



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISA *SPRINGBACK* MATERIAL ALUMINIUM DENGAN VARIASI
KETEBALAN DAN SUDUT TEKUK PADA PROSES PENGUJIAN *BENDING***

TUGAS AKHIR

**AWALDI SATOR MANIHURUK
L2E 604 193**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
JULI 2011**

TUGAS SARJANA

- Diberikan kepada : Nama : Awaldi S M
Nim : L2E 604 193
- Dosen Pembimbing : 1. Dr.Rusnaldy, ST, MT
- Jangka Waktu : 1 Tahun 6 Bulan (Satu tahun enam bulan)
- Judul : Analisa *springback* alumunium dengan variasi ketebalan dan variasi dengan proses dengan proses Pengujian *bending*.
- Isi Tugas : 1. Melakukan Proses pembentukan logam dengan metode *3-point bending*.
2. Melakukan analisa pengaruh ketebalan material dan besarnya sudut tekuk terhadap *springback* antara pengujian dengan teoritis .

Semarang, 01 Juli 2011

Menyetujui
Pembimbing



Dr.Rusnaldy, ST, MT

NIP. 197005201999031002

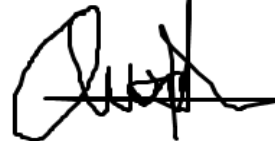
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Awaldi Sator Manihuruk

NIM : L2E 604 193

Tanda Tangan :



Tanggal : 01 Juli 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Awaldi S M

NIM : L2E 604 193

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisa *springback* material alumunium dengan variasi ketebalan dan variasi dengan proses dengan proses Pengujian *bending*.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr.Rusnaldy, ST, MT

()

Penguji : Dr.Jamari, ST, MT

()

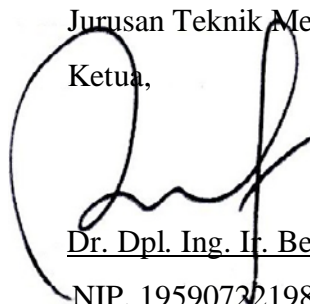
Penguji : Ir.Sugiyanto, DEA

()

Semarang, 01 Juli 2011

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Dpl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK

NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Awaldi Sator Manihuruk
NIM : L2E 604 193
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

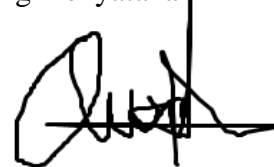
demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya dan pembimbing saya yang berjudul :

ANALISA *SPRINGBACK* PELAT ALUMINIUM DENGAN VARIASI
KETEBALAN DAN VARIASI DENGAN PROSES DENGAN PROSES
PENGUJIAN *BENDING*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal: 01 juli 2011
Yang menyatakan



(Awaldi Sator Manihuruk)

NIM. L2E 604 193

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengetahui fenomena springback yang terjadi dalam pembentukan logam menggunakan material alumunium dengan variasi ketebalan dan sudut tekuk. Fenomena springback terjadi karena pengaruh sifat elastis material tersebut. Oleh karena itu, maka sebelum melakukan proses penekukan, sebaiknya mengetahui nilai sudut springback sehingga hasil proses penekukan sesuai dengan yang diinginkan. Metode pembentukan lembaran logam yang kami gunakan adalah metode three-point bending dimana proses penekukan three-point bending merupakan salah satu jenis proses pembentukan logam yang banyak digunakan di dalam dunia industri. Pada penelitian ini, besarnya nilai sudut springback untuk material alumunium dengan variasi sudut tekuk dan variasi ketebalan pelat akan di bandingkan dengan perhitungan. Hasil penelitian ini memperlihatkan, bahwa sudut springback 90^0 memiliki nilai lebih besar di bandingkan dengan sudut 30^0 , 45^0 , 60^0 dan semakin tebal pelat maka springback yang dihasilkan akan semakin kecil. Perbedaan rata-rata sudut springback dari hasil perhitungan dengan eksperimen sebesar 6,75 %. Dari analisa perhitungan dan eksperimen penulis membuat kesimpulan bahwa penulis dapat mengetahui fenomena sudut springback yang terjadi dalam pembentukan logam menggunakan metode 3-point bending dengan variasi sudut tekuk dan ketebalan pelat. Dimana, untuk menghasilkan tekukan 90^0 maka besar sudut bending diperkecil dari nilai sudut springback yang sudah diketahui nilainya, sehingga pada saat beban dihilangkan maka akan menghasilkan sudut sebesar 90^0 dan proses penekukan ini berlaku untuk sudut 30^0 , 45^0 , dan, 60^0 .

Kata kunci : springback, sudut, bending, dan alumunium

ABSTRACT

This research aims to know the springback phenomenon that is occurred in the metal forming using aluminum material with variations in thickness and bending angle. Springback phenomenon is happened because the influence of the material's elastic properties. Therefore, before doing the process of bending, we should know the value of springback angle so the results of bending process as desired. The Metal sheet forming Method that writers used is the three-point bending method because the process of bending the three-point bending is one of type procces of metal forming that are most widely used in industry. In this research, the magnitude of the springback angle for aluminum material with bending angle variations and variation of plate thickness will be compared with calculations. The results of this research show that the springback angle 90^0 has a greater value in comparison with the angle 30^0 , 45^0 , 60^0 and getting thicker plates so springback that is produced will be smaller. The averege difference of the springback angle is 6,75 % compared between of experiment with calculation result. Thus, we can conclude that springback angle phenomenon that occur on metal forming using 3-point bending method with the variation of bending angle and the thickness of the plate based on the calculation analysis and experimental result. To produce 90^0 bending angle, so that the value of bending angle is being decreased from the value of springback angle which already known, so that when loading parameter is being removed, it will produce an angle of 90^0 and the bending process is valid for angles 30^0 , 45^0 , and, 60^0 .

Keyword : springback, angle, bending, and aluminum

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan YME atas berkat, rahmat dan anugerahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir yang berjudul “Analisa *springback* pelat alumunium dengan variasi ketebalan dan variasi dengan proses dengan proses Pengujian *bending*” ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa terimakasih setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penyusun selama penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Dr.Rusnaldy, ST, MT selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penyusun hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
2. Segenap dosen dan staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang telah membagikan ilmu yang berguna baik di masa sekarang maupun di masa yang akan datang.
3. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak mungkin terucap satu persatu, terimakasih semua.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semakin menambah kecintaan dan rasa penghargaan kita terhadap Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Semarang, 01 Juli 2011

Penulis

MOTTO

**Think massively.....,
And succeeded will always follow you**

PERSEMBAHAN

Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua dan kakak atas doa dan semangat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kakak Rienni atas kesempatan, bimbingan dan nasehat-nasehat yang diberikan sehingga penulis dapat bersekolah dan menyelesaikan pendidikan pada jenjang perguruan tinggi ini.
3. Teman-teman Teknik Mesin UNDIP Angkatan 2004 dan 2005 yang telah memberikan dukungan selama penulis menyusun laporan Tugas Akhir ini.
4. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak mungkin terucap satu persatu, terimakasih semua

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR SIMBOL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Proses Pembentukan Logam	5
2.2 Proses <i>Bending</i>	6
2.2.1 Jenis-jenis Operasi <i>Bending</i>	8
2.3 <i>Springback</i> Dalam Pembentukan Logam Pada Plat	14
2.3.1 Elastisitas dan Plastisitas	15
2.3.1.1 Elastisitas	15
2.3.1.2 Plastisitas	23

2.3.1.3	Persamaan dalam memperidiksikan <i>springback</i> pada <i>Bending test</i>	26
2.4	Aplikasi Proses <i>Bending</i>	31
2.5	Alumunium	33
2.5.1	Karakteristik Aluminium	35
2.5.2	Unsur-unsur paduan aluminium	36
2.6	Aplikasi alumunium pada proses lembaran logam	37
BAB III	METODE PENELITIAN	
3.1	Diagram Alir Penelitian	40
3.2	<i>Experiment Set-Up</i>	41
3.2.1	Material Pengujian	41
3.2.2	Pengujian Komposisi	42
3.2.3	Pengujian Tarik	44
3.2.4	Pengujian <i>Bending</i>	46
3.2.5	Pengukuran Sudut <i>Bending</i>	49
3.3	Perhitungan Sudut <i>Springback</i>	49
BAB IV	HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1	Data Komposisi Kimia Material Uji	56
4.2	Data Hasil pengujian Tarik	57
4.2.1	Alumunium dengan ketebalan 1 mm	57
4.2.2	Alumunium dengan ketebalan 1.4 mm	59
4.3	Data sudut <i>Springback</i> pada Pengujian <i>Bending</i>	
4.3.1	Data sudut <i>springback</i> pada pengujian <i>Bending</i> dengan ketebalan 1 mm	61
4.3.2	Data sudut <i>springback</i> pada pengujian <i>Bending</i> dengan ketebalan 1,4 mm	62
4.4	Data <i>Springback</i> berdasarkan perhitungan	63
4.4.1	Sudut <i>Springback</i> pada Sudut 30 ⁰ , 45 ⁰ , 60 ⁰ , dan 90 ⁰ pada Ketebalan 1 mm	63
4.4.2	Sudut <i>Springback</i> pada Sudut 30 ⁰ , 45 ⁰ , 60 ⁰ , dan 90 ⁰ pada Ketebalan 1,4 mm	67

	4.5 Analisa Hasil	71
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
	5.1 Kesimpulan	75
	5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA		xix
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Bending</i>	6
Gambar 2.2	Kurva distribusi tegangan-regangan yang distribusikan ke permukaan	7
Gambar 2.3	Metode <i>three point bending</i>	8
Gambar 2.4	Metode <i>Roll bending</i>	9
Gambar 2.5	<i>Beading</i>	8
Gambar 2.6	Proses operasi <i>flaging</i> (a) <i>flaging</i> pada lembaran datar, (b) <i>dimpling</i> , (c) pelubangan lembaran logam dari <i>flaging</i> (d) <i>flaging</i> pada pipa	9
Gambar 2.7	Proses <i>Tube bending</i>	10
Gambar 2.8	Proses <i>strech bending</i>	11
Gambar 2.9	<i>Wipe bending</i>	11
Gambar 2.10	Metode <i>three point bending</i>	12
Gambar 2.11	Proses <i>Four point bending</i>	12
Gambar 2.12	Metode <i>V-Bending</i>	13
Gambar 2.13	Metode <i>U-Bending</i>	13
Gambar 2.14	<i>Springback</i> dalam pembentukan logam pada pelat	14
Gambar 2.15	Kurva tegangan-regangan <i>Engineering strain</i> dan <i>True strain</i>	16
Gambar 2.16	Kurva Tegangan dan Regangan	18
Gambar 2.17	Grafik Tegangan – Regangan	19
Gambar 2.18	Diagram Tegangan – Regangan	21
Gambar 2.19	Grafik <i>Yield Strenght</i>	22
Gambar 2.20	Kurva tegangan regangan sesungguhnya untuk material ulet	25
Gambar 2.21	<i>Three point bending methode</i>	26
Gambar 2.22	<i>Plane of simetry</i>	27
Gambar 2.23	Penggambaran sudut tekuk dari pandangan <i>isometric</i> , pandangan depan dan pandangan atas	28
Gambar 2.24	<i>Terminology</i> penekukan Pelat	28
Gambar 2.25	Distribusi tegangan-regangan selama proses <i>bending</i>	29

Gambar 2.26	Ilustrasi <i>springback</i>	30
Gambar 2.27	<i>Guardrail</i>	31
Gambar 2.28	<i>Canal</i>	31
Gambar 2.29	Tiang Lampu	32
Gambar 2.30	Plat dengan sudut 90 ⁰	32
Gambar 2.31	Box / reservoir	32
Gambar 2.32	<i>Casing</i> panel alat kelistrikan dan casing PC	33
Gambar 2.33	Pipa instalansi air/uap pada unit pembangkit tenaga listrik	33
Gambar 2.34	Uang logam, juga terbuat dari aluminium	38
Gambar 2.35	Aluminium foil	38
Gambar 2.36	Aluminium foam	39
Gambar 2.37	Velg mobil, menggunakan paduan Al-Si, Al-Mg, atau Al-Si-Mg	39
Gambar 2.38	Roda gigi menggunakan paduan Al-Cu	39
Gambar 2.39	Pesawat terbang, dibuat dengan menggunakan paduan 7075, Al-Zn	39
Gambar 3.1	Diagram Alir	40
Gambar 3.2	Spesimen pengujian <i>bending</i> , (a) ketebalan 1 mm, (b) ketebalan 1,4 mm	41
Gambar 3.3	Mesin <i>Gluotin</i>	41
Gambar 3.4	<i>The Niton XLT X-Ray</i>	42
Gambar 3.5	<i>Cleaner</i>	43
Gambar 3.6	<i>Sandpaper</i>	43
Gambar 3.7	<i>Universal Testing Machine</i>	44
Gambar 3.8	<i>Vernier caliper</i>	44
Gambar 3.9	Dimensi spesimen pengujian tarik	45
Gambar 3.10	Mesin <i>bending</i>	46
Gambar 3.11	<i>Vernier caliper</i>	47
Gambar 3.12	<i>Protactor</i>	47
Gambar 3.13	<i>Dial Indikator</i>	48
Gambar 3.14	Mesin CMM	49
Gambar 3.15	Monitor CMM	50

Gambar 3.16	Penggambaran sudut tekuk dari pandangan <i>isometric</i> , pandangan depan dan pandangan atas	51
Gambar 3.17	<i>Terminology</i> penekukan Pelat	52
Gambar 3.18	Distribusi tegangan-regangan selama proses <i>bending</i>	53
Gambar 3.19	Ilustrasi <i>springback</i>	50
Gambar 4.1	Kurva uji tarik alumunium ketebalan 1 mm	57
Gambar 4.2	Grafik uji tarik ketebalan 1,4 mm	59
Gambar 4.3	Hasil Pengujian <i>Bending</i> dengan ketebalan spesimen 1 mm	62
Gambar 4.4	Hasil Pengujian <i>Bending</i> dengan ketebalan spesimen 1,4 mm	63
Gambar 4.5	Grafik perbandingan sudut tekuk dengan sudut <i>springback</i> pada alumunium ketebalan 1 mm	73
Gambar 4.6	Grafik perbandingan sudut tekuk <i>springback</i> experiment dengan teoritis ketebalan 1,4 mm	73
Gambar 4.7	Grafik perbandingan sudut tekuk <i>springback</i> experiment antara ketebalan 1 mm dengan ketebalan 1,4 mm	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat-sifat Fisik dan Kimia dari aluminium	35
Tabel 3.1	Dimensi spesimen Pengujian Tarik	49
Tabel 4.1	Hasil pengujian komposisi kimia material uji	56
Tabel 4.2	<i>Mechanical Properties of Alumnium Thickness 1 mm</i>	59
Tabel 4.3	<i>Mechanical Properties of Alumunium with Thickness 1,4 mm</i>	61
Tabel 4.4	Hasil Sudut <i>springback</i> dengan pengujian pada ketebalan 1,mm	61
Tabel 4.5	Hasil Sudut <i>springback</i> dengan pengujian pada ketebalan 1,4mm	62
Tabel 4.6	Hasil analisa springback berdasarkan perhitungan pada ketebalan 1 mm	67
Tabel 4.7	Hasil analisa springback berdasarkan perhitungan pada ketebalan 1,4 mm	70
Tabel 4.8	Hasil pengujian komposisi kimia material uji	71
Tabel 4.9	Perbandingan hasil <i>Tensile Yield strength</i> dan <i>Modulus elasticity</i>	71
Tabel 4.10	Sudut <i>springback</i> ketebalan 1 mm	72
Tabel 4.11	Sudut <i>springback</i> ketebalan 1,4mm	72

DAFTAR SIMBOL

α	Sudut tekuk	[°]
α_r	Sudut akhir setelah terjadi <i>springback</i>	[°]
β	Sudut sisi luar spesimen	[°]
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>	[°]
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]

