

PENYEMPURNAAN ROTARY DOLLY DENGAN KONSEP SEMI-AUTOMATION

Isaac Noer Sebastian¹; Ismail Fazri Nugraha¹; Muhammad Arbiyan Nugraha¹; Robby Cahyadi¹;
Jauhari Ali²; Sunarto²

¹Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr.GA Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424
Telp : +6221 7270044 Fax : (021) 7270034
Email : sacnoer@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Front floor ialah salah satu part dari mobil yang memiliki fungsi sebagai dasar (lantai) bagian depan mobil. Front floor memiliki dimensi yang besar yaitu (140 x 110 cm) dari kursi pengemudi sampai kursi penumpang depan yang berbahan pelat baja. Pada proses assembly, front floor disusun berdasarkan urutan permintaan jenis kendaraan yang akan di assembly line production, namun line production meminta front floor disusun terbalik 180° dari posisi semula dikarenakan untuk memudahkan proses assembly. Untuk hal tersebut di dalam proses sorting (minomi) seorang member perlu membalik front floor secara manual yang memerlukan tenaga yang cukup besar. Dalam menanggulangi permasalahan tersebut dilakukanlah penyempurnaan pada rotary dolly yang sudah ada dengan konsep semi-automation untuk memudahkan member dalam membalik front floor 180°. Metodologi yang digunakan ialah mendesain rotary dolly dengan konsep semi-automation menggunakan motor listrik yang mampu membalik front floor 180°. Selanjutnya dilakukan perhitungan teknik meliputi penentuan daya motor, perhitungan momen pada titik kritis, kekuatan las, pemilihan bahan, dan perhitungan estimasi biaya pembuatan. Alat bantu tersebut didesain untuk spesifikasi front floor jenis mobil tipe sedan semi niaga. Hasil desain diperoleh penyempurnaan rotary dolly semi-automation dengan spesifikasi: panjang = 1650 mm, lebar = 1442 mm, tinggi = 1070 mm, derajat putar = 180°, sumber tenaga menggunakan motor listrik, rangka konstruksi menggunakan square tube, poros pejal, dan plat dengan estimasi biaya pembuatan Rp 50.000.000,.

Kata kunci: Rotary Dolly, Front Floor, Minomi.

Abstract

The Front Floor is one of the parts in the car that has base (floor) of the front the car. Front Floor has a large dimension is (140 x 110 cm) from driver seat to the front passenger seat which is made of iron. In the assembly process, the front floor is arranged by type according to the demand on the production line. However, the line production asks the front floor to be inverted 180° from its originally position because to make easier assembly process. For that in the sorting process (minomi) a member needs to reverse the front floor using a manual way that requires a lot of power. Based on the problem, to tackled problems that occur made improvements on existing rotary dolly with semi-automation concept to facilitate members in rotating the front floor 180°. The methodology used is designing rotary dolly using semi-automation concept where the tool uses electric motor capable of rotate front floor equal to 180°. Then performed engineering calculations include the determination of motor power, the calculation moments at the critical point, the strength of welding, material selection, and the made the estimated cost of manufacture. The aids designed to specification of the front floor car types. The results of planning obtained for the improvement of rotary dolly with the concept of semi automation are as follows : length = 1650 mm, width = 1442 mm, height = 1070 mm, rotation degrees = 180°, power source using electric motor, construction framework using square tube, solid shaft, and plate with the estimated cost of manufacutre Rp. 50.000.000,.

Keywords: Rotary Dolly, Front Floor, Minomi.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini perkembangan teknologi sudah sangatlah maju. Berbagai alat dibuat dengan tujuan untuk memudahkan pekerjaan manusia. Perkembangan teknologi tersebut tentunya sangat berguna bagi perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur karena dapat memudahkan proses-proses yang membutuhkan kepresisian tingkat tinggi.

Proses manufaktur untuk pembuatan mobil dimulai dari proses desain sampai proses perakitan. Dalam proses perakitan mobil dibutuhkan proses *supply part* yang efektif dan efisien. Proses *supply part* tersebut diatur oleh bagian *Logistic*.

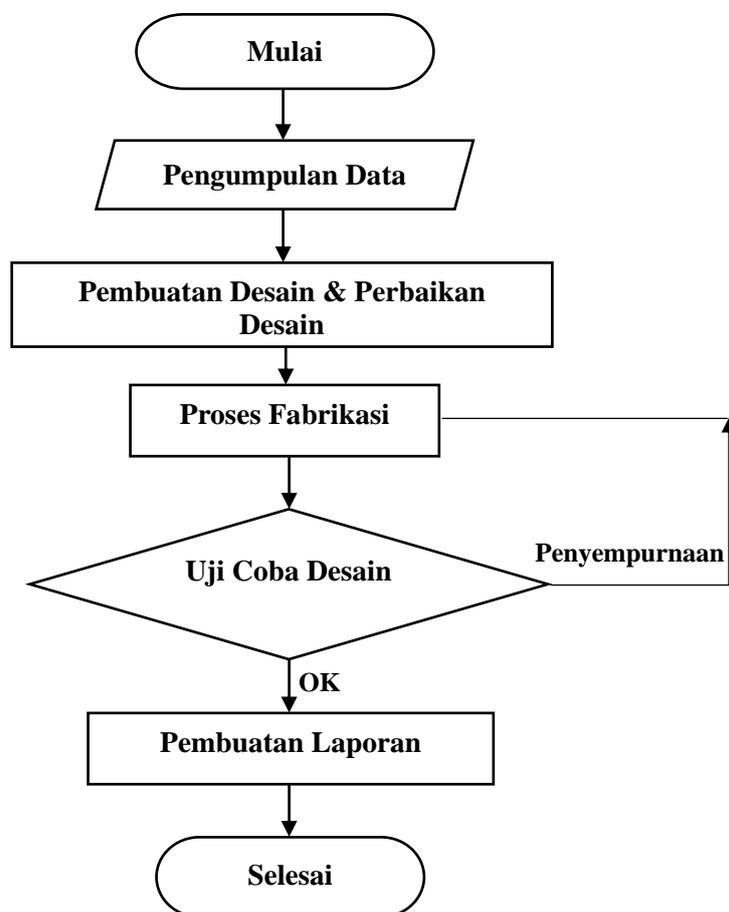
Dalam proses *supply part* terdapat banyak jenis *part* yang harus menggunakan *equipment* khusus. Pada era perkembangan teknologi saat ini, desain *equipment* untuk mensuplai *front floor* di perusahaan mobil dianggap kurang efisien, karena dalam proses pemutaran *front floor* 180° masih menggunakan tenaga operator. Dengan jumlah *front floor* 20pcs beban yang diterima operator saat memutar *front floor* adalah 80 [kg] hal tersebut tentunya membuat operator tidak nyaman. Ditambah lagi proses penguncian *front floor* yang dilakukan berulang-ulang semakin membuat alat tersebut kurang efisien. Untuk hal tersebut perlu adanya *redesign* guna meningkatkan efisiensi dari alat tersebut.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian untuk memperoleh *redesign Rotary Dolly* agar dapat meningkatkan efisiensi dalam proses *supply front floor* ke bagian *Welding Production* di perusahaan mobil.

2. METODE PELAKSANAAN

Metoda pelaksanaan desain mengikuti diagram alir pembuatan alat sebagaimana Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Alat

Keterangan:

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dan referensi bertujuan untuk mendapatkan informasi melalui berbagai media yang berhubungan dengan pembuatan dan perancangan alat. Pengumpulan data dilakukan di satu perusahaan mobil, berupa dimensi, bahan, dan cara kerja alat tersebut.

2. Pembuatan Desain dan Perbaikan Desain

Dalam proses pembuatan desain tentunya dibutuhkan alat untuk memvisualisasikan desain dengan bantuan *software* SolidWorks [1-2] yang menjadikan proses perbaikan atau revisi desain menjadi lebih mudah dilakukan. Selain membuat desain 3D dilakukan juga proses perhitungan untuk melengkapi data yang dibutuhkan pada saat proses fabrikasi, perhitungan tersebut yang meliputi:

- **Penentuan daya motor**

Pada konsep penyempurnaan *rotary dolly* dengan konsep semi *automation* dibutuhkan sebuah motor untuk dapat memutar *dolly* sebesar 180°, perhitungan daya motor dapat dihitung menggunakan persamaan [3]:

Menghitung torsi :

$$T = F \times R$$

$$T = (m_{\text{front floor \& dolly}} \cdot g) \times R$$

$$T = (80 \text{ [kg]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2]) \times 0,484 \text{ [m]}$$

$$T = 379,843 \text{ [Nm]}$$

Menentukan torsi aktual yang dibutuhkan motor servo / motor listrik untuk memutar *Rotary Dolly* dengan efisiensi 80%

$$T_{\text{aktual}} = \frac{100}{80} \times T$$

$$T_{\text{aktual}} = \frac{100}{80} \times 379,843 \text{ [Nm]}$$

$$T_{\text{aktual}} = 474,804 \text{ [Nm]}$$

Menghitung daya motor :

$$P = \frac{T \cdot \omega \cdot 2\pi}{60000}$$

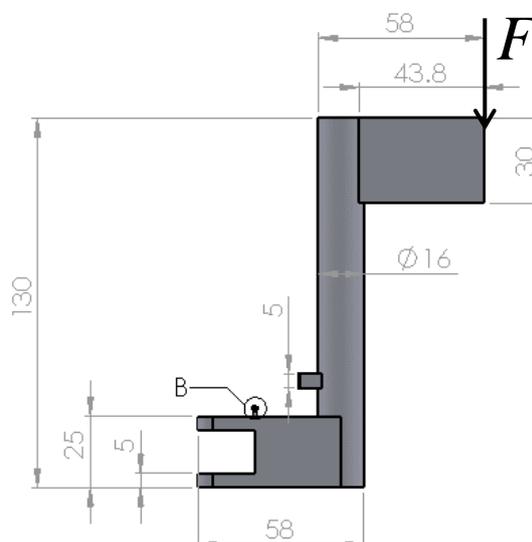
$$P = \frac{474,804 \text{ [Nm]} \cdot 6 \text{ [rpm]} \cdot 2\pi}{60 \cdot 1000}$$

$$P = 0,298 \text{ [kW]}$$

Berdasarkan perhitungan, daya yang dibutuhkan oleh motor listrik / motor servo untuk memutar *rotary dolly* yang terisi oleh 20 pcs *front floor* dengan berat 80 [kg] adalah 0,298 [kW]. Sesuai dengan tabel 2.2 Katalog Motor Listrik Motovario, maka motor servo / motor listrik yang dibuat oleh Motovario melalui PT. Y dengan daya 0,37 [kW] cocok untuk digunakan bahkan lebih aman.

- **Menghitung momen pada titik kritis**

Perhitungan momen pada titik kritis dapat dihitung menggunakan persamaan [4-5]:



Gambar 4.32 Pandangan Samping Pengunci (*Pokayoke*)

Diketahui:

Bahan yang digunakan adalah Baja ST 37 dengan bentuk *Assental Square Bars* dengan spesifikasi:

$$\sigma_{t \text{ ultimate}} = 3700 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$\bar{\sigma}_t = 462,5 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_b = 370 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

Torsi yang bekerja pada *Rotary Dolly* sebesar 474,804 [Nm] dan jarak poros ke sumbu pusat adalah 283,50 [mm], maka gaya yang bekerja pada poros motor servo dapat dihitung:

$$T = F \times l$$

$$F = \frac{T}{l}$$

$$F = \frac{474,804 \text{ [Nm]}}{0,2835 \text{ [m]}} = 1674,7936 \text{ [N]} = 170,7 \text{ [kg]}$$

$$l_{\text{lengan pengunci atas}} = 50 \text{ [mm]} = 5 \text{ [cm]}$$

$$b = 30 \text{ [mm]} = 3 \text{ [cm]}$$

Menghitung panjang penampang yang dibutuhkan:

$$\sigma_b = \frac{M b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{F \cdot l_{\text{lengan pengunci atas}}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2}$$

$$h^2 = \frac{F \cdot l_{\text{lengan pengunci atas}}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot \sigma_b}$$

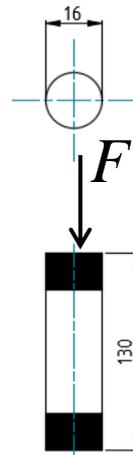
$$h^2 = \frac{170,7 \text{ [kg]} \cdot 5 \text{ [cm]}}{\frac{1}{6} \cdot 3 \text{ [cm]} \cdot 370 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]}$$

$$h = 2,147 \text{ [cm]} = 21,47 \text{ [mm]}$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka panjang penampang yang dibutuhkan untuk lengan pengunci atas adalah 21,47 [mm]. Namun agar lebih aman desain lengan pengunci atas dibuat lebih besar penampangnya, dan disesuaikan dengan ukuran bahan yang ada di pasaran, maka panjang penampangnya menjadi 25 [mm] sehingga luas penampangnya menjadi 30 x 25 [mm], sesuai dengan Tabel 2.8 Katalog Baja ST 37 *Assental Square Bars* maka ukuran bahan yang dipilih adalah 31,75 x 31,75 [mm] agar dapat di *machining* terlebih dahulu.

Menghitung diameter poros pengunci (*pokayoke*). Poros mengalami tegangan tarik.

Free Body Diagram



Gambar 4.33 Free Body Diagram poros pengunci (*pokayoke*)

$$\begin{aligned}\bar{\sigma}_t &= \frac{F}{A} \\ \bar{\sigma}_t &= \frac{F}{\frac{\pi}{4} \cdot d^2} \\ d^2 &= \frac{F}{\frac{\pi}{4} \cdot \bar{\sigma}_t} \\ d^2 &= \frac{170,7 \text{ [kg]}}{\frac{\pi}{4} \cdot 462,5 \text{ [kg/cm}^2\text{]}} \\ d^2 &= 0,685 \text{ [cm]} = 6,85 \text{ [mm]}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka diameter minimal yang dibutuhkan untuk membuat poros pengunci (*pokayoke*) adalah 6,85 [mm]. Namun agar lebih aman desain poros pengunci (*pokayoke*) dibuat lebih besar diameternya, dan disesuaikan dengan ukuran bahan yang ada di pasaran, maka dipilih lah diameter 16 [mm], sesuai dengan Tabel. 2.8 Katalog Baja ST 37 Assental Round Bars maka ukuran bahan yang dipilih adalah 19,05 [mm] agar dapat di *machining* terlebih dahulu.

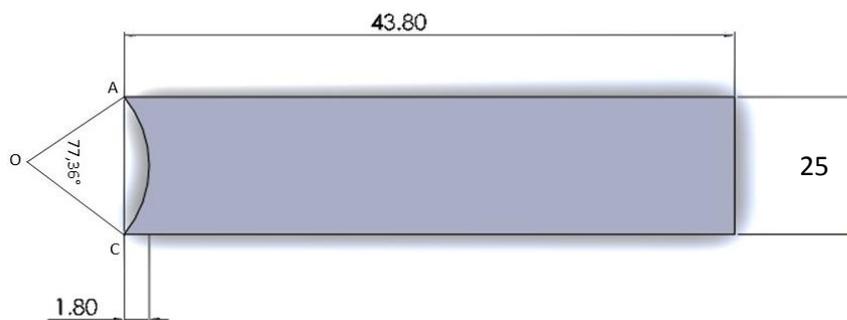
- **Menghitung Kekuatan Lasan**

Perhitungan Kekuatan las dapat dihitung menggunakan persamaan [3 & 5]:

Menghitung Momen

$$\begin{aligned}M_b &= F \times L \\ &= \mathbf{170,7} \text{ [kg]} \times 50 \text{ [mm]} \\ &= 1674,567 \text{ [N]} \times 50 \text{ [mm]} \\ &= 83728,35 \text{ [Nmm]}\end{aligned}$$

Menghitung Panjang Busur



Gambar 4.35 Pandangan Atas Pengunci (*Pokayoke*)

$$\widehat{AB} = \frac{\angle AOC}{360^\circ} \times \text{Keliling}$$

$$\widehat{AB} = \frac{77,36^\circ}{360^\circ} \times \pi \times 16 \text{ [mm]}$$

$$\widehat{AB} = 0,215 \times \pi \times 16 \text{ [mm]}$$

$$\widehat{AB} = 10,087 \text{ [mm]}$$

Menghitung Tegangan Geser

$$\begin{aligned} \tau_{geser} &= \frac{2,83 \times Mb}{\pi \times t \times D^2} \\ \tau_{geser} &= \frac{2,83 \times 83728,35 \text{ [Nmm]}}{\pi \times 14 \text{ [mm]} \times (10,807 \text{ [mm]})^2} \\ \tau_{geser} &= \frac{2,83 \times 83728,35 \text{ [Nmm]}}{\pi \times 14 \text{ [mm]} \times 116,8 \text{ [mm}^2\text{]}} \\ \tau_{geser} &= \frac{236951,2305 \text{ [Nmm]}}{5136,747 \text{ [mm}^3\text{]}} \\ \tau_{geser} &= 46,128 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

Menghitung Tegangan Tarik

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{5,66 \times Mb}{\pi \times t \times D^2} \\ \sigma_t &= \frac{5,66 \times 83728,35 \text{ [Nmm]}}{\pi \times 14 \text{ [mm]} \times (10,807 \text{ [mm]})^2} \\ \sigma_t &= \frac{473902,461 \text{ [Nmm]}}{\pi \times 14 \text{ [mm]} \times 116,8 \text{ [mm}^2\text{]}} \end{aligned}$$

$$\sigma_t = \frac{473902,461 [Nmm]}{5136,747 [mm^3]}$$

$$\sigma_t = 92.257 [N/mm^2]$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka didapatkan hasil yaitu :

$$\tau_{geser\ max} = 46,128 [N/mm^2] = 470,21 [kg/cm^2]$$

$$\sigma_{t\ max} = 92.257 [N/mm^2] = 940,43 [kg/cm^2]$$

Sedangkan spesifikasi dari baja ST 37 adalah:

$$\bar{\tau}_g = 231,25 [kg/cm^2]$$

$$\bar{\sigma}_t = 462,5 [kg/cm^2]$$

Berdasarkan hasil tersebut maka dapat dikatakan bahwa kekuatan lasan melebihi kekuatan baja ST 37, sehingga aman untuk menahan beban.

3. Proses Fabrikasi

Proses Fabrikasi dimulai dari persiapan bahan baku dan proses pemotongan bahan. Adapun proses pemotongan bahan terbagi menjadi 4 bagian, yaitu proses dengan mesin gerinda, proses dengan mesin bor, proses dengan mesin bubut dan proses dengan mesin *milling*. Setelah keempat bagian proses tersebut telah selesai, dilakukan proses *assembly*, yaitu perakitan dan penggabungan semua *part*. Untuk pembuatan alat mulai dari *machining* hingga *assembly* dilaksanakan di *workshop* perusahaan mobil.

Biaya

Perkiraan biaya dalam pembuatan “*Rotary Dolly* dengan Konsep *Semi Automation*” adalah sebagai berikut:

1. Biaya Material

Tabel 4.7 Biaya Material

No	Nama Material	Dimensi	Unit (pcs)	Harga
1	<i>Square Tube</i>	50 x 50 [mm]	1	Rp. 221760
2	<i>Rectangular Tube</i>	40 x 20 [mm]	1	Rp. 113570
3	Besi Plate	T = 10 [mm]	1	Rp. 1631000
4	<i>Ass. Round Bars</i>	Ø16 [mm]	1	Rp. 87000
5	<i>Plate Strip</i>	T = 10, L = 10 [mm]	1	Rp. 315000
6	Besi Plate	T = 25 [mm]	1	Rp. 304000
7	<i>Rectangular Tube</i>	40 x 20 [mm]	1	Rp. 113570
8	Besi Pipa	Out Ø 70 - in Ø 60 [mm]	1	Rp. 423000
9	<i>Angular Contact Ball Bearing</i>	(Out Ø22, Bore 10 , Thickness 6) [mm]	1	Rp. 35000
10	<i>Spring (Pegas)</i>	Outside Ø 12 [mm], wire Ø 1,5 [mm]	2	Rp. 10000
11	Motor Induksi	0,37 kw, 3p, 380 Nm	1	Rp.15180000
Total Harga				Rp.18433900

2. Biaya Total

Tabel 4.8 Biaya Total

No.	Nama Biaya	Harga
1	Biaya Material	Rp.18.433.900
2	Biaya Fabrikasi	Rp. 4.922.467
Total Harga		Rp. 23.356.367

3. Uji Coba Desain

Proses uji coba desain bertujuan untuk melakukan pengecekan terhadap fungsi dan cara kerja dari *rotary dolly*. Alat tersebut digunakan untuk mengubah posisi *front floor* dengan memutar benda sampai 180° dan terkunci secara otomatis. Jika hasil uji coba sudah sesuai dengan fungsinya, maka alat tersebut dinyatakan berhasil. Apabila fungsinya tidak berjalan dengan baik, maka alat tersebut dinyatakan gagal dan dilakukan analisis untuk perbaikan alat yang meliputi proses desain dan penentuan spesifikasi bahan.

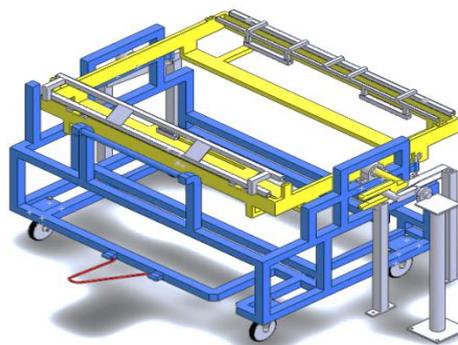
4. Pembuatan Laporan

Setelah Alat diuji dan berhasil, maka dilanjutkan dengan pembuatan laporan untuk mempertanggungjawabkan hasil dari alat yang telah dibuat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Redesign rotary dolly dengan menggunakan konsep *semi-automation* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rotary Dolly Semi-Automation

Cara kerja *rotary dolly semi-automation*:

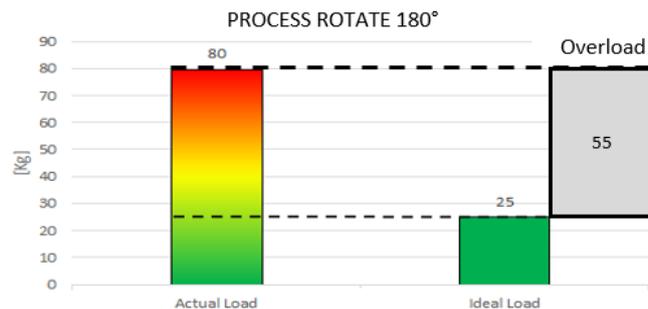
- Dolly* kuning (rangka atas) diisi oleh *part (front floor)* sebanyak 20 pcs. Proses tersebut dilakukan oleh operator,
- Setelah terisi 20 pcs *part (front floor)*, maka operator mengunci *dolly* kuning agar dapat menjepit 20 pcs *part (front floor)*,
- Selanjutnya operator hanya perlu menekan tombol untuk memutar motor listrik yang sudah dihubungkan dengan poros *dolly* kuning, sehingga proses pemutaran *dolly* kuning yang sudah terisi 20 pcs *part (front floor)* sebesar 180° lebih aman, dan

- d) Setelah itu *rotary dolly* ditarik oleh *towing* untuk dikirim ke *line production*. Pada saat proses tersebut dilakukan, sistem penguncian (*pokayoke*) secara otomatis mengunci *dolly* kuning agar tidak terbalik saat *rotary dolly* ditarik oleh *towing* ke *line production*.

3.2 Pembahasan

Problem yang akan ditanggulangi dengan konsep desain *rotary dolly semi-automation*:

1. Beban aktual yang diterima operator pada saat memutar *front floor* 180° mencapai 80 [kg] yang mana beban tersebut melebihi beban ideal yang harus diterima oleh operator yaitu 25 [kg]. Berdasarkan data tersebut terdapat *gap* yang cukup besar, yaitu 55 [kg] sebagaimana Gambar 3. Hal tersebut menyebabkan adanya *Muri* proses yaitu proses yang terjadi karena adanya beban berlebihan (*overload*).



Gambar 3. Analisis grafik terhadap beban yang diterima operator

Dengan menggunakan *rotary dolly semi-automation*, proses pemutaran *front floor* 180° tidak lagi di-*handle* oleh operator, melainkan menggunakan tenaga dari motor listrik, sehingga problem di atas dapat ditanggulangi.

2. Terlalu banyak aktivitas penguncian yang dilakukan oleh operator. Hal tersebut menyebabkan adanya *Muda* proses yaitu proses yang dilakukan secara berulang, sehingga mengakibatkan waktu terbuang (*wasting time*). Waktu yang dibutuhkan dalam proses penguncian sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1 - Waktu yang dibutuhkan dalam proses penguncian

Seq.	Process Rotate & Locking	Time (second)	Time (second) / Shift
1	Unlock rotary dolly	3	48
2	Rotate dolly 180°	5	80
3	Lock rotary dolly	3	48
Total time for lock & unlock dolly			96

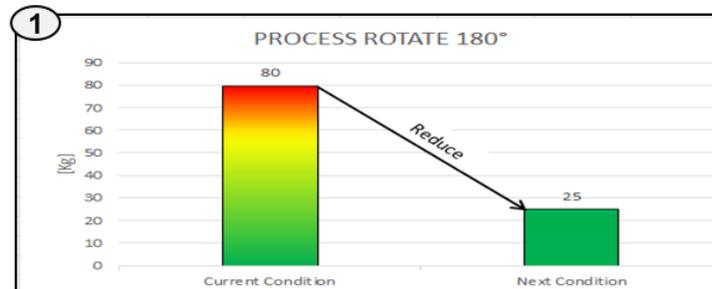
* 1 shift = 16 times

Dengan menggunakan *rotary dolly semi-automation* proses penguncian *dolly* kuning (rangka atas) menjadi otomatis, karena sistem pengunciannya didesain dengan menggunakan pegas yang dapat membuka dan menutup secara otomatis saat bagian *roller* pengunci tersebut menyentuh rel yang dipasang di sisi kanan dan kiri *rotary dolly* tersebut. Sistem penguncian tersebut menggunakan konsep *pokayoke*. Dari konsep design tersebut tentunya problem di atas dapat ditanggulangi.

Target:

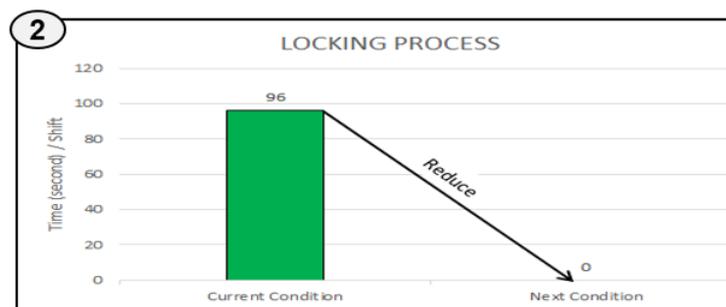
Beberapa target yang ingin dicapai setelah *redesign* terhadap *rotary dolly*, antara lain:

1. Melakukan pengurangan (*reduce*) atau bahkan meniadakan beban yang harus diterima oleh operator saat melakukan proses pemutaran *front floor* 180°. Grafik target pengurangan beban berlebih sebagaimana Gambar 4.



Gambar 4. Grafik target pengurangan (*reduce*) beban yang berlebih

2. Meniadakan proses penguncian yang dilakukan operator secara berulang yang menyebabkan *Muda* proses (*wasting time*). Grafik yang menunjukkan adanya peniadaan dalam proses penguncian *rotary dolly* sebagaimana Gambar 5.



Gambar 5. Grafik menunjukkan harus adanya peniadaan dalam proses penguncian *Rotary Dolly*

4. KESIMPULAN

Penyempurnaan *rotary dolly* dengan menggunakan konsep *semi automation* menghasilkan beberapa keuntungan dalam proses supply *front floor* ke bagian *Welding Production* di perusahaan mobil:

1. Menghilangkan Muri proses atau beban berlebih terhadap operator pada saat pemutaran *rotary dolly* 180°, dan
2. Menghilangkan *Muda* proses (*wasting time*) pada saat proses penguncian *rotary dolly* yang sebelumnya membutuhkan waktu 96 detik setiap *shift*-nya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, ST, MT Ketua Jurusan Teknik Mesin, Ibu Candra Damis Widiawaty, S.TP., M.T. Ketua Program Studi Teknik Mesin.
2. Bapak Yani K. Dept. Head LOD, Ibu Yolanda Saphira, Sect. Head Log. Weld, dan Engineering Service Staffs serta seluruh pegawai PT. TMMIN yang telah berbagi ilmu dan pengalamannya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat, Nur, *SolidWorks 3D Drafting and Design*, Jakarta: Informatika, 2014.
- [2] Juhana, Ohan; Suratman, *Menggambar Teknik Mesin dengan Standar ISO*, Jakarta: Pustaka Setia, 2012.
- [3] Pramono, A.E, "Buku Ajar Elemen Mesin I", Depok, 2017.
- [4] Sularso. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta, PT. Pradnya Paramita. 2008.
- [5] Khurmi, R. S, and J. K. Gupta, *A Text Book of Machine Design*, Ram Nagar, New Delhi, India Eurasia Publishing House, 1988.