

# Perancangan dan Proses Pembuatan *Inner Door Panel* Mobil *Pick Up* Multiguna

Bambang Prayogi dan I Made Londen Batan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: londbatan@me.its.ac.id

Pintu mobil *pick up* multiguna ini terdiri atas 2 bagian plat metal yang disatukan menjadi sebuah pintu yang utuh. Dua bagian plat metal tersebut adalah plat metal pintu bagian luar dan plat metal pintu bagian dalam atau *inner door panel*. Pada tahun 2012, penelitian telah dilakukan terhadap posisi *handle* pengatur kaca jendela atau *window regulator* mobil *pick up* GEA. Evaluasi tersebut mengharuskan adanya perubahan desain dari *inner door panel*. Suatu rancangan pengembangan desain *inner door panel* beserta seperangkat *punch and dies* perlu dilakukan agar *inner door panel* dapat diproduksi secara massal. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan meliputi penyusunan *list of requirement* dan perancangan pengembangan *inner door panel* dengan menggunakan bantuan *software* analisa dan CATIA. Proses pembuatan *inner door panel* perlu dirancang sehingga dapat diketahui jenis proses dan rancangan *punch and dies*-nya. Dari analisa getaran yang dilakukan, maka desain *inner door panel* memiliki frekuensi natural sebesar 166,94 Hz atau setara dengan 10.016,4 rpm sehingga aman dan tidak terpengaruh oleh getaran dari mesin mobil. Tegangan yang terjadi pada *inner door panel* akibat gaya pembebanan pada *handle* pintu bagian dalam adalah sebesar  $2,9159 \times 10^7$  Pa atau setara dengan  $2,97 \text{ Kg/mm}^2$  sehingga masih berada dalam kategori aman. Terdapat 3 macam proses pembentukan dengan nilai total gaya pembentukan sebagai berikut: Gaya pembentukan proses *trimming* = 48.96 ton, Gaya pembentukan proses *embossing* = 26.89 ton, Gaya pembentukan proses *piercing* = 41.66 ton. *Window regulator* yang disarankan untuk digunakan pada mobil *pick up* multiguna ini adalah *scissor type window regulator* dengan tenaga penggerak manual. Tegangan kompresi *punch and dies* pada tiap proses pembentukan dibandingkan dengan tegangan ijin materialnya masing-masing sehingga perancangan aman, dimana: tegangan kompresi proses *trimming*  $0,11 \text{ Kg/mm}^2$ , tegangan kompresi proses *embossing*  $0,28 \text{ Kg/mm}^2$ , tegangan kompresi proses *piercing*  $0,39 \text{ Kg/mm}^2$ . Semua tegangan kompresi yang terjadi lebih kecil daripada tegangan ijin material yaitu  $70,36 \text{ Kg/mm}^2$ .

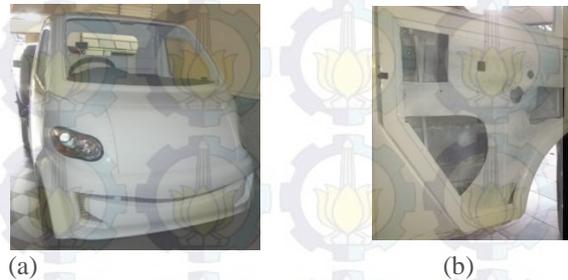
**Kata Kunci:** *Inner door panel*, *window regulator*, *punch and dies*.

## I. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya teknologi mengikuti kemajuan jaman, menuntut daerah pedesaan untuk semakin maju dan berkembang mengejar ketertinggalan. Oleh karena itu pemerintah sudah memulai proyek pengembangan suatu alat transportasi yang dikhususkan untuk dipergunakan pada wilayah pedesaan di Indonesia. Alat transportasi tersebut adalah mobil *pick-up* multiguna yang ditujukan untuk menunjang berkembangnya tingkat perekonomian masyarakat pedesaan.

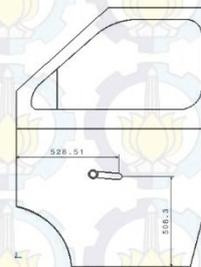
Mobil *pick-up* multiguna ini merupakan pengembangan dari mobil GEA yang dirancang ulang dan dimodifikasi sedemikian rupa agar bisa menjadi alat transportasi yang

sesuai dengan kebutuhan masyarakat pedesaan saat ini. Mobil *pick-up* multiguna yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.a Proses pembuatan mobil *pick-up* multiguna ini dilakukan dengan cara menggabungkan beberapa komponen penyusun utama sehingga bisa menjadi sebuah mobil secara utuh. Salah satu contoh komponen penyusun utama dari mobil multiguna pedesaan ini adalah bagian pintu mobil.



Gambar 1. Mobil *Pick-Up* GEA a.) Tampak Depan b.) *Inner Door Panel*

Pintu mobil *pick-up* multiguna ini terdiri atas 2 bagian plat metal yang disatukan menjadi sebuah pintu yang utuh. 2 bagian plat metal tersebut adalah plat metal pintu bagian luar dan plat metal pintu bagian dalam atau *Inner Door Panel* (gambar 1.b). Pada tahun 2012, Ciwi [1] telah melakukan penelitian terhadap posisi *handle* pengatur kaca jendela mobil GEA. Hal tersebut ditujukan untuk kenyamanan posisi pengemudi maupun penumpang ketika hendak menaikkan atau menurunkan posisi kaca jendela mobil agar tidak terjadi cedera. Posisi *handle* pemutar kaca jendela yang diusulkan oleh Alengga M. Z. Ciwi dapat dilihat pada Gambar 1.2 yang menunjukkan bahwa posisi ini aman bagi pengemudi karena pergerakan otot tubuh tidak berlebihan.



Gambar 2. Posisi Perbaikan *Handle* Pemutar Kaca Jendela [Ciwi, 2012] [1]

Agar rancangan sesuai dengan kebutuhan, maka evaluasi rancangan perlu dilakukan dari produk yang sudah ada. Jika ada yang kurang, maka akan dilakukan perbaikan dan perancangan proses pembuatan *inner door panel* beserta dengan rancangan *punch and dies*-nya

Dalam pembuatan *inner door panel* tersebut diperlukan beberapa proses pembentukan, sehingga perlu direncanakan jenis dan urutan proses yang akan dilakukan. Agar dapat diproduksi secara massal, maka dilakukan perancangan proses pembuatan dengan peralatan yang sesuai agar didapatkan bentuk dan ukuran yang sama.

## II. URAIAN PENELITIAN

Adapun tahap perancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

### A. Studi Literatur dan Studi Lapangan

Langkah pertama dalam perancangan dimulai dengan studi literatur dan berikutnya dilakukan pengumpulan data di lapangan sebagai berikut:

- Standard pembuatan, Perawatan dan Perbaikan *Punch and Dies*
- Jenis-jenis penggerak kaca jendela mobil
- Spesifikasi produk
- Spesifikasi mesin yang akan digunakan

### B. Perumusan Masalah

Dari data yang telah didapatkan, maka perumusan masalahnya adalah:

- Bagaimanakah proses perancangan *inner door panel*
- Bagaimanakah desain yang digunakan pada perancangan *punch and dies* untuk *inner door panel*
- Bagaimanakah pemilihan *window regulator*

### C. Perancangan Inner Door Panel

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam proses perancangan *inner door panel* adalah sebagai berikut:

- Penyusunan *List of Requirements* (daftar kebutuhan)  
Berikut adalah *list of requirements* yang dibutuhkan dalam proses pengembangan *inner door panel* :

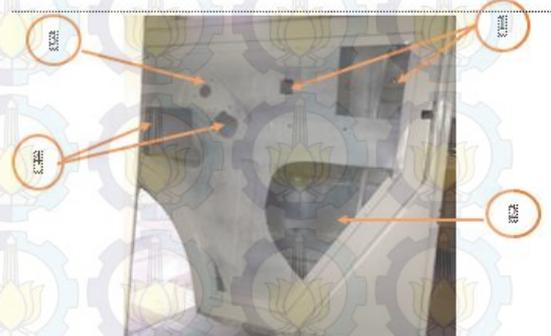
Tabel 1. *List of Requirements Inner Door Panel*

No.	<i>List of Requirements Inner Door Panel</i>	Keterangan	
1.	Spesifikasi Dimensi <i>inner door panel</i>	1.	Tinggi (sisi kanan) = 640 mm
		2.	Tinggi (sisi kiri) = 306 mm
		3.	Lebar (sisi atas) = 815 mm
		4.	Lebar (sisi bawah) = 473.5 mm
		5.	Radius = 455 mm
2.	Material	1.	Plat Steel ASTM A1011 dengan tebal 0,7 mm.
3.	Kekuatan	1.	Kuat dan tahan lama
4.	Manufaktur	1.	Dapat dimanufaktur
		2.	Waktu pembuatan singkat
		3.	Biaya pembuatan tidak mahal
5.	Kelengkapan	1.	Dilengkapi dengan pemegang kaca
		2.	Dilengkapi dengan lubang speaker
6.	Keamanan	1.	Aman digunakan

### b. Produk Existing

Produk *existing* ini berasal dari *inner door panel* mobil GEA berwarna putih buatan PT. INKA. Jika dilihat dari aspek fungsional, desain *inner door panel* mobil GEA ini juga terlihat kurang efisien. Posisi peletakan lubang untuk pemasangan dan perawatan komponen bagian dalam pintu mobil terlihat kurang

beraturan. Posisi *handle* pengatur kaca jendela pada pintu mobil ini juga tidak nyaman ketika diputar dan dapat mengakibatkan cedera karena adanya pergerakan otot tubuh yang berlebihan [Ciwi, 2012] [1]. Untuk itu dilakukan pengembangan *inner door panel* agar menjadi lebih praktis dan efisien. Dari studi lapangan yang telah dilakukan, uraian dari fungsi lubang pada *inner door panel* dari mobil GEA adalah sebagai berikut:



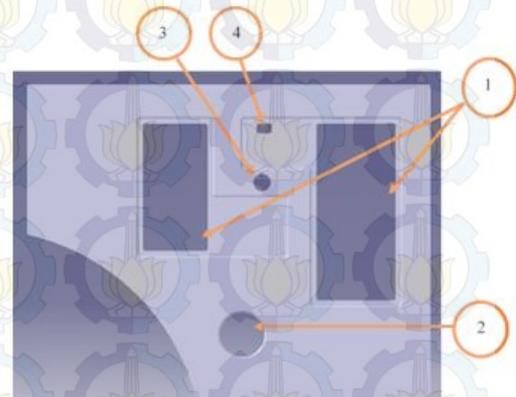
Gambar 3. *Inner Door Panel* Mobil Pick-Up GEA

Keterangan:

- Lubang untuk pemasangan dan perawatan *door lock*
- Lubang untuk perawatan kaca jendela
- Lubang untuk pemutar *window regulator*
- Lubang untuk pemasangan dan perawatan *window regulator*

### c. Pengembangan Inner Door Panel

Pengembangan *inner door panel* memiliki desain sederhana dengan susunan lubang yang lebih efisien dan berfungsi untuk pemasangan, perawatan ataupun penggantian komponen yang berada di bagian dalam pintu mobil seperti *window regulator*, *door lock* dan kaca jendela. Posisi lubang pemutar *window regulator* ditempatkan pada bagian tengah *inner door panel* sesuai dengan hasil penelitian Ciwi [1] agar pengendara tidak mengalami cedera ketika menaikkan atau menurunkan kaca jendela secara manual akibat dari pergerakan otot yang berlebihan. *Inner door panel* ini juga telah dilengkapi dengan lubang untuk *speaker*, namun untuk pemasangan *speaker* itu sendiri bersifat *optional*. Rancangan *inner door panel* dapat dilihat pada gambar 3.2:



Gambar 4. Pengembangan *Inner Door Panel*

Keterangan :

- Lubang untuk pemasangan dan perawatan *door lock*, *window regulator*, *speaker* dan kaca jendela

2. Lubang untuk *speaker*
3. Lubang untuk pemutar *window regulator*
4. Lubang untuk *handle door lock*

#### D. Analisa Frekuensi Natural Getaran Inner Door Panel

Desain dan peletakan posisi *embossing* juga diperhatikan karena *embossing* berfungsi untuk menambah kekakuan pada *inner door panel*. Serta akan dilakukan juga analisa getaran yang terjadi pada *inner door panel*. Getaran yang terjadi disebabkan oleh getaran yang berasal dari mesin mobil ketika mesin dioperasikan (posisi *idle*) ataupun ketika dipacu pada kondisi maksimum. Getaran yang dihasilkan oleh mesin mobil memiliki frekuensi natural sebesar 1000 rpm (posisi *idle*) hingga 5800 rpm (kondisi maksimum). Oleh karena itu akan dilakukan analisa getaran terhadap *inner door panel* agar memiliki nilai frekuensi natural yang lebih besar daripada frekuensi natural getaran yang dihasilkan oleh mesin mobil. Jika nilai frekuensi natural *inner door panel* lebih besar, maka getaran yang terjadi oleh mesin mobil tidak akan mempengaruhi *inner door panel* sehingga tidak akan ikut bergetar. Karena jika *inner door panel* ikut bergetar, akan terjadi kebisingan yang tidak diinginkan.

Analisa getaran pada *inner door panel* akan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* analisa. Apabila hasil analisa getaran pada *inner door panel* memiliki frekuensi natural yang sama atau kurang dari frekuensi natural maksimum mesin mobil, maka akan dilakukan perancangan ulang terhadap desain *embossing* pada *inner door panel* hingga desain yang sesuai didapatkan.

#### E. Analisa Tegangan Pada Inner Door Panel

Analisa tegangan pada *inner door panel* perlu dilakukan untuk mengetahui apakah *inner door panel* tersebut aman untuk digunakan atau tidak. Pembebanan yang diberikan untuk melakukan analisa tegangan adalah sebesar 300 N atau setara dengan 30 Kg. Titik uji pembebanan berada pada posisi yang akan di gunakan sebagai lokasi *handle* pintu mobil bagian dalam yaitu pada pusat *inner door panel*. Tegangan yang bekerja pada *inner door panel* akan dibandingkan dengan tegangan ijin material *inner door panel*.

Analisa tegangan pada *inner door panel* akan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* analisa. Apabila hasil analisa tegangan pada *inner door panel* memiliki nilai yang sama atau lebih dari nilai tegangan ijin material *inner door panel*, maka akan dilakukan perancangan ulang terhadap desain *inner door panel* hingga didapatkan desain yang sesuai.

#### F. Perancangan Proses Pembuatan Inner Door Panel

Proses pembuatan *inner door panel* terbagi atas 3 macam proses. Proses yang pertama adalah *trimming*, kemudian yang kedua adalah *embossing* dan proses yang ketiga adalah *pierching*.

#### G. Perhitungan Gaya Pembentukan Inner Door Panel

Pada tahap ini akan dihitung gaya potong dan pembentukan dari *inner door panel*. Proses yang akan dilakukan untuk pembentukan *inner door panel* adalah *trimming*, *embossing* dan *piercing*.

#### H. Perancangan dan Analisa Tegangan pada Punch and Dies

Pada tahap ini perancangan desain dan perhitungann gaya yang bekerja pada *punch and dies* akan dilakukan. Kemudian pemilihan material *punch and dies* akan dilakukan. Langkah berikutnya adalah analisa tegangan kompresi yang terjadi pada *punch and dies* dan dibandingkan dengan tegangan ijin dari materialnya. Apabila hasil analisa tegangan pada *punch and dies* memiliki nilai yang sama atau lebih dari nilai tegangan ijin material *punch and dies*, maka perancangan ulang terhadap desain *punch and dies* akan dilakukan hingga didapatkan desain yang sesuai.

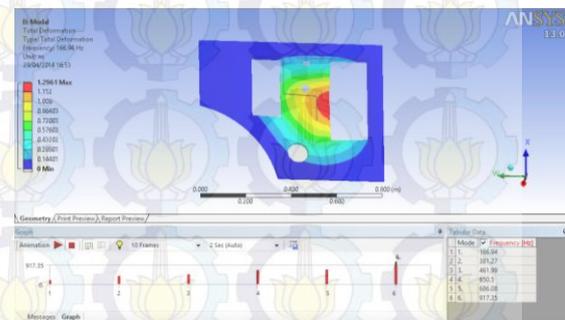
#### I. Kesimpulan dan Saran

Hasil dari perancangan dan proses pembuatan *inner door panel* mobil *pick-up* multiguna ini akan dirangkum menjadi suatu kesimpulan. Saran juga sangat diperlukan agar kelak laporan penelitian ini bisa dikembangkan secara lebih baik lagi.

### III. ANALISA FREKUENSI NATURAL GETARAN DAN ANALISA TEGANGAN PADA INNER DOOR PANEL

#### A. Analisa Frekuensi Natural Getaran Pada Inner Door Panel

Getaran yang dihasilkan oleh mesin mobil memiliki frekuensi natural sebesar 1.000 rpm (posisi *idle*) hingga 5.800 rpm (kondisi maksimum). Berikut ini adalah hasil analisa yang telah dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* analisa:



Gambar 5. Hasil Analisa Frekuensi Natural Inner Door Panel

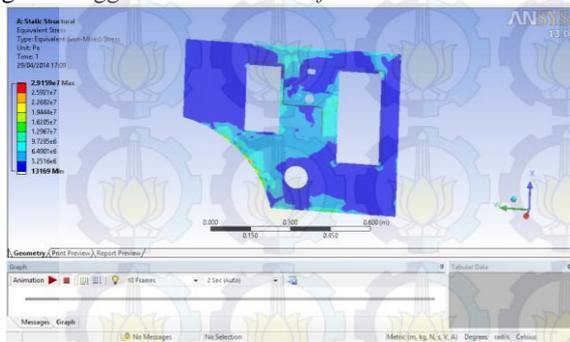
Dari analisa yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa desain *inner door panel* memiliki frekuensi natural sebesar 166,94 Hz atau setara dengan 10.016,4 rpm. Angka tersebut berada jauh di atas frekuensi natural mesin mobil ketika dalam kondisi maksimum yaitu sebesar 5.800 rpm. Maka dapat disimpulkan bahwa getaran yang berasal dari mesin mobil tidak akan berpengaruh terhadap *inner door panel*.

#### B. Analisa Tegangan Pada Inner Door Panel

Analisa tegangan pada *inner door panel* dilakukan agar dapat diketahui apakah desain ini sudah cukup kuat dan aman untuk menahan suatu pembebanan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan pembebanan sebesar 300 Newton atau setara dengan 30 Kg. Posisi pembebanan berada pada pusat *inner door panel* yaitu pada bagian yang akan digunakan sebagai letak *handle* pintu bagian dalam mobil.

Hasil dari analisa tegangan yang diakibatkan oleh pembebanan akan dibandingkan dengan tengangan ijin dari material *inner door panel*. Nilai tegangan ijin yang

didapatkan dari *mechanical properties* material *inner door panel* adalah sebesar 136,666 MPa atau setara dengan 13,94 Kg/mm<sup>2</sup>. Berikut ini adalah hasil analisa yang telah dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* analisa:



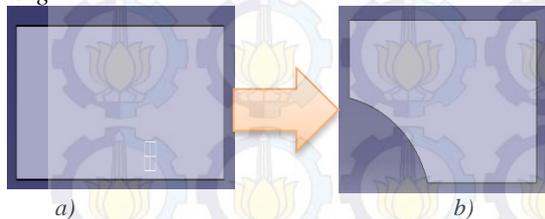
Gambar 6. Hasil Analisa Tegangan *Inner Door Panel*

Dari dari analisa yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa tegangan maksimum terjadi pada daerah yang berwarna merah. Nilai tegangan maksimum pada daerah tersebut adalah  $2,9159 \times 10^7$  Pa atau setara dengan 2,97 Kg/mm<sup>2</sup>. Nilai tegangan maksimum tersebut lebih kecil daripada tegangan ijin material *inner door panel* yang diijinkan, yaitu 13,94 Kg/mm<sup>2</sup>. Hal tersebut menunjukkan bahwa rancangan *inner door panel* akibat gaya pembebanan masih aman.

#### IV. URUTAN PROSES PEMBUATAN *INNER DOOR PANEL* DAN GAYA-GAYA PEMBENTUKANNYA

##### A. *Trimming*

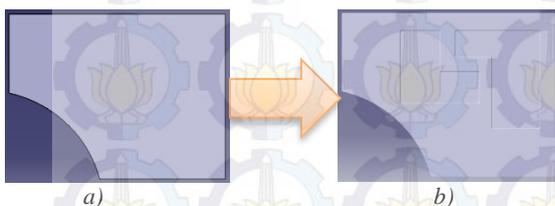
Proses *trimming* adalah suatu proses pemotongan atau penghilangan bagian-bagian yang tidak dikehendaki pada suatu material. Berikut ini adalah gambar dari proses *trimming*:



Gambar 7. Proses *Trimming* a.) Sebelum Proses *Trimming* b.) Sesudah Proses *Trimming*

##### B. *Embossing*

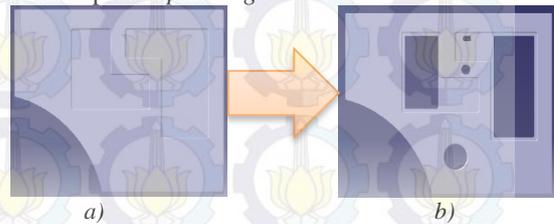
Proses *embossing* adalah suatu proses *stretch forming* atau proses pembentukan logam dari suatu bentuk lembaran plat menjadi bentuk yang diinginkan melalui proses penarikan sebagian atau keseluruhan dari material dasar sehingga teregang secara plastis. Berikut ini adalah gambar dari proses *embossing*:



Gambar 8. Proses *Embossing* a.) Sebelum Proses *Embossing* b.) Sesudah Proses *Embossing*

##### C. *Piercing*

Proses *piercing* adalah salah satu proses pemotongan atau pelubangan pada bagian tengah suatu plat. Berikut ini adalah gambar dari proses *piercing*:



Gambar 9. Proses *Piercing* a.) Sebelum Proses *Piercing* b.) Sesudah Proses *Piercing*

##### D. Gaya Pembentukan Pada Proses *Trimming*

###### a. Gaya *Shearing* Pada Proses *Trimming*

Besar gaya potong pada proses *trimming* sesuai dengan persamaan [Boljanovic, 2004] [2].

$$F_s = 0.7 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_u$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan gaya *trimming*

$$F_s = 452507.218 \text{ N} \approx 46184.41 \text{ kg} \approx 46.18 \text{ ton}$$

###### b. Gaya *Stripper* Pada Proses *Trimming*

Besar gaya *stripper* pada proses *trimming* sesuai dengan persamaan [Boljanovic, 2004] [2].

$$F_{strip} = F_s \cdot C_{strip}$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan gaya *stripper*

$$F_{strip} = 27150.43 \text{ N} \approx 2770.45 \text{ kg} \approx 2.77 \text{ ton}$$

$$\text{Maka } F_{\text{total}} : F_s + F_{strip} = 48.96 \text{ ton}$$

##### E. Gaya Pembentukan Pada Proses *Embossing*

###### a. Gaya *Emboss* Pada Proses *Embossing*

Besar gaya *emboss* pada proses *embossing* sesuai dengan persamaan [Tschetch, 2006] [3].

$$F_e = K_r \cdot A_e$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan gaya *embossing*

$$F_e = 248640 \text{ N} \approx 25371 \text{ kg} \approx 25.37 \text{ ton}$$

###### b. Gaya *Stripper* Pada Proses *Embossing*

Besar gaya *stripper* pada proses *embossing* sesuai dengan persamaan [Boljanovic, 2004] [2].

$$F_{strip} = F_e \cdot C_{strip}$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan gaya *stripper*

$$F_{strip} = 14918.4 \text{ N} \approx 1522.28 \text{ kg} \approx 1.52 \text{ ton}$$

$$\text{Maka } F_{\text{total}} : F_e + F_{strip} = 26.89 \text{ ton}$$

##### F. Gaya Pembentukan Pada Proses *Piercing*

###### a. Gaya *Shearing* Pada Proses *Piercing*

Besar gaya potong pada proses *piercing* sesuai dengan persamaan [Boljanovic, 2004] [2].

$$F_s = 0.7 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_u$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan gaya *trimming*

$$F_s = 385285.82 \text{ N} \approx 39314.88 \text{ kg} \approx 39.31 \text{ ton}$$

b. Gaya *Stripper* Pada Proses *Piercing*

Besar gaya *stripper* pada proses *piercing* sesuai dengan persamaan [Boljanovic, 2004] [2].

$$F_{strip} = F_s \cdot C_{strip}$$

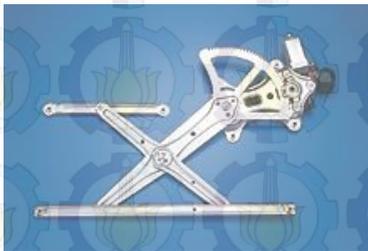
Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan gaya *stripper*

$$F_{strip} = 23117.15 \text{ N} \approx 2358.89 \text{ kg} \approx 2.35 \text{ ton}$$

Maka F total :  $F_s + F_{strip} = 41.66 \text{ ton}$

G. Pemilihan *Window Regulator*

Pertimbangan yang dilakukan untuk menentukan pengambilan keputusan terhadap pemilihan *window regulator* adalah dari segi nilai ekonomis dan kemudahan dalam melakukan perawatan. Data dari tabel tersebut menunjukkan bahwa jenis dan tenaga penggerak dari *window regulator* yang memiliki nilai ekonomis paling tinggi cara perawatan paling mudah adalah *Scissor type window regulator* dengan tenaga penggerak manual. Jenis *window regulator* tersebut adalah yang paling umum dan sederhana. Harga *window regulator* tersebut juga relatif murah di pasaran dengan perawatan yang cukup mudah jika dibandingkan dengan jenis *window regulator* yang lain.



Gambar 10. *window regulator* yang disarankan untuk mobil *pick-up* multiguna

H. Perbandingan Tegangan Kompresi dan Tegangan Ijin *Punch Trimming*

Pada perencanaan *punch trimming* akan dihitung tegangan kompresi. Tegangan tersebut akan digunakan untuk menentukan jenis material dan panjang *punch* agar tidak patah. Besarnya tegangan kompresi jika dibandingkan dengan tegangan ijin dari material *punch* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan [Suchy, 2006] [4].

$$\sigma_{comp} = \frac{L \cdot t \cdot \sigma_s}{A}$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan nilai tegangan kompresi *punch trimming* sebesar  $0.11 \text{ kg/mm}^2$

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- BHN = 335
- $\sigma_u = 1158 \text{ MPa}$
- $\sigma_y = 1035 \text{ MPa}$

Tegangan ijin material *punch*:

$$\sigma_{ijin} = \frac{1035}{1.5} = 690 \text{ MPa} \approx 70.36 \text{ kg/mm}^2$$

Syarat aman adalah:

$$\sigma_{comp} \leq \sigma_{ijin}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan

$$\sigma_{comp} = 0.11 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{ijin} = 70.36 \text{ Kg/mm}^2$$

Karena nilai tegangan ijin lebih lebih besar daripada nilai tegangan kompresi, maka perencanaan aman.

I. Perbandingan Tegangan Kompresi dan Tegangan Ijin *Punch Embossing*

Pada perencanaan *punch embossing* akan dihitung tegangan kompresi. Tegangan tersebut akan digunakan untuk menentukan jenis material dan panjang *punch* agar tidak patah. Besarnya tegangan kompresi jika dibandingkan dengan tegangan ijin dari material *punch* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan [Suchy, 2006] [4].

$$\sigma_{comp} = \frac{L \cdot t \cdot \sigma_s}{A}$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan nilai tegangan kompresi *punch embossing* sebesar  $0.11 \text{ kg/mm}^2$

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- BHN = 335
- $\sigma_u = 1158 \text{ MPa}$
- $\sigma_y = 1035 \text{ MPa}$

Tegangan ijin material *punch*:

$$\sigma_{ijin} = \frac{1035}{1.5} = 690 \text{ MPa} \approx 70.36 \text{ kg/mm}^2$$

Syarat aman adalah:

$$\sigma_{comp} \leq \sigma_{ijin}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan

$$\sigma_{comp} = 0.28 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{ijin} = 70.36 \text{ Kg/mm}^2$$

Karena nilai tegangan ijin lebih lebih besar daripada nilai tegangan kompresi, maka perencanaan aman.

J. Perbandingan Tegangan Kompresi dan Tegangan Ijin *Punch Piercing*

Pada perencanaan *punch Piercing* akan dihitung tegangan kompresi. Tegangan tersebut akan digunakan untuk menentukan jenis material dan panjang *punch* agar tidak patah. Besarnya tegangan kompresi jika dibandingkan dengan tegangan ijin dari material *punch* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan [Suchy, 2006] [4].

$$\sigma_{comp} = \frac{L \cdot t \cdot \sigma_s}{A}$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan nilai tegangan kompresi *punch embossing* sebesar  $0.39 \text{ kg/mm}^2$

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- BHN = 335
- $\sigma_u = 1158 \text{ MPa}$
- $\sigma_y = 1035 \text{ MPa}$

Tegangan ijin material *punch*:

$$\sigma_{ijin} = \frac{1035}{1.5} = 690 \text{ MPa} \approx 70.36 \text{ kg/mm}^2$$

Syarat aman adalah:

$$\sigma_{comp} \leq \sigma_{ijin}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan

$$\sigma_{comp} = 0.39 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{ijin} = 70.36 \text{ Kg/mm}^2$$

Karena nilai tegangan ijin lebih lebih besar daripada nilai tegangan kompresi, maka perencanaan aman.

## V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Desain *inner door panel* memiliki frekuensi natural sebesar 166,94 Hz atau setara dengan 10.016,4 rpm sehingga aman dan tidak terpengaruh oleh getaran dari mesin mobil.
- b. Tegangan yang terjadi pada *inner door panel* akibat gaya pembebanan sebesar 300 N pada *handle* pintu bagian dalam adalah sebesar  $2,9159 \times 10^7 \text{ Pa}$  atau setara dengan  $2,97 \text{ Kg/mm}^2$ . Sedangkan tegangan ijin material adalah sebesar  $13,94 \text{ Kg/mm}^2$  sehingga masih berada dalam kategori aman.
- c. Terdapat 3 macam proses pembentukan yaitu *trimming*, *embossing* dan *piercing* dengan nilai total gaya pembentukan masing-masing sebagai berikut:
  - Gaya pembentukan proses *Trimming* = 48.96 ton
  - Gaya pembentukan proses *Embossing* = 26.89 ton
  - Gaya pembentukan proses *Piercing* = 41.66 ton
- d. *Window regulator* yang disarankan untuk digunakan pada mobil *pick-up* multiguna ini adalah *scissor type window regulator* dengan tenaga penggerak manual.
- e. Tegangan kompresi *punch and dies* pada tiap proses pembentukan dibandingkan dengan tegangan ijin materialnya masing-masing sehingga perancangan aman, dimana tegangan kompresi pada proses *trimming*  $0.11 \text{ Kg/mm}^2$ , tegangan kompresi pada proses *embossing*  $0.28 \text{ Kg/mm}^2$ , tegangan kompresi pada proses *piercing*  $0.39 \text{ Kg/mm}^2$ . Semua tegangan kompresi yang terjadi lebih kecil daripada tegangan ijin material yaitu  $70.36 \text{ Kg/mm}^2$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah banyak membantu atas selesainya artikel ini, terutama kepada Prof. Dr.-Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng selaku dosen pembimbing dan seluruh civitas akademika jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ciwi, A.M.Z, (2012), Perancangan Kabin Angkutan Pedesaan Jenis Pick Up Yang Aerodinamis Dan Ergonomis (Studi Kasus Kabin Mobil Gea), Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

- [2] Boljanovic, V, (2004), Sheet Metal Forming Processes and Die Design, Industrial Press Inc, Tennessee
- [3] Tschaetsch, H, (2006) Metal Forming Practise, Springer, Berlin
- [4] Suchy, I, (2006), Handbook of Die Design, The McGraw Hill Companies, New York