

SIMULASI SPRINGBACK BENCHMARK PROBLEM CROSS MEMBER NUMISHEET 2005

Akhmad Arif Wahyudi, Waluyo Adi S., Tri Widodo B.R.

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Sukoharjo

E-mail: abatran@plasa.com

ABSTRAK

Numisheet 2005 merupakan suatu konferensi internasional yang membahas tentang perubahan konsep dan teknologi baru pada lingkup simulasi sheet metal forming, konsep dan teknologi baru tersebut dimasukkan untuk memenuhi kebutuhan semua industri metal forming. Untuk memenuhi kebutuhan para desainer dan juga ilmu pengetahuan, konferensi menentukan tiga permasalahan yang lebih dikenal dengan BENCHMARK PROBLEM, yaitu Benchmark I, Benchmark II, dan Benchmark III. Benchmark problem ini dimaksudkan agar designer dapat mengevaluasi model pada proses sheet metal forming dengan melakukan pengujian eksperimental maupun simulasi model. Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis komponen cross member benchmark II Numisheet 2005 dengan menggunakan metode simulasi numerik. Untuk keperluan proses simulasi numerik pada komponen cross member digunakan File Nas dari 2 jenis file yang tersedia pada benchmark II numisheet 2005 yaitu IGES File dan NAS File. Proses penelitian dan simulasi numerik komponen cross member ini menggunakan solver ABAQUS V64 PR11 dengan bantuan solver MSC. PATRAN dengan prosedur mengikuti guidelines numisheet 2005. Springback selalu terjadi pada sheet metal forming untuk itu perlu diperhatikan karena pengaruhnya sangat penting terhadap perubahan bentuk dan ukuran pada produk akhir yang dihasilkan. Perolehan informasi tentang springback digunakan untuk mendesain dies serta mengontrol ketelitian pada saat memproses bentuk komponen dan memprediksi kegagalan pada proses stamping yang dilakukan.

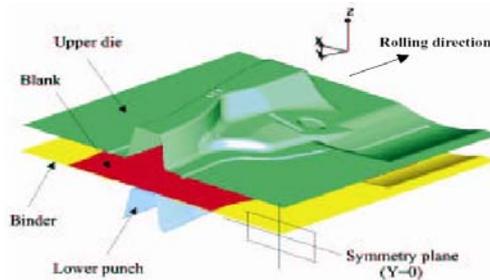
Kata kunci : Numisheet 2005, Abaqus 6.4, Simulasi, Springback.

PENDAHULUAN

Pada penelitian ini, dengan mengaplikasikan teknologi CAD/CAM pada aplikasi *software* atau dalam istilah teknik disebut dengan *solver* berbasis Metode Elemen Hingga non linear untuk simulasi *sheet metal forming*.

Pada kasus ini dengan bantuan *solver* ABAQUS dapat dilihat secara visual proses simulasi *springback* dan *forming* dan juga ditampilkan besarnya tegangan, regangan, gaya, *displacement* dan lain-lain yang

terjadi lewat kontur-kontur warna yang ditampilkan, sehingga dapat diprediksi bagian-bagian kritis atau bagian yang berpotensi mengalami kerusakan. Penggunaan FEA/FEM pada proses simulasi numerik komponen *cross member* dengan bantuan program ABAQUS untuk menghasilkan gambaran pada komponen *cross member problem benchmark II Numisheet 2005* seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Komponen *cross member problem benchmark II Numisheet 2005*

Prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data komponen *cross member benchmark II* mengikuti *guidelines numisheet 2005*.
2. Untuk proses simulasi numerik, penulis memanfaatkan *solver ABAQUS*, dengan berdasarkan pada *Analysis model* yang di impor dari file *nastran cross member benchmark II Numisheet 2005* melalui bantuan *solver MSC. PATRAN*.

Perhatian penelitian ini diutamakan pada simulasi *springback* melalui proses *drawing* pembentukan pelat mengikuti desain *dies* yang telah ditentukan sehingga terbentuk komponen *cross member*.

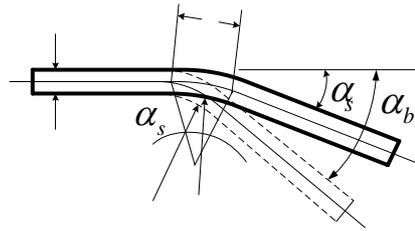
TINJAUAN PUSTAKA

Pada proses *sheet metal forming* plat akan ditekan untuk menghasilkan deformasi plastis, pada saat bending dihilangkan akan terjadi perubahan bentuk atau penyimpangan terhadap permukaan *die* yang digunakan untuk penekanan, hal ini disebabkan karena plat memiliki sifat elastis sehingga sebagian deformasi akan sedikit kembali ke titik tertentu. Penyimpangan bentuk dan ukuran karena sifat elastisitas bahan ini dikenal dengan istilah *springback*, atau regangan elastis sisa pada daerah *bending* pada saat bending dihilangkan yang menyebabkan penyimpangan bentuk pada

sheet metal terhadap bentuk *die*. *Springback* selalu terjadi pada *sheet metal forming* untuk itu perlu diperhatikan karena pengaruhnya sangat penting terhadap perubahan bentuk dan ukuran pada produk akhir yang dihasilkan. *Springback* dapat diamati pada proses bending dimana sudut bending pada saat bending dilepas (setelah terjadi *springback*) akan lebih kecil dibandingkan dengan sudut bending pada saat bending dilakukan pada plat, sedangkan jari-jari bending pada plat pada saat bending dilepas (setelah terjadi *springback*) lebih besar dibanding pada saat bending dilakukan. *Springback* tidak hanya terjadi pada plat tipis atau plat datar, tetapi juga terjadi pada bentuk poros pejal, kawat, batang dengan luas area tertentu, serta pada pipa. Pada prakteknya *springback* dapat dikurangi dengan memberikan bending lebih lama, beberapa trial sangat diperlukan untuk mengamati fenomena *springback* yang terjadi sehingga produk yang dihasilkan mempunyai bentuk dan ukuran yang sesuai dengan desain *die*. Hubungan antara besar sudut bending dengan radius bending dapat diukur pada panjang busur yang dihasilkan pada daerah yang mengalami bending menurut persamaan:

$$W = \alpha_b \left(R_b + \frac{t}{2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

atau
Panjang busur setelah *springback*



Gambar 2. Perubahan sudut plat pada teori prediksi *springback*

$$W = \alpha_s \left(R_s + \frac{t}{2} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- α_b = Sudut *bending* saat *bending*
- α_s = Sudut *bending* setelah terjadi *springback*
- R_b = Radius *bending* saat *bending*
- R_s = Radius *bending* setelah terjadi *springback*
- t = Ketebalan plat

Banyak peneliti memfokuskan penelitian mereka tentang *springback* pada defleksi (lendutan) pada plat bentuk lingkaran dan bentuk lembaran, Johnson dan Singh (1982) adalah orang yang pertama melakukan eksperimen dengan menggunakan *die* silinder dan meneliti pengaruh radius tool, panjang dan tebal plat serta properti dari plat yang digunakan, dan banyak penelitian lain yang melakukan pendekatan analitis dengan menggunakan metode numerik. Pada dasarnya ada dua macam teori yang berkembang untuk memprediksi adanya *springback* yaitu *discharge moment applied* (momen yang hilang) dan *discharge of in-plane force* (gaya dalam bidang yang hilang), disini akan diperkenalkan secara singkat tentang dua teori yang berkembang tersebut.

a. Teori *Momen Discharge*

Menurut Lo's (1995) atau analisis Hosford dan Caddell's (1993) didapatkan persamaan:

$$\frac{1}{R_b} - \frac{1}{R_s} = \frac{2\sqrt{3\sigma_y(1-\nu^2)}}{h.E} \dots\dots (3)$$

Dimana:

- R_s = Radius akhir setelah mengalami *springback*
- R_b = Radius selama *bending* berlangsung
- h = Ketebalan plat
- E = Modulus elastisitas
- σ_y = Tegangan *bending*
- ν = Poisson ratio

Pada teori ini, *springback* yang terjadi pada plat didefinisikan sebagai berikut (Wu, Ying-Hui, 1996):

$$\frac{(\alpha_b - \alpha_s)}{\alpha_b} = \frac{\Delta\alpha}{\alpha_b} = 1 - \frac{R_b}{R_s} = 2\sqrt{3(1-\nu^2)} \left(\frac{R}{h} \right) \left(\frac{\sigma_y}{E} \right) \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

- α_b = Sudut selama *bending*
- α_s = Sudut akhir setelah terjadi *springback*

b. Teori *Force Discharge*

Berbeda dengan teori yang telah dikemukakan Yu et al (1984), untuk perlakuan stamping dan *springback* pada plat lingkaran yang dideformasi dengan *die* setengah lingkaran sesuai dengan analisa, *springback* pada plat berbentuk lingkaran dapat mendekati prediksi yang didasarkan pada distribusi gaya membran yang merupakan gabungan dengan metode singkat Calladine (Yu et al, 1984). Teori ini menjelaskan penurunan regangan elastis pada lingkaran yang menyebabkan sisi bagian luar akan bergerak atau bertambah lebar. Gaya membran tersebut didefinisikan sebagai berikut (Yu et al, 1984):

$$N_{ab} = -\sigma_y \cdot h \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

N_{ab} = Gaya pada membran.

Untuk plat dengan bentuk persegi maka gaya yang terjadi saat beban dihilangkan sebesar $2\alpha_y \cdot h / \sqrt{3}$ karena termasuk dalam regangan bidang.

Regangan yang terjadi pada plat bagian luar *bending* adalah:

$$\varepsilon = 2\sigma_y(1-\nu^2)/\sqrt{3} \dots\dots\dots (6)$$

Untuk plat bagian dalam *bending* akan mengalami tekanan atau pemendekan. Jika perbandingan $\sigma_y(1-\nu^2)/E$ sangat kecil maka akan didapatkan persamaan untuk memprediksi terjadinya *springback* (Wu, Ying-Hui, 1996).

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha_b} = \frac{2m(1-\nu^2)\sigma_y \cos\alpha_b}{\sqrt{3}E(1-\cos\alpha_b)} \dots\dots (7)$$

Dimana:

m = faktor radius, sesuai dengan Yu et al (1984) sebesar 9/4

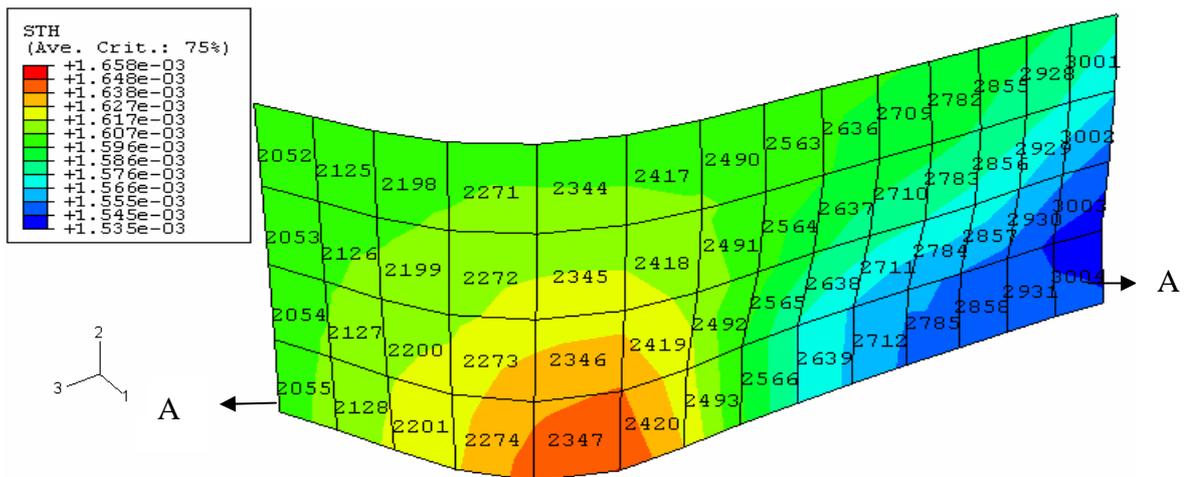
$\Delta\alpha = \alpha_b - \alpha_s$ adalah perubahan sudut mengalami bending dan sudut akhir setelah terjadi *springback*.

METODE PENELITIAN

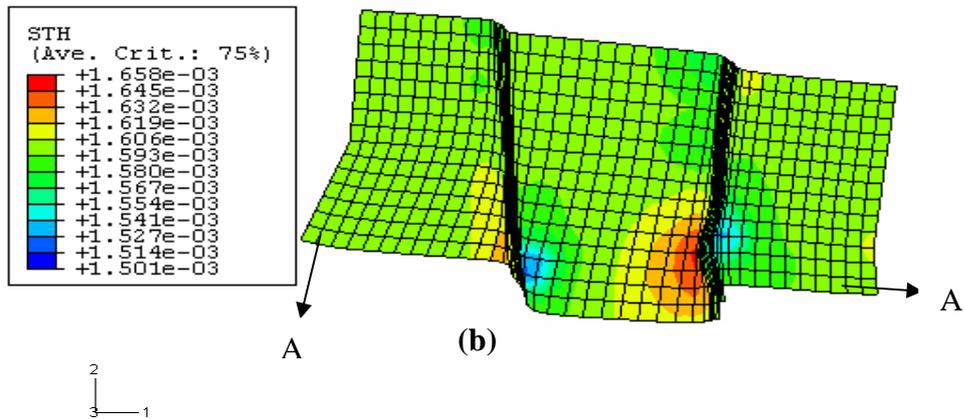
Metode ini dimulai dengan melakukan survei dan studi pustaka. Kemudian dilakukan pemisahan dan *convert* komponen *die* dari file *nastran benchmark II numisheet 2005* menggunakan MSC. Patran untuk selanjutnya dilakukan simulasi numerik menggunakan ABAQUS V.64 PR.11 yang diharapkan memperoleh hasil yang diinginkan. Bila hasil tidak diperoleh maka dilakukan *editing* model dengan mengurangi jumlah elemen dan penambahan signifikan pada *velocity*. *Editing* model tersebut dilakukan untuk menyesuaikan dengan kemampuan fasilitas komputer dalam melakukan analisis model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

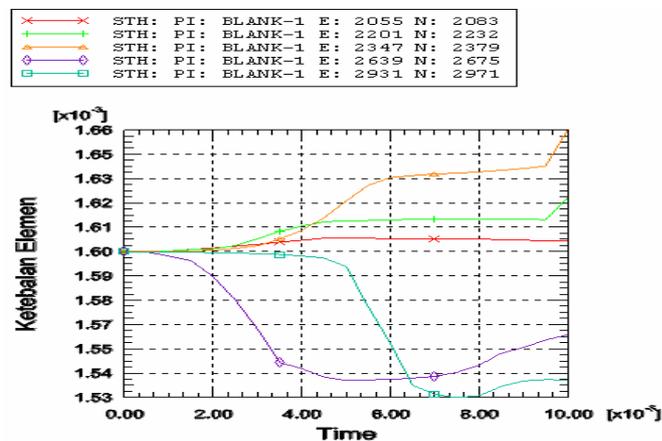
1. Deformasi Ketebalan Elemen



(a)



Gambar 3. (a) *Fully loaded A-A*, (b) Sumbu 1,2 untuk *fully loaded A-A*



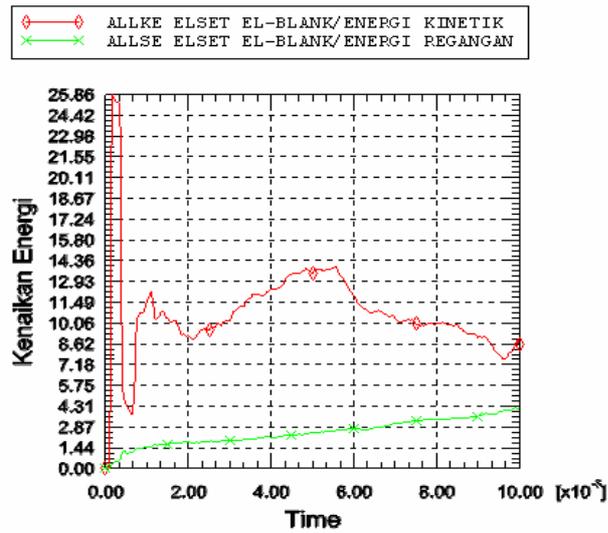
Gambar 4. Diagram deformasi ketebalan pada *fully loaded A-A*

Terjadi deformasi ketebalan elemen pada *fully loaded A-A*. Penebalan dan penipisan elemen diwakili oleh kontur warna berbeda yang ditunjukkan pada gambar 3. Penebalan pada elemen 2347 terjadi karena posisi elemen ini terletak pada alur melengkung yang diperlihatkan pada gambar 3.(b). Penebalan ini terjadi karena adanya *strain* negatif pada proses *formed* ke arah sumbu 3 dimana terjadi konsentrasi *displacement* ke arah elemen ini. Sedangkan penipisan elemen tampak terjadi pada elemen 2931. Hal ini disebabkan oleh adanya *strain* positif pada proses *formed*

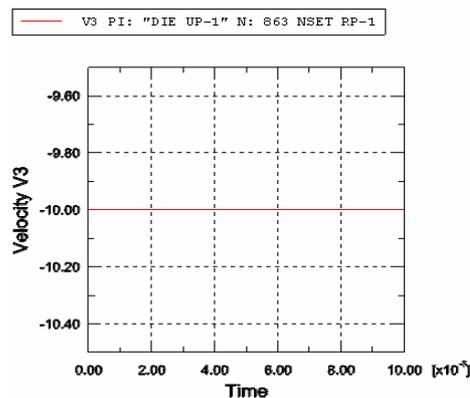
dimana *displacement* cenderung keluar dari elemen ini.

Diagram deformasi ketebalan ditunjukkan pada gambar 4 yang merupakan seleksi elemen yang diambil dari *fully loaded A-A* yang menampilkan kontur warna berbeda. Meskipun terjadi penipisan elemen pada *fully loaded A-A* tetapi tidak menunjukkan adanya sobek ataupun mengkerut akibat dari adanya penebalan elemen. Hal ini menginformasikan bahwa simulasi ini masih menghasilkan *blank deformable* yang halus atau baik.

2. Distribusi Energi



Gambar 5. Grafik hubungan energi kinetik, energi regangan dengan time



Gambar 6. Grafik hubungan *velocity* dengan time

Pada grafik gambar 5 menunjukkan energi kinetik yang lebih besar dari energi regangan. Energi kinetik yang berlebihan artinya memperlihatkan bahwa tabrakan yang terjadi antara *die up* dengan material *deformable* pada awal proses *sheet metal* semakin besar dimana hal ini dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada elemen atau bahkan menyebabkan *error* pada proses simulasi. Hubungan antara grafik gambar 5 dengan grafik gambar 6 yaitu energi kinetik harus lebih kecil daripada energi regangan untuk menghasilkan simulasi yang aman. Untuk

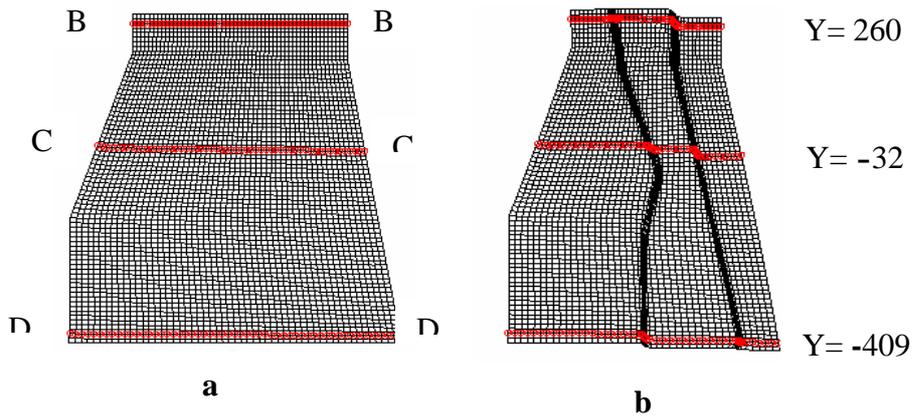
memperkecil energi kinetik, dapat dilakukan pengurangan *velocity* sehingga simulasi dapat diaplikasikan pada industri manufaktur dalam proses *sheet metal forming* sebagai suatu perhitungan numerik yang aman.

Pada simulasi ini tidak dilakukan langkah perencanaan untuk simulasi yang aman dengan menggunakan *velocity* yang kecil yang lebih aplikatif untuk industri *sheet metal forming*. Hal ini dikarenakan keterbatasan fasilitas komputer untuk menganalisa model.

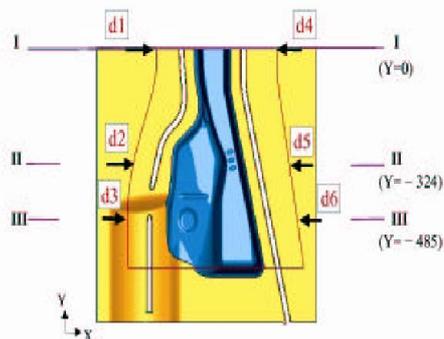
3. Fenomena *Springback*



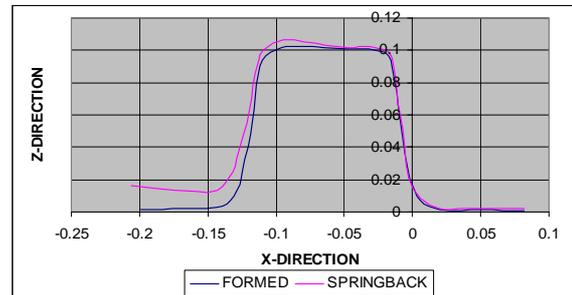
Gambar 7. (a) Frame 20 step *formed* (b) Frame 20 step *springback*



Gambar 8. (a) *Fully loaded* B-B, C-C, D-D (b) Posisi *blank* setelah mengalami *stamping*



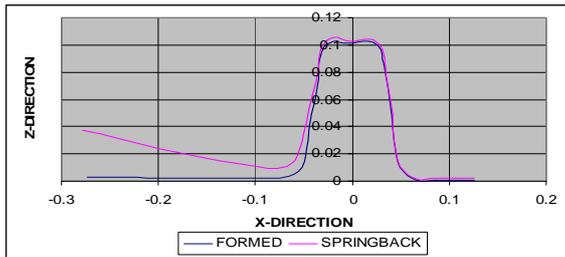
Gambar 9. Koordinat y untuk *fully loaded* pada file asli



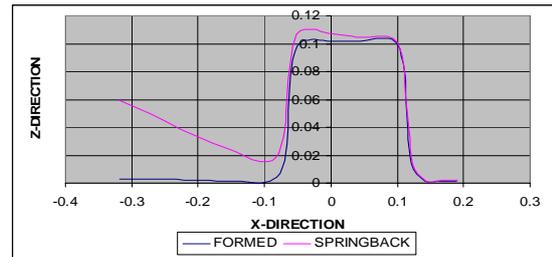
Gambar 10. Grafik fenomena *springback* *fully loaded* B-B (Y = 260 mm)

Gambar 7 frame 20 step *formed* dan frame 20 step *springback* merupakan referensi yang digunakan untuk memvisualisasi *twisting* yang terjadi, sedangkan gambar 8 merupakan *fully loaded* yang dipilih untuk menampilkan koordinat frame gambar 7.

Pada *modeling* tersebut terjadi perubahan koordinat y dari file aslinya pada *fully loaded* di atas. Melakukan *modeling* artinya hanya melakukan pendekatan yang memberikan gambaran bahwa model yang dibuat adalah mirip dengan file aslinya. Koordinat y pada *fully loaded* file aslinya ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 11. Grafik fenomena spring back fully loaded C-C (Y = -32 mm)



Gambar 12. Grafik fenomena spring back fully loaded D-D (Y = -409 mm)

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Pada simulasi ini menunjukkan bahwa pada deformasi ketebalan elemen tidak memperlihatkan adanya robek akibat terjadinya penipisan elemen dan mengkerut akibat adanya penebalan elemen. Hal ini menginformasikan bahwa simulasi ini masih menghasilkan *blank deformable* yang halus atau baik.
2. Energi kinetik berlebih dapat menyebabkan terjadinya kerusakan

pada elemen *deformable* atau bahkan menyebabkan *error* pada simulasi, untuk itu perlu dilakukan pengurangan *velocity*.

3. *Springback* dapat dikurangi dengan memberikan pembebanan lebih lama, beberapa trial sangat diperlukan untuk mengamati fenomena *springback* yang terjadi sehingga produk yang dihasilkan mempunyai bentuk dan ukuran yang sesuai dengan desain *die*.

DAFTAR PUSTAKA

- Cook, R. D., 1981, *Concepts And Applications Of Finite Element Analysis*, John Wiley & Sons, inc, Canada.
- Makinouchi, A., 1996, *Sheet Metal Forming in Industri*. Journal of Material Processing Technology, V.60, hal. 19-26.
- Marciniak, Z., et.al., 2002, *Mechanics Of Sheet Metal Forming*, Butterworth-Heinemann, London
- Singer, F.L., dan Andrew Pytel, 1995, *Ilmu Kekuatan Bahan (Teori Kokoh-Strength of Material)*, alih bahasa Darwin Sebayang, Edisi II, Erlangga, Jakarta.
- Siswanto, W. A., 2001, *Single Stage Sheet Metal Forming Simulation Using ABAQUS Coupled Explicit-Implicit*, Benchmark Problem Square Cup Deep Drawing in *Numisheet 1993*.