

TUGAS SARJANA

PERBANDINGAN BESARNYA SUDUT *SPRINGBACK* PADA PROSES PENEKUKAN BERDASARKAN HASIL PENGUJIAN TEKUK, PERHITUNGAN TEORITIS DAN SIMULASI PROGRAM ANSYS 9.0 PADA *STAINLESS STEEL*



**Diajukan sebagai salah satu tugas dan syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1)
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro**

**Disusun oleh:
CHRYSSE WIJAYA
L2E604271**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2009

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Chrysse Wijaya

NIM : L2E 604 271

Pembimbing : 1. Rusnaldy, PhD
2. Gunawan Dwi Haryadi, ST, MT

Jangka Waktu : 6 (enam) bulan

Judul : Perbandingan Besarnya Sudut *Springback* Pada Proses Penekukan Berdasarkan Hasil Pengujian Tekuk, Perhitungan Teoritis dan Simulasi Program ANSYS 9.0 Pada *Stainless Steel*.

Isi Tugas :

1. Melakukan analisa tentang pengaruh ketebalan pelat dan besarnya sudut tekuk pelat terhadap besarnya sudut *springback*.
2. Membandingkan antara pengujian tekuk, simulasi menggunakan program bantu ANSYS dan perhitungan secara teoritis untuk mencari sudut *springback*.

Dosen Pembimbing,



Rusnaldy, PhD

NIP. 197005201999031002

Dosen Co. Pembimbing,



Gunawan Dwi Haryadi, ST, MT

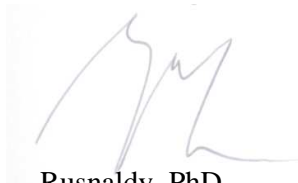
NIP. 197011231998021001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Sarjana dengan judul “ **Perbandingan Besarnya Sudut *Springback* Pada Proses Penekukan Berdasarkan Hasil Pengujian Tekuk, Perhitungan Teoritis dan Simulasi Program ANSYS 9.0 Pada *Stainless Steel* ” telah disetujui pada :**

Hari : Selasa
Tanggal : 9 Maret 2010

Dosen Pembimbing I



Rusnaldy, PhD

NIP. 197005201999031002

Dosen Pembimbing II

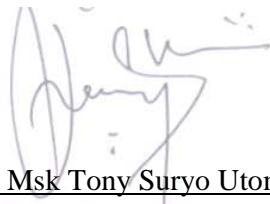


Gunawan Dwi Haryadi, ST, MT

NIP. 197011231998021001

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir



DR. Msk Tony Suryo Utomo, ST, MT

NIP. 197104211999031003

ABSTRAK

Proses penekukan (*bending*) adalah salah satu jenis proses pembentukan logam yang paling banyak digunakan di dalam dunia industri. Dalam suatu proses penekukan, terdapat suatu fenomena gaya balik yang dinamakan fenomena *springback*. Fenomena tersebut terjadi karena adanya sifat elastis yang masih terkandung di dalam benda kerja tersebut. Pada penelitian ini, besarnya nilai sudut *springback* untuk material *stainless steel* dengan variasi sudut tekuk dan variasi ketebalan pelat akan dihitung melalui tiga metode, yaitu: metode perhitungan teoritis, metode pengujian tekuk dan melalui simulasi menggunakan program ANSYS 9.0. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa nilai *springback* hasil dari ketiga metode tersebut, perbedaannya tidak melebihi 10 %.

Kata kunci: *springback*, , *stainless steel*, *bending* dan *ANSYS*

ABSTRACT

Bending process is a kind of metal forming process in industrial. In bending process, there is a return force phenomenon, it's called Springback. That phenomenon, occurs because there is a elastic properties in the work piece. In this research, the value of springback angle for stainless steel with bending angle variation and thickness variation will be calculation with three methods, they are theoretically calculation method, bending process experiment and simulation with ANSYS 9.0 program. The comparison result, indicate that value springback angle from that methods, not more than

Key word : springback, , stainless steel, bending and ANSYS

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rusnaldy, PhD, selaku dosen Pembimbing Tugas Sarjana.
2. Gunawan Dwi Haryadi, ST, MT, selaku dosen Co. Pembimbing Tugas Sarjana.
3. Dr. Ir. Dipl. Ing. Berkah Fajar TK, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, 12 Februari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
NOMENKLATUR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Teori Pembentukan Logam	4
2.2 Teori Elastisitas dan Plastisitas	6
2.3 Teori Proses Penekukan.....	14
2.4 Teori Pengujian <i>Bending</i>	19
2.5 Teori <i>Springback</i>	26
2.6 Teori <i>Software ANSYS</i>	27
2.7 Teori Material <i>Stainless Steel</i> dan Aplikasinya	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1 Diagram Alir	34
3.2 Pengujian Komposisi Kimia	35

3.3	Pengujian Tarik	37
3.4	Pengujian <i>Bending</i>	40
3.5	Simulasi <i>Springback</i> Menggunakan ANSYS	44
3.6	Analisa Menggunakan Perhitungan.....	51
BAB IV DATA DAN ANALISA DATA		57
4.1	Hasil dan Analisa Pengujian Komposisi Kimia.....	57
4.2	Hasil dan Analisa Pengujian Tarik.....	57
4.3	Hasil dan Analisa Pengujian <i>Bending</i>	62
4.4	Hasil dan Analisa Perhitungan.....	75
4.5	Hasil dan Analisa Simulasi ANSYS	83
4.6	Perbandingan Hasil Perhitungan, Pengujian dan Simulasi.....	87
4.7	Perhitungan Nilai <i>Error</i> Dari Perbandingan Hasil Perhitungan, Hasil Simulasi ANSYS dan Hasil pengujian	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		93
5.1	Kesimpulan	93
5.2	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA		94
LAMPIRAN		95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema pengecoran logam.....	4
Gambar 2.2	Proses pembentukan model <i>bulk</i>	5
Gambar 2.3	Proses pengerjaan pelat	6
Gambar 2.4	Respon suatu benda elastis terhadap gaya luar.....	6
Gambar 2.5	Metode irisan	7
Gambar 2.6	Elemen tiga-dimensi	9
Gambar 2.7	Deformasi suatu elemen.....	10
Gambar 2.8	Kurva tegangan regangan sesungguhnya untuk material ulet...	12
Gambar 2.9	Metode <i>wipe bending / edge bending</i>	14
Gambar 2.10	Metode <i>three Points Bending</i>	15
Gambar 2.11	Metode <i>four Points Bending</i>	15
Gambar 2.12	Metode <i>V Bending</i>	16
Gambar 2.13	Metode <i>U Bending</i>	16
Gambar 2.14	Metode <i>Stretch Bending</i>	17
Gambar 2.15	Metode <i>Roll Bending</i>	17
Gambar 2.16	Penyekat <i>oven</i>	18
Gambar 2.17	Casing panel alat kelistrikan.....	18
Gambar 2.18	Pipa instalasi air / uap pada unit pembangkit listrik	19
Gambar 2.19	<i>Box / Recervoir</i>	19
Gambar 2.20	Skema <i>three point bending</i>	20
Gambar 2.21	Kurva distribusi tegangan-regangan yang didistribusikan ke permukaan.....	20
Gambar 2.22	Metode <i>wipe bending / edge bending</i>	22
Gambar 2.23	Metode <i>three point bending</i>	23
Gambar 2.24	Metode <i>four point bending</i>	25
Gambar 2.25	Kurva tegangan-regangan untuk material getas	16
Gambar 2.26	Pola distribusi tegangan sisa pada proses <i>bending</i>	26
Gambar 2.27	<i>Overbending</i>	27
Gambar 2.28	<i>Structural analysis</i>	29

Gambar 2.29	<i>Thermal analysis</i>	30
Gambar 2.30	Aliran fluida <i>analysis</i>	30
Gambar 3.1	Alat Uji komposisi	35
Gambar 3.2	<i>Cleaner</i>	36
Gambar 3.3	<i>Sandpaper</i>	36
Gambar 3.4	Mesin Uji Tarik.....	37
Gambar 3.5	<i>Vernier Caliper</i>	38
Gambar 3.6	Spesimen uji tarik	38
Gambar 3.7	Alat uji <i>bending</i>	40
Gambar 3.8	<i>Protactor</i>	41
Gambar 3.9	<i>Dial Indicator</i>	41
Gambar 3.10	Alat ukur CMM	42
Gambar 3.11	Speminen uji <i>bending</i>	42
Gambar 3.12	Sketsa Pengujian <i>Bending</i>	43
Gambar 3.13	Hasil Pengujian <i>Bending</i>	44
Gambar 3.14	Diagram pembebanan kontak pelat dengan perpindahan penekan.....	44
Gambar 3.15	Plot hasil simulasi untuk masing-masing <i>substep</i>	50
Gambar 3.16	Menghitung sudut tekuk melalui Auto CAD 2008.....	51
Gambar 3.17	<i>Material models</i> untuk <i>bending</i>	52
Gambar 3.18	Penggambaran sudut tekuk dari pandangan <i>isometric</i> , pandangan depan dan pandangan atas	53
Gambar 3.19	<i>Terminology</i> penekukan pelat.....	53
Gambar 3.20	Distribusi tegangan-regangan selama proses <i>bending</i>	54
Gambar 3.21	Ilustrasi <i>springback</i>	55

Gambar 4.1	Spesimen uji tarik	58
Gambar 4.2	Plot uji tarik material <i>stainless steel</i> ketebalan 0,5 mm.....	59
Gambar 4.3	Plot uji tarik material <i>stainless steel</i> ketebalan 1 mm.....	60
Gambar 4.4	Hubungan antara perubahan gaya tekan dengan defleksi pelat untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 1 mm.....	66
Gambar 4.5	Hubungan antara perubahan gaya tekan dengan defleksi pelat untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 0,5 mm.....	67
Gambar 4.6	Hubungan antara perubahan defleksi pelat dengan sudut tekuk untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 1 mm.....	71
Gambar 4.7	Hubungan antara perubahan defleksi pelat dengan sudut tekuk untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 0,5 mm.....	72
Gambar 4.8	Plot grafik sudut <i>springback</i> untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 1 mm dengan variasi sudut tekuk 30°, 45°, 60°, dan 90° berdasarkan pengujian <i>bending</i>	74
Gambar 4.9	Plot grafik sudut <i>springback</i> untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 0,5 mm dengan variasi sudut tekuk 30°, 45°, 60°, dan 90° berdasarkan pengujian <i>bending</i>	75
Gambar 4.10	Plot grafik sudut <i>springback</i> untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 1 mm dengan variasi sudut tekuk 30°, 45°, 60°, dan 90° berdasarkan perhitungan teoritis	81
Gambar 4.11	Plot grafik sudut <i>springback</i> untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 0,5 mm dengan variasi sudut tekuk 30°, 45°, 60°, dan 90° berdasarkan perhitungan teoritis	82
Gambar 4.12	Plot grafik sudut <i>springback</i> untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 1 mm dengan variasi sudut tekuk 30°, 45°, 60°, dan 90° berdasarkan simulasi ANSYS.....	85
Gambar 4.13	Plot grafik sudut <i>springback</i> untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 0,5 mm dengan variasi sudut tekuk 30°, 45°, 60°, dan 90° berdasarkan simulasi ANSYS.....	86
Gambar 4.14	Plot perbandingan grafik sudut <i>springback</i> untuk material	

	<i>stainless steel</i> ketebalan 0,5 mm dengan variasi sudut tekuk 30°, 45°, 60°, dan 90° berdasarkan pengujian tekuk, perhitungan teoritis dan simulasi ANSYS	88
Gambar 4.15	Plot perbandingan grafik sudut <i>springback</i> untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 1 mm dengan variasi sudut tekuk 30°, 45°, 60°, dan 90° berdasarkan pengujian tekuk, perhitungan teoritis dan simulasi ANSYS	89

DAFTAR TABEL

Tabel	2.1	Tipe dan komposisi kimia dari <i>stainless steel</i>	32
Tabel	3.1	Dimensi spesimen pengujian tarik.....	38
Tabel	3.2	Dimensi spesimen pengujian <i>bending</i>	42
Tabel	3.3	Sistem koordinat <i>keypoints</i> untuk pelat	45
Tabel	3.4	Sistem koordinat <i>keypoints</i> untuk penekan	46
Tabel	3.5	Sistem koordinat <i>keypoints</i> untuk tumpuan.....	46
Tabel	3.6	Jenis material dan <i>real constant</i>	47
Tabel	3.7	Modulus elastisitas dan <i>Poisson's ratio</i>	47
Tabel	3.8	<i>Multilinier</i>	47
Tabel	3.9	Kondisi batas dan nilainya	48
Tabel	4.1	Komposisi kimia material <i>stainless steel</i>	57
Tabel	4.2	Dimensi spesimen pengujian tarik.....	58
Tabel	4.3	Hasil pengujian uji tarik.....	62
Tabel	4.4	Spesifikasi spesimen uji <i>bending</i>	62
Tabel	4.5	Hubungan antara perubahan gaya tekan dengan defleksi pelat untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 1 mm.....	63
Tabel	4.6	Hubungan antara perubahan gaya tekan dengan defleksi pelat untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 0,5 mm.....	65
Tabel	4.7	Hubungan antara perubahan gaya tekan dengan defleksi pelat untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 1 mm.....	68
Tabel	4.8	Hubungan antara perubahan defleksi pelat dengan perubahan sudut tekuk untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 0,5 mm...	70
Tabel	4.9	Hubungan antara sudut tekuk pelat dengan sudut <i>springback</i> untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 1 mm	73
Tabel	4.10	Hubungan antara sudut tekuk pelat dengan sudut <i>springback</i> untuk material <i>stainless steel</i> ketebalan 0,5 mm	73
Tabel	4.11	Hasil perhitungan <i>springback</i> secara teoritis.....	80
Tabel	4.12	Besarnya defleksi pelat pada simulasi ANSYS	83

Tabel	4.13	Hasil perhitungan <i>springback</i> berdasarkan simulasi ANSYS...	84
Tabel	4.14	Perbandingan nilai sudut <i>springback</i> dari metode perhitungan, metode pengujian <i>bending</i> dan metode menggunakan ANSYS.....	87
Tabel	4.15	Perbandingan nilai <i>error</i> sudut <i>springback</i> dari metode perhitungan dan metode menggunakan ANSYS	91
Tabel	4.16	Perbandingan nilai <i>error</i> sudut <i>springback</i> dari metode perhitungan dan metode pengujian	92

NOMENKLATUR

α	Sudut tekuk	[$^{\circ}$]
α_r	Sudut akhir setelah terjadi <i>springback</i>	[$^{\circ}$]
β	Sudut sisi luar spesimen	[$^{\circ}$]
ϵ_Y	Regangan luluh	[-]
ϵ_x	Regangan tekuk	[-]
ϵ_x^o	Regangan akibat tegangan sisa	[-]
$\epsilon_{x,i}$	Regangan tekuk pada sisi dalam spesimen	[-]
$\epsilon_{x,o}$	Regangan tekuk pada sisi luar spesimen	[-]
$\epsilon_{x,r}$	Regangan tekuk setelah terjadi <i>springback</i>	[-]
ρ	Sudut <i>springback</i>	[$^{\circ}$]
σ_x	Tegangan tekuk	[Mpa]
σ_x^o	Tegangan sisa	[Mpa]
$\sigma_{x,i}$	Tegangan tekuk pada sisi dalam spesimen	[Mpa]
$\sigma_{x,o}$	Tegangan tekuk pada sisi luar spesimen	[Mpa]
$\sigma_{x,r}$	Tegangan sisa setelah ditekuk	[Mpa]
σ_B	Tegangan tekuk	[Mpa]
ϑ	<i>Poisson's ratio</i>	[-]
A	Luas penampang spesimen	[mm ²]
b	Lebar benda kerja	[mm]
F	Gaya tarik	[N]
E	Modulus elastisitas	[Mpa]
K	Perbandingan <i>springback</i>	[-]
l_o	Panjang spesimen mula-mula	[mm]
M	<i>Bending moment</i>	[Nm]
r_u	jari-jari kelengkungan	[mm]
$r_{u,r}$	jari-jari kelengkungan setelah terjadi <i>springback</i>	[mm]
s_o	Ketebalan spesimen mula-mula	[mm]
y_Y	Lokasi perbatasan rejim elastis dan rejim plastis	[mm]