

# PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MEKANISME CABRIOLET PADA PICKUP DOUBLE CABIN

Rendy Yuwono<sup>1)</sup>, Ninuk Jonoadji<sup>2)</sup>

Program Otomotif Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia  
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658  
E-mail : yuwono\_rendy@yahoo.com<sup>1)</sup>

## ABSTRAK

Penggunaan mobil pickup double cabin saat ini semakin marak. Pickup double cabin dapat digunakan sebagai kendaraan niaga dan kendaraan keluarga karena bagasi penyimpanan yang besar. Bagasi pickup double cabin tidak memiliki tutup sehingga penyimpanan barang tidak bisa fleksibel. Maka dilakukan perancangan mekanisme cabriolet supaya bak pickup dapat tertutup dengan aman dan memiliki kemudahan dalam membuka dan menutup bak dengan mekanisme yang dibuat. Tahap yang dilakukan untuk membuat mekanisme cabriolet dilakukan dengan mendesain menggunakan program komputer. Desain yang digunakan dengan menggunakan susunan disc dan batang yang digerakkan oleh motor DC.

Kata kunci: cabriolet, bak pickup, mekanisme

## 1. Pendahuluan (11 pt)

Kendaraan *pickup double cabin* memiliki berbagai macam fungsi yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat Indonesia. Kendaraan ini semakin banyak diminati karena memiliki fungsi ganda yaitu dapat digunakan sebagai kendaraan niaga atau sebagai kendaraan keluarga.

Kendaraan ini dapat digunakan untuk mengangkut barang untuk kepentingan niaga, ataupun untuk bepergian dengan keluarga karena terdapat 5 tempat duduk. Bak di belakang *pickup* dapat digunakan untuk tempat menyimpan barang-barang dalam bepergian, ataupun digunakan untuk mengangkut barang untuk usaha pemilik.

Bak *pickup* ini tidak memiliki penutup, sehingga pemilik kesulitan untuk menyimpan barang dari panas ataupun hujan. Jenis-jenis penutup *aftermarket* yang ada tidak memungkinkan untuk menyimpan barang dengan jumlah banyak karena model yang ditawarkan hanya dapat menutup hingga bagian bibir bak *pickup* saja.

Komponen komponen yang akan digunakan pada pembuatan dan perancangan mekanisme *cabriolet* adalah motor DC, batang-batang yang digerakkan motor DC sekaligus sebagai media untuk memasang kain penutup

Hal tersebut mendasar ide Tugas Akhir untuk melakukan desain mekanisme *cabriolet* pada bak pickup *double cabin* supaya barang yang disimpan dapat terlindungi dari sinar matahari dan hujan, dapat menyimpan barang dengan jumlah banyak, serta memberikan kenyamanan kepada pemilik kendaraan.

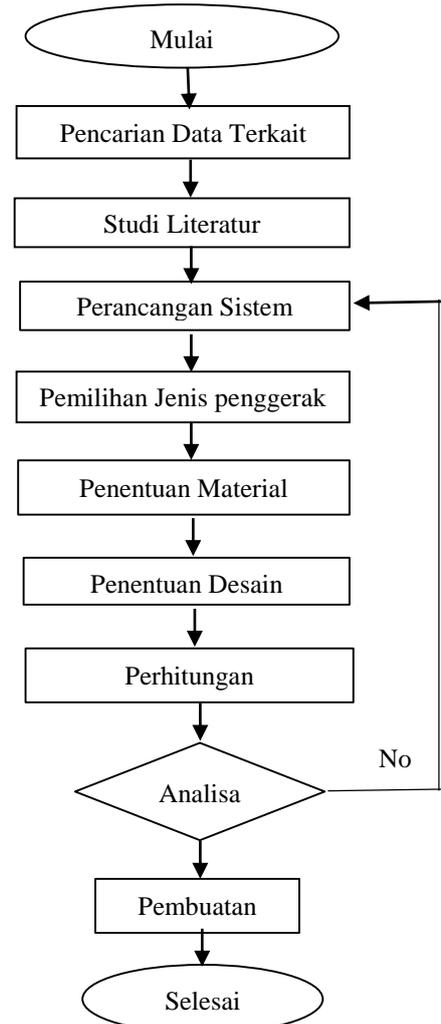
Tujuan dari pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah merancang dan membuat mekanisme *cabriolet*

Manfaat dari pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah :

1. Meningkatkan keamanan barang bawaan dari panas dan hujan
2. Dapat menyimpan barang lebih banyak dibandingkan jenis penutup *aftermarket* yang ada

## 2. Metode Penelitian

Dalam menyusun Tugas Akhir ini dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan Metode Penelitian

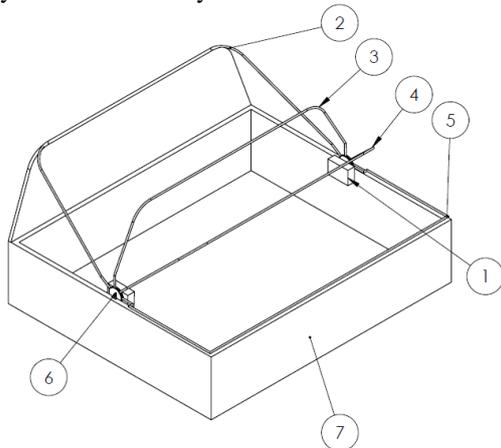
### 3. Hasil dan Pembahasan

Mekanisme cabriolet ini akan dibuat dengan menggunakan susunan batang yang direkatkan pada susunan *disc* dengan material stainless steel 304 dan dikopel dengan motor DC dan *gearbox*.

Komponen batang akan direkatkan pada bagian *mounting disc* dan akan ikut bergerak ketika disc 4 digerakkan oleh motor DC.

Bagian *disc* 2 dan *disc* 3 diberi takikan supaya bagian disc dapat bergerak sesuai urutannya dan dapat memposisikan batang sesuai perencanaan.

Mekanisme *cabriolet* ini dibuat supaya dapat melakukan gerakan buka dan tutup selama 20 detik untuk menghindari pergerakan mekanisme yang terlalu cepat supaya tidak membahayakan.



Gambar 2. Alat yang Dibuat

Gambar diatas merupakan gambar rancangan dan komponen yang terdapat pada mekanisme *cabriolet*. Berikut ini adalah penjelasan dari bagian yang ditunjuk nomor-nomor diatas :

1. Motor DC dan *gearbox*
2. Batang 1
3. Batang 2
4. Batang 3
5. Batang 4
6. Susunan *Disc*
7. Bak

Komponen bak digunakan sebagai tempat meletakkan komponen susunan disc, batang, motor DC, dan *gearbox*.

Komponen batang digunakan sebagai tempat melekatnya *fabric* penutup bak.

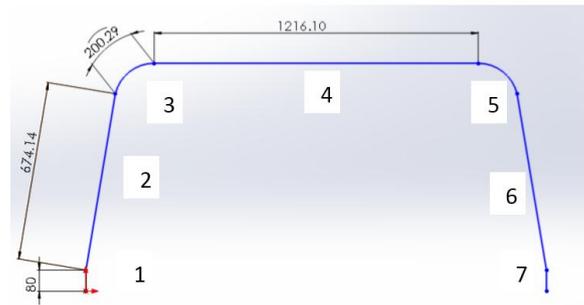
Susunan *disc* diatur supaya bagian *disc* 4 akan bergerak terlebih dahulu dan diikuti *disc* 3 dan *disc* 2 dan menggerakkan komponen batang yang melekat pada *mounting disc*.

Motor DC akan dikopel dengan *gearbox* supaya terjadi reduksi putaran, dan menggerakkan *disc* 4.

#### A. Perhitungan Titik Berat Batang

Bumi mengerjakan gaya pada setiap partikel yang membentuk suatu benda. Hal ini menyebabkan gaya-gaya kecil yang terdistribusi diseluruh bagian benda itu [1]. Titik berat batang perlu diketahui supaya dapat diketahui berapa besar kebutuhan torsi mekanisme.

#### • Batang 1



Gambar 3. Batang 1

Tabel 1. Data Perhitungan Titik Berat Batang 1

komponen	Volume, cm <sup>3</sup>	X, cm	Y, cm	x.V	y.V	L, cm
1	6.3	0	4	0.0	25.1	8.0
2	52.9	5.5	41.2	291.0	2179.9	67.4
3	15.7	16.1	80.5	252.8	1263.9	20.0
4	95.5	86.4	86	8247.4	8209.2	121.6
5	15.7	156.7	80.5	2460.2	1263.9	20.0
6	52.9	167	41.2	8835.8	2179.9	67.4
7	6.3	173	4	1086.4	25.1	8.0
$\Sigma V=245.2$				$\Sigma x.V=21173.6$	$\Sigma y.V=15146.9$	

Titik berat pada sumbu x :

$$X \cdot \Sigma V = \Sigma x \cdot V \quad (1)$$

$$X \cdot 245,2 \text{ cm}^3 = 21173,6 \text{ cm}^4$$

$$X = \frac{21173,6}{245,2} = 86,3 \text{ cm}$$

Titik berat pada sumbu y :

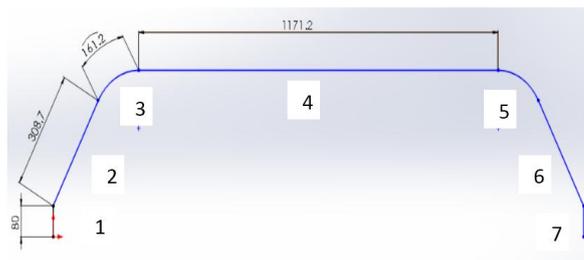
$$Y \cdot \Sigma V = \Sigma y \cdot V \quad (2)$$

$$Y \cdot 245,2 \text{ cm}^3 = 15146,9 \text{ cm}^4$$

$$Y = \frac{15146,9}{245,2} = 61,8 \text{ cm}$$

Titik berat batang 1 terletak pada koordinat (86,3;61,8)

#### • Batang 2



Gambar 4. Batang 2

Tabel 2. Data Perhitungan Titik Berat Batang 2

Komponen	Volume, cm <sup>3</sup>	X, cm	Y, cm	x.V	y.V	L
1	6.3	0	4	0.0	25.1	8
2	24.3	7.4	21.6	179.5	523.9	30.9
3	12.6	18.4	37.5	232.5	473.9	16.1
4	91.9	86.4	43	7942.2	3952.7	117.1
5	12.6	154.5	37.5	1952.6	473.9	16.1
6	24.3	165.5	21.6	4014.5	523.9	30.9
7	6.3	173	4	1086.4	25.1	8
$\Sigma V=178.3$				$\Sigma x.V=15407.8$	$\Sigma y.V=5998.7$	

Titik berat pada sumbu x, menggunakan persamaan (1):

$$X = 86,4 \text{ cm}$$

Titik berat pada sumbu y menggunakan persamaan

(2):

$$Y = 33,6 \text{ cm}$$

Titik berat batang 2 terletak pada koordinat (86,4;33,6)

- Batang 3



Gambar 5. Batang 3

Tabel 3. Data Perhitungan Titik Berat Batang 3

Komponen	Volume, cm <sup>3</sup>	X, cm	Y, cm	x.V	y.V	L, cm
1	6.3	0	4	0	25.1	8
2	29.3	7	25.3	205	740.8	37.3
3	14	18.4	46.5	257.1	649.7	17.8
4	91.9	86.4	52	7942.2	4780	117.1
5	14	154.5	46.5	2158.8	649.7	17.8
6	29.3	166	25.3	4860.6	740.8	37.3
7	6.3	173	4	1086.4	25.1	8
$\Sigma V=191$				$\Sigma x.V=16510.1$	$\Sigma y.V=7611.3$	

Titik berat pada sumbu x, menggunakan persamaan (1):

$$X = 86,4 \text{ cm}$$

Titik berat pada sumbu y menggunakan persamaan

(2):

$$Y = 40 \text{ cm}$$

Titik berat batang 3 terletak pada koordinat (86,4;40)

- Batang 4



Gambar 6. Batang 4

Tabel 4. Data Perhitungan Titik Berat Batang 4

Komponen	Volume, cm <sup>3</sup>	X, cm	Y, cm	x.V	y.V	L, cm
1	6.3	2.5	4	15.7	25.1	8
2	19.6	1.2	8	23.6	157.0	25
3	47.5	0	38.2	0.0	1814.2	60.5
4	139.7	89	68.5	12436.0	9571.5	178
5	47.5	178	38.2	8453.7	1814.2	60.5
6	19.6	176.8	8	3469.7	157.0	25
7	6.3	175.5	4	1102.1	25.1	8
$\Sigma V=286.5$				$\Sigma x.V=25500.7$	$\Sigma y.V=13564.2$	

Titik berat pada sumbu x, menggunakan persamaan (1):

$$X = 89 \text{ cm}$$

Titik berat pada sumbu y menggunakan persamaan

(2):

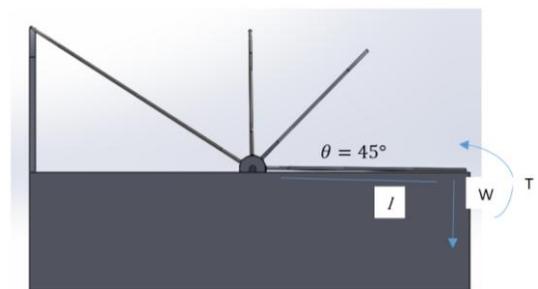
$$Y = 47.3 \text{ cm}$$

Titik berat batang 4 terletak pada koordinat (89;47,3)

### B. Torsi untuk Menggerakkan Batang

Torsi yang dibutuhkan berbeda-beda tiap posisi batang. Torsi terbesar terjadi ketika mekanisme melakukan gerakan buka.

- Posisi 1



Gambar 7. Rangkaian Batang Posisi 1

Pada posisi 1 batang 4 yang digerakkan motor berada pada sudut 0°. Torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan batang 4 pada posisi 1:

$$\Sigma T = I \cdot \alpha \quad (3)$$

$$T - W \cdot l = I \cdot \alpha$$

$$T = I \cdot \alpha + W \cdot l$$

Momen Inertia batang 4 :

$$I_4 = \frac{1}{3} ml^2 \quad (4)$$

$$I_4 = \frac{1}{3} \cdot 2kg \cdot (0,68m)^2 = 0,3kgm^2$$

Percepatan sudut :

$$\omega_t = \omega_0 + \alpha \cdot t \quad (5)$$

$$\omega_t - \omega_0$$

$$\alpha = \frac{t}{t}$$

$$\alpha = \frac{0,03\pi rad/s - 0}{0.7s}$$

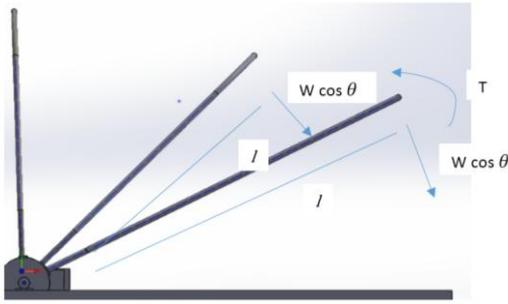
$$\alpha = 0,13 rad/s^2$$

Torsi yang dibutuhkan :

$$T = I_4 \cdot \alpha + W_4 \cdot l_4 \quad (6)$$

$$T = 0,3kgm^2 \cdot 0,13 \frac{rad}{s^2} + 19,6N \cdot 0,47m = 9,2Nm$$

- Posisi 2



Gambar 8. Rangkaian Batang Posisi 2

Pada posisi 2, torsi yang dibutuhkan untuk mengangkat 2 batang lebih besar daripada 1 batang. Pada saat batang 4 mencapai sudut 25° maka batang 3 pada sudut 45° juga akan ikut bergerak.

$$\sum T = I \cdot \alpha$$

$$T - W_4 \cos \theta \cdot l_4 - W_3 \cos \theta \cdot l_3 = I \cdot \alpha$$

$$T = W_4 \cos \theta \cdot l_4 + W_3 \cos \theta \cdot l_3 + I_3 \cdot \alpha + I_4 \cdot \alpha$$

Torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan batang 4 dan 3 pada posisi 2:

Momen Inertia batang 3, menggunakan persamaan (4):

$$I_3 = 0,13 \text{ kgm}^2$$

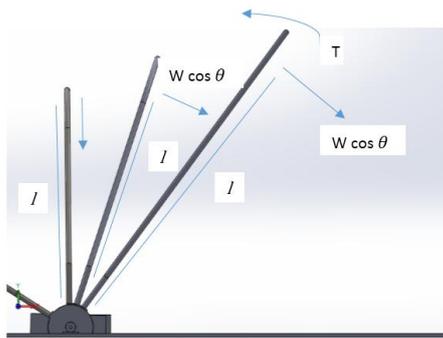
Torsi yang dibutuhkan :

$$T = I_3 \cdot \alpha + I_4 \cdot \alpha + W_3 \cos \theta \cdot l_3 + W_4 \cos \theta \cdot l_4$$

$$T = 0,13 \text{ kgm}^2 \cdot 0,13 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} + 0,3 \text{ kgm}^2 \cdot 0,13 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} + 14,7 \text{ N} \cos(45) \cdot 0,4 \text{ m} + 19,6 \text{ N} \cos(25) \cdot 0,47 \text{ m}$$

$$T = 12,6 \text{ Nm}$$

- Posisi 3



Gambar 9. Rangkaian Batang Posisi 3

Pada posisi 3 batang 4 menggerakkan batang 3 dan batang 2. Batang 4 berada pada posisi 54°, batang 3 pada posisi 72°, dan batang 2 pada posisi 90°.

$$\sum T = I \cdot \alpha$$

$$T - W_4 \cos \theta \cdot l_4 - W_3 \cos \theta \cdot l_3 - W_2 \cos \theta \cdot l_2 = I \cdot \alpha$$

$$T = W_2 \cos \theta \cdot l_2 + W_3 \cos \theta \cdot l_3 + W_4 \cos \theta \cdot l_4 + I_2 \cdot \alpha + I_3 \cdot \alpha + I_4 \cdot \alpha$$

Momen Inertia batang 2, menggunakan persamaan (4):

$$I_2 = 0,08 \text{ kgm}^2$$

Torsi yang dibutuhkan :

$$T = I_2 \cdot \alpha + I_3 \cdot \alpha + I_4 \cdot \alpha + W_2 \cos \theta \cdot l_2 + W_3 \cos \theta \cdot l_3 + W_4 \cos \theta \cdot l_4$$

$$T = 0,08 \text{ kgm}^2 \cdot 0,13 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} + 0,13 \text{ kgm}^2 \cdot 0,13 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} + 0,3 \text{ kgm}^2 \cdot 0,13 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} + 13,7 \text{ N} \cos(90) \cdot 0,33 \text{ m} + 14,7 \text{ N} \cos(72) \cdot 0,4 \text{ m} + 19,6 \text{ N} \cos(54) \cdot 0,47 \text{ m}$$

$$T = 7,3 \text{ Nm}$$

Dari perhitungan diatas torsi terbesar terjadi ketika mekanisme buka pada posisi 2 dengan torsi sebesar 12,6 Nm

### C. Torsi Motor dan Gearbox

Dengan kebutuhan torsi 12,6 Nm dan jarak 130° atau 2,2 radian yang dapat ditempuh dalam waktu 20 detik, maka spesifikasi motor yang diperlukan adalah :

$$\theta = \omega \cdot t \quad (7)$$

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2,2 \text{ rad}}{20 \text{ s}} = 0,11 \text{ rad/s}$$

$$P = T \cdot \omega = 12,6 \text{ Nm} \cdot 0,11 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1,26 \text{ Watt}$$

Torsi minimal motor yang diperlukan adalah sebesar 1,26 Watt dengan kecepatan sudut sebesar 0,11 rad/s.

Torsi motor yang digunakan adalah :

$$P_e = V \cdot I \quad (8)$$

$$P_e = 12 \text{ V} \cdot 7 \text{ A} = 84 \text{ Watt}$$

$$P_m = P_e \cdot \eta_m = 84 \text{ Watt} \cdot 0,7 = 58,8 \text{ Watt}$$

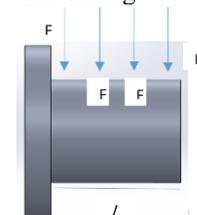
$$T = \frac{P_m \cdot 60}{2\pi \cdot n} \quad (9)$$

$$T = \frac{58,8 \cdot 60}{2\pi \cdot 40} = 14 \text{ Nm}$$

Dari hasil perhitungan maka dilakukan penyesuaian sesuai spesifikasi motor yang ada, motor yang dipilih memiliki daya sebesar 84 Watt dengan putaran 40 RPM. Supaya motor yang dipilih dapat mencapai kecepatan sudut yang diinginkan, yaitu sebesar 0,1 rad/s atau 1 RPM maka dilakukan reduksi kecepatan dengan mengkopel motor DC dengan gearbox 40:1

### D. Tegangan Bending dan Geser pada Poros

Tegangan *bending* adalah tegangan yang dapat menyebabkan benda melengkung [2]. Tegangan geser adalah tegangan dengan arah gaya yang sejajar dengan luas penampang benda. Kedua gaya ini terjadi pada poros karena menahan beban batang.



Gambar 10. Poros terkena gaya

Tegangan bending yang terjadi :

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \quad (10)$$

$$\sigma = \frac{0,55 \text{ Nm} \cdot 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{954,26 \cdot 10^{-12} \text{ m}^4} = \frac{3,46 \times 10^6 \text{ Nm}^2}{\text{m}^4} =$$

$$\sigma = 3.460.000 \text{ Pa}$$

Tegangan geser yang terjadi :

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (11)$$

$$\tau = \frac{21,2\text{N} + 15,2\text{N} + 16,1\text{N} + 21,1\text{N}}{84,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 870000 \text{ Pa}$$

#### E. Tegangan Ijin per cm Panjang Kaki Las

Sambungan Las digunakan pada bagian poros, disc, dan batang. Dengan menghitung resultan gaya yang bekerja pada las, dapat ditentukan berapa besar kaki las yang dibutuhkan. Tegangan ijin per cm panjang kaki las untuk ER 308 adalah :

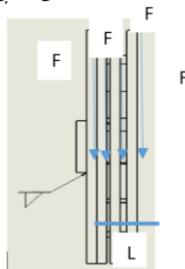
$$p = 0,3 \cdot \text{UTS} \cdot 0,707 \cdot t \quad (12)$$

$$p = 0,3 \cdot 550 \cdot \frac{10^6 \text{ N}}{\text{m}^2} \cdot 0,707 \cdot 0,48 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$p = \frac{56 \cdot 10^4 \text{ N}}{\text{m}} = \frac{56 \cdot 10^4}{10^{-2} \text{ cm}} = 5600 \text{ N/cm}$$

- Tegangan pada las bagian disc 4

Pada bagian ini terjadi 2 tegangan, yaitu tegangan *bending* dan tegangan geser



Gambar 11. Bagian Disc yang di Las

Tegangan geser :

$$f_s = \frac{P}{A_w} = \frac{77 \text{ N}}{5 \text{ cm}} = 15,4 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

Tegangan *bending* :

$$M = P1 \cdot l + P2 \cdot l + P3 \cdot l + P4 \cdot l =$$

$$M = 21,2\text{N} \cdot 4,5 \times 10^{-3} \text{ m} + 15,2\text{N} \cdot 8,5 \times 10^{-3} \text{ m} + 16,1\text{N} \cdot 12,5 \times 10^{-3} \text{ m} + 21,1\text{N} \cdot 16,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$M = 774 \cdot 10^{-3} \text{ Nm} = 0,8 \text{ Nm} = 0,8 \cdot 100 \text{ Ncm} = 80 \text{ Ncm}$$

$$f_b = \frac{M}{S_w} = \frac{80 \text{ Ncm}}{4,17 \text{ cm}^2} = 19,2 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

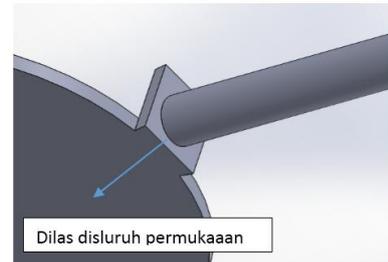
Resultan tegangan :

$$f_r = \sqrt{f_s^2 + f_b^2} = \sqrt{15,4^2 + 19,2^2} = \sqrt{605,8}$$

$$= 24,6 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

- Tegangan Las pada Mounting

Pada bagian ini terjadi tegangan *twisting*, *bending*, dan geser



Gambar 12. Las pada Mounting

Tegangan *twisting* :

$$T = W \cdot l = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 89 \text{ cm} = 1744,4 \text{ Ncm}$$

$$c = 0,5 \text{ cm}$$

$$f_t = \frac{T \cdot c}{J_w} = \frac{1744,4 \text{ Ncm} \cdot 0,5 \text{ cm}}{0,78 \text{ cm}^3} = 1118,2 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

Tegangan *bending* :

$$M = W \cdot l = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 47 \text{ cm} = 921,2 \text{ Ncm}$$

$$f_b = \frac{M}{S_w} = \frac{921,2 \text{ Ncm}}{0,78 \text{ cm}^2} = 1181 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

Tegangan geser :

$$f_s = \frac{F}{A_w} = \frac{19,6 \text{ N}}{3,14 \text{ cm}} = 6,24 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

Resultan tegangan :

$$\sqrt{f_s^2 + f_b^2 + f_t^2} =$$

$$= \sqrt{6,24^2 \frac{\text{N}^2}{\text{cm}^2} + 1181^2 \frac{\text{N}^2}{\text{cm}^2} + 1118,2^2 \frac{\text{N}^2}{\text{cm}^2}}$$

$$= \sqrt{2645171,2} = 1626,4 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

Panjang kaki las yang dibutuhkan :

$$w = \frac{f_r}{p} = \frac{1626,4 \text{ N}}{5600 \frac{\text{N}}{\text{cm}}} = 0,3 \text{ cm}$$

- Tegangan Las pada Batang Penggerak

Pada bagian ini terjadi tegangan geser dan *bending*



Gambar 13. Bagian Disc yang di Las

Tegangan geser :

$$f_s = \frac{F}{A_w} = \frac{19,6 \text{ N} + 14,7 \text{ N}}{3 \text{ cm}} = 11,4 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

Tegangan *bending* :

$$M = W \cdot l = 19,6N \cdot 47,3 \text{ cm} + 14,7N \cdot 40 \text{ cm}$$

$$= 927 \text{ Ncm} + 588 \text{ Ncm} = 1515 \text{ Ncm}$$

$$f_b = \frac{M}{S_w} = \frac{1515 \text{ Ncm}}{4,5 \text{ cm}^2} = 336,7 \frac{N}{\text{cm}}$$

Resultan tegangan :

$$f_r = \sqrt{f_s^2 + f_b^2} = \sqrt{11,4 \frac{N}{\text{cm}}^2 + 336,7 \frac{N}{\text{cm}}^2}$$

$$= \sqrt{113496,8} = 336 \frac{N}{\text{cm}}$$

Panjang kaki las yang dibutuhkan :

$$w = \frac{f_r}{p} = \frac{336 \frac{N}{\text{cm}}}{5600 \frac{N}{\text{cm}}} = 0,06 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat panjang kaki las minimal, apabila hasil yang didapat lebih kecil dari acuan yang ada, maka panjang kaki las yang digunakan menggunakan standart sesuai tabel berikut :

**Tabel 5.** Ukuran kaki las untuk tebal plat tertentu.

Plate thickness (in)	Minimum leg size for fillet weld (in)
≤ 1/2	3/16
> 1/2-3/4	1/4
> 3/4-1 1/4	5/16
> 1 1/2-2 1/4	3/8
> 2 1/2-6	1/2
> 6	5/8

#### 4. Kesimpulan

Mekanisme *Cabriolet* dirancang supaya dapat melindungi barang bawaan dari panas dan hujan serta meningkatkan kenyamanan penumpang. Penyimpanan barang lebih dapat dioptimalkan dengan desain *cabriolet* ini. Dengan adanya mekanisme *cabriolet* barang yang disimpan di bak dapat terlindung dari panas dan hujan. Untuk mencapai tujuan ini digunakan komponen batang dan disc yang disambung dengan metode las. Dari hasil perhitungan sambungan las dapat menahan beban dari batang dan disc. Spesifikasi motor DC yang digunakan memiliki daya sebesar 84 Watt. Dengan menggunakan motor DC yang dikopel dengan gearbox sebagai penggerak mekanisme, dapat dicapai kecepatan sudut sebesar 0,1 radian/s dan kebutuhan torsi sebesar 12,6 Nm dapat tercukupi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini, terutama kepada dosen pembimbing, keluarga, teman-teman, dan saudara sekalian.

#### 5. Daftar Pustaka

1. Beer, F. P., Mekanika Untuk Insinyur, edisi keempat, Erlangga, Jakarta, 1996.
2. Beer, F. P., Mechanics of Material, edisi keenam, McGrawHill, New York, 2012.