

**ANALISIS *SPRINGBACK* PADA PROSES L-BENDING
MATERIAL SPCC DENGAN VARIASI KETEBALAN DAN
KECEPATAN PENEKANAN**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Supriani

221411046



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Analisis *Springback* pada Proses *L-Bending* Material SPCC
Dengan Variasi Ketebalan dan Kecepatan Penekanan**

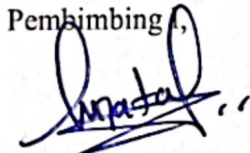
Oleh:
Supriani
221411046

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 8 Agustus 2025

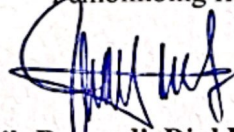
Disetujui,

Pembimbing I,



Jata Budiman, SST., M.T.
NIP. 197703052006041012

Pembimbing II,



Wiwik Putwadi, Dipl.Ing., M.T.
NIP. 1969030319951210002

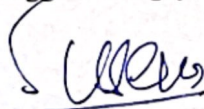
Disahkan,

Ketua Penguji,



Haris Setiawan, S.S.T., M.T.
NIP. 197512042001121001

Anggota Penguji I,



Suseno, S.T., M.T.
NIP. 196812311993031014

Anggota Penguji II,



Hartono Widjaja, S.S.T., M.T.
NIP. 196111201988031003

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Supriani
NIM : 221411046
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : ANALISIS *SPRINGBACK* PADA PROSES *L-BENDING* MATERIAL SPCC DENGAN VARIASI KETEBALAN DAN KECEPATAN PENEKANAN

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 08 Agustus 2025
Yang Menyatakan,

Supriani
221411046

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Supriani
NIM : 221411046
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : *ANALISIS SPRINGBACK PADA PROSES L-BENDING MATERIAL SPCC DENGAN VARIASI KETEBALAN DAN KECEPATAN PENEKANAN*

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 08 Agustus 2025
Yang Menyatakan,

Supriani
221411046

MOTO PRIBADI

Dalam setiap jatuh, ku temukan hikmah. Dalam setiap bangkit, ku genggam arah.

Dengan keikhlasan hati dan istiqomah ku rajut jalan pemahaman diri, demi kesuksesan yang bukan hanya gemilang, tetapi mampu menjadi lentera bagi seisi alam. Semua atas izin dan Ridho-Mu ya Allah, dan berkat doa serta kasih mereka yang kebersamaan

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada Ayah dan Ibu tercinta, Nenek yang senantiasa mendoakan dan menyayangi dengan tulus, kakak dan adik yang menjadi penguat dalam setiap langkah, serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan tanpa henti. Terima kasih atas cinta, doa, dan pengorbanan yang menjadi fondasi perjalanan pendidikan saya hingga titik ini.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “ ANALISIS *SPRINGBACK* PADA PROSES *L-BENDING* MATERIAL SPCC DENGAN VARIASI KETEBALAN DAN KECEPATAN PENEKANAN”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah Undayat, S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Manufaktur , Bapak Dr. Herman Budi Harja, S.T., M.T.
3. Ketua Program Studi , Bapak
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Jata Budiman, SST., M.T. ,dan Bapak Wiwik Purwadi, Dipl.Ing., M.T.
5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Haris Setiawan, S.S.T., M.T. , Bapak Suseno,S.T., M.T. , dan Bapak Hartono Widjaja S.S.T., M.T.
6. Panitia tugas akhir atas dukungan dan kelancaran proses pelaksanaannya.

7. Teristimewa, ucapan terima kasih saya sampaikan kepada kedua orang tua saya, Ibu Dewi Gusmarni dan Bapak Afrizal, atas doa, motivasi, serta pengorbanan yang tak ternilai baik secara moril maupun materiil. Dukungan tanpa henti dari beliau berdua menjadi kekuatan utama yang memungkinkan saya menyelesaikan tugas akhir ini hingga tuntas.
8. Terima kasih kepada nenek saya, Marianis, yang telah merawat, membesarkan, dan menyayangi saya sejak kecil. Doa, kasih sayang, dan ketulusan beliau menjadi kekuatan yang tak tergantikan dalam perjalanan hidup saya hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
9. Terima kasih kepada tante saya, Lely Sephia, yang telah merawat dan mendampingi saya dengan penuh kasih selama masa-masa penting dalam kehidupan saya. Kehangatan dan perhatian beliau menjadi bagian penting dalam perjalanan saya hingga tersusunnya tugas akhir ini.
10. Terima kasih kepada kakak dan adik saya atas dukungan, semangat, dan kebersamaan yang telah mereka berikan. Kehadiran dan perhatian mereka menjadi penyemangat tersendiri dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
11. Buat terima kasih sahabat – sahabat saya atas kebersamaan dan dukungan selama proses ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 08 Agustus 2025

Supriani

ABSTRAK

Springback merupakan tantangan utama dalam proses pembentukan *L-bending*, karena berdampak langsung terhadap presisi dimensi produk akhir. Penelitian ini secara eksperimental menganalisis pengaruh ketebalan material dan kecepatan penekanan terhadap nilai *springback* pada pelat *SPCC* menggunakan metode *Taguchi* dengan rancangan *orthogonal array L9(3²)*. Variasi ketebalan yang diuji adalah 1,00 mm, 1,40 mm, dan 2,00 mm, sedangkan kecepatan penekanan divariasikan pada 10, 20, dan 50 *cycle/min*. Sudut hasil pengujian diukur menggunakan *Coordinate Measuring Machine (CMM)* dan dianalisis secara statistik melalui *Signal-to-Noise Ratio* serta *Analysis of Variance (ANOVA)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan material merupakan faktor paling signifikan terhadap besarnya *springback*, sementara pengaruh kecepatan penekanan bersifat sekunder. Kombinasi parameter optimal yang menghasilkan nilai *springback* terkecil adalah ketebalan 2,00 mm dan kecepatan 50 *cycle/min*. Temuan ini menegaskan pentingnya pengaturan parameter proses secara presisi pada pembentukan *L-bending*, serta menunjukkan efektivitas metode *Taguchi* dalam mengidentifikasi faktor dominan secara efisien. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi peningkatan kualitas produk di industri manufaktur logam, khususnya dalam desain *punch-die* dan pengendalian variabel proses.

Kata kunci: *springback*, *SPCC*, *L-bending*, metode *Taguchi*, presisi pembentukan logam

ABSTRACT

Springback is a major challenge in the L-bending process as it directly affects the dimensional accuracy of the final product. This experimental study analyzes the effect of material thickness and punch speed on springback in SPCC sheets using the Taguchi method with an orthogonal array L9(3²) design. The thickness levels tested were 1.00 mm, 1.40 mm, and 2.00 mm, with punch speeds of 10, 20, and 50 cycles/min. The bending angles were measured using a Coordinate Measuring Machine (CMM) and statistically evaluated through Signal-to-Noise Ratio and Analysis of Variance (ANOVA). The results show that material thickness is the most significant factor influencing springback, while punch speed has a secondary effect. The optimal combination yielding the lowest springback occurred at a thickness of 2.00 mm and a punch speed of 50 cycles/min. These findings highlight the importance of precise process parameter control in L-bending and demonstrate the effectiveness of the Taguchi method in efficiently identifying dominant factors. This study provides practical insights for improving product quality in sheet metal manufacturing, particularly in optimizing punch–die design and controlling process variability.

Keywords: *springback, SPCC, L-bending, Taguchi method, sheet metal forming precision*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
I BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-3
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.2 <i>Press Tool</i>	II-1
II.2.1 Definisi dan Fungsi <i>Press Tool</i>	II-1
II.2.2 Komponen Utama <i>Press Tool</i>	II-1
II.2.3 Jenis – Jenis Pengerjaan Pada <i>Press Tool</i>	II-2
II.3 Bending	II-2
II.3.1 Definisi Bending	II-2
II.3.2 Proses <i>L-Bending</i> pada Pembentukan Lembaran Logam.....	II-3
II.3.3 Terminologi Dasar Proses Bending	II-4
II.4 Gaya Tekuk	II-4
II.4.1 Gaya tekuk pada <i>L Bending</i>	II-4
II.5 <i>Springback</i>	II-5
II.5.1 Definisi <i>Springback</i>	II-5
II.5.2 Faktor – Faktor Penyebab <i>Springback</i>	II-6
II.5.3 Pendekatan Kuantitatif terhadap <i>Springback</i>	II-7

II.6	Karakteristik material yang digunakan	II-9
II.6.1	SPCC (<i>Steel Plate Cold Commercial</i>)	II-9
II.6.2	Proses Produksi Baja Lembaran Dingin	II-9
II.6.3	Perilaku Tekuk SPCC (<i>Steel Plate Cold Commercial</i>)	II-11
II.6.4	Komposisi Kimia SPCC (<i>Steel Plate Cold Commercial</i>)	II-11
II.6.5	Sifat Mekanik SPCC (<i>Steel Plate Cold Commercial</i>)	II-12
II.6.6	Prinsip Dasar Metode Taguchi	II-13
II.6.7	<i>Orthogonal Array</i> (OA)	II-14
II.6.8	<i>Signal-to-Noise Ratio</i> (S/N Ratio)	II-14
II.6.9	Kelebihan Metode Taguchi dalam Penelitian Teknik	II-16
II.7	Analisis Varians (ANOVA)	II-16
II.7.1	Pengertian ANOVA	II-16
II.7.2	Prinsip Kerja ANOVA	II-17
II.7.3	Peran ANOVA dalam Penelitian Ini	II-17
II.8	Analisis Regresi Linear Berganda	II-17
II.8.1	Pengertian Regresi Linear Berganda	II-17
II.8.2	Persamaan Umum Regresi Linear Berganda	II-18
II.8.3	Tujuan dan Manfaat Regresi dalam Penelitian Teknik	II-18
II.8.4	Sumber Kesalahan dalam Model Regresi	II-19
II.9	Tinjauan Alat	II-19
II.9.1	Mesin Press AIDA	II-19
II.9.2	<i>Caliper</i>	II-22
II.10	Studi Penelitian Terdahulu	II-22
II.10.1	Kerangka Konsep penelitian	II-24
II.10.2	Kerangka berpikir penelitian	II-24
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Jenis dan Pendekatan Penelitian	III-1
III.2	Diagram alir Penelitian	III-2
III.3	Variabel Penelitian	III-3
III.4	Populasi dan Sampel Penelitian	III-3
III.5	Metode Pengumpulan Data	III-5
III.6	Prosedur Penelitian	III-6
III.7	Desain Eksperimen Taguchi	III-7
III.7.1	Pertimbangan Pemilihan Level Faktor	III-8
III.8	Instrumen Penelitian	III-10
III.9	Metode Analisis Data	III-11

III.10	Validitas dan Reliabilitas Data	III-11
III.11	Uji Komposisi Kimia Material SPCC.....	III-12
III.11.1	Karakteristik Material.....	III-14
III.12	<i>Quality Control</i> Ketebalan Material	III-17
III.13	<i>Quality Control</i> Radius <i>Tool</i>	III-18
III.14	Uji Tarik Material SPCC	III-20
III.15	Uji Coba Proses L-Bending	III-24
III.16	Pengukuran Sudut.....	III-26
III.16.1	Hasil Pengukuran Sudut	III-27
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Hasil Perhitungan Nilai <i>Springback</i>	IV-1
IV.1.1	<i>Springback</i> dalam Satuan Derajat ($^{\circ}$).....	IV-1
IV.1.2	<i>Springback</i> dalam Satuan Persentase (%)	IV-2
IV.1.3	Prediksi <i>Springback</i> Berdasarkan Pendekatan Radius.....	IV-3
IV.2	Analisis Pengaruh Ketebalan dan kecepatan Penekanan terhadap <i>Springback</i>	IV-5
IV.3	Analisis Statistik Menggunakan Metode Taguchi	IV-6
IV.3.1	Uji Normalitas Data	IV-6
IV.3.2	Analisis Varians (ANOVA)	IV-7
IV.3.3	<i>Interaction Plot</i>	IV-10
Gambar IV.III	<i>Interaction Plot</i>	IV-10
IV.3.4	<i>Signal-to-Noise Ratio</i>	IV-11
IV.4	Analisis Regresi Linear Berganda	IV-12
IV.5	Verifikasi Manual Persamaan Regresi Linear Berganda.....	IV-15
IV.5.1	Penyusunan Matriks Regresi.....	IV-15
IV.5.2	Pembentukan Matriks A1,A2 dan A3	IV-16
IV.5.3	Perhitungan Determinan.....	IV-16
IV.5.4	Hasil Koefisien Regresi.....	IV-17
IV.5.5	Persamaan Regresi Manual	IV-17
IV.5.6	Kesimpulan verifikasi	IV-20
V	BAB V PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran	V-2
	DAFTAR PUSTAKA	V-3
	LAMPIRAN.....	v

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Komposisi Kimia SPCC.....	II-12
Tabel II.2 Sifat Mekanik SPCC	II-13
Tabel II.3 Spesifikasi Mesin Press AIDA	II-20
Tabel II.4 Studi Penelitian Terdahulu	II-22
Tabel II.5 Kerangka Konsep Penelitian	II-24
Tabel III.1 Variabel Penelitian.....	III-3
Tabel III.2 Kombinasi Parameter dan Jumlah Spesimen	III-4
Tabel III.3 Faktor dan Level	III-5
Tabel III.4 Tahapan Pengumpulan Data	III-5
Tabel III.5 Prosedur Penelitian	III-6
Tabel III.6 Desain Eksperimen <i>Orthogonal Array</i> L9(3 ²)	III-7
Tabel III.7 Instrumen Penelitian	III-10
Tabel III.8 Hasil Data Komposisi Kimia SPCC	III-13
Tabel III.9 kandungan Unsur Utama SPCC.....	III-15
Tabel III.10 Hasil QC Ketebalan Material.....	III-17
Tabel III.11 Data Hasil Uji Tarik.....	III-22
Tabel III.12 Hasil Pengukuran Sudut.....	III-27
Tabel IV.1 Nilai <i>Springback</i>	IV-1
Tabel IV.2 Hasil Analisis Variansi (ANOVA) Pengaruh Ketebalan dan Kecepatan Terhadap <i>Springback</i>	IV-8
Tabel IV.3 <i>Rasio Signal-to-Noise</i> (S/N)	IV-11
Tabel IV.4 Koefisien Regresi.....	IV-13

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.I Jenis-Jenis Pengerjaan Pada <i>Press tool</i>	II-2
Gambar II.II Proses Bending	II-3
Gambar II.III Ilustrasi fenomena <i>springback</i>	II-5
Gambar II.IV Mesin Press AIDA.....	II-20
Gambar II.V Caliper.....	II-22
Gambar II.VI Diagram Kerangka Berpikir Penelitian	II-26
Gambar III.I Diagram Alir Penelitian	III-2
Gambar III.II Alat spektrometer	III-13
Gambar III.III Spesimen Sebelum dan Sesudah Uji Komposisi Kimia.....	III-13
Gambar III.IV Arah Pemotongan Spesimen	III-16
Gambar III.V <i>Arah Grain Direction</i>	III-16
Gambar III.VI QC ketebalan material menggunakan mikrometer.....	III-18
Gambar III.VII QC radius tool dengan CMM	III-19
Gambar III.VIII QC radius tool dengan VMM.....	III-20
Gambar III.IX ASTM E8/E8M	III-20
Gambar III.X Dimensi Spesimen Uji tarik	III-20
Gambar III.XI spesimen uji tarik sebelum dan sesudah pengujian.....	III-21
Gambar III.XII Universal Testing Machine/UTM.....	III-21
Gambar III.XIII <i>stress–strain curve</i>	III-23
Gambar III.XIV Spesimen Pelat SPCC Sebelum Proses L-Bending.....	III-24
Gambar III.XV Spesimen Pelat SPCC Setelah Proses L-Bending	III-24
Gambar III.XVI <i>Mesin Press AIDA DSF-C1-1100A</i>	III-25
Gambar III.XVII Alat Bantu Press Tool	III-25
Gambar III.XVIII Pengukuran Ketegaklurusan	III-26
Gambar III.XIX Pengukuran Spesimen Uji	III-27
Gambar IV.I Main Effects Plot for <i>Springback</i>	IV-5
Gambar IV.II Uji Normalitas Data.....	IV-7
Gambar IV.III <i>Interaction Plot</i>	IV-10
Gambar IV.IV <i>Main Effects Plot for SN Ratios</i>	IV-12
Gambar IV.V <i>Pareto Chart of the Standardized Effects</i>	IV-14
Gambar IV.VI Grafik Regresi Linear Berganda	IV-18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Quality Control Dies & Punch*

Lampiran 2 Data Hasil Uji Tarik Material SPCC

Lampiran 3 Data Hasil Uji Komposisi Material SPCC

Lampiran 4 Data Hasil Pengukuran Sudut *L-Bending*

Lampiran 5 Data Hasil Pengukuran Radius *L-bending*

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

P_n : Tingkat rata-rata respon

n : Jumlah percobaan

k : Jumlah faktor level

N : Jumlah total percobaan

Y_i : Nilai *Signal-to-Noise Ratio* (S/N) pada percobaan ke- i

Y_{obs} : Nilai hasil observasi

μ : Nilai rata-rata (mean)

β : Koefisien regresi

x : Variabel bebas

ε : Kesalahan atau error (residual)

E : Modulus elastisitas material (MPa; 1 GPa = 1000 MPa)

σ : Tegangan (N/mm² atau MPa)

ε_t : Regangan (strain, %)

UTS : *Ultimate Tensile Strength* (Kekuatan tarik maksimum, MPa)

TS : *Tensile Strength*

YS : *Yield Strength* (Kekuatan luluh, MPa)

R_i : Jari-jari awal (initial radius) sebelum proses bending (mm)

R_f : Jari-jari akhir (final radius) setelah proses bending (mm)

θ_{target} : Sudut target proses pembentukan (°)

θ_{hasil} : Sudut hasil setelah proses pembentukan (°)

$\Delta\theta$: Sudut springback, selisih antara θ_{target} dan θ_{hasil} (°)

S/N Ratio : *Signal-to-Noise Ratio*

ANOVA : *Analysis of Variance*

SPC : *Statistical Process Control*

RPS : *Revolution Per Second*

L-Bending : Proses pembentukan logam lembaran dengan radius lengkung tunggal

SPCC : *Steel Plate Cold-rolled Commercial* (baja canai dingin, standar JIS G3141)

QC : *Quality Control*

CMM : *Coordinate Measuring Machine*

VMM : *Vision Measuring Machine*

JIS : *Japanese Industrial Standards*

ASTM : *American Society for Testing and Materials*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi manufaktur logam lembaran (*sheet metal*) memberikan kontribusi besar terhadap efisiensi dan kompleksitas produksi di berbagai sektor industri, seperti otomotif, *aerospace*, elektronik, dan peralatan rumah tangga. Proses pembentukan logam seperti bending, *stamping*, dan *deep drawing* memungkinkan pembuatan komponen dengan geometri kompleks secara presisi dan ekonomis. Di antara metode tersebut, proses bending merupakan salah satu teknik pembentukan paling umum, yaitu dengan memberikan gaya pada logam hingga terbentuk sudut atau radius tertentu.

Namun, dalam praktiknya, proses bending sering mengalami permasalahan teknis berupa *springback*, yaitu fenomena kembalinya sebagian bentuk material ke kondisi semula setelah gaya pembentuk dilepaskan. *Springback* terjadi karena adanya tegangan elastis sisa yang tidak sepenuhnya berubah menjadi deformasi plastis. Akibatnya, terjadi perbedaan antara bentuk aktual hasil pembentukan dengan desain awal, yang dapat menurunkan presisi dimensi dan kualitas produk serta mengganggu efisiensi produksi.

Dalam industri otomotif, presisi geometri komponen bodi kendaraan sangat menentukan aspek aerodinamika, keselamatan, dan estetika. Oleh karena itu, kontrol terhadap deformasi seperti *springback* menjadi sangat penting. Salah satu material yang umum digunakan dalam proses pembentukan adalah SPCC (*Steel Plate Cold Commercial*), yaitu baja karbon rendah hasil canai dingin dengan keuletan tinggi dan kemampuan formabilitas yang baik. Meskipun mudah dibentuk, SPCC tetap menunjukkan kecenderungan *springback* yang signifikan, terutama pada pembentukan sudut sempit seperti L-bending.

Data dari Kementerian Perindustrian Republik Indonesia menunjukkan bahwa pada tahun 2023, sektor industri logam mengalami pertumbuhan sebesar 10,70%, dengan nilai produksi mencapai Rp632,51 triliun (Kemenperin, 2023). Pertumbuhan ini

menuntut peningkatan efisiensi dan akurasi dalam proses manufaktur logam, termasuk pengendalian deformasi geometrik seperti *springback*. Selain itu, dalam praktik industri, toleransi dimensi akibat *springback* bisa mencapai deviasi hingga 2° dari sudut target, yang dapat menyebabkan produk ditolak atau memerlukan rework.

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas fenomena *springback*, namun sebagian besar difokuskan pada metode *V-bending*, penggunaan urethane pad, atau pengaruh parameter tunggal seperti waktu penahanan atau kecepatan tekan. Studi yang secara khusus meneliti proses *L-bending* pada material SPCC dengan kombinasi variasi ketebalan dan kecepatan penekanan masih sangat terbatas. Selain itu, pendekatan eksperimental berbasis metode Taguchi yang dikenal efisien dalam mengkaji pengaruh multivariat parameter juga belum banyak diterapkan dalam konteks ini.

Penelitian ini menawarkan kebaruan (novelty) dengan secara khusus menganalisis fenomena *springback* pada proses *L-bending* material SPCC menggunakan metode Taguchi. Dua parameter utama yang dianalisis adalah ketebalan dan kecepatan penekanan, dengan tujuan untuk mengetahui kombinasi parameter optimal yang dapat meminimalkan nilai *springback*. Dengan demikian, penelitian ini mengisi *research gap* yang ada dalam literatur terkait dan diharapkan mampu memberikan kontribusi ilmiah serta menjadi referensi teknis dalam pengembangan desain cetakan dan pengaturan parameter proses pembentukan logam yang lebih presisi dan efisien.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik *springback* yang terjadi pada material SPCC selama proses *L-bending* dengan variasi ketebalan dan kecepatan penekanan?
2. Seberapa besar pengaruh variasi ketebalan terhadap nilai *springback* pada material SPCC dalam proses *L-bending*?
3. Faktor-faktor manakah yang paling signifikan memengaruhi besarnya *springback* pada proses *L-bending* material SPCC berdasarkan pendekatan metode Taguchi?

I.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup dan menjaga fokus penelitian, beberapa batasan masalah yang ditetapkan dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Metode pembentukan yang digunakan adalah proses *L-bending* pada plat logam SPCC.
2. Material spesimen adalah SPCC (*Steel Plate Cold Commercial*) sesuai dengan standar JIS G3141.
3. Ketebalan plat divariasikan pada tiga level: 1,00 mm, 1,40 mm, dan 2,00 mm.
4. Kecepatan penekanan punch divariasikan pada tiga level: 10, 20, dan 50 *cycle/min*.
5. Sudut tekuk yang digunakan dalam proses pembentukan adalah tetap 90°.
6. Radius punch yang digunakan adalah 2 mm, tidak divariasikan.
7. Mesin pembentuk yang digunakan adalah mesin press AIDA tipe DSF-C1-1100A.
8. Pengukuran sudut hasil dilakukan menggunakan *Coordinate Measuring Machine* (CMM) .

I.4 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Menganalisis karakteristik nilai *springback* pada material SPCC dalam proses *L-bending* dengan variasi ketebalan dan kecepatan penekanan
2. Menentukan pengaruh variasi ketebalan dan kecepatan penekanan terhadap nilai *springback*

3. Mengidentifikasi kombinasi parameter proses terbaik yang dapat meminimalkan nilai *springback* menggunakan metode Taguchi

Manfaat dari hasil penelitian ini diantaranya;

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan pengetahuan mengenai deformasi elastoplastik pada pembentukan logam, khususnya fenomena *springback*
2. Menjadi referensi ilmiah dalam penerapan metode Taguchi untuk proses pembentukan logam lembaran.
3. Memberikan rekomendasi teknis kepada industri manufaktur dalam pengaturan parameter proses L-bending.
4. Menjadi dasar untuk penelitian lanjutan, baik eksperimental maupun simulasi numerik.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

membahas teori-teori yang relevan seperti bending, *springback*, karakteristik SPCC, serta studi terdahulu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

menjelaskan tahapan eksperimen, desain Taguchi, dan metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

menyajikan hasil pengujian dan pembahasan hubungan antar variabel.

BAB V PENUTUP

memuat kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya