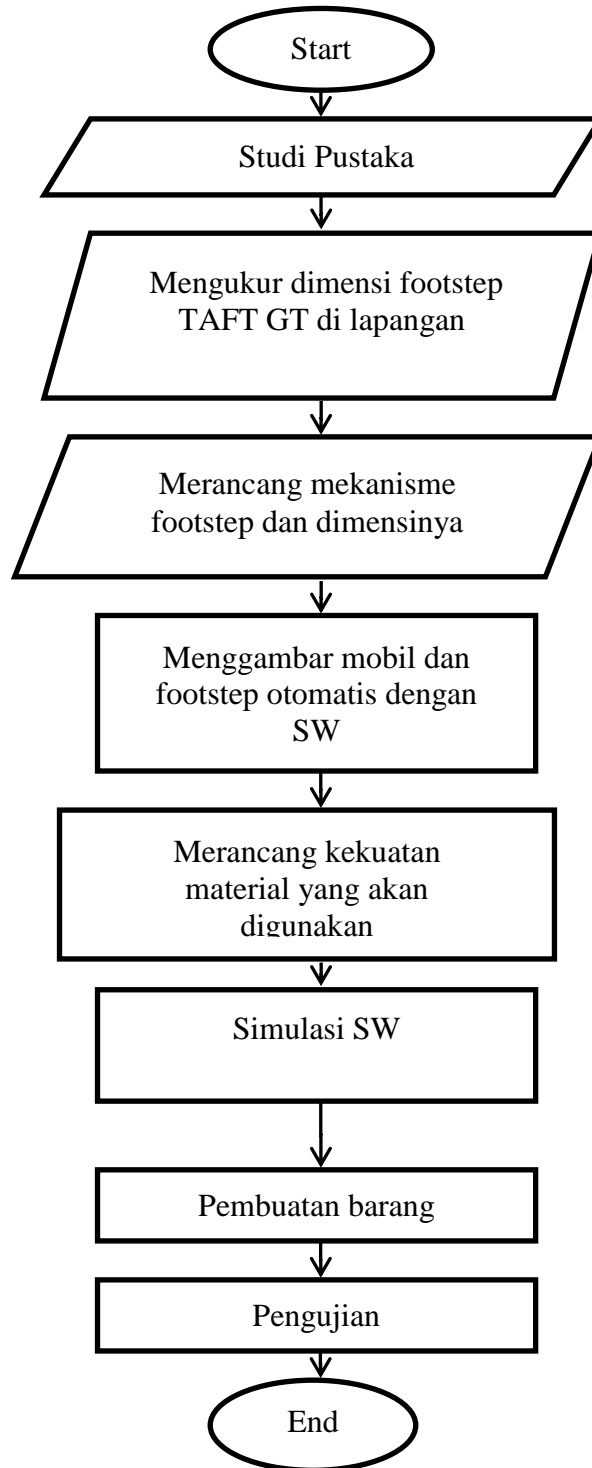


### 3. PERANCANGAN SISTEM *FOOTSTEP* OTOMATIS

#### 3.1 Metodologi perancangan



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Berikut ini merupakan penjelasan dari diagram alir pengujian pada Gambar 3.1 di atas:

1. Studi Pustaka

Mempelajari berbagai informasi *footstep* yang ada dan berbagai macam mekanisme yang memungkinkan.

2. Mengukur dimensi *footstep* TAFT GT dilapangan

Mengukur dimensi papan *footstep* pada umumnya dan mengukur ruang yang tersedia pada *side bumper* taft gt beserta ground clearance.

3. Merancang mekanisme *footstep* dan dimensinya

Melakukan perancangan mekanisme dan dimensi yang sesuai dengan *side bumper* mobil untuk menjawab masalah yang ada.

4. Menggambar mobil dan *footstep* otomatis dengan *solidwork*

Menggambar mobil dan *footstep* otomatis sesuai dengan dimensi yang telah diukur dan dirancang sebelumnya beserta mekanismenya.

5. Merancang kekuatan material yang akan digunakan

Melakukan perancangan material yang sesuai dengan perhitungan yang ada. Maka material yang akan digunakan dijamin keamanannya dengan perhitungan yang telah dibuat.

6. Simulasi SW

Melakukan pengujian simulasi pemberian beban pada *footstep* otomatis melalui SW guna pembuktian hasil dari perhitungan matematis.

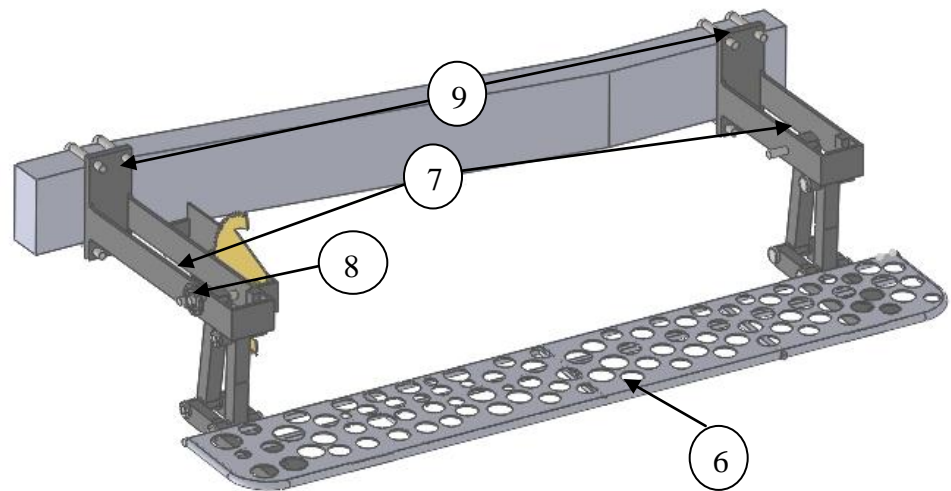
7. Pembuatan barang

Setelah mendapatkan hasil simulasi SW bahwa material ini aman maka melakukan proses pembuatan barang.

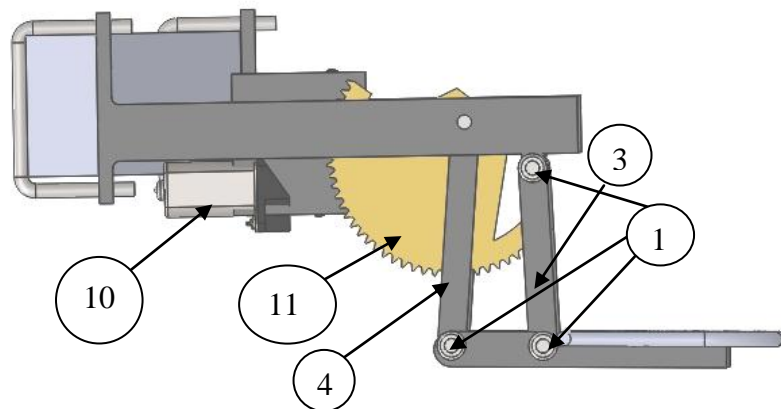
8. Pengujian

Barang yang telah jadi akan dilakukan pengujian. Pengujian operasional, pengujian pembebanan dan pengujian waktu buka tutup *footstep* otomatis.

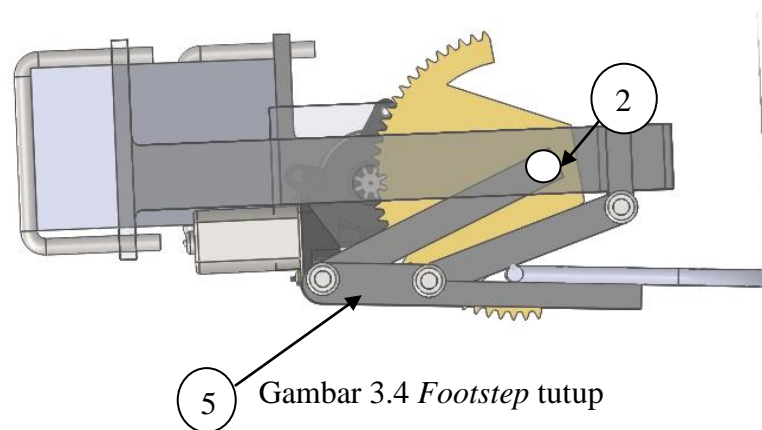
### 3.1.1 Mekanisme *Footstep* Otomatis Yang Digerakan



Gambar 3.2 *Footstep* otomatis



Gambar 3.3 *Footstep* buka



Gambar 3.4 *Footstep* tutup

Keterangan:

1. *AS Engsel*
2. *AS penggerak*
3. *Lengan penopang papan footstep*
4. *Lengan penggerak*
5. *Holder Papan footstep*
6. *Papan footstep*
7. *Sambungan braket arm*
8. *U-Bolt*
9. *Pegas spiral*
10. *Motor*
11. *Gigi busur*

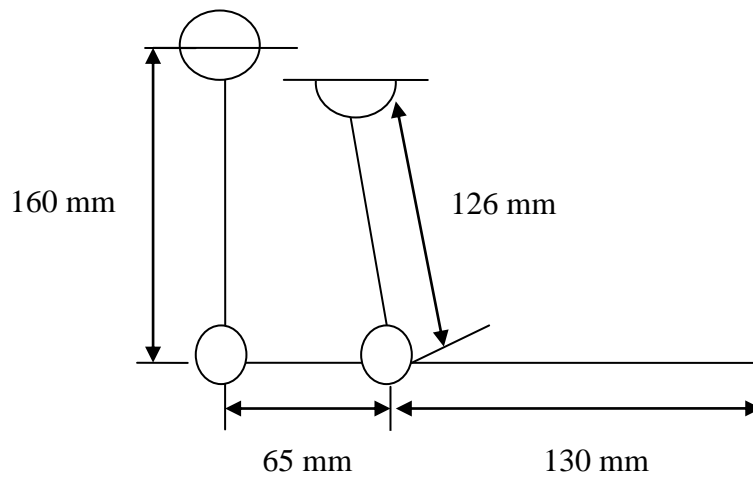
Pada Gambar 3.3 ketika *footstep* dalam posisi terbuka maka *footstep* dapat dipijak oleh penumpang yang akan naik ke dalam mobil, selanjutnya pada Gambar 3.4 dapat dilihat ketika posisi *footstep* menutup.

*Footstep* ini dirancang agar dapat terbuka dan tertutup secara otomatis dengan pemicunya adalah saklar pintu. Mekanisme *footstep* ini bertumpu pada lengan penopang dan lengan penggerak. *Footstep* ini dapat membantu penumpang untuk masuk kedalam mobil tanpa membuat *footstep* menabrak pada *separator busway* maupun trotoar ketika mobil berjalan dan melindungi side bumper mobil dari tabrakan.

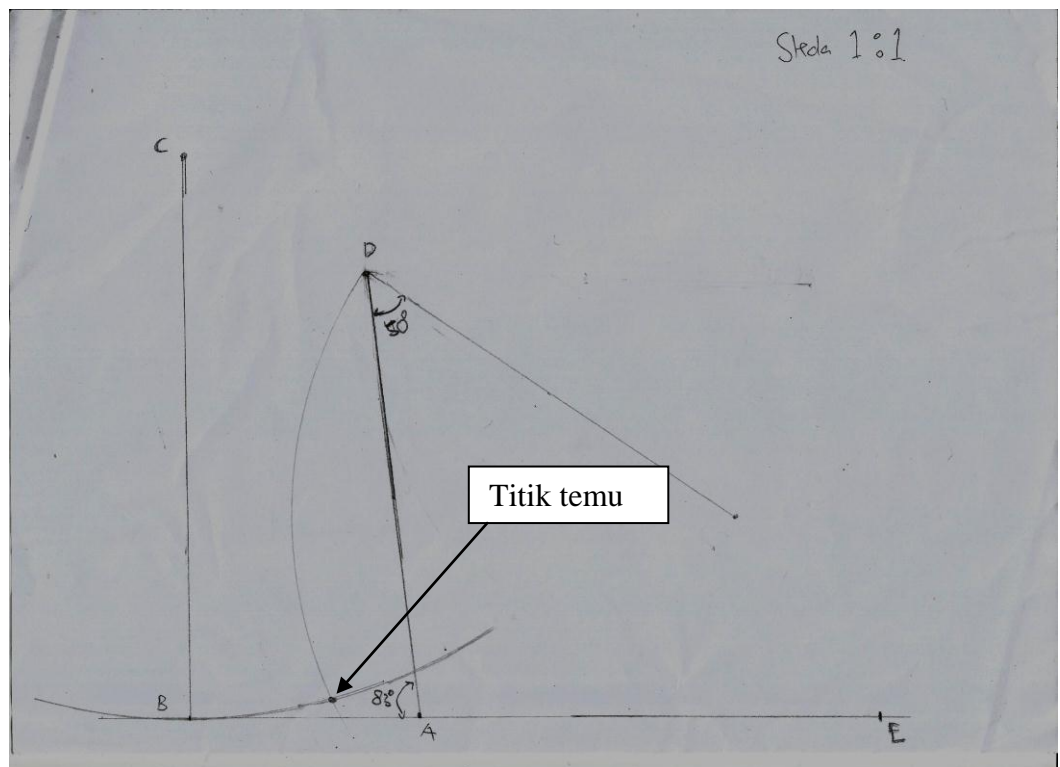
Prinsip kerja alat ini adalah *footstep* yang dipijak dapat terlipat dan tersembunyi di dalam *side bumper* mobil. Motor DC berfungsi sebagai penggerak *footstep* ini agar dapat membuka dan menutup sesuai kegunaannya. Dimana motor DC meneruskan gaya ke *arc gear* (gigi busur) dan gigi busur meneruskan gaya ke lengan penggerak, sehingga papan *footstep* dapat bergerak sesuai keinginan dan kemampuan fungsional.

Untuk menjaga agar mekanisme buka tutup *footstep* dapat berjalan dengan sempurna, maka harus menggunakan as engsel sebagai media agar *footstep* tersebut mampu bergerak sesuai mekanismenya. Lengan penopang beban berfungsi untuk menahan *footstep* dalam keadaan terbuka sehingga mampu untuk

menahan beban pijakan. Lengan penopang inilah yang menjadi media antara lengan penopang bawah dan as lengan penopang atas yang merupakan tumpuan utama dari *footstep* tersebut.



Gambar 3.5 Dimensi lengan



Gambar 3.6 Analisa kinematika lengan

Perancangan dimensi sistem mekanik *footstep* otomatis ini didasarkan pada analisa kinematika lengan. Pada Gambar 3.5 dapat dilihat bahwa adanya titik

temu yang menandakan mekanisme ini dapat bekerja dengan baik. Skala Gambar asli yang digunakan adalah 1:1 dengan ukuran nyata *footstep* yang akan dirancang.

Komponen yang akan digerakan oleh penggerak dibuat sedemikian rupa sesuai dengan pertimbangan sebagai berikut.

1. Pertimbangan kekuatan material
2. Pertimbangan desain
3. Pertimbangan kinematic

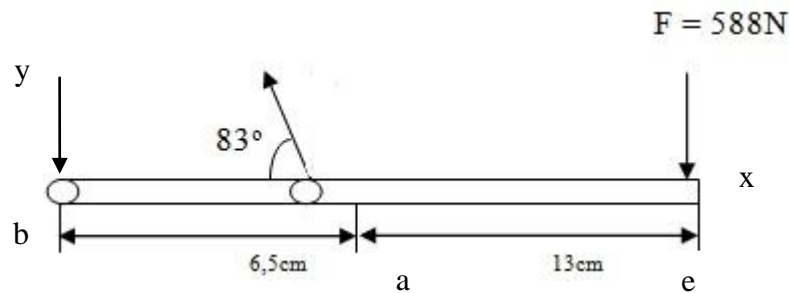
Pertimbangan desain yang dibuat didasarkan kepada adanya sumber daya komponen yang tersedia, keterjangkauan biaya dan selera desain. Pertimbangan kekuatan material didasarkan pada kemampuan komponen ini untuk menerima tegangan pada material yang digunakan sehingga system *footstep* otomatis ini aman untuk digunakan. Pertimbangan kinematic didasarkan kepada kemampuan mekanisme system ini supaya mampu bergerak sesuai keinginan yaitu tertutup atau tersembunyi di dalam *side bumper* dan terbuka agar dapat dipijak oleh penumpang yang akan naik ke dalam mobil.

### 3.1.2 Gaya yang bekerja pada lengan

Untuk menghitung kekuatan dari lengan penopang dan lengan penggerak beserta asnya, maka perlu untuk mencari tahu gaya yang bekerja pada lengan penopang dan lengan penggerak. Sehingga perlu dilakukan pengujian berat yang akan ditanggung oleh masing-masing komponen ini. Didapatkan berat maksimum yang ditentukan adalah 110kg untuk penumpang dan 10 kg untuk berat papan *footstep* sehingga ditemukan total berat yang dibebankan pada lengan penggerak dan lengan penopang ini sebesar 120kg. Oleh karena sistem *footstep* ini memiliki 2 pemegang papan *footstep*, maka beban yang bekerja  $120\text{kg} : 2$  yaitu 60kg. maka beban yang bekerja pada masing-masing holder papan *footstep* sebesar:

$$W = 60\text{kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 588 \text{ N}$$

Besar gaya  $F$  yang digunakan untuk melakukan perencanaan adalah sebesar 588N.



Gambar 3.7 Pembebanan gaya

$$\Sigma M_b = 0$$

$$60 \times 9,8 \times (130\text{mm} + 65\text{mm}) - F_a \sin 83^\circ \times 65\text{mm} = 0$$

$$F_a = 1777,2 \text{ N}$$

Jadi gaya yang bekerja pada batang a sebesar 1777,2 N

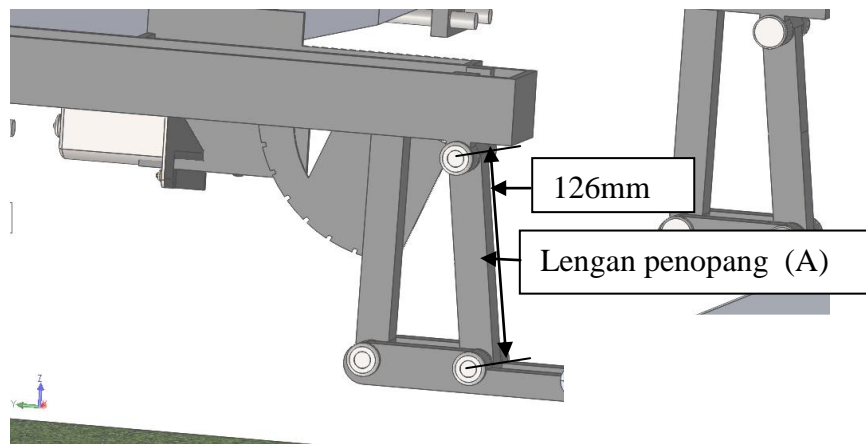
$$\Sigma M_a = 0$$

$$60 \times 9,8 \times 130\text{mm} - F_b \times 65 \text{ mm} = 0$$

$$F_b = 1176 \text{ N}$$

Jadi gaya yang bekerja pada batang b sebesar 1176 N

### 3.1.3 Perencanaan lengan penopang papan *footstep*



Gambar 3.8 *Detail* lengan penopang papan *footstep*

Lengan ini akan dirancang sebagai sambungan as untuk menahan beban penumpang dengan menggunakan besi hollow sehingga lebih efisien. Efisien yang dimaksud adalah efisien harga dan efisien berat. Dimensi dari lengan ini 126 mm x 50 mm x 50 mm dengan tebal plat 5 mm dimana dimensi ukuran hollow ini ditentukan berdasarkan selera desain. Untuk mengetahui kemampuan lengan ini, menggunakan defleksi. Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi.

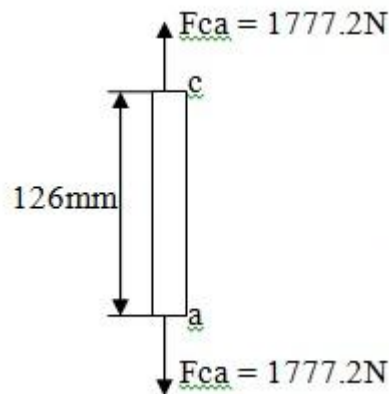
Hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu:

1. kekakuan batang
2. besarnya kecil gaya yang diberikan
3. jenis tumpuan yang diberikan
4. jenis beban yang terjadi pada batang

Berdasarkan acuan dari buku “*Property of common engineering*” modulus elastisitas (E) dari besi astm a-48 adalah 70gpa. Gaya (P) yang digunakan adalah gaya yang bekerja pada batang astm a-48 dan sudah ditemukan

sebesar 1777.2N pada Gambar 3.6. Panjang lengan (L) yang digunakan adalah panjang lengan penopang papan ini yang sudah ditentukan melalui analisa kinematika sebesar 126mm. Luas besi hollow (A) adalah luasan dari besi hollow yang sudah ditentukan menurut selera desain sebesar 116mm<sup>2</sup>. menghitung luas hollow didapat dari luasan luar batang dikurangi luasan batang dalam yang telah dikurangi tebal plat setebal 2mm. yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Luas batang hollow} &= \text{Luasan luar} - \text{luasan dalam} \\ &= (30\text{mm} \times 30\text{mm}) - (28\text{mm} \times 28\text{mm}) = 116 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$



Gambar 3.9 Gaya lengan penopang papan

Rumus yang digunakan adalah dan perhitungannya sebagai berikut:

Dimana:  $\delta$  :Defleksi pada lengan ini.

P :Fca sebesar 1777,2 N.

L :Panjang lengan penopang ini sebesar 126 mm.

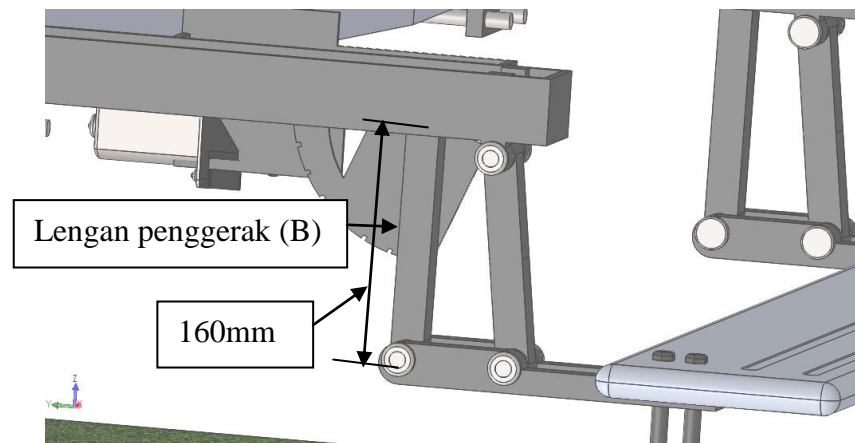
A :Luasan besi hollow sebesar 116 mm<sup>2</sup>

E : Modulus elastisitas dari besi astm a48 sebesar 70Gpa.

$$\begin{aligned} \delta &= PL/AE \\ &= 1777,2 \text{ N} \times 126\text{mm} / 116 \text{ mm}^2 \times (70 \times 10^9 \text{pa}) \\ &= 1777,2 \text{ N} \times 0.126\text{m} / 116 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times (70 \times 10^9 \text{pa}) \\ &= 2.757 \times 10^{-5} \text{m} \\ &= 0.02757 \text{ mm} \downarrow \end{aligned}$$

Angka yang ditemukan adalah 0.02757 mm , defleksi yang terjadi terlalu kecil sehingga lengan ini aman. Jadi lengan penopang papan ini akan menggunakan plat balok dengan dimensi 126x30mmx30mm dengan bentuk rectangular hollow tebal plat 2mm dengan bahan material yang digunakan adalah *iron* ASTM a48.

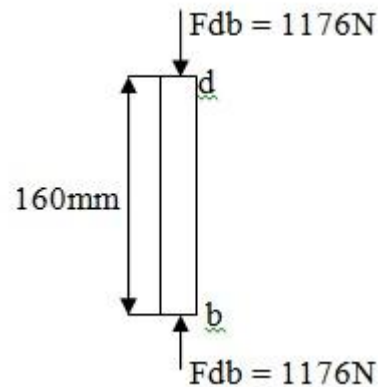
### 3.1.4 Perencanaan lengan penggerak



Gambar 3.10 Detail lengan penggerak

Lengan ini akan menggerakkan mekanisme *footstep* yang bersumber dari motor dan diteruskan oleh gigi busur. Lengan penggerak ini akan dirancang dengan bentuk rectangular hollow. Dimensi dari lengan ini 160mm x 30mm x 30mm dengan tebal plat 2mm berdasarkan selera desain. Untuk mengetahui kemampuannya menggunakan defleksi.

Dengan acuan dari buku “*property of common engineering*” modulus elastisitas (E) dari *iron* astm a48 sebesar 70gpa. Gaya (P) yang bekerja pada lengan penggerak ini sudah ditemukan sebesar 1176N. Panjang lengan penggerak (L) sebesar 160mm berdasarkan penentuan ukuran dari analisa kinematika. Luas besi hollow (A) sebesar 116mm<sup>2</sup> sama dengan lengan penopang papan dan dirancang sesuai dengan selera desain.



Gambar 3.11 Gaya lengan penggerak

Rumus yang digunakan adalah dan perhitungannya sebagai berikut:

Dimana:  $\delta$  :Defleksi yang dicari pada lengan ini.

P :Fdb sebesar 1176 N.

L :Panjang lengan penopang ini sebesar 160 mm.

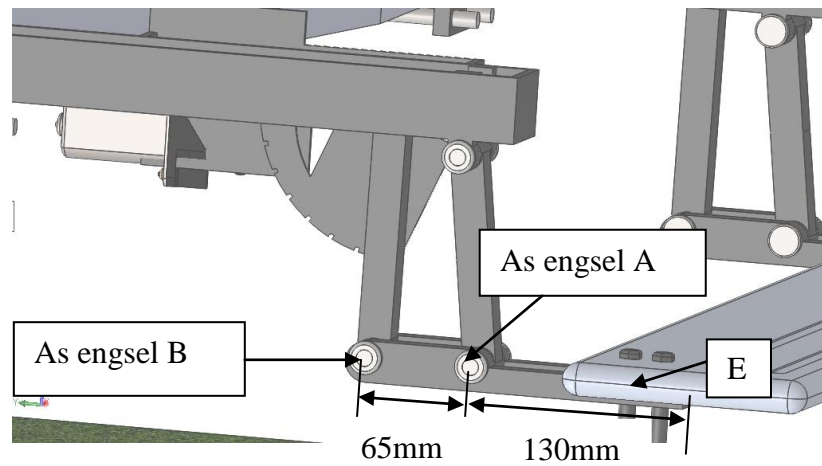
A :Luasan besi hollow sebesar 116 mm<sup>2</sup>.

E : Modulus elastisitas dari besi astm 37 sebesar 100Gpa.

$$\begin{aligned}
 \delta &= PL/AE \\
 &= 1176 \text{ N} \times 160\text{mm} / 116 \text{ mm}^2 \times (70 \times 10^9 \text{pa}) \\
 &= 1176 \text{ N} \times 0,16\text{m} / 116 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times (70 \times 10^9 \text{pa}) \\
 &= 2.31 \times 10^{-5} \text{m} \\
 &= 0.0231 \text{ mm} \uparrow
 \end{aligned}$$

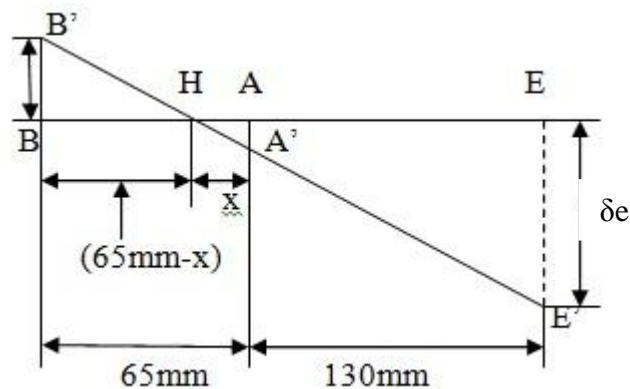
Angka yang ditemukan adalah 0,0231 mm. angka defleksi yang ditemukan sangat kecil sehingga dapat disimpulkan lengan ini aman. Jadi bahan yang akan digunakan untuk lengan penggerak ini adalah *iron* astm a48 dengan dimensi 160mm x 30mm x 30mm dan bentuk besi plat rectangular hollow dengan tebal plat 2mm.

### 3.1.5 Perencanaan holder papan *footstep*



Gambar 3.12 Detail holder papan *footstep*

Holder papan *footstep* ini dirancang dengan bentuk plat hollow rectangular. Dimensi yang dirancang dengan panjang 195 mm berdasarkan analisa kinematika dan tebal plat yang akan dirancang menggunakan 5mm sesuai dengan selera desain. Bahan holder *footstep* ini dirancang menggunakan *iron astm a-37* disesuaikan dengan penggunaan besi plat pada lengan penggerak dan lengan yang digerakan. Untuk mengetahui kemampuan atau kekuatan dari holder papan *footstep* ini menggunakan defleksi.



Gambar 3.13 Defleksi holder *footstep*

Perhitungannya sebagai berikut

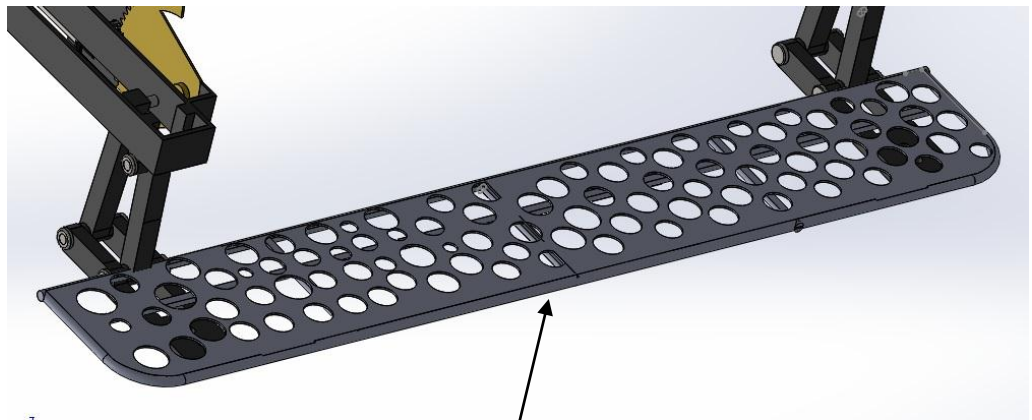
$$\frac{BB'}{AA'} = \frac{BH}{HA}$$
$$\frac{0.0231}{0.02757} = \frac{65\text{mm} - x}{x}$$
$$X = 35.5$$

Asumsi dikarenakan batang BDE adalah rigid, defleksi pada B', A', dan E' tegak lurus.

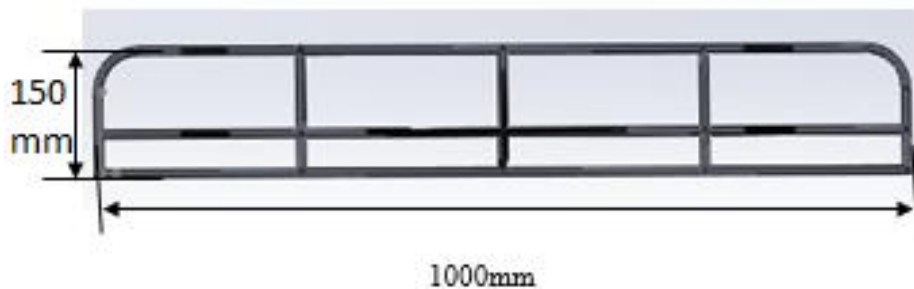
$$\frac{EE'}{AA'} = \frac{HE}{HA}$$
$$\frac{\sigma e}{0.02757} = \frac{(130\text{mm}) + (35,5\text{mm})}{35,5\text{mm}}$$
$$\delta e = 0.128\text{mm} \downarrow$$

Jadi pada holder *footstep* ini defleksi yang terjadi adalah 0.128 mm. defleksi yang terjadi sangat kecil sehingga holder *footstep* ini aman berdasarkan perhitungan yang ada. Jadi Holder papan *footstep* ini akan menggunakan bahan *iron astm a37* dengan dimensi panjang total 195mm dan lebar disesuaikan dengan diseain yang telah dibuat. Bentuk dari holder *footstep* ini adalah rectangular hollow dengan tebal plat 2mm.

### 3.1.6 Perencanaan papan *Footstep*



Gambar 3.14 Detail Papan *Footstep*

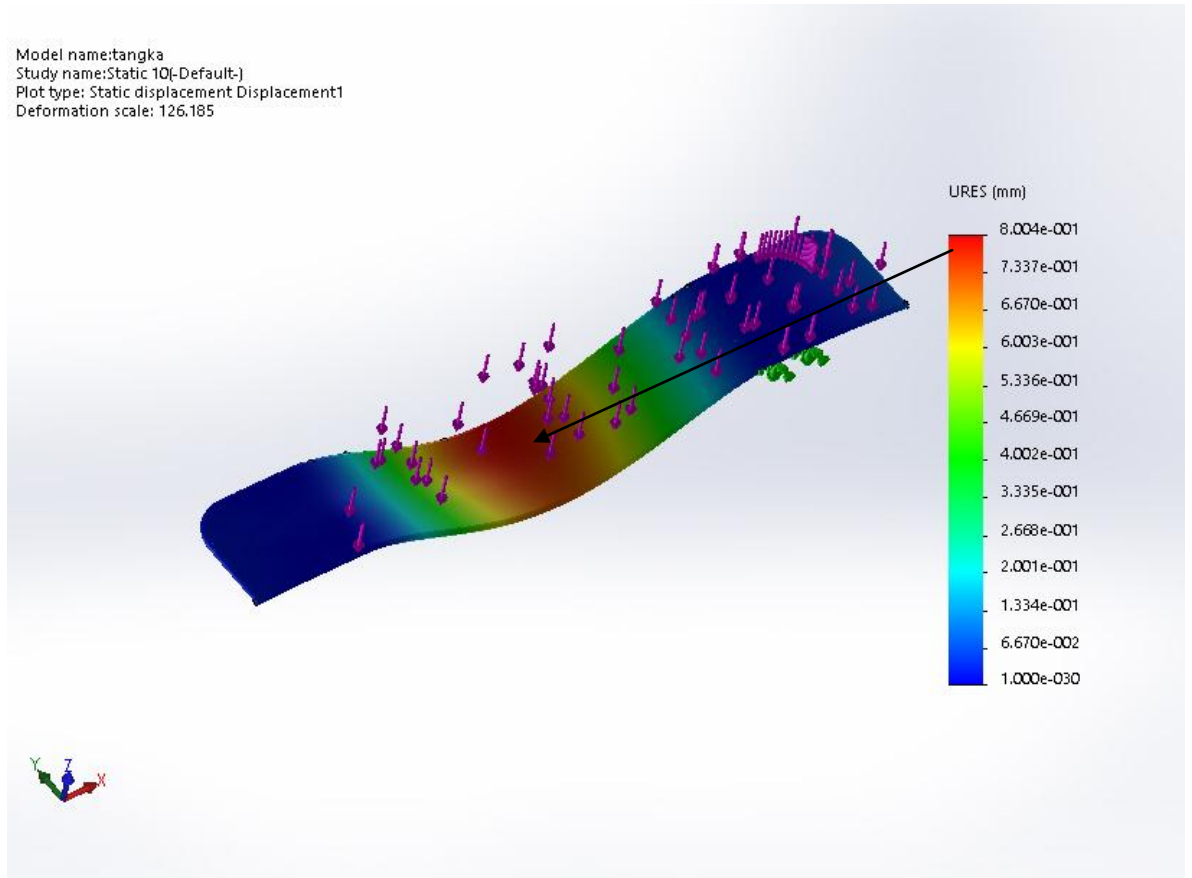


Gambar 3.15 Rangka papan *footstep*

Papan *footstep* ini akan dirancang sesuai dengan dimensi *footstep* taft standard pada umumnya dan disesuaikan dengan desain sistem *footstep* otomatis. Papan *footstep* ini dirancang dengan panjang 1000 mm dan lebar 150 mm berdasarkan survey uji lapangan. Papan *footstep* taft gt dirancang menggunakan rangka pejal circular dengan tebal 10mm dan dilapisi oleh plat *iron* setebal 2mm. Bahan yang digunakan adalah astm a36. Dipilih astm a36 *steel* dikarenakan bahan ini adalah bahan yang biasa digunakan sebagai rangka pada umumnya. Berat maksimum pembebanan ditentukan sebesar 120Kg.

Untuk menghitung kekuatan dari rangka papan ini menggunakan simulasi *solidwork* dengan beban statis maksimum papan sebesar 1172N / 120Kg, bahan material astm a36 dan penempatan kedua *holder* papan disesuaikan dengan desain yang dibuat dengan asumsi *holder rigid*.

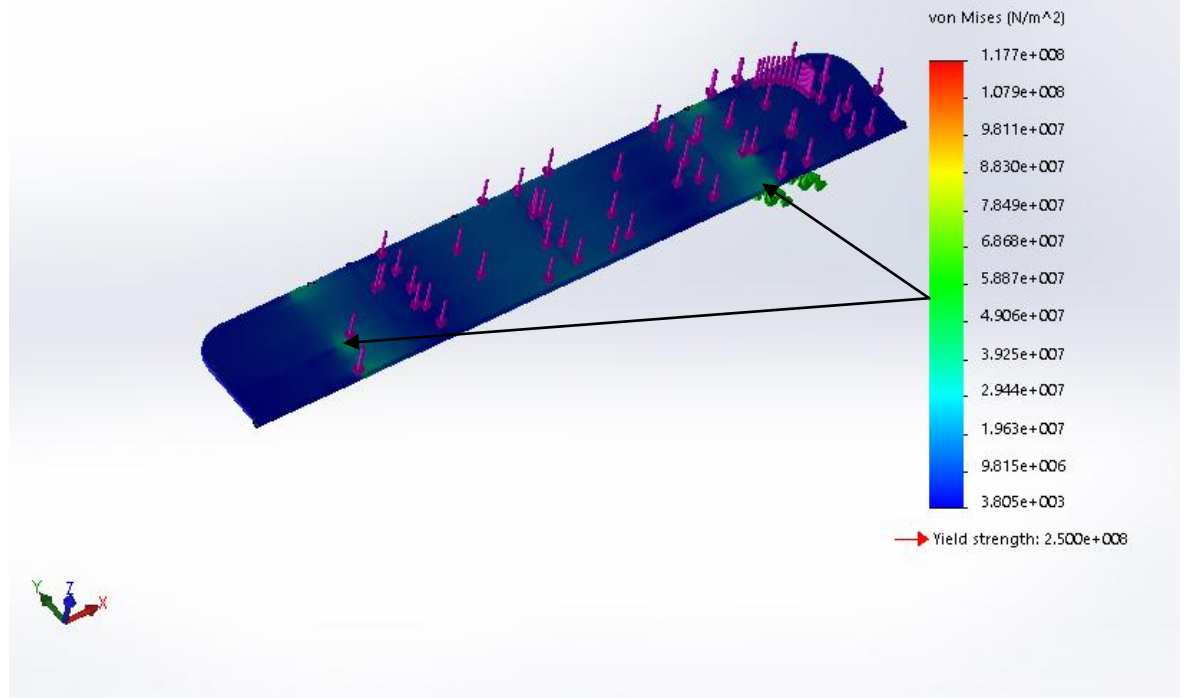
dan hasil yang didapatkan sebagai berikut.



Gambar 3.16 *Displacement* papan *foostep*

Pada Gambar 3.16 dapat dilihat besarnya defleksi yang terjadi pada papan *foostep* yang mendapatkan tekanan. Dari gambar 3.16 didapatkan angka defleksi terbesar senilai 0.8 mm dan dinotasikan dengan warna merah pada rangka. Dikarenakan defleksi terbesar yang terjadi pada papan kecil maka papan ini aman.

Model name:tangka  
Study name:Static 10(-Default-)  
Plot type: Static nodal stress Stress1



Gambar 3.17 *Stress* papan *footstep*

Pada Gambar 3.17 dapat dilihat besarnya stress yang terjadi pada papan *footstep* tidak melebihi kemampuan material (*Yield strength*) sebesar 250Mpa. Hal ini dapat dilihat dari warna pembebanan rangka yang dinotasikan dengan angka *stress* hanya 49Mpa sampai 58Mpa.

Jadi perencanaannya ialah menggunakan rangka dengan desain ini dengan bahan yang digunakan adalah astm a36. Diameter dari rangka sebesar 10mm, dengan bentuk pejal circular dan dilapisi oleh *plat iron* setebal 2mm.

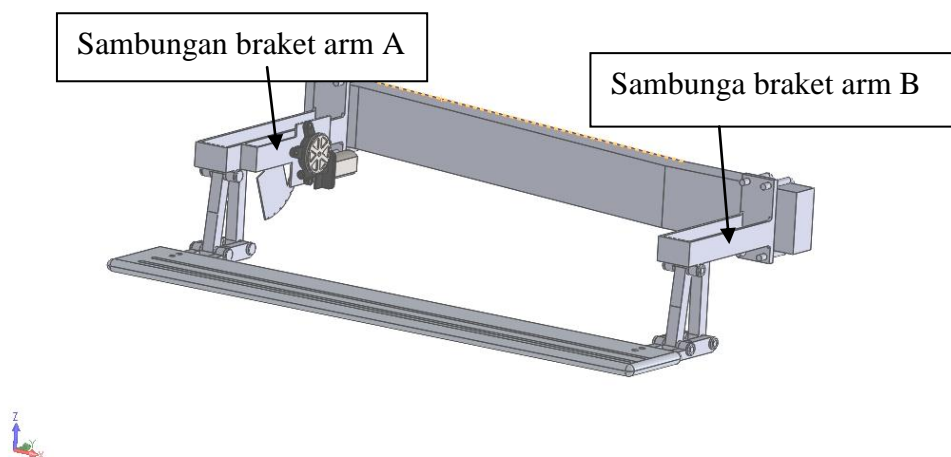
### 3.1.7 Perencanaan baut papan *footstep* dan mur



Gambar 3.18 Baut dan mur

Baut dan mur diperlukan untuk mengunci komponen dengan komponen lain. Pada system *footstep* saya. Baut digunakan untuk mengunci papan *footstep* dengan holder *footstep* dan untuk mengunci bagian – bagian lain yang membutuhkan penguncian. Material baut menggunakan *stainless steel*. Panjang baut dan diameter baut disesuaikan.

### 3.1.8 Perencanaan sambungan braket arm



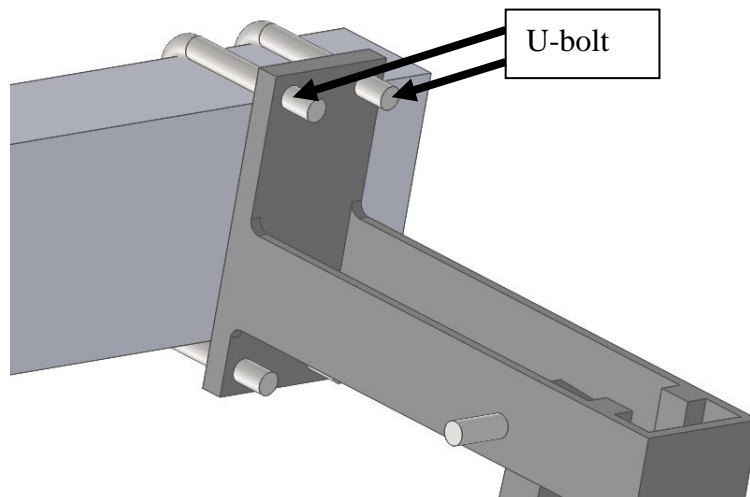
Gambar 3.19 Detail sambungan braket arm

Sambungan braket ini dibuat untuk mencengkram langsung pada *arm chasis*. Kekuatan sambungan braket ini bertumpu kepada *u-bolt*. sehingga *u-bolt*

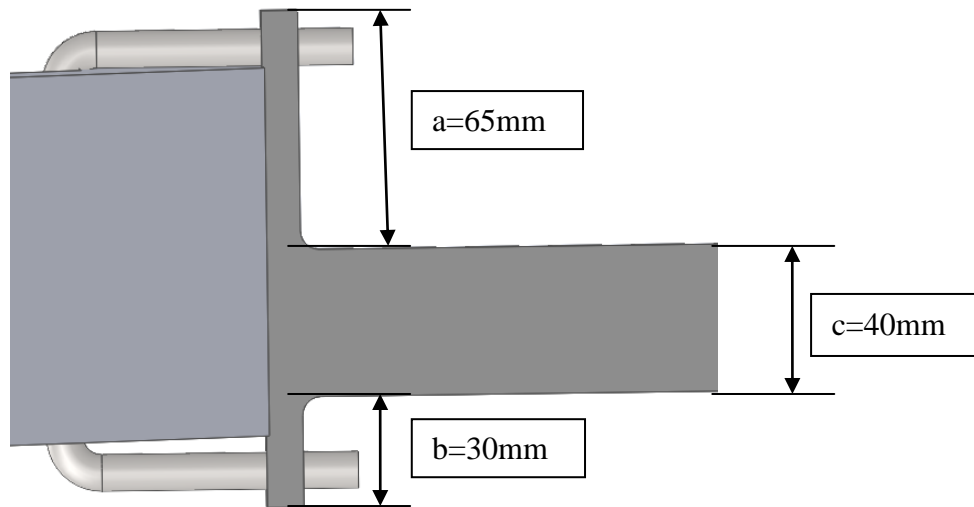
ini wajib dihitung kekuatannya dalam hal ini *shearing stress* / tegangan geser. Pada sambungan braket arm A terdapat bagian tambahan untuk tempat motor berpijak. Sambungan braket *arm* ini dirancang menggunakan bahan material plat besi Astm-a36 dengan tebal plat 5mm. dimensi sambungan braket arm ini dirancang menurut ruang *side bumper* yang tersedia pada taft gt F70.

### 3.1.9 Perencanaan U-Bolt

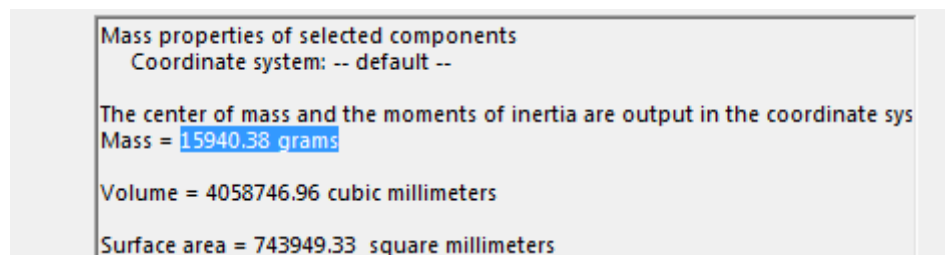
U-bolt berbentuk U ini yang mengunci braket arm dengan arm / chasis mobil. U-bolt inilah yang menjadi tumpuan untuk menahan beban secara keseluruhan yaitu Beban berat sistim *footstep* dan beban penumpang. U-bolt ini direncanakan menggunakan bahan *steel* ASTM –A242 dengan bentuk pejal *circular* dengan dimensi yang telah disesuaikan pada arm taft gt F70.



Gambar 3.20 Detail *U-bolt*



Gambar 3.21 Dimensi *U-bolt* dan braket *arm*



Gambar 3.22 Berat total *footstep* otomatis.

Pada Gambar 3.22 dapat dilihat berat total komponen *footstep* ini sebesar 15,9kg. Berat maksimum penumpang ditentukan sebesar 120kg maka massa total yang bekerja pada permukaan braket arm sebesar:

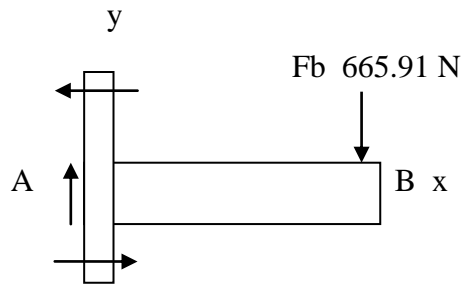
$$120\text{kg} + 15,9\text{kg} = 135,9\text{kg}.$$

Berat total yang akan bekerja pada permukaan braket sebesar

$$135,9 \times 9,8\text{m/s}^2 = 1331,82\text{N}.$$

Dikarenakan braket arm ada dua maka beban yang bekerja akan dibagi 2 yaitu:

$$1331,82\text{N} : 2 = 665,91\text{N}.$$



Gambar 3.23 Diagram bodi bebas

Gaya reaksi terjadi pada A. Maka gaya reaksi yang terjadi sebesar 665.91 N sesuai dengan arah gaya sumbu y. Dimana pada dasarnya ada gaya gesek pada A akan tetapi terlalu kecil sehingga diabaikan. Menentukan tegangan geser yang terjadi dengan (l) adalah panjang batang poros, (Fo) adalah gaya yang bekerja pada *U-bolt* dan  $(\frac{\pi d^3}{32})$  adalah momen tahanan polar berbentuk bulat dan pejal. Perhitungan tegangan geser menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\tau = \frac{l \cdot f_o}{\frac{\pi d^3}{32}}$$

Dan perhitungannya adalah:

$$a. \tau = \frac{70 \text{ mm} \times 665.91 \text{ N}}{\frac{\pi 15 \text{ mm}^3}{32}} = 140 \text{ n/mm}^2 = 140 \text{ Mpa}$$

Dikarenakan U-bolt yang dirancang menggunakan 2 buah maka tegangan sebesar 140Mpa dibagi 2 yaitu 70 Mpa.

Tegangan geser yang terjadi ialah 70 Mpa, material yang digunakan berdasarkan safety factornya adalah high strength, ASTM-A242 yang memiliki shear yield strength ( $\tau$ ) 210 Mpa. Menurut Josep P. Vidosic dalam buku machine design theory and practice (1975,p.10) "*N = 1,5 – 2 for well – known materials, under reasonably constant environmental conditions, subjected to loads and stress that can be determined readily*" Factor keamanan (Sf) yang digunakan adalah 2.. Jadi berdasarkan rumus  $\sigma \text{ ijin} = \tau / \text{Sf}$  perhitungannya sebagai berikut.

$$\sigma_{ijin} = \tau / S_f$$

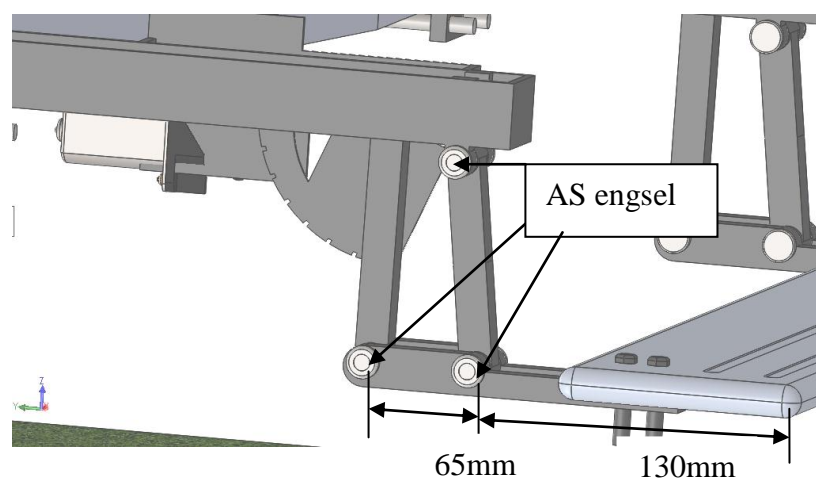
$$\sigma_{ijin} = 210 / 2$$

$$\sigma_{ijin} = 105 \text{ Mpa}$$

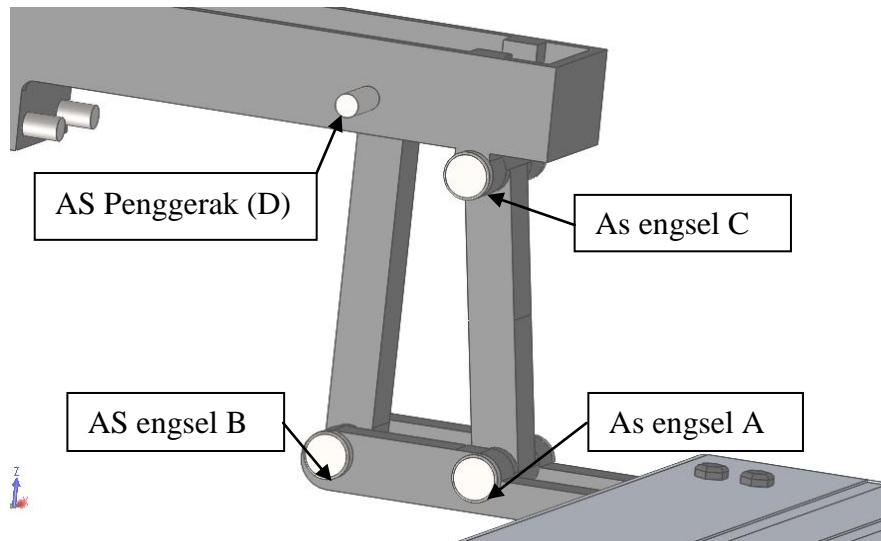
Material yang digunakan mampu untuk menahan tegangan geser yang terjadi pada u-bolt tersebut yaitu sebesar 70 Mpa berbanding 105 Mpa pada safety factor material. Jadi U-Bolt ini dirancang dengan bentuk pejal circular dengan bahan material steel ASTM-A242 dengan dimensi yang disesuaikan dengan panjang arm pada taft gt F70.

### 3.1.10 Perencanaan AS Engsel dan As Penggerak

As engsel dan as penggerak ini sebagai poros penahan dan pengayun system *footstep* otomatis ini harus ditentukan material dan ukurannya. Ketika papan *footstep* dipijak, *stress* paling banyak terdapat pada as ini sehingga as ini akan dikalkulasi kekuatannya. Agar AS dapat menanggung beban tanpa terjadi kerusakan maka as ini perlu dihitung kemampuannya menggunakan tegangan geser. AS yang direncanakan menggunakan bahan ASTM-A36 karena banyak dipakai untuk membuat struktur. As ini dirancang menggunakan diameter 10mm<sup>2</sup> sesuai dengan selera desain. Bentuk as ini dirancang pejal *circualar* dengan panjang menyesuaikan ruang desain yang telah disediakan..



Gambar 3.24 Detail ukuran



Gambar 3.25 Detail as engsel

Dapat dilihat pada Gambar 3.24 lokasi daripada as engsel tersebut. Pada Gambar 3.25 juga dapat dilihat panjang holder *footstep*. Panjang holder ini ditentukan oleh kesesuaian spesifikasi ukuran dari *footstep* standard mobil yang sudah diukur. Untuk mencari tegangan yang terjadi pada as ini diperlukan nilai gaya yang bekerja pada lengan terkait yaitu lengan penggerak dan lengan penopang.

Ketika gaya yang bekerja sudah diketahui, dapat mencari tegangan geser pada as engsel. Perhitungan mencari tegangan geser yang terjadi pada as ini diperlukan untuk menguji kekuatan material. Gaya ( $F$ ) yang bekerja pada lengan penggerak yang terkait dengan as B sebesar 1777,2 N dan gaya yang bekerja pada lengan penopang papan yang terkait dengan as A sebesar 1176 N. Luas penampang geser (A) dengan  $10\text{mm}^2$  diameter dari as.

Perhitungan tegangan geser dengan rumus :

$$\tau_s = \frac{F}{A}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan geser pada as B} &= \tau_s = 1777,2 \text{ N} / \frac{1}{4} \pi (10\text{mm})^2 \\ &= 22,6 \text{ N/mm}^2 \\ &= 22,6 \cdot 10^6 \text{ Pa} \\ &= 22,63 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tegangan geser pada as A} &= \tau_s = 1176 \text{ N} / \frac{1}{4} \pi (10\text{mm})^2 \\
&= 14,9 \text{ N/mm}^2 \\
&= 14,9 \cdot 10^6 \text{ Pa} \\
&= 14,9 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

Jadi tegangan geser yang diperlukan pada as engsel B adalah 22,6 Mpa sedangkan pada as engsel A 14,93 Mpa.

Safety factor sendiri sangat bergantung dari bahaya yang bakal dihadapi seperti membahayakan jiwa manusia. Penentuan tegangan maksimum material didapat dari buku “property of common engineering” diambil pada structural, ASTM-A36 yield strength ( $\sigma$ ) adalah 145 Mpa.

Menurut Josep P. Vidosic dalam buku machine design theory and practice (1975,p.10),” $N= 3-4$  for untried materials used under average condition environment, load and stress” Jadi karena tekanan pada pijakan *footstep* dirancang bukan hanya sekedar pijak statis akan tetapi dirancang bisa dipijak dengan lompatan maka diambil  $S_f = 4$ . Dengan ditemukannya tegangan geser yang diperlukan pada as engsel dapat memilih material dengan menghitung tegangan yang diijinkan dengan menggunakan rumus dan perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\sigma_{\text{ijin}} &= \tau / S_f \\
\sigma_{\text{ijin}} &= 145 / 4 \\
\sigma_{\text{ijin}} &= 36.25 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

Tegangan geser yang diijinkan adalah 36.25 Mpa. Tegangan yang terjadi pada as ini adalah 22,63 dan 14,9. Sehingga dapat disimpulkan bahwa engsel ini secara material dan desain aman untuk digunakan.

Tegangan geser pada As engsel B sama dengan as penggerak (D) dan as engsel A sama dengan As engsel C dikarenakan dimensi dan material as ini sama dan gaya yang terjadi sama dikarenakan adanya gaya aksi reaksi. Jadi bahan yang akan digunakan untuk as engsel B,C,A dan as penggerak ini adalah steel ASTM-

A36 dengan bentuk pejal circular. Dimensi yang akan digunakan  $10\text{mm}^2$  sesuai dengan selera desain.

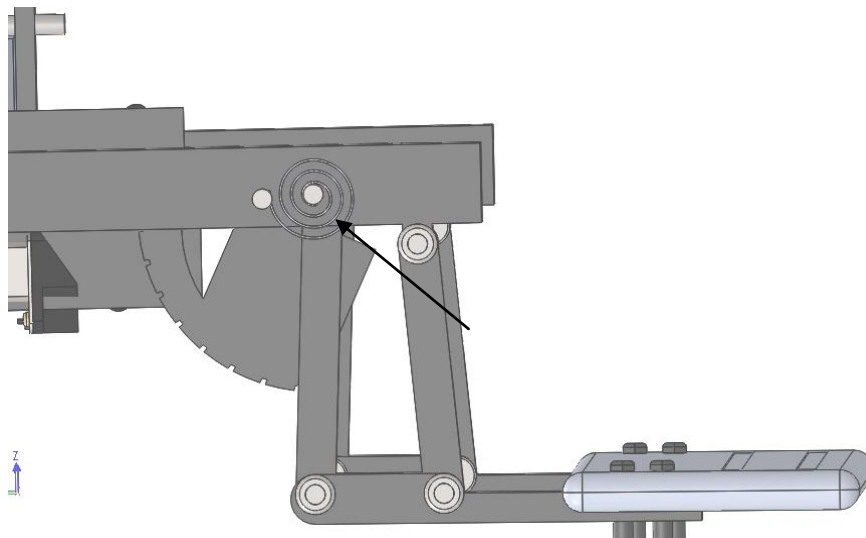
### 3.1.11 Perencanaan pegas spiral (spiral spring)



Gambar 3.26 *Spiral spring*

Pegas yang berbentuk mirip dengan obat nyamuk ini berfungsi untuk meringankan kerja motor dc dan menahan *footstep* ketika terbuka maupun menutup tetap pada posisinya. Karena kebutuhan tersebut pegas ini diletakan pada as penggerak dan menyambung pada tambahan as berbentuk baut disebelah pegas.

Karena desain yang sedemikian rupa, dipilih spring yang sesuai adalah spiral spring.



Gambar 3.27 *posisi spiral spring*

Dapat dilihat pada Gambar 3.27 posisi pegas menempel pada as dan baut disebelahnya dengan dimensi menyesuaikan terhadap desain.

### 3.1.12 Perencanaan bushing

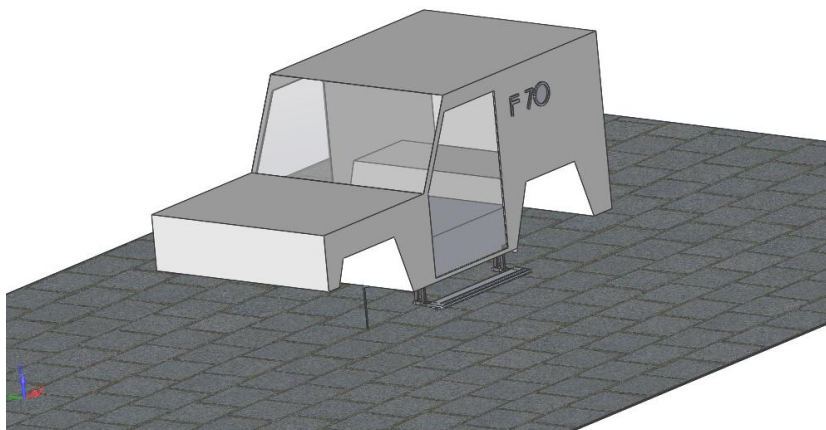


Gambar 3.28 *Bushing*

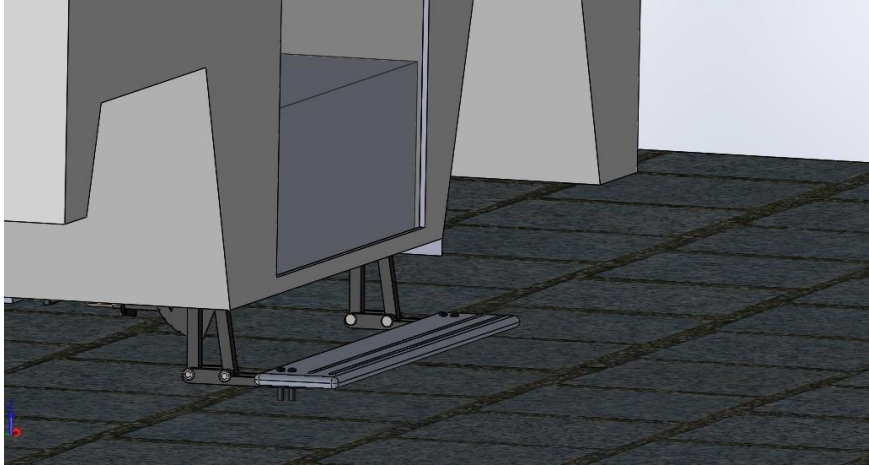
*Bushing* digunakan untuk mengganjal lengan penggerak dan lengan penopang pada poros agar tegak kukuh tidak timpang. *Bushing* yang akan digunakan menggunakan bahan besi dan direncanakan sesuai kebutuhan perancangan pada desain footstep otomatis.

### 3.1.13 Aplikasi desain pada mobil

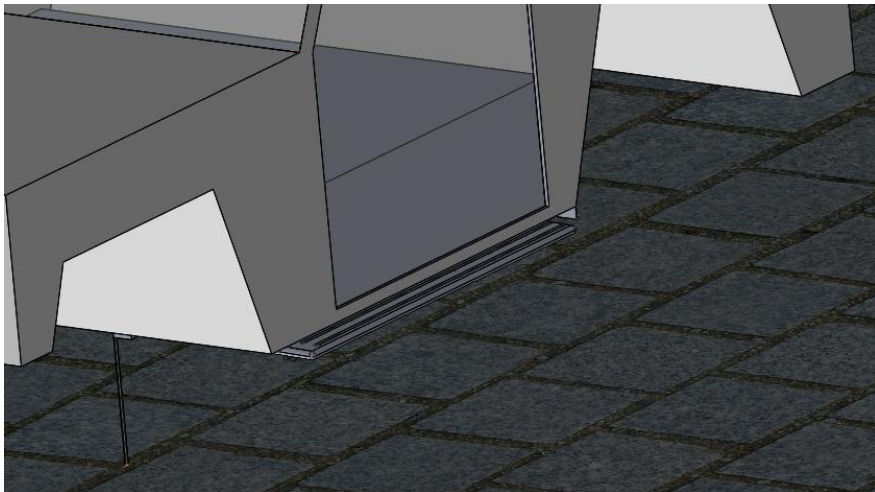
Desain yang telah dibuat diaplikasikan pada mobil taft gt dalam bentuk simulasi solidwork. Dimensinya telah disesuaikan berdasarkan manual book f70 dan ukur di lapangan.



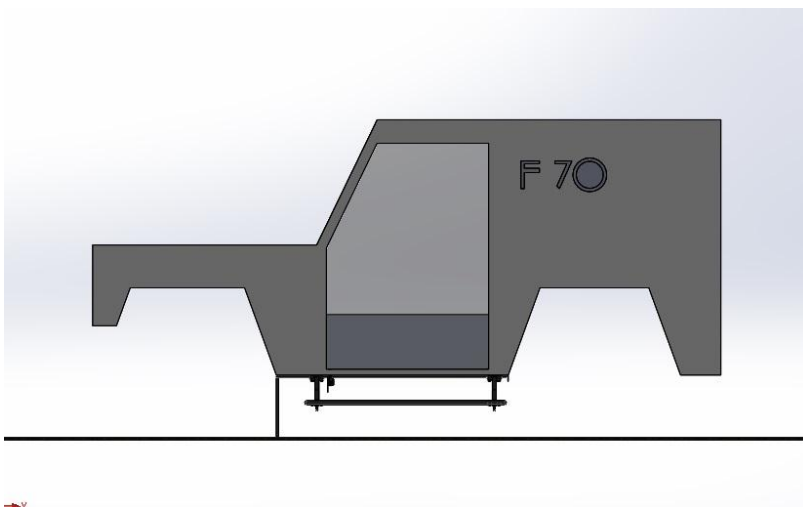
Gambar 3.29 Tampak luar *footstep* dan mobil



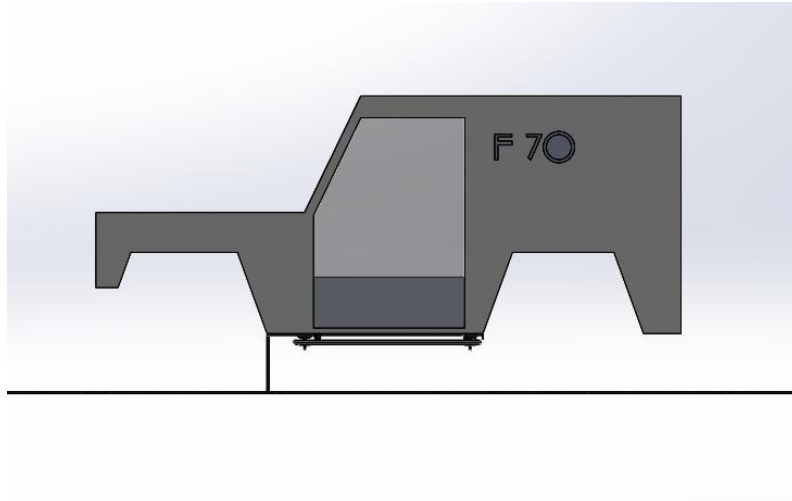
Gambar 3.30 Detail *footstep* open



Gambar 3.31 Detail *footstep* close



Gambar 3.32 Tampak samping *footstep* open

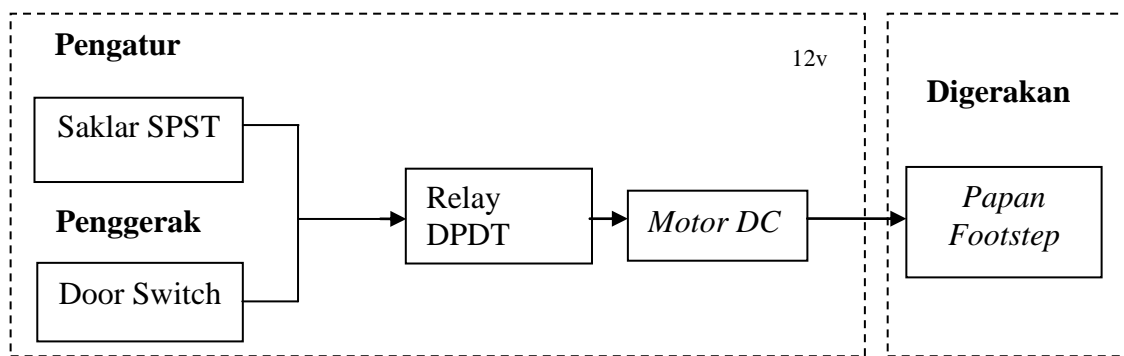


Gambar 3.33 Tampak samping *footstep* close

Pada Gambar 3.29-3.33 dapat dilihat penempatan dan aplikasi *footstep* ke mobil f70 taft gt dari berbagai tampak.

### 3.2 Sistem kontrol pengatur dan penggerak *footstep* otomatis

Suatu Mekanisme dapat bergerak dengan teratur sesuai rencana perlu adanya perangkat kelistrikan. Perangkat kelistrikan ini sebagai sistem kontrol agar sistem *footstep* ini dapat digunakan dengan baik. Sistem kontrol yang digunakan adalah sistem kontrol otomatis dengan *open loop*. Sistem kontrol *open loop* adalah suatu sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh terhadap aksi pengontrolan. Dengan demikian pada sistem kontrol ini nilai keluaran tidak diumpan-balikan ke parameter pengendalian.



Gambar 3.34 Skema cara kerja *footstep* otomatis

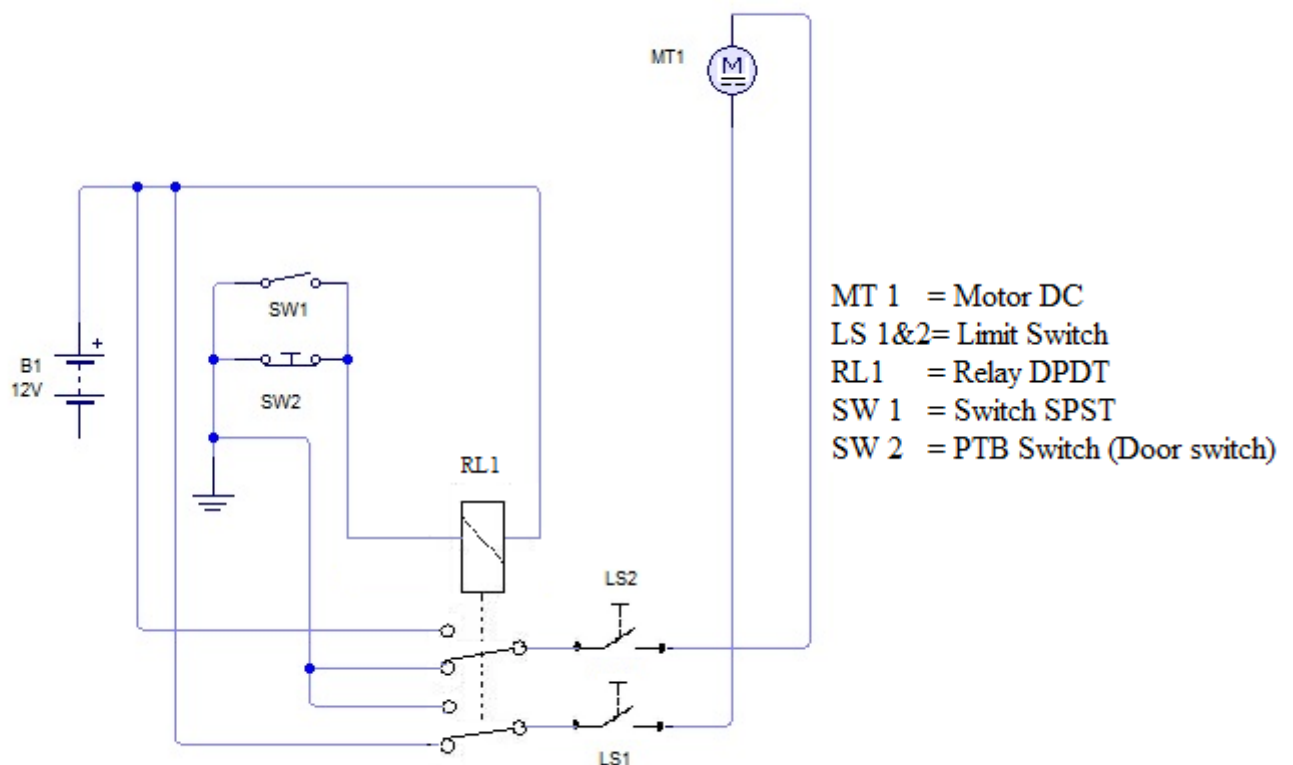
Ketika pintu dalam tertutup, *footstep* akan masuk kedalam *side bumper* mobil. Ketika pintu dalam posisi terbuka *footstep* akan keluar dari *side bumper* mobil sehingga bisa dipijak oleh penumpang. Ketika ingin menggunakan atau mengoprasikan papan *footstep* ini untuk keperluan lain, dapat menggunakan saklar DPDT (*Double Pole Double Throw*) dengan relay SPST (*Single Pole Single throw*) tanpa harus repot mengoprasikan melalui *door switch* / saklar pintu.

Didalam sistem *footstep* otomatis ini terdapat banyak komponen yang bekerja. Dari banyak komponen tersebut diklasifikasikan ada yang sebagai pengatur, ada yang sebagai penggerak dan ada yang digerakkan. Pada sistem *footstep* otomatis ini memiliki dua tipe *activator* yang dapat mengaktifkan sistem secara mandiri untuk mengaktifkan motor DC yaitu pengatur dan penggerak. Dimana yang berperan sebagai pengatur adalah saklar DPDT. Saklar ini digunakan untuk melakukan kontrol pada motor DC sebagai penggerak papan

*footstep*. Kontrol yang dilakukan adalah kontrol untuk mengeluarkan dan memasukan *footstep* kedalam *side bumper*.

Untuk menggerakkan *footstep* ini dibutuhkan suatu komponen penggerak sehingga sistem ini dapat diaplikasikan dengan baik pada mobil. Penggerak utama yang digunakan ialah *door switch*. Saklar ini selain berfungsi sebagai *activator* untuk mengaktifkan lampu kabin, saklar ini juga digunakan sebagai *activator* keluar dan masuknya papan *footstep*. Relay SPST dan DPDT digunakan untuk mengamankan saklar *central lock* dari kerusakan atau konsleting dan juga membuat kabel listrik yang akan digunakan lebih kecil. Ketika door switch dalam kondisi *tertutup* maupun *terbuka* dan relay DPDT ini berguna untuk membalik fasa sehingga motor DC dapat bergerak sesuai kebutuhan yaitu berputar dengan searah jarum jam (*clockwise*) ataupun berlawanan jarum jam (*counterclockwise*).

### 3.2.1 Sistem kelistrikan pengatur dan penggerak



Gambar 3.35 Skema kelistrikan

### **3.2.2 Proses Buka Footstep**

Pada kondisi awal (pintu dalam kondisi terbuka) *massa* dari aki mobil melewati saklar pintu / push to break (SW2) tersambung ke *relay* 1, yang kutub lainnya dari *relay* sudah teraliri tegangan *Positive*. Sehingga keluaran dari *relay* DPDT 1 (RL1) bertegangan *positif – negative* dari aki (B1). Tegangan *positive – negative* ini menyebabkan motor (MT1) berputar searah jarum jam (*clockwise*) sehingga akan mendorong *footstep* keluar dari kolong *side bumper* mobil. Pada saat *footstep* keluar dari *side bumper* mobil. Adanya saklar limit / *Limit Switch* (LS2) yang tertekan karena mekanisme tekuk sehingga motor selesai bekerja.

### **3.2.3 Proses Tutup Footstep**

Pada saat kondisi penumpang sudah naik kedalam kabin, dan pintu ditutup (pintu dalam kondisi tertutup) *massa* dari aki mobil terputus di SW2. Sehingga keluaran dari *relay* 1 bertegangan *negative – positive* yang tegangannya bersumber dari aki.. Tegangan *negative positive* menyebabkan motor (MT1) berputar berlawanan jarum jam (*Counter clockwise*) sehingga akan kembali menarik *footstep* masuk ke kolong *side bumper mobil*. Pada saat papan *footstep* masuk ke kolong *side bumper* mobil, adanya *saklar limit* (LS1) yang menyebabkan tegangan terputus sehingga motor selesai bekerja.

### **3.2.4 Proses Buka Tutup Footstep Manual**

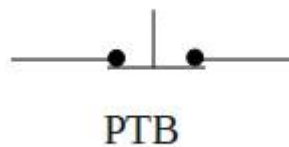
Pada saat ingin menggunakan papan *footstep*, misalnya untuk mencuci mobil maupun melakukan hal lain yang mengharuskan menggunakan papan *footstep* ini, dapat menekan saklar *single pole single throw* (SPST) (SW1) untuk melakukan *bypass* tegangan *massa* yang berasal dari *aki* ke *relay* 1. Setelah *relay* 1 mendapatkan *massa* maka *footstep* akan keluar dari *side bumper*, Sehingga saklar pintu (SW2) tidak berpengaruh apapun terhadap rangkaian maka *footstep* akan tetap keluar meskipun pintu mobil ditutup.

Sistem penggerak *footstep* otomatis ini terdiri dari beberapa komponen utama. Komponen-komponen utama penggerak dalam sistem *footstep* otomatis adalah:

1. *Saklar pintu (Push to break)*
2. *Saklar SPST*
3. *Saklar Limit*
4. *Relay DPDT*
5. *Motor DC*
6. *Gigi busur*

### 3.2.5 *Perencanaan Saklar Pintu (Push to break)*

Saklar *pintu* pada umumnya berfungsi sebagai pemicu untuk membuka dan penutup lampu kabin. Saklar *pintu* dari masing-masing mobil umumnya sama hanya bentuk / desainnya saja yang berbeda. Jadi sistem ini akan menggunakan saklar yang sudah ada pada kendaraan *taft gt f70*.



Gambar 3.36 Saklar Pintu

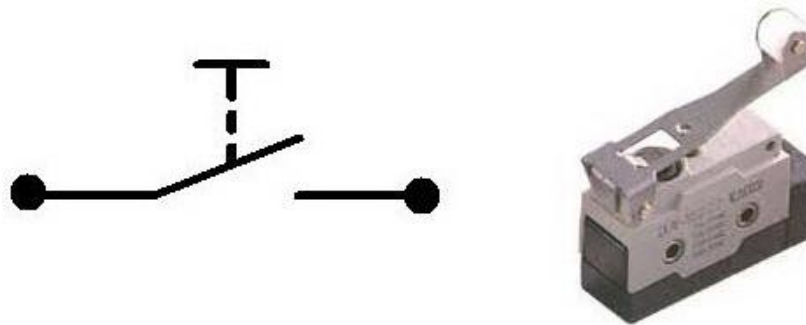
### 3.2.6 *Perencanaan Saklar SPST*



Gambar 3.37 Saklar SPST

Saklar *SPST* adalah saklar yang bertugas untuk menyambung rangkaian ketika ditekan tombolnya. Saklar ini terdiri dari banyak macam dan bentuk. Jadi perencanaannya adalah menggunakan 1 buah saklar ini dengan bentuk sesuai selera.

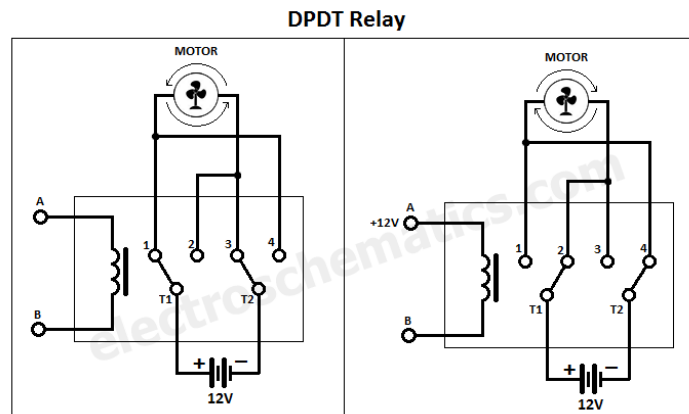
### 3.2.7 Perencanaan Saklar Limit



Gambar 3.38 Saklar *limit*

Saklar ini akan membuka sirkuit bila diberi tekanan dan akan kembali tersambung lagi apabila tekanan dilepaskan. Saklar ini digunakan untuk membuka sirkuit agar motor tidak terus bekerja ketika tidak dibutuhkan. Saklar ini akan ditempatkan dititik dimana *footstep* berada pada titik terendah ketika keluar maupun masuk. Dimana saklar limit ini direncanakan akan digunakan sebanyak 2 buah.

### 3.2.8 Perencanaan Relay DPDT



Gambar 3.39 Relay DPDT

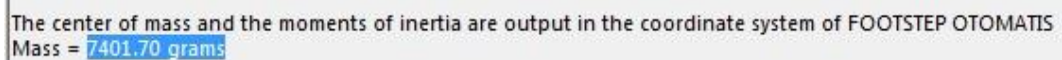
*Relay* digunakan untuk mengamankan saklar agar tidak konslet. *Relay* yang akan digunakan adalah *relay* DPDT. *Relay* DPDT ini digunakan untuk membalik fasa motor agar motor dapat bergerak searah jarum jam (*clockwise*)

maupun berlawanan jarum jam (*counter clockwise*). Dikarenakan tegangan pada kelistrikan mobil adalah 12v. Jadi sistem akan menggunakan relay 12v 6 pin.

### 3.2.9 *Perencanaan Motor*

Saya menentukan motor yang akan digunakan adalah motor DC dikarenakan sistim kelistrikan pada mobil ialah DC atau searah. Motor DC dibutuhkan sebagai poros penggerak *footstep* agar dapat sembunyi dan keluar dari *side bumper* secara otomatis. Motor DC yang akan digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan.

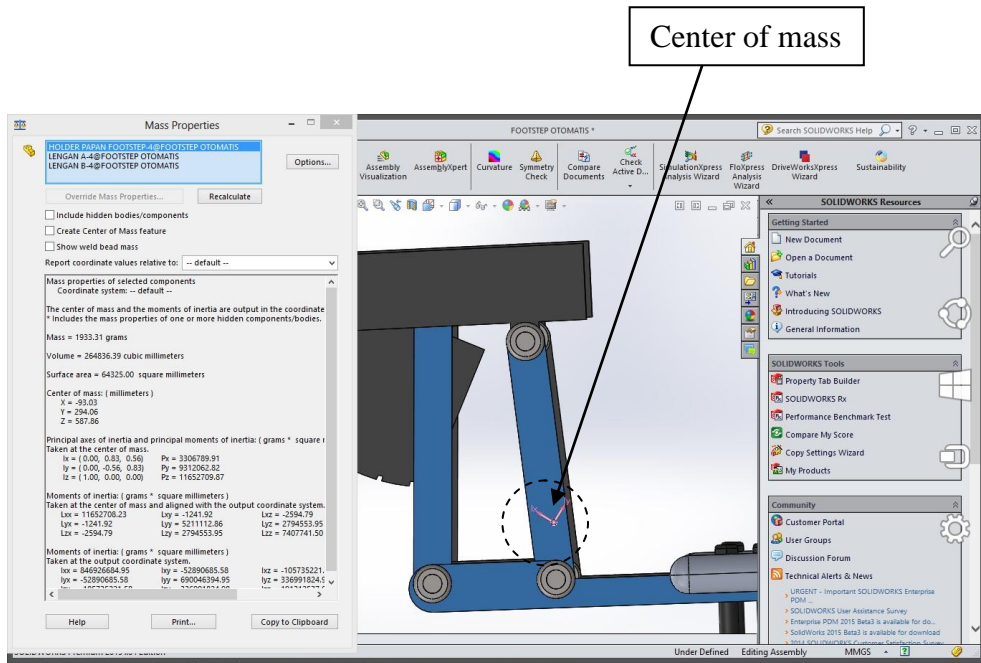
Untuk menentukan motor yang akan digunakan harus dibandingkan dengan kebutuhan yang ada pada *footstep* ini. Yaitu kebutuhan untuk mengangkat berat daripada *footstep* ini.



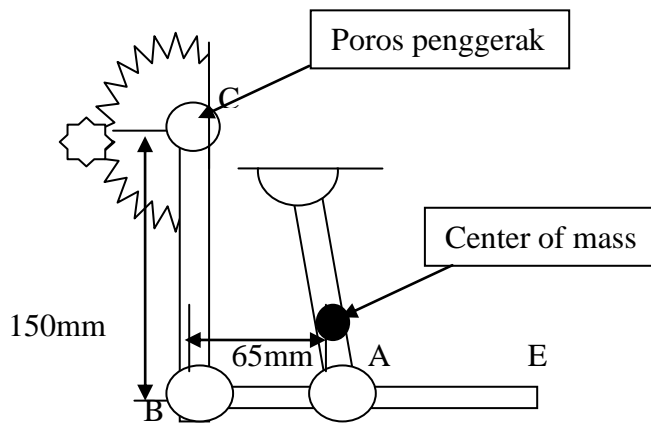
The center of mass and the moments of inertia are output in the coordinate system of FOOTSTEP OTOMATIS  
Mass = 7401.70 grams

Gambar 3.40 Massa papan *footstep*

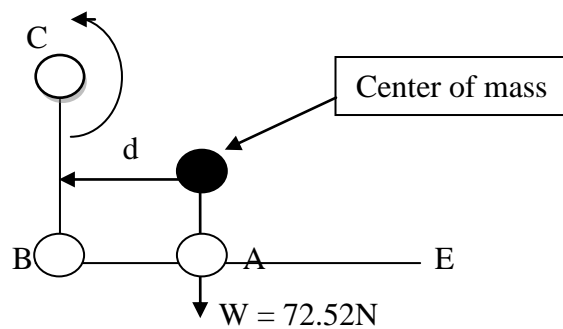
*Massa* yang didapat adalah 7,4 kg dan dikonversi menjadi 72.52 N . hasil tersebut diperoleh dari simulasi *solidwork* dengan menyertakan semua material yang digunakan. Titik center of mass didapatkan dari simulasi *solidwork*. Dimensi dari lengan yang akan ditunjang dan titik center of mass sebagai berikut.



Gambar 3.41 Center of mass



Gambar 3.42 Dimensi jarak pembebanan



Gambar 3.43 Momen torsi

Dengan asumsi gaya gesek yang bekerja pada setiap poros = 0 sehingga diabaikan. Untuk mencari torsi yang diperlukan untuk dapat menggerakkan papan *footstep* ini menggunakan rumus:

$$T = d \times W$$

Dimana :T adalah torsi yang diperlukan.

:d adalah jarak antara center of mass dengan poros penggerak sebesar 65mm.

:W adalah beban yang akan ditanggung oleh poros sebesar 72.52N.

Maka  $T = D \times W$

$$T = 65\text{mm} \times 72,52\text{N}$$

$$T = 0,065\text{m} \times 72,52\text{N}$$

$$T = 4.71 \text{ Nm}$$

Jadi torsi yang diperlukan untuk menggerakkan poros penggerak sebesar 4.71 Nm. Dimana poros B tegak lurus dengan poros C maka torsi yang diterima sama. Jadi torsi yang diperlukan sebesar 4.71 Nm, maka dari itu diperlukan gigi busur untuk mereduksi torsi yang diperlukan agar motor dapat menggerakkan mekanisme. Gigi output yang telah ditentukan adalah gigi busur dengan jumlah gigi sebanyak 29 buah. Gigi input adalah jumlah gigi dari motor *power window* sebanyak 8 buah.

Untuk mencari reduksi gigi menggunakan rumus:

$$\text{Gear ratio} : n_{\text{out}} / n_{\text{in}}$$

Dimana:  $n_{\text{out}}$  adalah jumlah gigi yang digerakkan sebesar 29 buah.

:  $n_{\text{in}}$  adalah jumlah gigi penggerak sebanyak 8 buah.

$$\text{Maka gear ratio} = 29 / 8 = 3.6$$

Jadi gear ratio sebesar 3,6. Untuk mendapatkan nilai torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan ini menggunakan perhitungan gear ratio dengan torsi yang terjadi pada poros penggerak.

maka  $T_{\text{in}} = T_{\text{out}} : \text{Gear ratio}$

$$= 4.71\text{Nm} : 3,6$$

$$= 1,3\text{Nm}$$

Jadi torsi poros motor yang diperlukan sebesar 1,3 Nm.

Untuk mengetahui daya motor yang akan digunakan untuk menggerakkan system ini menggunakan rumus:

$$P = Mt \times N / 716,2$$

Dimana: P adalah daya motor.

: Mt adalah torsi motor sebesar 2,941 Nm

: N adalah jumlah gigi pada motor sebesar 70 Rpm

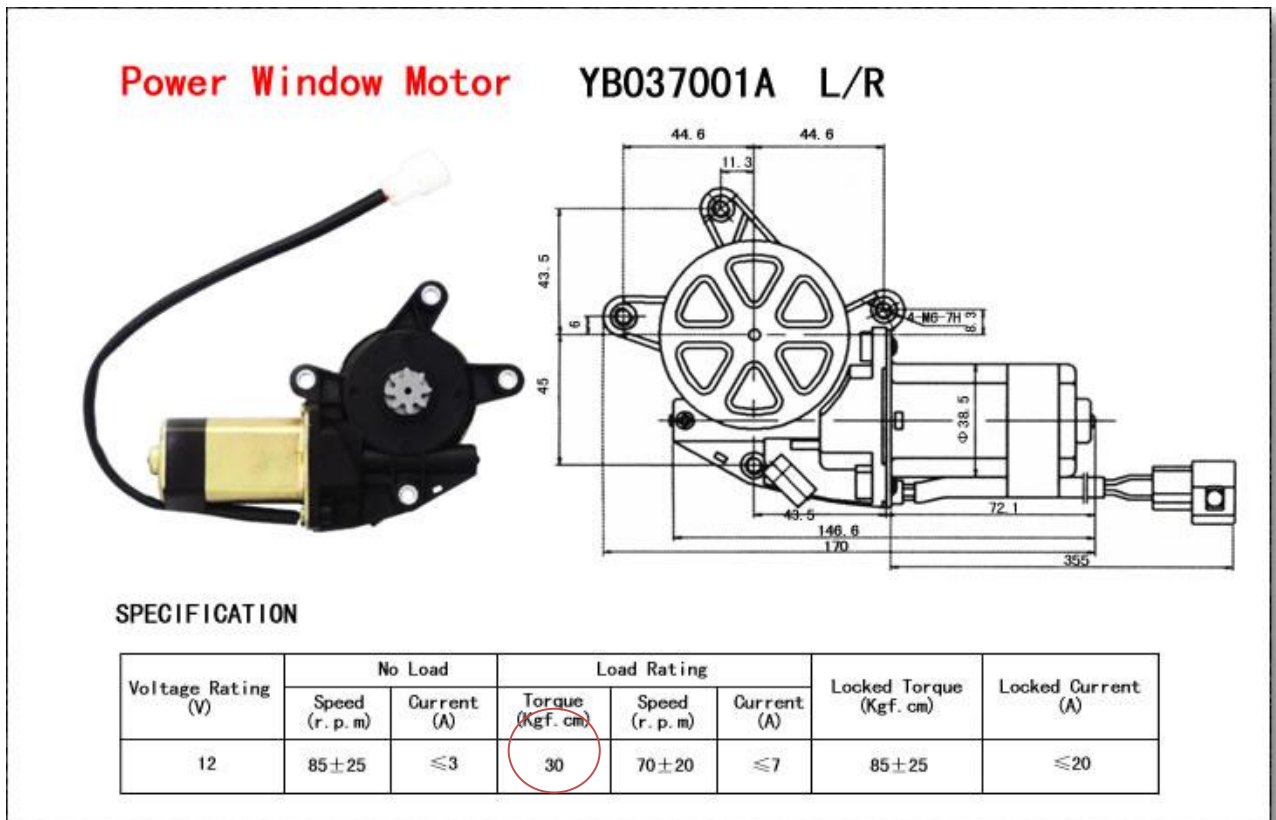
Maka  $P = Mt \times n / 716,2$

$$P = 1.3Nm \times 70 / 716,2$$

$$P = 0.12 \text{ Hp}$$

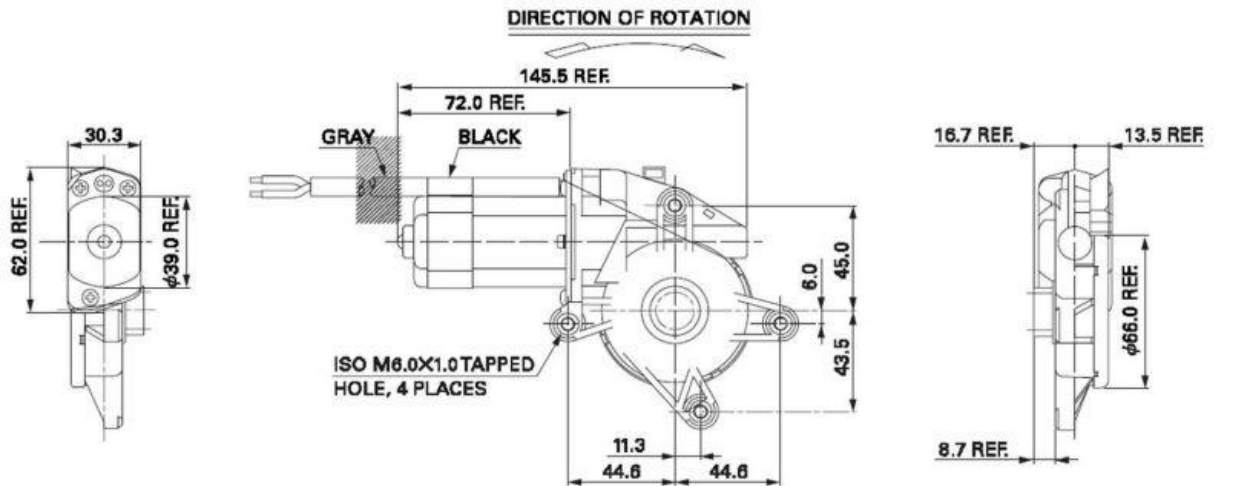
Jadi daya motor minimal yang diperlukan sebesar 0,12 Hp.

### Motor 1



Gambar 3.44 Motor specification (sumber auto-glass-world.com)

## Motor 2



UNIT: MILLIMETERS

Corrente Sem Carga	$\leq 2A$
RPM sem carga	$100 \pm 20$ rpm
Torque Nominal	3 N.m
RPM Nominal	$75 \pm 15$ rpm
Potência Elétrica Nominal	$\geq 20W$
Corrente Nominal com Carga	$\leq 9A$
Torque Máximo	$\geq 8$ N.m
Corrente Máxima	$\leq 28A$
Tensão de Isolação	630V 50Hz
Resistência de Isolação	20 MOhms
Ruído	$\leq 62dB$
Bi-metálico	3 ~ 30 segundos



Gambar 3.45 Spesifikasi motor (Sumber : <http://zoniaelektro.net/motor-dc/>)

Dari data yang didapatkan, motor 1 memiliki torsi sebesar  $30 \text{ kgf.cm} / 2.9 \text{ Nm}$  dan motor 2 memiliki torsi sebesar  $3 \text{ Nm}$ . Dipilih Motor yang akan digunakan adalah motor 1 yang memiliki *torque*  $2.9 \text{ Nm}$  agar mampu kuat mengangkat beban sebesar  $1.3 \text{ Nm}$ .

Untuk mendapatkan waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan mekanisme *footstep* dari tutup maupun terbuka memerlukan parameter perhitungan yaitu kecepatan putar motor ( $n$ ) sebesar  $70 \text{ Rpm}$  dan jumlah gigi ( $n_o$ ) yang digerakan dicari melauli perbandingan. dikarenakan sudut tekuk *footstep*  $50^\circ$  maka perbandingannya ialah  $(\text{jumlah gigi penggerak}) / (\text{sudut putar gigi}) \times (\text{sudut tekuk} \times 2)$  maka  $(29/180) \times (50 \times 2) = 16$ . Maka gigi yang digerakan sebanyak 16 buah dan jumlah gigi dari penggerak ( $n_i$ ) sebanyak 8 buah. Sehingga waktu yang dibutuhkan bergerak dari posisi minimal ke posisi maksimal ( $t$ ) dapat dihitung menggunakan perbandingan dibawah ini.

$$t = ((n_o) / (n_i)) / (n/60)$$

$$= (16/8) / (70/60) = 1,7 \text{ detik}$$

Waktu yang dibutuhkan motor kepada papan *footstep* dari membuka ke menutup dan menutup ke membuka ialah 1,7 detik. Jadi dengan ini akan direncanakan motor dengan torque 2.9 Nm sebagai penggerak sistem *footstep* otomatis dengan waktu buka tutup papan *footstep* 1,7 detik.

### 3.2.10 Perencanaan Gigi busur (arc gear)

Menggunakan gigi busur untuk meneruskan gaya ke lengan penggerak. karena gigi ini memiliki jarak antar gigi dan keliling gigi padu dengan poros motor DC dan komponen ini mudah didapatkan dipasaran tanpa harus memesan spur gear sehingga lebih ekonomis. Gigi busur ini memiliki 29 buah jumlah gigi dan meneruskan gaya yang diberikan motor terhadap batang penggerak.

Untuk menentukan gear ratio menggunakan rumus:

$$\text{Gear ratio} = (n_o) / (n_i)$$

Dimana ( $n_o$ ) adalah jumlah gigi output yang digunakan dan ( $n_i$ ) adalah jumlah gigi input yang digunakan.

$$\begin{aligned} \text{Gear ratio} &= (n_o) / (n_i) \\ &= 29 / 8 \\ &= 3.625 \end{aligned}$$

Jadi angka perbandingan gigi ratio sebesar 3.625 atau 3.625:1 menunjukkan bahwa bila gigi input berputar 3,6 kali maka gigi output baru berputar sekali. Gigi busur ini akan digunakan sebanyak 1 buah.



Gambar 3.46 Gigi busur