki	15%		2.122.485,00
			HPP	16.272.385,00

Harga untuk 2 stall (8 Lori) = Rp 16.272.385,00

KESIMPULAN

1. Dengan optimasi perancangan produk berdasarkan Metode Pahl & W. Beitz serta metode manufaktur menggunakan DFMA setelah melalui 4 (empat) langkah utama didapatkan varian 2 adalah yang terbaik, baik dari sisi teknis maupun sisi ekonomis. Pemilihan material tetap mempertahankan material yang ada sebelumnya yaitu besi siku 30x30x3 untuk rangka namun mengalami optmasi pada jumlah tulangan rangka dari sebelumnya 11 (sebelas) menjadi 9 (sembilan) tulangan.
2. Berdasarkan pembuatan prototipe dan pengujian lapangan didapatkan alat yang layak dan dapat digunakan, disertai dengan tervalidasinya produk hasil rancangan.
3. Dari hasil rancangan terpilih didapat kinerja/performa alat sebagai berikut:
 - a. Effisiensi biaya mencapai 32,2%.
 - b. Perubahan dimensi 12,5% lebih kecil.
 - c. Waktu kerja manufaktur dan pemasangan rel 4 (empat) hari.
 - d. Berat lori lebih ringan 62%.

- [9] M. P. Heskett. "Metodologi Desain" pp. 3–6, 2005.
- [10] Michael F. Ashby, "Materials Selection Mechanical Design in Second Edition". p. 42, 1999.
- [11] Fathur Razaq Khusnu Syahputra. "Ergonomis Dengan Metode Pahl And Beitz". Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur," 2021
- [12] Rifki Ilyandi, Dodi Sofyan Arief, Tekad Indra Pradana Abidin."Analisis Design for Assembly (DFA) Pada Prototipe Mesin Pemisah Sampah Material Ferromagnetik dan Non Ferromagnetik".
- [13] D. S. Atmaja dan M. A. Kurniawan. "Rancang Bangun Prototype Baru pada Lori Inspeksi Generasi Dua di Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun". Program Studi Teknik Mekanika Perkeretaapian , Politeknik Perkeretaapian Indonesia," J. Perkeretaapi. Indones., vol. IV, no. 1, pp. 21–28, 2020

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Hidayat. "Optimasi Proses Pres Panas Pembuatan Wire Harness". vol. 2, no. 2, pp. 78–84.
- [2] S. Yoewono, D. Yuda, dan D. Yusuf. "Analisis Design for Assembly pada Mesin Roll Sheeter Karet". no. Snttm Xii. 2013.
- [3] I. Priadythama, S. Susmartini dan A. W. Nugroho. "Penerapan DFMA untuk Low Cost High Customization Product". PERFORMA Media Ilm.
- [4] Y. Pusvyta dan F. Sibarani. "Kata Kunci : Prototipe, Pengujian, Temperatur, Tabung Vakum, Minyak Sayur". vol. I, no. April, pp. 30–37, 2015.
- [5] M. Tambunan, Herisiswanto, dan Nazaruddin, "Pengembangan Mesin Bakso dengan Metode DFMA (Design for Manufacturing and Assembly)". Jom FTEKNIK, vol. 6, pp. 1–7, 2019.
- [6] H. S. Nugroho, R. Adhiharto, J. Setiawan, H. Jati, A. Harvey, dan H. Jati. "Analisis Perancangan Manufaktur dan Perakitan Untuk Karburator Sepeda Motor Matic". no. 221, pp. 23–24, 2013.
- [7] Himawan Hadi S, Tri Bambang A K. "Desain for Manufacturing and Assembly sebagai Pendekatan Penyederhanaan Jumlah Part pada Perbaikan Dies and Mold".
- [8] M. Perancangan and A. A. Rachmat, Pendahuluan. 2008.