

ANALISIS KERUSAKAN PADA PROSES MANUFAKTUR PRODUK OTOMOTIF TUTUP *SHOCK ABSORBER* DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI ABAQUS 65-3 SE

DEFECT ANALYSIS ON CUP OF SHOCK ABSORBER USING ABAQUS 65-3 SE

Muhammad Alfatih Hendrawan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I pabelan Surakarta 57102
Telp (0271) 717417

ABSTRAK

Kualitas produk *deep drawing* sangat tergantung dari penentuan yang tepat dari variabel-variabel proses yang terlibat di dalamnya sehingga dapat menghindari kemungkinan terjadinya cacat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kerusakan yang terjadi pada proses *deep drawing* produk otomotif tutup shock absorber dengan metode elemen hingga yang menggunakan paket software ABAQUS 65-3 SE. Parameter-parameter yang diteliti adalah pengaruh variasi die radius dan die clearance terhadap kemungkinan terjadinya cacat kerut dan pecah. Hasil simulasi yang divalidasi dengan hasil eksperimen menunjukkan bahwa faktor radius dan clearance yang tidak tepat dalam desain perancangan dies menyebabkan cacat pecah (*tearing*) atau cacat kerut (*wrinkling*). Pada simulasi radius die 5 mm mengalami penipisan pelat yang paling besar, hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil radius die akan mengakibatkan penipisan material (*ironing*) dimana pada tahap ini cenderung terjadi cacat *tearing*. Pada simulasi menunjukkan bahwa die clearance yang semakin besar akan mengakibatkan cacat kerut (*wrinkling*) yaitu pada clearance 1,3 , 1,4 dan 1,5 mm.

Kata Kunci: Proses *deep drawing*, die clearance, dan die radius.

ABSTRACT

Deep drawing quality is depend on how the variables process can be set right to avoid some defects. The aim of this research is analyzing the defect of *deep drawing* product, the cup of shock absorber, by finite element method using ABAQUS 65-3 SE. The variables would be investigated were the effect of die radius and die clearance that cause wrinkling or tearing in the product. The result of this research is the smaller die radius can cause tearing and the larger die clearance can cause wrinkling. In the simulation, die radius 5 mm have experienced ironing during drawing process, this fact show that this step will tend to place tearing. The other simulation, die clearance 1.3, 1.4 and 1.5 mm have caused wrinkling at *deep drawing* process.

Keywords: *Deep drawing* process, die clearance, and dies radius.

PENDAHULUAN

Proses deep drawing merupakan salah satu proses *sheet metal forming* yang banyak digunakan pada industri manufaktur, terutama untuk menghasilkan komponen-komponen produk otomotif dan alat-alat rumah tangga, seperti pada pembuatan produk tutup *shock absorber*. Pembuatan komponen dengan deep drawing dapat menimbulkan beberapa cacat seperti pecah, kerut, dan penipisan pelat akibat kontak dengan *dies*. Bentuk-bentuk cacat tersebut harus dicegah atau bahkan dihindari semaksimal mungkin agar dapat menekan biaya produksi. Pada umumnya untuk menghindari permasalahan tersebut, perusahaan manu-faktur memerlukan langkah eksperimen *trial and error* yang menelan biaya yang cukup besar.

Sobek atau pecah merupakan salah satu jenis kerusakan yang sering terjadi pada proses manufaktur produk deep drawing seperti pada tutup *shock absorber*. Kualitas produk tersebut sangat tergantung dari penentuan yang tepat dari variabel-variabel proses yang terlibat selama proses manufaktur sehingga dapat menghindari kemungkinan terjadinya cacat.

Cacat pecah pada produk deep drawing dapat terjadi di bagian sisi bawah, atas atau pada arah vertikal atau melingkar pada sisi dari hasil produksi. Penyebab terjadinya cacat pecah pada produk dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti tekanan *punch* yang terlalu besar sehingga menimbulkan regangan material menjadi besar dan menghasilkan dinding yang terlalu tipis. Jenis cacat pecah ini juga dapat terjadi akibat tarikan material yang besar pada posisi di sudut *die* yang tajam.

Pada proses deep drawing, kualitas produk sangat dipengaruhi oleh pola aliran material yang mengalir melalui *die*. Aliran

yang berlebihan dapat menimbulkan cacat kerut (*wrinkling*) sedangkan kekurangan aliran material dapat menimbulkan cacat pecah (*fracture*). *Blank holder* memegang peranan yang sangat besar dalam mengatur pola aliran material ini. Jika jumlah aliran material dapat dipilih yang sesuai maka kedua cacat tersebut dapat dihindari (Ahmetoglu & Altan, 1992).

Beberapa peneliti telah menganalisa proses deep drawing dan beberapa fenomena cacat yang terjadi selama proses. Moura dkk. (2004) menganalisa kerusakan pada produk *deep drawing* dari sisi cetakkannya yang mengalami pecah setelah beberapa kali penggunaan. Dengan menggunakan metode elemen hingga dengan software DEFORM 7.0, Moura menyatakan bahwa *die* yang pecah disebabkan oleh tegangan yang berlebihan pada daerah lekukan yang melampaui nilai yang diijinkan. Moura kemudian menyarankan perubahan material die atau perubahan rancangan die dan juga penambahan pelumas pada permukaan die/blank.

Kleiber dan Knabel (2000) menyatakan bahwa metodologi yang dikembangkan untuk keandalan pada operasi pembentukan (*sheet metal forming*) yakni; Penjumlahan struktur untuk masalah karakteristik dengan deformasi yang besar. *Forming Limit Diagram* (FLD) dipakai dalam praktik industri untuk mengetahui kriteria kerusakan dalam proses produksi sebagai batas fungsi untuk keandalan analisis. Kemungkinan terjadi kerusakan pada operasi proses *forming* pada gesekan antara bagian-bagian *die* dengan material (pelat) atau gaya *blank holder*.

Zhang dan Zhou (1999) menyatakan bahwa; proses *sheet metal forming* sebagai kunci efek dari tegangan adalah *Forming Limit Stress Diagram* (FLSD). Maka *Forming Limit Stress Diagram* sebagai dasar pada

tegangan linier dan juga bisa diaplikasikan pada tegangan (*strain path*) yang kompleks, untuk mengetahui kriteria kerusakan/kecacatan hasil proses produksi.

Takuda dan Mori (2003) menyatakan bahwa; pembentukan lembaran pelat dengan kondisi pemanasan pada proses *deep drawing* untuk jenis 304 *Stainless Steel* dilakukan secara *eksperiment*. Untuk mengetahui kelakuan dari deformasi pelat dan perubahan temperatur di dalam lembaran pelat yang disimulasikan dengan pendekatan Metode Elemen Hingga (MEH). Perkembangan dalam proses pembentukan pelat dicapai dengan perbandingan temperatur panas di bawah 150 °C dengan pendinginan dari *punch*.

Fereshteh-Saniee dan Montazeran (2003) menyatakan bahwa; proses *deep drawing* merupakan salah satu proses penting dalam pembentukan pelat. Metode yang dipakai dalam simulasi numerik adalah Metode Elemen Hingga, dalam simulasi efek dari tipe elemen pada pembebanan pembentukan, variasi dari ketebalan lembaran pelat dan koefisien gesekan pada kurva langkah pembebanan. Hasil dari metode penelitian dibandingkan dengan hasil numerik dengan hasil *eksperiment*, dasar dari perbandingan dengan menggunakan perumusan *Siebel's* untuk keakurasian hasil yang dibandingkan dengan hubungan analisis.

Samuel (2004) menyatakan bahwa; batas regangan pada proses pembentukan adalah perluasan material yang digunakan seluruhnya pada pembentukan pelat untuk ukuran yang sesuai dengan deformasi material, sebagai kriteria batas kecacatan hasil produk. Kriteria ini sangat tepat ketika besar regangan linear seluruhnya terdeformasi. Data ini sangat signifikan memperlihatkan kekuatan dan ketergantungan kompleks. Pada batas kriteria regangan pada

material. Dalam kasus ini, cara numerik adalah menggunakan *software* MARC K7.1–3D untuk menganalisa batas elemen. Tujuan umum FEA adalah menggunakan dua prosedur *implisit* dan *ekplisit*. Pemodelan dalam analisa untuk memprediksi tegangan dan regangan diagram batas pembentukan dan pendistribusian kedalaman pada proses *deep drawing*.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi radius die dan die clearance dalam proses *deep drawing* terhadap timbulnya cacat, melakukan analisis simulasi berbagai die clearance pada pembentukan tutup shock absorber dan berbagai die radius pada pembentukan tutup shock absorber. Adapun manfaat penelitian ini adalah bagi perkembangan ilmu pengetahuan yaitu dengan melakukan simulasi sebelum proses sesungguhnya, maka akan mengurangi langkah *trial and error*, sehingga dapat menghindari kesalahan produk dan dapat menekan biaya keseluruhan produksi dan mengetahui beberapa variabel yang menyebabkan cacat produk maka akan mengurangi bahan pelat yang dibuang atau meminimalisir penggunaan bahan. Sedangkan manfaat penelitian bagi institusi adalah pada penelitian menggunakan peralatan yang dapat digunakan untuk penelitian lanjutan dan hasil penelitian akan menambah pemahaman bagi peneliti selanjutnya.

Cacat pecah pada produk *deep drawing* dapat terjadi di bagian sisi bawah, atas atau pada arah vertikal atau melingkar pada sisi dari hasil produksi. Penyebab terjadinya cacat pecah pada produk dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti tekanan *punch* yang terlalu besar sehingga menimbulkan regangan material menjadi besar dan menghasilkan dinding yang terlalu tipis. Jenis cacat pecah ini juga dapat terjadi akibat tarikan material yang besar

pada posisi di sudut *die* yang tajam.

Permasalahan yang akan diteliti pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi bagaimana pengaruh *die clearance* dan *die radius* terhadap kemungkinan terjadinya cacat pecah.

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) mengetahui pengaruh variasi radius *die* dan *die clearance* dalam proses *deep drawing* terhadap timbulnya cacat, (2) melakukan analisis simulasi berbagai *die clearance* pada pembentukan tutup shock absorber, dan (3) melakukan analisis berbagai *die radius* pada pembentukan tutup shock absorber

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) dengan melakukan simulasi sebelum proses sesungguhnya, maka akan mengurangi langkah *trial and error*, sehingga dapat menghindari kesalahan produk dan dapat menekan biaya keseluruhan produksi, dan (2) dengan mengetahui beberapa variabel yang menyebabkan cacat produk maka akan mengurangi bahan pelat yang dibuang atau meminimalisir penggunaan bahan. Dalam hal ini maka dapat menekan ongkos bahan baku serendah mungkin.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pemodelan fisik dan metode elemen hingga dengan menggunakan software ABAQUS 65-3 SE. Eksperimen dilakukan dengan sebuah alat yang terdiri dari: Bagian-bagian dari peralatan (*tool & die*) secara umum terdiri dari:

- 1). *Punch*: Peralatan *die* bagian atas yang berfungsi untuk menekan pelat ke bawah.
- 2). *Lower Die*: Bagian *die* yang bawah yang berfungsi untuk menahan tekanan

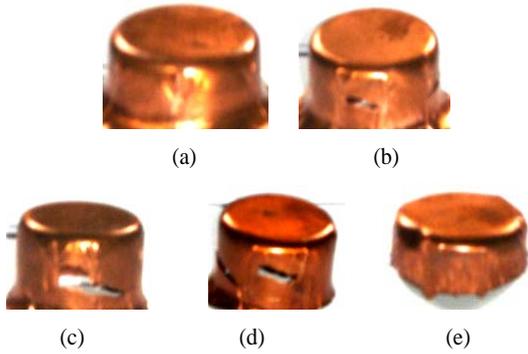
punch saat proses penekanan pelat.

- 3). *Blank Holder*: Bagian *die* yang bergerak naik turun, berfungsi sebagai penjepit pelat yang ditekan agar tidak bergeser.

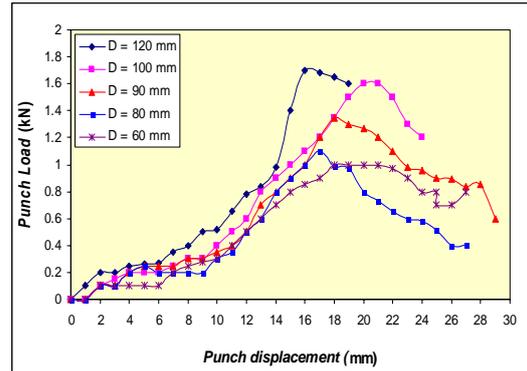
Pada metode elemen hingga dengan software ABAQUS, langkah-langkah yang dilakukan adalah mulai dari menentukan geometri dan model benda, model material dan perilaku permukaan yang kontak, kondisi batas dan pembebanan, serta model visualisasinya. Karena simetri, maka hanya sebagian dari benda dan *tool* yang dimodelkan. Material menggunakan jenis *elastic-plastic* dengan mempertimbangkan *isotropic hardening*. Koefisien gesekan digunakan dalam simulasi untuk mencerminkan kondisi sebenarnya dari eksperimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

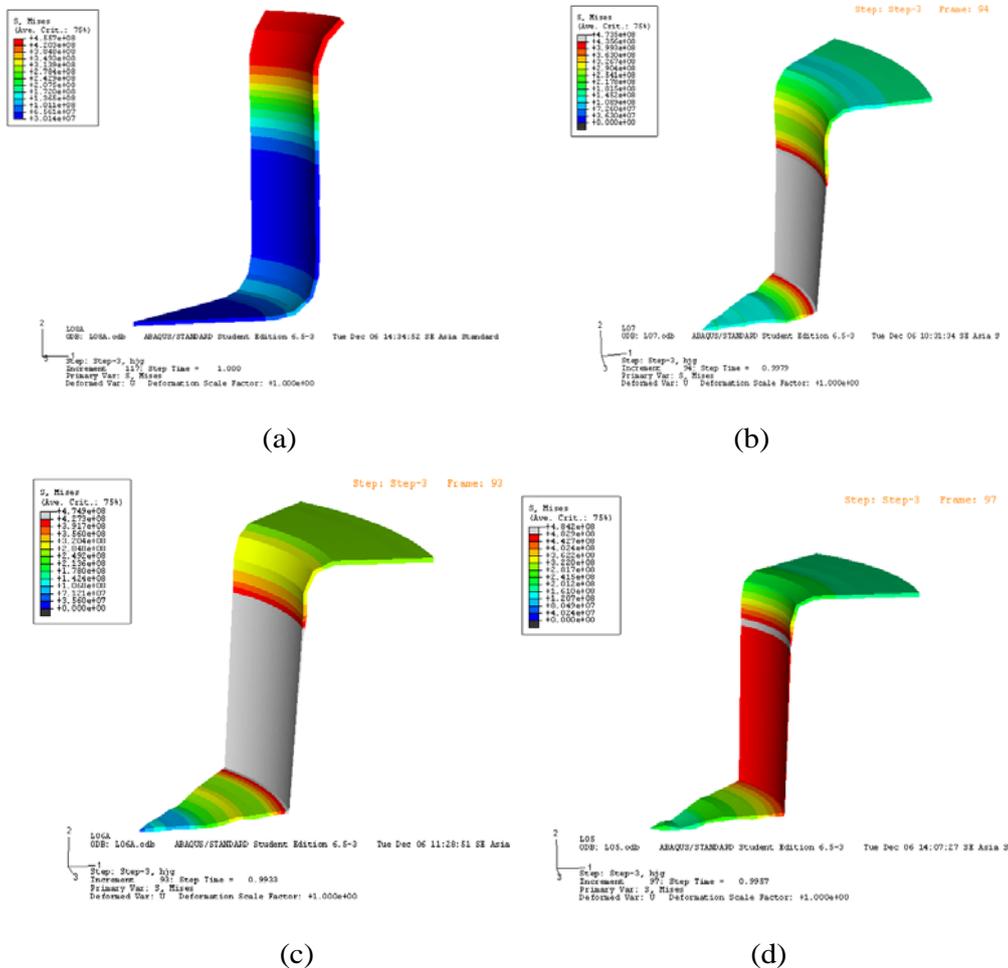
Secara umum, *deep drawing* adalah proses dimana pelat (*blank*) dipaksa mengalir melalui sebuah *dies* dengan beban *punch* sehingga membentuk komponen silindris. Pada awalnya semua bagian pelat mempunyai ketebalan yang sama, namun pada akhir hasil proses ketebalan pelat akan bervariasi. Bagian yang paling besar mendapat tekanan dari pelat adalah pada bagian *flange* karena adanya tegangan yang cukup besar di sini baik dari beban penekan maupun dari gesekan dengan *blank holder* dan *dies*. Selama proses *deep drawing*, pelat ditekan dengan gaya penekan yang berasal dari mesin penekan sampai mencapai nilai maksimumnya dan akan turun kembali. Material akan mengalami regangan yang cukup besar sepanjang diameternya. Bagian yang paling besar meregangnya adalah pada bagian pinggir yang tidak bersentuhan dengan *dies*. Pada bagian ini pelat akan mengalami penipisan atau *ironing*. Penipisan



Gambar 1. Hasil Produk Deep Drawing Untuk Spesimen Dengan Diameter Masing-masing (a). 120 mm, (b). 100 mm, (c). 90 mm, (d). 80 mm, dan (e). 60 mm



Gambar 2. Grafik Gabungan *Punch Load* terhadap *Punch Displacement*

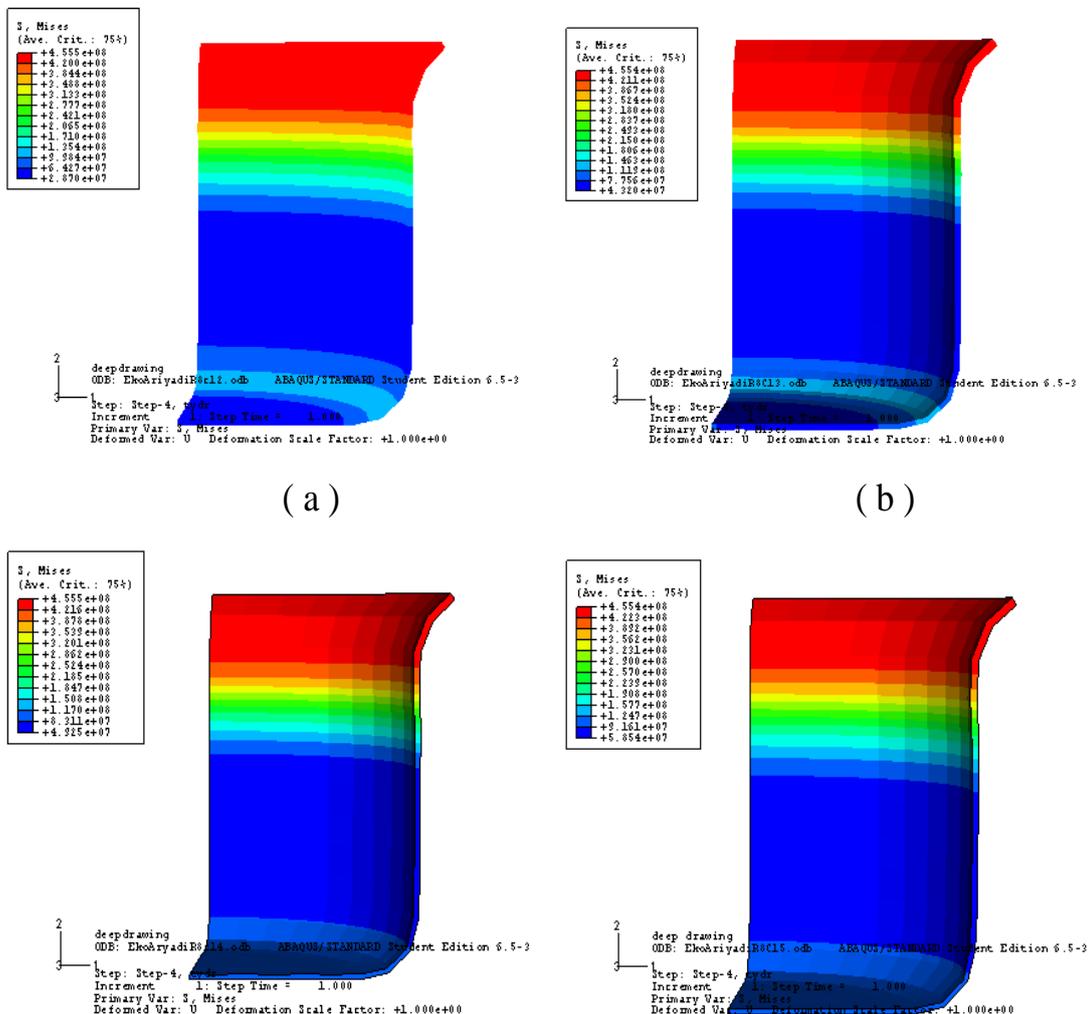


Gambar 3. Visualisasi Tahap Akhir Proses *Deep Drawing* dengan Die Radius Masing-masing: a). 8 mm, b). 7 mm, c). 6 mm, d). 5 mm

dapat menjadikan pelat mengalami retak dan kemudian pecah setelah mencapai kekuatan tarik maksimum pelat. Bagian yang paling kritis dimana sering terjadi pecah adalah pada bagian bawah yang bersentuhan dengan jari-jari *punch*. Pada bagian ini sering terjadi pecah karena tekanan *bending* yang sangat besar tergantung dari jari-jari *punch*. Gambar 1 adalah hasil eksperimen untuk pelat dengan variasi diameter. Seperti ditunjukkan dari hasil tersebut maka diketahui bahwa sebagian produk mengalami kerusakan yang berben-

tuk pecah, keriput (wrinkling), dan patah.

Gambar 2 menunjukkan hubungan gabungan grafik *punch load* terhadap *punch displacement* proses deep drawing. Hasil eksperimen ini menunjukkan bahwa semakin besar diameter pelat maka akan semakin besar pula beban penekan yang dibutuhkan. *Trend* kenaikan kurva untuk semua pelat menunjukkan adanya kemiripan. Kurva akan naik secara perlahan, kemudian mencapai nilai puncaknya pada *P max* dan kemudian akan turun lagi sampai kurvanya terputus. Hal ini membe-



Gambar 4. Hasil Proses Simulasi dengan *Die Clearance* (a) 1,2 mm, (b) 1,3 mm, (c) 1,4 mm, dan (d) 1,5 mm

narkan asumsi bahwa beban penekan dapat diasumsikan mendekati grafik sinus. Putusnya kurva sebelum mencapai nilai nol lagi dikarenakan pelat mengalami pecah.

Hasil Simulasi dengan Variasi Die Radius

Simulasi dilakukan dengan menggunakan *punch* dengan diameter: 40 mm, diameter pelat/*blank*: 80 mm, dengan *clearance*: 1,2 mm dan kedalaman pembentukan 60 mm.

Pada analisis simulasi dengan radius semakin kecil akan mengakibatkan terjadinya penipisan material (*ironing*) sehingga akan mengurangi ketebalan material berakibat material hasil poses produksi sobek (*tearing*). Bagian yang paling kritis dimana sering terjadi pecah adalah pada bagian bawah yang bersentuhan dengan jari-jari *punch*.

Hasil Simulasi dengan Variasi Die Clearance

Berikut ini adalah hasil simulasi proses deep drawing produk tutup shock absorber dengan menggunakan variasi *clearance* 1.2 mm, 1.3 mm, 1.4 mm, dan 1.5 mm.

Dari hasil penelitian seperti terlihat pada gambar hasil proses simulasi diatas memberikan gambaran bahwa dengan memberikan variasi terhadap *clearance*

antara dies dan *punch* sebesar masing-masing 1.2 mm, 1.3 mm, 1.4 mm dan 1.5 mm akan memberikan hasil produk yang berbeda. Dapat dilihat pada keempat gambar di atas bahwa pada *clearance* 1.3 mm, 1.4 mm dan 1.5 mm terjadi cacat kerut atau *wrinkling*, yaitu terjadinya gelombang pada sisi benda kerja. Hasil simulasi yang telah dilakukan tersebut menunjukkan bahwa *wrinkling* terjadi pada *clearance* yang lebih besar dari *clearance* yang standar.

SIMPULAN

1. Faktor *die radius* dan *die clearance* yang tidak tepat dalam desain perancangan tutup shock absorber dapat menyebabkan cacat *tearing* atau *wrinkling*.
2. Pada simulasi radius die 5 mm mengalami penipisan pelat yang paling besar, hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil radius die akan mengakibatkan penipisan material (*ironing*) dimana pada tahap ini cenderung terjadi cacat *tearing*.
3. Pada simulasi menunjukkan bahwa die *clearance* yang semakin besar akan mengakibatkan cacat kerut (*wrinkling*) yaitu pada *clearance* 1,3 , 1,4 dan 1,5 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- M. Ahmetoglu, T. Altan. 1992. *Deep drawing of round cups using variable blank holder force (BHF)*, Report No. ERC/NSM-S-92-50. Engineering Research Center for Net Shape Manufacturing, Ohio State University.
- E.J. Obermeyer, S.A. Majlessi. 1998. *A review of recent advances in the application of blank holder force towards improving the forming limits of sheet metal parts*, Journal of Materials Processing Technology 75, 222–234.
- W. Thomas. 1999. *Product tool and process design methodology for deep drawing and stamping of sheet metal parts*, Ph.D. Dissertation, Ohio State University.

- E. Siebel, H. Beisswanger. 1955. *Deep Drawing*, Carl Hanser, Munich.
- G.C.R. Moura. 2004. *The Failure Analysis of a Deep Drawing Die in The Manufacturing of an Automotive Shock Absorber Cap*, www.elsevier.com/locate/engfailanal, Brazil
- Mikell p. Groover. 1996. *Fundamentals of Modern Manufacturing*, Prentice Hall, New Jersey
- Marciniak.Z, J.L. Duncan, S. J. Hu. 2002. *Mechanics of Sheet Metal Forming*, Laser Word Private Limited, Chennai, India
- _____. 2004. *ABAQUS User's Guard*, USA.