



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PENGARUH RADIUS DIES TEKNIK ARC
BOTTOMING PADA HASIL SUDUT BENDING
PROSES U – DIE BENDING**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh :
Rea Mauludy
NIM. 1802411027

**PROGRAM STUDI MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JANUARI 2023**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



PENGARUH RADIUS DIES TEKNIK ARC BOTTOMING PADA HASIL SUDUT BENDING PROSES U – DIE BENDING

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Rea Mauludy
NIM. 1802411027

PROGRAM STUDI MANUFaktur
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JANUARI 2023



“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk apak ibu, bangsa dan almamater”

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

PENGARUH RADIUS DIES TEKNIK ARC BOTTOMING PADA HASIL
SUDUT BENDING PROSES U – DIE BENDING

Oleh:

Rea Mauludy Suryaman

NIM. 1802411027

Program Studi Sarjana Terapan Manufaktur

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Kepala Program Studi Manufaktur
Politeknik Negeri Jakarta

Pembimbing

Drs. R. Grenny Sudarwaman, S.T., M.T
NIP. 196005141986031002

Prof., Dr., Drs. Agus Edy Pramono, S.T., M.Si.
NIP. 195909061986031002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

PENGARUH RADIUS DIES TEKNIK ARC BOTTOMING PADA HASIL SUDUT
BENDING PROSES U – DIE BENDING

Oleh:

Rea Mauludy Suryaman

NIM. 1802411027

Program Studi Sarjana Terapan Manufaktur

Skripsi ini telah disidangkan di hadapan dewan penguji pada tanggal 25 Januari 2023 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Prof., Dr., Drs., Agus Edy Pramono, S.T., M.Si NIP. 195909061986031002	Ketua sidang		26/1/23
2	Drs., Raden Grenny Sudamawan, S.T., M.T. NIP. 196005141986031002	Penguji 1		26/01/23
3	Rosidi, S.T., M.T. NIP. 196509131990031001	Penguji 2		26/01/23

Depok, 25 Januari 2023



Di, Eng., Ir., Muslmin, S.T., M.T., IWE.

NIP. 197707142008121005



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rea Mauludy Suryaman
NIM : 1802411027
Tahun Terdaftar : 2018
Program Studi : Sarjana Terapan Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Menyatakan bahwa karya tulis skripsi ini merupakan hasil karya sendiri untuk memperoleh gelar akademik di politeknik, bukan plagiasi dari karya tulis ilmiah orang lain. Penulisan kutipan dalam karya tulis ini juga disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka. Dengan demikian saya menyatakan bahwa karya tulis ini bebas dari unsur plagiasi dan apabila pada laporan skripsi ini kemudian hari terbukti telah menjiplak/plagiasi karya ilmiah dari penulis lain, maka saya bersedia menerima sanksi akademik/hukum yang berlaku.

Depok, 08 Januari 2023



Rea Mauludy Suryaman
NIM. 1802411027



PENGARUH RADIUS DIES TEKNIK *ARC BOTTOMING* PADA HASIL SUDUT BENDING PROSES *U – DIE BENDING*

Rea Mauludy Suryaman¹⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email : rea.mauludysuryaman.tml18@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Springback merupakan salah satu permasalahan utama dalam proses *U – die bending*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh geometri alat fabrikasi dies set, radius lengkungan pad dan punch metode *arc bottoming* terhadap fenomena springback proses *U – die bending*. Eksperimen *U – die bending* pada lembaran logam SPHC tebal 1,2 mm dengan sudut bending 90° menggunakan variasi pada radius lengkungan pad dan punch, yaitu 573,07 mm, 286,7 mm, 191,34 mm, dan 143,71 mm. Dimensi Ketebalan benda kerja dan geometri dies set yang digunakan memiliki nilai konstan. Pengukuran dilakukan pada sudut bending dengan evaluasi sudut standar 90°30'. Pada radius lengkungan pad dan punch offset pada radius 573,07 mm dan 143,71 mm menghasilkan sudut bending hasil springback sebesar 92,46° dan 90,62° secara berurutan. Sudut bending hasil springback yang paling dekat dengan hasil standard 90,5° adalah sudut bending hasil springback penggunaan radius pad dan punch 191,34 mm adalah 90,62°.

Kata kunci : *U – die bending*, bending, springback

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga dapat diselesaikan Tugas akhir (skripsi*) yang berjudul **“Pengaruh Radius Dies Teknik Arc Bottoming Pada Hasil Sudut Bending Proses U – Die Bending”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin , S.T., M.T. Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta dan dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini
2. Bapak Prof., Dr., Agus Edy Pramono, S.T., M.Si., dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini
3. Bapak Drs., Raden Grenny Sudarmawan, S.T.,M.T., Ketua Program Studi Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan skripsi ini
4. ALLAH AZZA WA JALLA
5. Kedua orang tua dan saudara yang telah memberikan doa sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Rekan-rekan Program Studi Manufaktur yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian skripsi.
7. Rekan Novan dan Hauzan yang telah membantu dalam eksperimen

Diharap skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak terutama pada bidang manufaktur

Depok, 21 Agustus 2022

Rea Mauludy Suryaman
NIM. 1802411027



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Luaran.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Proses Bending Lembaran Logam.....	4
2.2 Tipe – Tipe Bending	4
2.3 Komponen Dies Set.....	6
2.4 Gaya Pembentukan.....	10
2.5 Spring – Back	11
2.6 Kajian Literatur	13
BAB III Metode Penelitian	17
3.1 Spesifikasi Material dan Peralatan Penelitian	17
3.1.1 Material Part Bending.....	17
3.1.2 Geometri Part Bending	18
3.1.3 Spesifikasi Peralatan.....	18
3.2 Perancangan Aparatus Dies	20
3.2.1 Tahapan Perancangan Aparatus Dies	20
3.2.2 Gaya Pembentukan.....	20



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2.3 Dies	23
3.2.4 Punch	26
3.2.5 Alternatif Desain	28
3.2.6 Pemilihan Desain	30
3.2.7 Analisis Tegangan	32
3.2.8 Detail Proses Manufaktur	36
3.3 Eksperimen Arc Bottoming U – Bending	49
3.3.1 Pengukuran Springback	50
3.3.2 Evaluasi Sensitivitas Springback	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Data Hasil Pengujian	53
4.2 Analisa Statistik	54
4.2.1 Uji Normalitas Data	54
4.2.2 Uji Varian Satu Arah	57
4.2.3 Uji Lanjut BNT	58
4.2.4 Pengaruh Radius Lengkungan Pad dan Punch	59
4.2.5 Pengaruh Hubungan Offset Radius Pad dan Punch	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
Daftar Pustaka	66



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 Bentuk Part Umum Hasil Bending
- Gambar 2. 2 Bending proses tanpa penyangga
- Gambar 2. 3 Supported Bending
- Gambar 2. 4 Proses U – Die Bending
- Gambar 2. 5 Dies Set dengan Guide Post dan Guide Post Bushing
- Gambar 2. 6 Skematik Dimensi Die Blok
- Gambar 2. 7 Radius Bending Tools
- Gambar 2. 8 Radius Bending
- Gambar 2. 9 Celah Antara Punch dan Dies yang berangsur membesar untuk springback
- Gambar 2. 10 Skematik dari springback
- Gambar 2. 11 Springback kompensasi (A) Arc Bottoming (B) Edge Coining (C) Over Bending
- Gambar 3. 1 U – Channel Bending
- Gambar 3. 2 Geometri Part Bending
- Gambar 3. 3 Spesifikasi Dies Set
- Gambar 3. 4 Mesin Press Manual
- Gambar 3. 5 Dimensi Profile Dies
- Gambar 3. 6 Profile Punch
- Gambar 3. 7 FBD Punch
- Gambar 3. 8 Alternatif Desain I
- Gambar 3. 9 Alternatif Desain II
- Gambar 3. 10 Alternatif Desain III
- Gambar 3. 11 FBD Komponen Punch
- Gambar 3. 12 Hasil FEA Punch dengan ANSYS WORKBENCH (a) Deformasi Total (b) Von-misses Stress
- Gambar 3. 13 FBD Dies
- Gambar 3. 14 Hasil FEA Dies dengan ANSYS WORKBENCH (a) Deformasi Total (b) Von-misses Stress
- Gambar 3. 15 FBD Pad



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 16 Hasil FEA Pad dengan ANSYS WORKBENCH (a) Deformasi Total

(b) Von-misses Stress

Gambar 3. 17 FBD Plat Atas

Gambar 3. 18 Hasil FEA Plat Atas dengan ANSYS WORKBENCH (a) deformasi total (b) Von-misses Stress

Gambar 3. 19 FBD Plat Atas dengan Pilar Diagonal

Gambar 3. 20 Gaya yang terjadi pada Pilar

Gambar 3. 21 Hasil FEA Pilar dengan ANSYS WORKBENCH (a) Deformasi Total (b) Von-misses Stress

Gambar 3. 22 Skematik U – Bending tanpa Arc Bottoming

Gambar 3. 23 Skematik U – bending dengan Arc Bottoming. (a) radius tools memiliki sifat offset, (b) radius tools tidak offset.

Gambar 3. 24 Skematik pengukuran springback

Gambar 4. 1 Grafik Radius Lengkungan Pad dan Punch Terhadap Sudut Springback

Gambar 4. 2 Eksperimen Variasi Radius Lengkungan Pad dan Punch Offset

Gambar 4. 3 Eksperimen Variasi Radius Lengkungan Pad dan Dies Bersifat Non offset



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Nilai Konstanta Untuk Menentukan Ketebalan Dies
Tabel 2. 2	koefisien perhitungan clearance
Tabel 3. 1	Komposisi SPHC JIS G3131
Tabel 3. 2	Properti Mekanik
Tabel 3. 3	Perbandingan Alternatif
Tabel 3. 4	Operation Plan Pembuatan Dies.
Tabel 3. 5	Operation Plan Pembuatan Upper Plate
Tabel 3. 6	Operation Plan Pembuatan Punch
Tabel 3. 7	Operation Plan Pembuatan Guide Post
Tabel 3. 8	Operation Plan Pembuatan Pad
Tabel 3. 9	Rancangan Eksperimen Pengaruh Parameter Radius Lengkungan Pad
Tabel 3. 10	Rancangan Eksperimen Pengaruh Hubungan Offset Antara Radius Lengkungan Dies Dan Punch
Tabel 4. 1	Hasil Percobaan Variasi Radius Lengkungan Pad dan Radius bersifat offset
Tabel 4. 2	Hasil Percobaan Variasi Radius Lengkungan Pad dan Radius Bersifat Non –Offset
Tabel 4. 3	Tabel Distribusi Frekuensi
Tabel 4. 4	Tabel Distribusi Frekuensi Elemen Perhitungan Chi Square
Tabel 4. 5	Data Hasil Eksperimen
Tabel 4. 6	Rangkuman Elemen – Elemen Perhitungan Varian Satu Arah
Tabel 4. 7	Pengolompokan Perbedaan Rata – Rata Kondisi Eksperimen

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bentuk – bentuk logam struktur berupa *frame*, *beam* dan *channel* dominan diproduksi menggunakan proses U - bending [1] [2]. Jika dibandingkan dengan proses V –bending, rotary bending dan Wipe bending, U – die bending dapat mengakomodir pengerjaan dua buah sudut dengan satu stroke pada proses yang sederhana. Walaupun U – die bending proses yang sederhana, namun lembaran logam mengalami deformasi yang kompleks seperti tegangan bending, tegangan reverse bending dan juga terdapat kondisi tidak sama sekali mengalami tegangan bending [3].

Springback dalam proses pembentukan lembaran logam adalah isu utama [4]. Springback merujuk pada perubahan dimensi yang tidak diinginkan [5]. Perubahan dimensi yang tidak diinginkan ini adalah dimensi hasil akhir menjadi lebih besar atau lebih kecil dari bentuk dies yang digunakan untuk proses pembentukan. Saat springback tidak diprediksi secara akurat dan dikompensasi secara tepat, springback dapat menghasilkan benda kerja yang keluar dari spesifikasi [5]. Besaran nilai springback dipengaruhi oleh dua aspek proses pembentukan lembaran logam, yaitu satu dimensi hasil pembentukan, dan properti mekanik material [2] [1] [6]. Setiap aspek memiliki pengaruhnya masing – masing terhadap springback.

Pada industri pembentukan lembaran logam, springback ditangani dengan mengontrol dan mengompensasi. Metode untuk mengontrol springback, yaitu kontrol pada parameter proses seperti nilai gaya tekan, radius bending dan die clearance. Mengontrol nilai gaya tekan dilakukan dengan memberi gaya yang melebihi yield point suatu material sehingga menghasilkan reduksi ketebalan pada bagian bending yang dapat menghilangkan fase elastis dari sebuah material [7]. Mengontrol parameter die clearance dilakukan dengan membua celah antara punch dan dies dibuat lebih kecil dari ketebalan material, sehingga mereduksi ketebalan

akibat gesekan dari punch dan dies, dan menghasilkan material yang meregang [8] [9]. Mengontrol radius bending dilakukan dengan memperkecil radius bending, radius yang kecil menyebabkan peregangan pada bagian terluar area radius bending semakin besar dan menghilangkan, dan menyebabkan kompresi pada bagian dalam area radius bending lebih besar, sehingga dalam kondisi ini menghilangkan fase elastis pada material [10]. Perubahan ketebalan material dan kompresi – regang yang terjadi pada area bending menyebabkan potensi kegagalan pada material, seperti crack dan putus. Berbeda dengan mengompensasi, kompensasi dilakukan dengan mendesain dies yang dapat menggunakan springback untuk mencapai bentuk yang diinginkan [5]. Penelitian ini bertujuan mendapatkan desain dies dengan metode arc bottoming untuk mengompensasi springback proses u – die bending material SPHC. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan beberapa eksperimen guna memeriksa sensitivitas springback terhadap radius lengkungan pad dan radius lengkungan punch.

1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana pengaruh parameter radius lengkungan pad dan punch pada desain dies arc bottoming terhadap nilai kompensasi sudut bending hasil akhir dengan sudut referensi ?
- Bagaimana pengaruh hubungan offset antara radius lengkungan pad dengan radius lengkungan pad terhadap nilai kompensasi sudut bending hasil akhir dengan sudut referensi ?

1.3 Tujuan

- Merancang punch dan dies yang bisa menghasilkan sudut standar sesuai desain akibat sifat springback dari material.
- Memfabrikasi punch dan dies yang menghasilkan sudut springback standar sesuai desain.
- Pengujian Hubungan Offset radius lengkungan pada punch dan pad memengaruhi nilai kompensasi radius bending hasil akhir dengan radius referensi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.4 Luaran

- Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
- Jurnal Sinta 3



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Radius lengkungan pad dan punch mempengaruhi secara signifikan sudut bending hasil springback.
- Bottoming dapat membantu radius lengkungan pad dan punch untuk mereduksi sudut bending akibat springback.
- Semakin kecil radius pad dan punch, semakin kecil sudut bending akibat springback.
- Sifat offset pada radius pad dan punch memengaruhi proses bottoming.
- Sudut bending hasil springback terbesar adalah $92,52^\circ$ terjadi pada penggunaan pad 1° beradius 573,07 mm dan punch 4° beradius 143,71 mm.
- Sudut bending hasil springback terkecil adalah $90,62^\circ$ terjadi pada penggunaan pad 4° beradius 143,71 mm dan punch 4° beradius 143,71 mm.

5.2 Saran

Untuk memperkecil sudut akibat springback, sebaiknya tidak menggunakan radius bottoming.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Daftar Pustaka

- [1] D. K. Leu, "A simplified approach for distinguishing between spring-back and spring-go in free U-die bending process of SPFC 440 sheets," *Mater. Des.*, vol. 94, hal. 314–321, 2016, doi: 10.1016/j.matdes.2016.01.020.
- [2] S. Thipprakmas dan U. Boochakul, "Comparison of spring-back characteristics in symmetrical and asymmetrical U-bending processes," *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, vol. 16, no. 7, hal. 1441–1446, 2015, doi: 10.1007/s12541-015-0190-2.
- [3] Y. Li dkk., "An analytical model for rapid prediction and compensation of springback for chain-die forming of an AHSS U-channel," *Int. J. Mech. Sci.*, vol. 159, no. December 2018, hal. 195–212, 2019, doi: 10.1016/j.ijmecsci.2019.05.046.
- [4] M. Gösling, A. Güner, I. Burchitz, T. Thülig, dan B. Carleer, "Effect of coining on springback behaviour," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 418, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/418/1/012106.
- [5] W. Gan dan R. H. Wagoner, "Die design method for sheet springback," *Int. J. Mech. Sci.*, vol. 46, no. 7, hal. 1097–1113, 2004, doi: 10.1016/j.ijmecsci.2004.06.006.
- [6] S. Xu, K. Zhao, T. Lanker, J. Zhang, dan C. T. Wang, "Springback prediction, compensation and correlation for automotive stamping," *AIP Conf. Proc.*, vol. 778 A, no. January 2014, hal. 345–352, 2005, doi: 10.1063/1.2011244.
- [7] K. Lawanwong dan V. Premanond, "The Study Reduction of Spring-back in U Bending Die Process," *Int. Conf. Mech. Electron. Eng.*, vol. 111, no. 6, hal. 1561, 2010, doi: 10.1213/ANE.0b013e3182009a22.
- [8] R. Bahloul, S. Ben-Elechi, dan A. Potiron, "Optimisation of springback predicted by experimental and numerical approach by using response surface



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- methodology,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 173, no. 1, hal. 101–110, 2006, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2005.11.009.
- [9] H. Zhang, L. Liu, P. Hu, dan X. Liu, “Springback characteristics in U-channel forming of tailor rolled blank,” *Acta Metall. Sin. (English Lett.)*, vol. 25, no. 3, hal. 207–213, 2012, doi: 10.11890/1006-7191-123-207.
- [10] E. H. Ouakdi, R. Louahdi, D. Khirani, dan L. Tabourot, “Evaluation of springback under the effect of holding force and die radius in a stretch bending test,” *Mater. Des.*, vol. 35, hal. 106–112, 2012, doi: 10.1016/j.matdes.2011.09.003.
- [11] T. Lyman, *Metal Handbook*, 1948 Editi. ASM, 1948.
- [12] B. Vukota, “Sheet Metal Forming Processes and Die Design,” *Ind. Press Inc.*, hal. 240, 2004.
- [13] I. Suchy, *Handbook of Die Design*, vol. 1999, no. December. 1998.
- [14] D. A. Smith, R. Bakerjian, F. W. Wilson, P. D. Harvey, dan C. U. Gump, *Die Design Handbook Third Edition*. 1990.
- [15] S. Kalpakjian dan S. R. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*. 2014.
- [16] S. A. Akinlabi, O. S. Fatoba, P. M. Mashinini, dan E. T. Akinlabi, “Effect of Bottoming on Material Property during Sheet Forming Process through Finite Element Method,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 328, no. 1, hal. 0–8, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/328/1/012013.
- [17] V. Boljanovic, *Sheet Metal Forming Processed and Die Design*. 2014.
- [18] I. N. Chou dan C. Hung, “Finite element analysis and optimization on springback reduction,” *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 39, no. 3, hal. 517–536, 1999, doi: 10.1016/S0890-6955(98)00031-5.
- [19] R. S. Khurmi dan J. K. Gupta, *A Textbook of Machine Design.*, vol. 15, no. 3. 2005. doi: 10.1177/002743215604200324.
- [20] P. H. Joshi, *Press Tools Design and Construction*, 4th editio. S. Chand and Company ltd, 2010.
- [21] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments Eighth Edition*. Arizona State University, vol. 2009, no. 2005. 2013.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [22] G. Sharad dan V. M. Nandedkar, "Springback in Sheet Metal U Bending- Fea and Neural Network Approach," *Procedia Mater. Sci.*, vol. 6, no. Icmpe, hal. 835–839, 2014, doi: 10.1016/j.mspro.2014.07.100.
- [23] A. S. Darmawan, A. D. Anggono, dan A. Hamid, "Die design optimization on sheet metal forming with considering the phenomenon of springback to improve product quality," *MATEC Web Conf.*, vol. 154, hal. 2–5, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201815401105.

