



**PENGEMBANGAN ALGORITMA
"VECTOR TOOLING MESH GENERATION"
UNTUK MENGHINDARI DISTORSI GEOMETRI
PADA SHEET METAL FORMING**

Disusun Oleh :

Ir. Supriyono, M.T., Ph.D.

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SEPTEMBER 2008**

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
PENELITIAN FUNDAMENTAL**

1. Judul Penelitian : Pengembangan Algoritma "Vector Tooling Mesh Generation" untuk Menghindari Distorsi pada Sheet Metal Forming
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap : Supriyono
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. NIK : 662
 - d. Pangkat/Gol :
 - e. Jab. Fungsional : Lektor
 - f. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin
 - g. Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Surakarta
 - h. Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian Universitas Muhammadiyah Surakarta
3. Jumlah Peneliti : 1 orang
4. Lokasi Penelitian : Laboratorium CAD/CAM/CAE Teknik Mesin UMS
5. Kerjasama Institusi Lain
- a. Nama Institusi :
 - b. Alamat :
6. Masa Penelitian : 1 tahun
7. Biaya : Rp. 37.000.000,- (Tiga Puluh Tujuh Juta Rupiyah)

Surakarta, 27 September 2008

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Sri Widodo, MT
NIK : 542

Ketua Peneliti

Dr. Supriyono
NIK : 662

Menyetujui



Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Prof. Dr. Sukharnah, M.Hum
NIP : 131683025

RINGKASAN DAN SUMMARY

Paradigma desain alat cetak pelat dengan teknik *sheet metal forming* saat ini mengikuti pola konvensional bahwa untuk mencapai target bentuk pelat yang di press, maka alat cetak mengikuti pola geometri bentuk pelat yang direncanakan. Namun demikian selama pelat yang digunakan dari bahan logam yang secara alamiah mempunyai sifat elastik, maka hasil cetakan press setelah dilepas dari alat cetak tidak akan sesuai dengan target karena selalu terjadi distorsi geometri akibat *springback*, yaitu kecenderungan kembali ke bentuk semula mengikuti karakteristik sifat elastik bahan.

Penelitian ini akan fokus pada pemberian kemampuan pada algoritma desain optimasi *surface* alat cetak yang tidak berdasarkan target geometri, tetapi akan menghasilkan hasil cetakan yang akurat sesuai target. Oleh karena itu perlu adanya suatu algoritma yang memungkinkan melakukan koreksi *surface* agar menghasilkan hasil cetakan yang sesuai dengan target desain walaupun *springback* terjadi.

Pendekatan penelitian dimulai dengan *pendefinisian non-uniform vector translation* yang secara teori akan dapat menghasilkan dua permukaan dengan jarak antara yang selalu konstan. Permasalahan yang ada yaitu diskontinuitas elemen dan terpisah (*split*) elemen sehingga menyebabkan kegagalan pemanfaatan *surface* untuk analisis lanjutan berbasis elemen hingga atau elemen batas, akan dipecahkan dengan pendekatan model matematik secara bertahap. Permasalahan mengenai diskontinuitas akan dicari penyelesaian terlebih dahulu sebelum mengatasi masalah *split* elemen.

Setelah algoritma *mesh generation* didefinisikan, akan dilanjutkan dengan pengembangan prosedur dan rutin sebagai sarana simulasi dan uji terhadap beberapa kasus yang mungkin muncul, dimulai dari horisontal, miring, dan yang ekstrim kemiringan 90 derajat sebelum diuji ke bentuk rumit gabungan ketiganya.

Validasi eksperimental akan dilaksanakan dalam penelitian ini dengan *manufacturing* hasil uji simulasi numerik dan dilakukan pengukuran. Perbaikan

algoritma, prosedur dan rutin simulasi akan mengakomodasi kendala fisik yang ada bila diperlukan. Hasil validasi akan memberikan keyakinan sebelum kajian awal penerapan lanjutan untuk aplikasi di dunia industri masa datang.

Selain penelitian ini menargetkan menghasilkan suatu algoritma baru dalam *mesh generation* yang akan merubah paradigma desain masa datang, publikasi di jurnal nasional maupun internasional kan dilakukan.

Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan proses *stamping* dengan program ABAQUS 6.5-1, simulasi dilakukan dengan menggunakan empat model yang berbeda, sehingga didapatkan koordinat masing-masing model saat *forming* dan *springback* pada *blank*, koordinat *blank* dapat diketahui dari nodal atau elemen pada *blank*, sehingga dapat diketahui besarnya nilai *springback*, yang kemudian akan digunakan sebagai nilai yang digunakan untuk memodifikasi bentuk atau geometri *die* atau *punch* yang lama menjadi bentuk *die* dan *punch* yang baru, sehingga setelah terjadi *springback* target sesuai yang diinginkan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi pada setiap model terjadi *springback* yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi permukaan dari *die* atau *punch*. *Springback* dapat diatasi dengan memodifikasi bentuk *die* atau *punch* yang lama menjadi bentuk *die* dan *punch* yang baru dengan memanfaatkan informasi *springback*. Transformasi nodal atau elemen adalah suatu metode untuk mendapatkan permukaan *die* atau *punch* yang baru

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN DAN SUMMARY	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan masalah	5
1.3. Batasan Masalah	9
1.4. Tujuan Penelitian	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1. Rancangan Penelitian	27
a. Pemodelan Matematik	27
b. Simulasi dan Uji Numerik dengan Kasus	28
c. Validasi Experimental	29
BAB IV HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Studi Tentang <i>Springback</i>	31
a. Simulasi Model 1	31

b. Simulasi Model 2	37
c. Simulasi Model 3	40
d. Simulasi Model 4	44
4.2. Identifikasi nodal atau elemen yang mengalami pergeseran.....	48
a. Menampilkan koordinat nodal target	48
b. Menampilkan koordinat nodal yang mengalami <i>springback</i>	48
c. Melakukan perbandingan untuk setiap nodal	48
d. Teridentifikasi nodal atau elemen mengalami pergeseran ...	48
4.3. Algoritma untuk <i>Mesh Generation</i>	49
a. Aplikasi algoritma untuk <i>mesh generation</i> untuk model 1 ..	50
b. Aplikasi algoritma untuk <i>mesh generation</i> untuk model 2 ..	53
c. Aplikasi algoritma untuk <i>mesh generation</i> untuk model 3 ..	56
d. Aplikasi algoritma untuk <i>mesh generation</i> untuk model 4 ..	59
BAB V PENUTUP	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.. Beberapa proses <i>Sheet Metal Forming</i>	1
Gambar 2. Ramalan Produksi Sepeda Motor.....	2
Gambar 3. Biaya Rata-rata Produksi <i>die</i>	3
Gambar 4. Metode Pendekatan modifikasi <i>dies</i>	4
Gambar 5. Pemanfaatan SB-SF Algoritm untuk Optimasi <i>Tooling Dies</i>	6
Gambar 6. Translasi Elemen dan Nodal	7
Gambar 7. Gap yang terjadi antara <i>Upper</i> dan <i>Lower Surface</i>	8
Gambar 8. Pemisahan Elemen (<i>Split</i>)	9
Gambar 9. Proses <i>Springback</i> dan <i>Springforward</i>	14
Gambar 10. Konsep Optimasi dengan perhitungan <i>Springforward</i>	15
Gambar 11. Hasil <i>Benchmarking Algoritm</i> SB-SF dengan <i>Built-in</i> ABAQUS	16
Gambar 12. Kegagalan Pembentukan <i>Punch</i> dan <i>Die</i>	17
Gambar 13. Teknik Translasi Elemen	19
Gambar 14. Diagram Alir Algoritma ITE dan ETE.....	20
Gambar 15. Permasalahan belum tersedianya Algoritma Untuk pemanfaatan <i>Springforward</i>	24
Gambar 16. Diagram Alir Peran Simulasi Numerik dan Experimental.....	27
Gambar 17. Penghilangan <i>Split</i> Elemen	29
Gambar 18. Diagram Rancangan Penelitian.....	32

Gambar 19. Target Model 1	33
Gambar 20. Visualisasi Proses <i>Forming</i> Model 1	34
Gambar 21. Visualisasi <i>Springback</i> Model 1.....	34
Gambar 22. <i>Overlay</i> antara proses <i>Forming</i> dan <i>Springback</i> model 1	35
Gambar 23. <i>Overlay</i> antara proses <i>Forming</i> dan <i>Springback</i> yang diperbesar	35
Gambar 24. Posisi nodal-nodal pada <i>Blank</i>	35
Gambar 25. Grafik perbandingan antara <i>Forming</i> dan <i>Springback</i> pada.....	
Model 1 sebelum modifikasi bentuk <i>Die</i> atau <i>Punch</i>	36
Gambar 26. Target model 2	37
Gambar 27. Proses <i>Forming</i> Model 2.....	37
Gambar 28. Fenomena <i>Springback</i> Model 1.....	38
Gambar 29. Hasil <i>Overlay</i> proses <i>Forming</i> dan <i>Springback</i>	38
Gambar 30. Posisi nodal-nodal pada <i>Blank</i>	39
Gambar 31. Grafik perbandingan antara <i>Forming</i> dan <i>Springback</i> pada.....	
Model 2 sebelum modifikasi bentuk <i>Die</i> atau <i>Punch</i>	40
Gambar 32. Dimensi dari target <i>Die</i>	40
Gambar 33. Proses <i>forming</i> pada model 3.....	41
Gambar 34. Fenomena <i>Springback</i> pada model 3	42
Gambar 35. Hasil penggabungan (<i>overlay</i>) antara proses <i>Forming</i> dan	
<i>Springback</i> pada model	42
Gambar 36. Posisi nodal-nodal pada <i>Blank</i>	43

Gambar 37. Grafik perbandingan antara <i>forming</i> dan <i>springback</i> pada	
Model 3 sebelum modifikasi bentuk <i>die</i> atau <i>punch</i>	44
Gambar 38. Dimensi Target.....	44
Gambar 39. Proses <i>Forming</i> pada model 4.....	45
Gambar 40. <i>Springback</i> pada model 4	45
Gambar 41. <i>Overlay</i> dari <i>Forming</i> dan <i>Springback</i> model 4.....	46
Gambar 42. <i>Overlay</i> dari Gbr. 41 yang diperbesar	46
Gambar 43. Posisi koordinat <i>Blank</i>	46
Gambar 44. Grafik perbandingan antara <i>forming</i> dan <i>Springback</i> pada.....	
Model 4 sebelum modifikasi bentuk <i>Die/ Punch</i>	47
Gambar 45. Algoritma optimasi <i>Mesh Generation</i>	49
Gambar 46. Dimensi target model 1	50
Gambar 47. Dimensi target model 1 setelah modifikasi.....	50
Gambar 48. Simulasi <i>Forming</i> pada model 1 setelah modifikasi bentuk <i>Die</i>	51
Gambar 49. Simulasi <i>springback</i> pada model 1 setelah modifikasi bentuk <i>Die</i>	51
Gambar 50. Grafik perbandingan antara <i>Forming</i> dan <i>Springback</i> pada	
model 1 setelah adanya modifikasi bentuk <i>Die</i>	52
Gambar 51. Bentuk target model 2.....	53
Gambar 52. Dimensi target model 2 setelah modifikasi.....	53
Gambar 53. <i>Forming</i> pada model 2 setelah modifikasi bentuk <i>Die</i>	54
Gambar 54. Simulasi <i>Springback</i> model 2 setelah modifikasi bentuk <i>die</i>	54

Gambar 55. Grafik perbandingan antara <i>Forming</i> dan <i>Springback</i> pada model 2 setelah adanya modifikasi bentuk <i>die</i>	55
Gambar 56. Dimensi target model 3.....	57
Gambar 57. Simulasi <i>forming</i> model 3 setelah mengubah dimensi <i>Die</i>	57
Gambar 58. Simulasi <i>Springback</i> model 3 setelah mengubah dimensi <i>Die</i>	57
Gambar 59. Grafik perbandingan antara <i>Forming</i> dan <i>Springback</i> pada Model 3 sesudah modifikasi bentuk <i>Die</i> atau <i>Punch</i>	58
Gambar 60. Dimensi target model 4.....	59
Gambar 61. Menunjukkan Ilustrasi Koordinat <i>Blank</i>	59
Gambar 62. Menunjukkan ilustrasi koordinat <i>Die</i>	60
Gambar 63. Dimensi target (<i>Die</i>) setelah dilakukan modifikasi.....	60
Gambar 64. Simulasi <i>Forming</i> Model 4 setelah mengubah dimensi <i>Die</i>	61
Gambar 65. Simulasi <i>Springback</i> model 4 setelah memodifikasi ukuran <i>Punch</i> dan <i>Die</i>	61
Gambar 66. Grafik perbandingan antara <i>Forming</i> dan <i>Springback</i> pada model 4 setelah modifikasi bentuk <i>Die</i>	62

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tabel koordinat <i>Blank</i> pada model 1 sebelum modifikasi <i>Die</i>	36
Tabel 2. Koordinat nodal <i>Blank</i> model 2 sebelum modifikasi bentuk.....	39
Tabel 3. Koordinat nodal <i>Blank</i> model 3 sebelum modifikasi bentuk <i>Die</i>	43
Tabel 4. Tabel koordinat <i>Blank</i> model 4 sebelum modifikasi bentuk <i>Die</i>	47
Tabel 5. koordinat <i>Blank</i> model 1 setelah modifikasi bentuk <i>Die</i>	52
Tabel 6. Koordinat <i>Blank</i> model 2 setelah modifikasi bentuk <i>Die</i>	55
Tabel 7. Koordinat <i>Blank</i> setelah transformasi nodal	58
Tabel 8. Koordinat <i>Blank</i> setelah transformasi nodal	62