

# 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

**Abstrak**—Sejak tahun 2012 Jurusan Teknik Mesin bekerja sama dengan PT. INKA mengembangkan mobil murah multiguna. Mobil *pick up* tersebut diberi nama GEA. Pengembangan dilakukan pada *body*, *chasis* dan *engine*. Sebagai bagian dari *body*, pintu mobil juga akan dikembangkan. Pada tahun 2013, penelitian terhadap posisi handle pengatur kaca jendela atau window regulator mobil *pick up* GEA telah dilakukan. Evaluasi tersebut mengharuskan adanya perubahan desain dari *inner door panel*. Suatu rancangan pengembangan desain *inner door panel* perlu dilakukan agar *inner door panel* dapat diproduksi secara massal. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan meliputi penyusunan *list of requirement* untuk pengembangan konsep, analisa getaran dan tegangan yang terjadi pada panel dengan bantuan *software* CATIA. Selanjutnya perancangan proses pembuatan dan perancangan *punch and dies*-nya dilakukan. Dari analisa getaran yang dilakukan, dapat diketahui *inner door panel* memiliki frekuensi natural sebesar 166,94 Hz (10.016,4 rpm) artinya panel 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  $2,9159 \times 10^7$  Pa (2,97 Kg/mm<sup>2</sup>) sehingga lebih kecil dari tegangan ijin materialnya 13,94 Kg/mm<sup>2</sup> dan rancangan masih berada dalam kategori aman. Untuk membuat *inner door panel* dilakukan 3 macam proses pembentukan yaitu *trimming*, *embossing* dan *piercing*. Total gaya pembentukan masing-masing proses sebagai berikut: Gaya pembentukan proses *trimming* = 48.96 ton, proses *embossing* = 26.89 ton dan 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. Pada perancangan *punch and dies*, tegangan kompresi masing-masing proses dihitung dan hasilnya adalah sebagai berikut: Tegangan kompresi proses *trimming* 0.11 Kg/mm<sup>2</sup>, tegangan kompresi proses *embossing* 0.28 Kg/mm<sup>2</sup>, tegangan kompresi proses *piercing* 0,39 Kg/mm<sup>2</sup>. Semua tegangan kompresi yang terjadi lebih kecil daripada tegangan ijin material yaitu 70.36 Kg/mm<sup>2</sup> sehingga perancangan *punch and dies* aman.

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

## 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. Atas dasar tersebut, PT. INKA bekerja sama dengan jurusan teknik mesin ITS sejak 2012 mengembangkan mobil *pick up* multiguna 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 bagian utama dari mobil GEA yang dikembangkan adalah *body*, kabin, *chasis* dan *engine*. Sebagai bagian dari *body*, pintu mobil juga dikembangkan agar dapat memenuhi ketentuan akan mobil multiguna untuk daerah pedesaan. Salah satu contoh komponen penyusun utama dari mobil multiguna pedesaan ini adalah bagian pintu mobil.

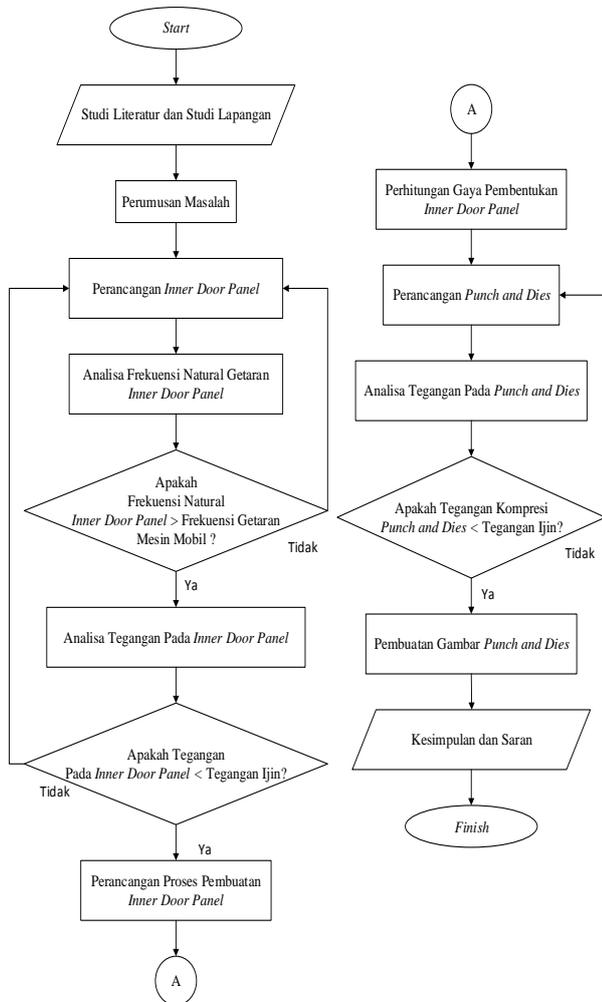


Gambar 1. Mobil *Pick-Up* GEA a.) Tampak Depan b.) *Inner Door Panel*

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 telah melakukan penelitian terhadap posisi *handle* pengatur kaca jendela mobil GEA [1]. Hal tersebut ditujukan untuk meningkatkan kenyamanan posisi supir maupun penumpang ketika hendak menaikkan atau menurunkan posisi kaca jendela mobil akibat dari pembebanan torsi *handle*, maka secara langsung akan berakibat pada perubahan posisi alat perlengkapan pintu. Untuk itu pintu yang baru perlu dirancang ulang atau dikembangkan. Pada penelitian ini, plat pintu bagian dalam (*inner door panel*) dikembangkan. Pengembangan *inner door panel* ini diikuti oleh perancangan *punch and dies* untuk proses pembuatannya

## II. URAIAN PENELITIAN

Tahap perancangan dalam penelitian ini sesuai dengan diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tahap pertama yang dilakukan adalah studi literatur dan lapangan yang dilanjutkan dengan tahap pengembangan *inner door panel*. Tahap pengembangan *inner door panel* tersebut meliputi analisa frekuensi natural getaran dan analisa tegangan dengan bantuan *software* CATIA dan ANSYS. Kemudian diikuti oleh tahap perancangan *punch and dies* untuk proses pembuatannya.

### III. PENGEMBANGAN INNER DOOR PANEL

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pengembangan *inner door panel* adalah penyusunan *list of requirement*, kajian produk *eksisting*, pengembangan konsep *inner door panel*, analisa frekuensi natural getaran, tegangan yang terjadi pada *inner door panel*, perancangan proses pembuatan dan perancangan *punch and dies*-nya.

#### a. Penyusunan *List of Requirements*

Untuk pengembangan *inner door panel* berdasarkan analisa kebutuhan mobil *pick up* berdasarkan pedesaan, *list of requirements* disusun. *List of requirements* disusun dalam sebuah tabel dan dapat dilihat pada Tabel 1

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. Kajian Produk *Existing*

Produk *existing* adalah *inner door panel* mobil GEA berwarna putih buatan PT. INKA. Jika dilihat dari aspek fungsional, desain *inner door panel* mobil GEA ini cukup baik, akan tetapi posisi peletakan lubang untuk pemasangan dan perawatan komponen bagian dalam pintu mobil terlihat tidak beraturan. Posisi *handle* pengatur kaca jendela pada pintu mobil ini tidak nyaman. Secara visual *inner door panel* mobil GEA dapat dilihat pada Gambar 3.



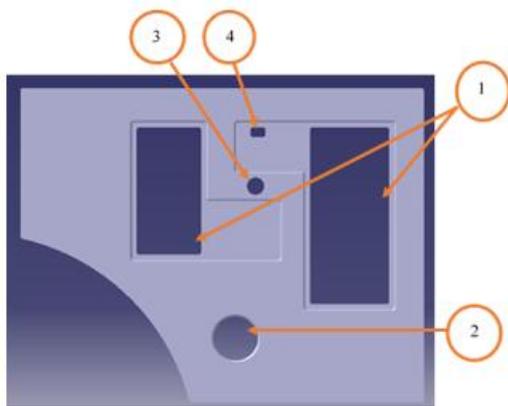
Gambar 3. *Inner Door Panel* Mobil *Pick-Up* GEA

Keterangan:

1. Lubang untuk pemasangan dan perawatan *door lock*
2. Lubang untuk perawatan kaca jendela
3. Lubang untuk pemutar *window regulator*
4. Lubang untuk pemasangan dan perawatan *window regulator*

#### c. Pengembangan Konsep *Inner Door Panel*

Pengembangan *inner door panel* memiliki konsep sederhana dengan susunan lubang yang ditempatkan untuk fungsi pemasangan, perawatan ataupun penggantian komponen yang ada di 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 agar pengendara mudah menaik turunkan kaca jendela secara manual [1]. *Inner door panel* ini juga dilengkapi dengan lubang untuk *speaker*. Konsep *inner door panel* dapat dilihat pada Gambar 4:



Gambar 4. Pengembangan Inner Door Panel

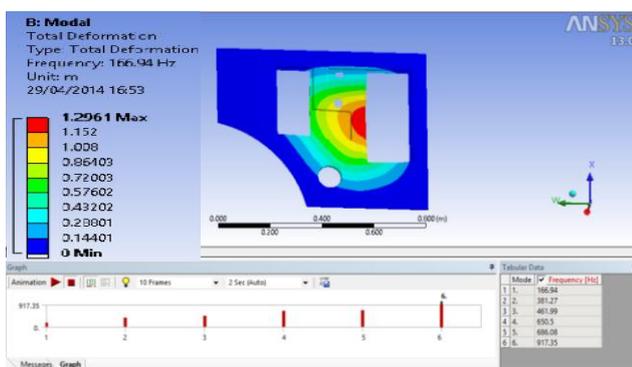
Keterangan :

1. 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*

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

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

Desain dan peletakan posisi *embossing* juga diperhatikan karena *embossing* berfungsi untuk menambah kekakuan pada *inner door panel*. Analisa getaran yang terjadi pada *inner door panel* juga dilakukan. 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). Berikut ini adalah hasil analisa yang telah dilakukan dengan menggunakan bantuan *software ANSYS*. Hasil simulasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



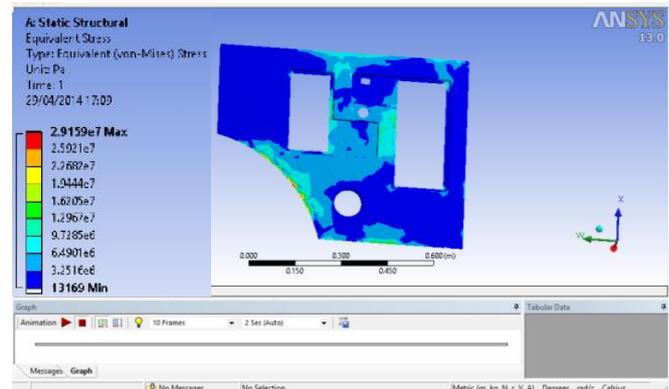
Gambar 5. Hasil Analisa Frekuensi Natural Inner Door Panel

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. Nilai tersebut jauh di atas frekuensi natural mesin mobil ketika dalam kondisi maksimum (5.800 rpm). Sehingga 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 beban yang terjadi. Untuk membantu analisa tegangan, simulasi dilakukan dengan menggunakan pembebanan sebesar 300 Newton dimana digunakan *software ANSYS*. Posisi pembebanan berada pada pusat *inner door panel* yaitu pada bagian yang akan digunakan sebagai letak *handle* pintu.

Tegangan ijin yang didapat dari *mechanical properties* material *inner door panel* adalah sebesar 136,666 MPa (13,94 Kg/mm<sup>2</sup>). Berikut ini adalah hasil analisa yang telah dilakukan dengan menggunakan bantuan *software ANSYS*.



Gambar 6. Hasil Analisa Tegangan Inner Door Panel

Dari hasil simulasi dengan *software ANSYS* dapat diketahui bahwa tegangan maksimum terjadi pada daerah tepi bawah panel (warna merah) 2,9159 x 10<sup>7</sup> Pa (2,97 Kg/mm<sup>2</sup>). Nilai tegangan maksimum tersebut lebih kecil daripada tegangan ijin material *inner door panel*, hal tersebut menunjukkan bahwa rancangan *inner door panel* aman dari tegangan yang terjadi.

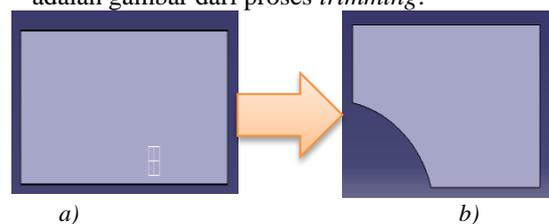
#### V. URUTAN PROSES PEMBUATAN INNER DOOR PANEL DAN GAYA-GAYA PEMBENTUKANNYA

##### A. Proses Pembuatan Inner Door Panel

Proses pembuatan *inner door panel* terbagi atas 3 macam proses, yaitu *trimming*, *embossing* dan yang terakhir adalah *piercing*.

###### 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*:

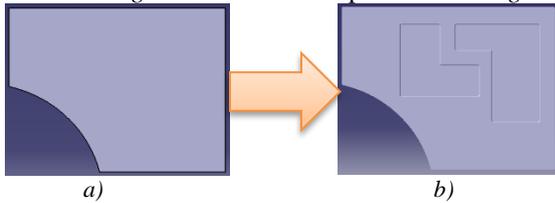


Gambar 7. Proses Trimming a.) Material Dasar b.) Benda Kerja Hasil

###### b. Embossing

Proses *embossing* adalah suatu proses *stretch forming* atau proses pembentukan logam dari suatu bentuk lembaran plat menjadi bentuk yang

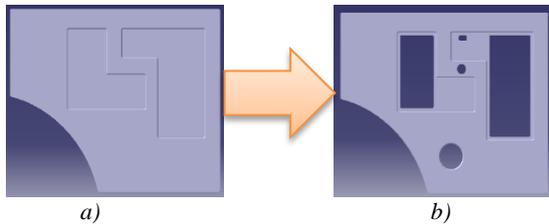
diinginkan melalui proses penarikan sebagian atau keseluruhan dari material dasar sehingga teregang secara plastis. Gambar 8 menunjukkan proses *embossing* setelah material diproses *trimming*.



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

c. *Piercing*

Setelah dilakukan proses *embossing* benda kerja dilubangi dengan proses *piercing*. Proses *piercing* adalah salah satu proses pemotongan atau pelubangan pada bagian tengah suatu plat. Gambar 8 menunjukkan proses *piercing* dari proses pembuatan *inner door panel*. Proses *piercing* meliputi pembentukan 5 buah lubang yang sudah ditentukan dalam konsep pada Gambar 4 sebelumnya.



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

B. Gaya-gaya Pembentukan

a. Gaya Pembentukan Pada Proses *Trimming*

Gaya *Shearing* Pada Proses *Trimming*  
 Besar gaya  $F_s$  pada proses *trimming* dihitung berdasarkan persamaan (1) [2].

$$F_s = 0.7 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_u \quad (1)$$

Ket:

- $F_s$  = Gaya potong oleh *punch* (N)
- $t$  = Tebal Plat (mm)
- $L$  = Lintasan potong oleh *punch* (mm)
- $\sigma_u$  = Tegangan *ultimate* plat

Dimana:

- $t = 0.7$  mm
- $L = 2716.73$  mm
- $\sigma_u = 340$  Mpa = 340 N/mm<sup>2</sup>

Maka,  $F_s = 0.7 \cdot 2716.73 \cdot 0.7 \cdot 340$

Sehingga gaya *trimming*

$F_s = 452507.218$  N  $\approx 46184.41$  kg  $\approx 46.18$  ton

Gaya *Stripper* Pada Proses *Trimming*

Besar gaya  $F_{strip}$  pada proses *trimming* dihitung berdasarkan persamaan (2) [2].

$$F_{strip} = F_s \cdot C_{strip} \quad (2)$$

Ket:

- $F_{strip}$  = Gaya *stripper* (N)
- $F_s$  = Gaya potong oleh *punch* (N)
- $C_{strip}$  = Konstanta *stripper*

Dimana:

- $F_s = 452507.218$  N
- $C_{strip} = 0.06$

Maka,  $F_{strip} = 452507.218 \cdot 0.06$

Sehingga gaya *stripper*

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

Maka gaya total *trimming*:  $F_s + F_{strip} = 48.96$  ton

b. Gaya Pembentukan Pada Proses *Embossing*

Gaya *Emboss* Pada Proses *Embossing*  
 Besar gaya  $F_e$  pada proses *embossing* dihitung berdasarkan persamaan (3) [3].

$$F_e = K_r \cdot A_e \quad (3)$$

Ket :

- $F_e$  = Gaya *emboss* oleh *punch* (N)
- $A_e$  = Luas daerah *emboss* (mm<sup>2</sup>)
- $K_r$  = Resistensi deformasi (N/mm<sup>2</sup>)

Dimana:

- $A_e = 15540$  mm<sup>2</sup>
- $K_r = 1600$  N/mm<sup>2</sup>

Maka,  $F_e = 1600 \cdot 15540$

Sehingga gaya *embossing*

$F_e = 248640$  N  $\approx 25371$  kg  $\approx 25.37$  ton

Gaya *Stripper* Pada Proses *Embossing*

Besar gaya  $F_{strip}$  pada proses *embossing* dihitung berdasarkan persamaan (2) [2].

$$F_{strip} = F_e \cdot C_{strip} \quad (2)$$

Ket:

- $F_{strip}$  = Gaya *stripper* (N)
- $F_e$  = Gaya *embossing* (N)
- $C_{strip}$  = Konstanta *stripper*

Dimana:

- $F_e = 248640$  N
- $C_{strip} = 0.06$

Maka,  $F_{strip} = 248640 \cdot 0.06$

Sehingga gaya *stripper*

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

Maka gaya total *embossing*:  $F_e + F_{strip} = 26.89$  ton

c. Gaya Pembentukan Pada Proses *Piercing*

Gaya *Shearing* Pada Proses *Piercing*

Besar gaya  $F_s$  pada proses *piercing* dihitung berdasarkan persamaan (1) [2].

$$F_s = 0.7 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_u \quad (1)$$

Ket:

$F_s$  = Gaya potong oleh *punch* (N)

$t$  = Tebal Plat (mm)

$L$  = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

$\sigma_u$  = Tegangan *ultimate* plat

Dimana:

$t = 0.7$  mm

$L = 2312.64$  mm

$\sigma_u = 340$  MPa = 340 N/mm<sup>2</sup>

Maka,  $F_s = 0.7 \cdot 2312.64 \cdot 0.7 \cdot 340$

Sehingga gaya *trimming*

$F_s = 385285.82$  N  $\approx 39314.88$  kg  $\approx 39.31$  ton

Gaya *Stripper* Pada Proses *Piercing*

Besar gaya  $F_{strip}$  pada proses *piercing* dihitung berdasarkan persamaan (2) [2].

$$F_{strip} = F_s \cdot C_{strip} \quad (2)$$

Ket:

$F_{strip}$  = Gaya *stripper* (N)

$F_s$  = Gaya potong oleh *punch* (N)

$C_{strip}$  = Konstanta *stripper*

Dimana:

$F_s = 385285.82$  N

$C_{strip} = 0.06$

Maka,  $F_{strip} = 385285.82 \cdot 0.06$

Sehingga gaya *stripper*

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

Maka gaya total *piercing* :  $F_s + F_{strip} = 41.66$  ton

C. Pemilihan *Window Regulator*

Pertimbangan yang dilakukan untuk pemilihan *window regulator* adalah dari aspek ekonomis dan kemudahan dalam melakukan perawatan. Berdasarkan aspek tersebut, *scissor type window regulator* dengan tenaga penggerak manual dipilih. Jenis *window regulator* tersebut adalah sangat umum dan sederhana. Harga *window regulator* tersebut juga relatif murah dan perawatannya mudah jika dibandingkan dengan jenis *window regulator* yang lain.



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

VI. PERBANDINGAN TEGANGAN KOMPRESI DAN TEGANGAN IJIN *PUNCH*

A. Proses *Trimming*

Pada perencanaan *punch trimming*, tegangan kompresi dihitung. Hal tersebut dilakukan untuk menentukan jenis material dan panjang *punch* yang memenuhi syarat. Besarnya tegangan kompresi *punch* dapat dihitung berdasarkan persamaan (4) [4].

$$\sigma_{comp} = \frac{L \cdot t \cdot \sigma_s}{A} \quad (4)$$

Ket:

$\sigma_{comp}$  = Tegangan kompresi *punch* (kg/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_s$  = Tegangan geser material plat (kg/mm<sup>2</sup>)

$L$  = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

$t$  = Tebal plat (mm)

$A$  = Luas penampang *punch* (mm)

Dimana:

$\sigma_s = 238$  MPa  $\approx 24.27$  kg/mm<sup>2</sup>

$L = 2716.73$  mm

$t = 0.7$  mm

$A = 403610$  mm

Maka :  $\sigma_{comp} = \frac{2716.73 \cdot 0.7 \cdot 24.27}{403610}$

Sehingga nilai tegangan kompresi *punch* didapatkan sebesar 0.11 kg/mm<sup>2</sup>

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan tegangan ijin sebesar 690 MPa (70.36 kg/mm<sup>2</sup>)

Syarat aman adalah:

$$\sigma_{comp} \leq \sigma_{ijin} \quad (5)$$

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

B. Proses *Embossing*

Pada perencanaan *punch embossing*, tegangan kompresi dihitung. Hal tersebut dilakukan untuk menentukan jenis material dan panjang *punch* yang memenuhi syarat. Besarnya tegangan kompresi *punch* dapat dihitung berdasarkan persamaan (4) [4].

$$\sigma_{comp} = \frac{L \cdot t \cdot \sigma_s}{A} \quad (4)$$

Ket:

$\sigma_{comp}$  = Tegangan kompresi *punch* (kg/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_s$  = Tegangan geser material plat (kg/mm<sup>2</sup>)

$L$  = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

$t$  = Tebal plat (mm)

$A$  = Luas penampang *punch* (mm)

Dimana:

$\sigma_s = 238$  MPa  $\approx 24.27$  kg/mm<sup>2</sup>

$L = 2640$  mm

$t = 0.7$  mm

$A = 155400$  mm

Maka:  $\sigma_{comp} = \frac{2640 \cdot 0.7 \cdot 24.27}{155400}$

Sehingga nilai tegangan kompresi *punch* didapatkan sebesar  $0.28 \text{ kg/mm}^2$

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan tegangan ijin sebesar  $690 \text{ MPa}$  ( $70.36 \text{ kg/mm}^2$ )

Syarat aman adalah:

$$\sigma_{comp} \leq \sigma_{ijin} \quad (5)$$

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

### C. Proses Piercing

Pada perencanaan *punch piercing*, tegangan kompresi dihitung. Hal tersebut dilakukan untuk menentukan jenis material dan panjang *punch* yang memenuhi syarat. Besarnya tegangan kompresi *punch* dapat dihitung berdasarkan persamaan (4) [4].

$$\text{Ket: } \sigma_{comp} = \frac{L \cdot t \cdot \sigma_s}{A} \quad (4)$$

$\sigma_{comp}$  = Tegangan kompresi *punch* ( $\text{kg/mm}^2$ )  
 $\sigma_s$  = Tegangan geser material plat ( $\text{kg/mm}^2$ )  
 $L$  = Lintasan potong oleh *punch* (mm)  
 $t$  = Tebal plat (mm)  
 $A$  = Luas penampang *punch* (mm)

Dimana:

$\sigma_s$  =  $238 \text{ MPa} \approx 24.27 \text{ kg/mm}^2$   
 $L$  =  $2312.64 \text{ mm}$   
 $t$  =  $0.7 \text{ mm}$   
 $A$  =  $99320.5 \text{ mm}$

$$\text{Maka : } \sigma_{comp} = \frac{2312.64 \cdot 0.7 \cdot 24.27}{99320.5}$$

Sehingga nilai tegangan kompresi *punch* didapatkan sebesar  $0.39 \text{ kg/mm}^2$

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan tegangan ijin sebesar  $690 \text{ MPa}$  ( $70.36 \text{ kg/mm}^2$ )

Syarat aman adalah:

$$\sigma_{comp} \leq \sigma_{ijin} \quad (5)$$

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

## VII. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan:

- Desain *inner door panel* memiliki frekuensi natural sebesar  $166,94 \text{ Hz}$  ( $10.016,4 \text{ rpm}$ ) sehingga aman dan tidak terpengaruh oleh getaran dari mesin mobil.
- Tegangan yang terjadi pada *inner door panel* akibat gaya pembebanan sebesar  $300 \text{ N}$  pada *handle* pintu bagian dalam adalah  $2,97 \text{ Kg/mm}^2$ , lebih kecil daripada tegangan ijin material ( $13,94 \text{ Kg/mm}^2$ ) sehingga masih berada dalam kategori aman.
- Ada 3 macam proses pembentukan yaitu *trimming*, *embossing* dan *piercing* untuk membuat *inner door panel* dengan gaya-gaya pembentukan masing-masing sebagai berikut:
  - Gaya pembentukan proses *Trimming* =  $48.96 \text{ ton}$
  - Gaya pembentukan proses *Embossing* =  $26.89 \text{ ton}$
  - Gaya pembentukan proses *Piercing* =  $41.66 \text{ ton}$

- Window regulator* direncanakan untuk digunakan pada mobil *pick-up* multiguna ini dari jenis *scissor type window regulator* dengan tenaga penggerak manual.
- Tegangan kompresi *punch and dies* pada tiap proses pembentukan lebih kecil daripada tegangan ijin materialnya ( $70.36 \text{ Kg/mm}^2$ ) sehingga perancangan aman. Tegangan kompresi masing-masing proses adalah:
  - Tegangan kompresi proses *trimming*  $0.11 \text{ Kg/mm}^2$
  - Tegangan kompresi proses *embossing*  $0.28 \text{ Kg/mm}^2$
  - Tegangan kompresi proses *piercing*  $0.39 \text{ Kg/mm}^2$

## UCAPAN TERIMA KASIH

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

## DAFTAR PUSTAKA

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