

**RANCANG BANGUN *PRESS TOOL* SEBAGAI ALAT BANTU *BENDING*
✓ UNTUK MATERIAL *STAINLESS STEEL***



LAPORAN SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar S1 Terapan (D4) Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

Disusun Oleh:

Junaidi	(443 16 007)
Fikri Haq	(443 16 008)
Ridwan Jamaludin	(443 16 015)

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR**

2020

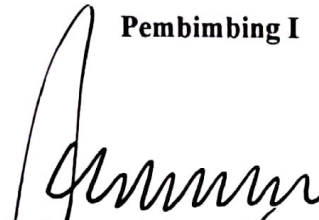
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan Judul "Rancang Bangun *Press Tool* Sebagai Alat Bantu *Bending V* Untuk Material *Stainless Steel*" oleh Junaidi NIM 443 16 007, Fikri Haq NIM 443 16 007, dan Ridwan Jamaludin NIM 443 16 015 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar diploma empat pada Program Studi Teknik Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri UjungPandang.

Makassar, Januari 2021

Menyetujui

Pembimbing I



Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T.
NIP. 19721206 200212 1 004

Pembimbing II



Sitti Sahriana, S.S., M.AppLing
NIP. 19740126 200604 2 001

Mengetahui

Ketua Program Studi
D4 Teknik Manufaktur
Politeknik Negeri Ujung Pandang



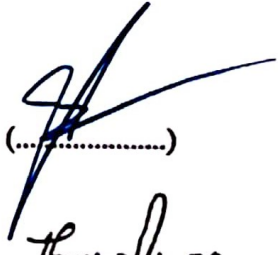
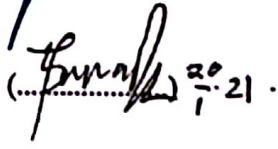
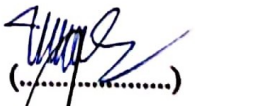
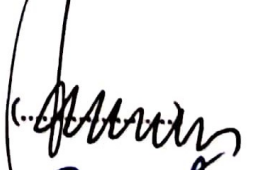
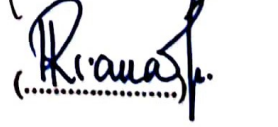
Ir. Abdul Salam, M.T.
NIP. 19601224 199103 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir Mahasiswa atas nama: Junaidi NIM. 443 16 007, Fikri Haq NIM. 443 16 008, dan Ridwan Jamaludin NIM. 443 16 015 dengan judul "Rancang Bangun Press Tool Sebagai Alat Bantu Bending V Untuk Material Stainless Steel".

Makassar, Januari 2021

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir:

- | | | |
|---------------------------------------|---------------|---|
| 1. Arthur Halik Razak, S.S.T., M.T. | Ketua | () |
| 2. Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. | Sekretaris | () 20/1/21 |
| 3. Ir. Yosrihard Basongan, M.T. | Anggota | () |
| 4. Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T. | Pembimbing I | () |
| 5. Sitti Sahriana, S.S., M.AppLing. | Pembimbing II | () |

ABSTRAK

“Rancang Bangun *Press Tool* Sebagai Alat Bantu *Bending V* Untuk Material *Stainless Steel*”. Makassar, (Junaidi, Fikri Haq, Ridwan Jamaludin, Muhammad Arsyad Suyuti. S. T., M. T. Dan Sitti Sahriana. S. S., M. AppLing.)”

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *press tool* yang berfungsi sebagai alat bantu *bending V* yang dapat menekuk lembaran pelat stainless steel dengan sudut *bending* 90°. Variasi sudut *punch* yang digunakan adalah 80°, 85° dan 90° dengan sudut *die* sebesar 90°. Sedangkan variasi radius *punch* yaitu 2 mm, 4 mm dan 6 mm. Metode penelitian dilakukan secara ekperimental dan dianalisis menggunakan metode ANOVA. Berdasarkan hasil pengujian, sudut *punch* dan radius *punch* yang terbaik dihasilkan mendekati 90° untuk material stainless steel ketebalan 1 mm yaitu sudut *punch* 80° dengan radius *punch* 2 mm. Berdasarkan hasil pengujian, sudut *punch* dan radius *punch* yang terbaik dihasilkan mendekati 90° untuk material stainless steel ketebalan 2 mm yaitu sudut *punch* 90° dengan radius *punch* 2 mm. Alat *press tool* memiliki kapasitas yaitu panjang garis *bending* 60 mm, lebar *bending* 44 mm, tinggi pegas 160 mm, jarak langkah bebas 19.5 mm, beban pegas yang diterima 135,39 N dan kapasitas material yang dapat ditekuk adalah *syainless steel* ketebalan 1 mm dan 2 mm,.

Kata kunci: sudut *punch*, *press tool*, radius *punch*, sudut *bending*, *springback*, ANOVA.

ABSTRAK

*"Design and Build a Press Tool as V Bending Tool for Stainless Steel Materials".
Makassar, (Junaidi, Fikri Haq, Ridwan Jamaludin, Muhammad Arsyad Suyuti. S.
T., M. T. And Sitti Sahriana. S. S., M. AppLing.) "*

This study aims to produce a press tool that functions as a V-bending tool that can bend stainless steel plate sheets with a bending angle of 90°. Variations of punch angles used are 80 °, 85 ° and 90 ° with a die angle of 90 °. While the punch radius variation is 2 mm, 4 mm and 6 mm. The research method was carried out experimentally and analyzed using the ANOVA method. Based on the test results, the best punch angle and radius are close to 90° for stainless steel with a thickness of 1 mm, namely a punch angle of 80° with a punch radius of 2 mm. Based on the test results, the best punch angle and radius are close to 90° for stainless steel with a thickness of 2 mm, namely a punch angle of 90° with a punch radius of 2 mm. The press tool has a capacity of 60 mm bending line length, 44 mm bending width, 160 mm spring height, 19.5 mm free stroke distance, 135.39 N received spring load and 1 mm thickness of material that can be bent. mm .

Keywords: punch angle, press tool, punch radius, bending angle, springback, ANOVA.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Rancang Bangun *Press Tool* Sebagai Alat Bantu *Bending V* Untuk Material *Stainless Steel*” dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi guna memperoleh gelar S1 Terapan (D4) Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini banyak pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, secara materi, moral, maupun spiritual. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini, khususnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan, dan memberikan dukungan serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Rusdi Nur, S.ST.,M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang .
4. Ir. Abdul Salam, M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Terapan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

5. Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I telah memberi petunjuk, bimbingan, arahan, motivasi, serta semangat kepada kami sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Sitti Sahriana, S.S., M. AppLing selaku dosen pembimbing II telah memberi petunjuk, bimbingan, arahan, motivasi, serta semangat kepada kami sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
7. Segenap dosen, staf, dan teknisi Jurusan Teknik Mesin pada umumnya dan Program Studi Teknik Manufaktur pada khususnya yang selama kurun waktu empat (4) tahun dengan ikhlas dan penuh kerendahan hati telah mendidik dan mengajar kami.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kami selaku penulis terbuka dan mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi penulisan selanjutnya.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat berguna baik bagi kami maupun kepada pembaca. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua.

Makassar,

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	Error! Bookmark not defined.
SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PENERIMAAN	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRAK</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xivi
DAFTAR SIMBOL	xvix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Ruang Lingkup Kegiatan.....	4
1.4. Tujuan dan Manfaat Kegiatan.....	4
1.4.1. Tujuan.....	4
1.4.2. Manfaat.....	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pengertian <i>Press Tool</i>	6
2.2. Komponen- Komponen Press Tool	6
2.3. Dasar–Dasar Rancang Bangun.....	8
2.3.1 Perhitungan Gaya Tekuk pada Pelat yang Dibengkokkan	8
2.3.2 Perhitungan Massa Bahan	9
2.3.3 Perhitungan Beban Pegas	10
2.3.4 Perhitungan Springback	11
2.4. Sifat Mekanis Material	13
2.4.1 Pengujian Tarik	13
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.3. Prosedur/Langkah Kerja	18
3.3.1 Desain Alat Bending V Stainless Steel	18
3.3.2 Langkah Kerja Pembuatan Alat Bantu <i>Bending V</i> untuk Material <i>Stainless Steel</i>	24
3.3.3 Proses Perakitan Alat Bantu <i>Bending V</i> Untuk Material <i>Stainless Steel</i>	28
3.4. Langkah-Langkah Pengujian Alat.....	29

3.4.1 Pengujian Sifat Mekanis Material	29
3.4.2 Eksperimen Springback pada Alat Bantu Bending V	30
3.4.3 Pengukuran Sudut Bending dan Springback	31
3.5. Teknik Analisis Data	31
3.6. Definisi Operasional.....	31
3.7. Bagan Penelitian.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4. 1. Analisis Perancangan.....	33
4.1.1 Desain Konstruksi Alat Bantu <i>Bending V</i>	33
4.1.2 Perhitungan Teoritis	34
4.1.3 Hasil Simulasi dengan menggunakan Autodesk Fusion 360.....	45
4. 2. Material Spesimen Uji	50
4. 3. Gaya Pembebanan Pada Pelat Yang Dibengkokkan	55
4. 4. Hasil Pembuatan Konstruksi Press Tool Setelah Pembuatan	58
4. 5. Eksperimen Pengujian <i>Bending V</i>	59
4.5.1 <i>Springback</i> yang Dihasilkan Terhadap Variasi Radius <i>Punch</i>	62
4.5.2 <i>Springback</i> yang Dihasilkan Terhadap Variasi Sudut <i>Punch</i>	64
4.5.3 Pengaruh Beban Terhadap terhadap Sudut <i>Punch</i> dan Radius <i>Punch</i> ..	
.....	66

4.5.4 Pengaruh Ketebalan Pelat Terhadap terhadap Springback dan Beban Bending.....	68
4. 6. Simulasi Menggunakan Autodesk Fusion	69
4. 7. Optimasi dengan Menggunakan <i>Softwere Design of Expert</i>	77
4.7.1 Analisis Varian (ANOVA)	78
4.7.2 Penentuan Parameter Optimum Terhadap Beban Bending dan Springback	84
4.7.3 Sudut dan Radius Punch Berdasarkan Optimasi DoE	86
4. 8. Analisis Biaya Pembuatan	90
4.8.1 Biaya Bahan Langsung.....	90
4.8.2 Biaya Tenaga Kerja.....	92
4.8.3 Biaya Listrik.....	93
4.8.4 Biaya Penyusutan Mesin	95
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	98
5.1. Kesimpulan	98
5.2. Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA	100
LAMPIRAN	102

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Hasil Analisis Sifat Mekanis Material Stanless Steel Ketebalan 1 mm yang akan Dijadikan Bahan Uji Pengujian Springback	55
Tabel 4.2 Data Hasil Analisis Sifat Mekanis Material Stanless Steel Ketebalan 2 mm yang akan Dijadikan Bahan Uji Pengujian Springback.....	55
Tabel 4.3 Parameter Perhitungan Gaya Pada Pelat Stanless Steel yang Dibengkokkan Ketebalan 1 mm	56
Tabel 4.4 Parameter Perhitungan Gaya Pada Pelat Stanless Steel yang Dibengkokkan Ketebalan 2 mm	57
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian	60
Tabel 4.6 Pengujian Bending Stanless Steel ketebalan 1 mm	60
Tabel 4.7 Pengujian Bending Stanless Steel ketebalan 2 mm	61
Tabel 4.8 Sudut Bending yang Dihasilkan pada Proses Bending Pelat untuk Radius Punch 2 mm, 4 mm, 6 mm dan ketebalan pelat 1 mm.	62
Tabel 4.9 Sudut Bending yang Dihasilkan pada Proses Bending Pelat untuk Sudut Punch 80°, 85°, 90° dan ketebalan pelat 1 mm	64
Tabel 4.10 Pengaruh beban terhadap sudut punch dan radius punch.....	66
Tabel 4.11 Gaya Bending hasil <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) pada Pelat ketebalan 1 mm	78
Tabel 4.12 Springback hasil <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) pada Pelat ketebalan 1 mm	80
Tabel 4.13 Gaya Bending hasil <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) pada Pelat ketebalan 2 mm	82

Tabel 4.14 Springback hasil <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) pada Pelat ketebalan 2 mm	83
Tabel 4.15 Tabel rekomendasi sudut punch dan radius puch	86
Tabel 4.16 Tabel rekomendasi sudut punch dan radius puch	88
Tabel 4.17 Biaya Bahan Langsung.....	90
Tabel 4.18 Biaya Tak Langsung.....	92
Tabel 4.19 Biaya Tenaga Kerja.....	93
Tabel 4.20 Biaya Listrik.....	94
Tabel 4.21 Hasil Penyusutan Mesin	96
Tabel 4.22 Biaya Tidak Langsung.....	96
Tabel 4.23 Biaya Manufaktur.....	97



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya Tekuk	9
Gambar 2.2 Beban pada pegas	11
Gambar 2.3 Springback pada Bending	12
Gambar 2.4 Springback pada Bending	13
Gambar 2.5 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan dalam Pengujian Tarik	14
Gambar 3.1 Top Pelat	18
Gambar 3.2 Bottom Plate	19
Gambar 3.3 Poros	19
Gambar 3.4 Pegas Tekan	20
Gambar 3.5 Pencekam Die	20
Gambar 3.6 Pencekam Punch	21
Gambar 3.7 Bushing	21
Gambar 3.8 Pengunci Pilar dan Pelat	22
Gambar 3.9 Ring	22
Gambar 3.10 Assembly Press Tool	23
Gambar 3.11 Punch	23
Gambar 3.12 Die	24
Gambar 3.13 Desain Presstool	28
Gambar 3.14 Material Uji	30
Gambar 4.1 Desain Press Tool	33

Gambar 4.2 Dimensi Top Plate	35
Gambar 4.3 Dimensi Punch	36
Gambar 4.4 Dimensi Bushing	37
Gambar 4.5 Dimensi Pengunci Poros	39
Gambar 4.6 Dimensi Pencekam Punch.....	40
Gambar 4.7 Dimensi Ring.....	41
Gambar 4.8 Dimensi Pegas	44
Gambar 4.9 Grafik Hasil Uji Tarik Dengan Mesin UTM.....	50
Gambar 4.10 Grafik Hasil Uji Tarik Dengan Mesin UTM.....	50
Gambar 4.11 Gaya Tekuk	56
Gambar 4.12 Konstruksi Alat Bantu Die Set Setelah Pengembangan Desain.....	58
Gambar 4.13 Variasi Sudut dan Radius Punch	59
Gambar 4.14 Grafik Springback yang Dihasilkan Terhadap Variasi Radius Punch....	63
Gambar 4.15 Grafik Springback yang Dihasilkan Terhadap Variasi Sudut Punch...	65
Gambar 4.16 Grafik Pengaruh Beban Terhadap terhadap Sudut Punch dan Radius Punch.....	67
Gambar 4.17 Grafik Pengaruh Ketebalan Pelat Terhadap terhadap Springback dan Beban Bending	68
Gambar 4.18 Grafik 2D	79
Gambar 4.19 Grafik 3D DoE	79
Gambar 4.20 Grafik 2D	80
Gambar 4.21 Grafik 3D DoE	81
Gambar 4.22 Grafik 2D	82

Gambar 4.23 Grafik 3D DoE	82
Gambar 4.24 Grafik 2D	83
Gambar 4.25 Grafik 3D DoE	84
Gambar 4.26 Grafik Overlay Data Input untuk sudut bending mendekati 90°	85
Gambar 4.27 Grafik Overlay Data Input untuk sudut bending mendekat90°	85



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
F	Gaya	N
b	Lebar Tekukan	mm
s	Tebal Pelat	mm
t	Ketebalan (<i>Thickness</i>)	mm
σ_b	Tegangan Bengkok Bahan	N/mm ²
M _b	Momen Bengkok	N.mm
I	Lebar Alur	mm
W	Massa Bahan	kg
V	Volume	mm ²
ρ	Massa Jenis Bahan	kg/mm ²
C	Indeks Pegas	-
D	Diamater Rata-Rata Lilitan Pegas	mm
d	Diameter Kawat Pegas	mm
K	Konstanta Pegas	-
W _{pegas}	Beban	N
δ	Defleksi	mm
G	Modulus Geser	83x10 ³ N/mm
N	Jumlah Lilitan Pegas	-
n	Jumlah Lilitan yang Aktif	-
τ	Tegangan Geser	N/mm ²
P	Baban	N
l	Panjang Pengelasan	mm
V	Faktor Keamanan	

d_1	Diameter Inti Baut	mm
K_s	Faktor <i>Springback</i>	



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini proses pembentukan pelat logam pada industri permesinan berkembang cukup pesat khususnya pada proses *bending*. Proses *bending* adalah proses *deformasi* secara plastik dari logam terhadap sumbu linier dengan hanya sedikit atau hampir tidak mengalami *perubahan* luas permukaan dengan pembentukan pelat lembaran melalui tekanan *punch* dan *die* pembentuk. Dalam proses penekukan terjadi pemuluran atau peregangan pada sumbu bidang netralnya sepanjang daerah tekukan yang menghasilkan garis tekuk yang lurus (Suyuti, M. A., 2019). Proses pembentukan pelat logam banyak dikerjakan pada berbagai industri manufaktur yang dipicu oleh banyak penggunaan teknologi mekanis dalam kehidupan masyarakat sehari-hari yang produknya atau komponennya terbuat dari logam pelat.

Bending adalah proses merubah pelat logam pada alat *press* dengan cara pelat dipress oleh *punch* sampai terbentuk bendingan sesuai bentuk *die*. Dalam proses *bending* distribusi tegangan-regangan (*stress-strain*) merupakan hal yang sangat penting agar tercapai hasil bending yang sempurna sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Sehingga ketika beban dihilangkan, material mencoba untuk mengambil bentuk aslinya dan material yang dibengkokkan akan kembali karena adanya peregangan. Perilaku material ini yang dinamakan *springback* (Tekaslan, Ö., 2008). Dalam proses *bending* terdapat beberapa parameter yang

mempengaruhi hasil *springback* antara lain radius *punch* dan *die*, sudut *punch* dan *dies*, *clearance* antara *punch* dan *die*, kondisi gesekan baik *statis* dan *dinamis*, ketebalan plat, *modulus elastis*, dan dimensi material.

Salah satu alat bantu produksi yang banyak digunakan dalam industri manufaktur untuk pembentukan logam termasuk proses *bending* material pelat yaitu *press tool*. *Press tool* merupakan jenis alat bantu yang digunakan untuk memotong maupun membentuk suatu produk atau komponen dari lembaran pelat logam dengan menggunakan mesin *press* sebagai alat penekan yang dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang seragam dan waktu yang singkat.

Sebelumnya telah dilaksanakan pembuatan alat bantu *Simple Press Tool* untuk *bending V* bottoming. Alat bantu mikro *press tool* ini dilengkapi dengan *dies* dan *punch* berbentuk V bersudut 90° yang berfungsi sebagai alat bantu *bending V* untuk lembaran logam yang tipis lebar garis bending maksimal 50 mm. Penelitian ini menggunakan material baja St. 42. Pada alat bantu ini masih terdapat kekurangan kelonggaran suaian *bushing* yang tidak standar sehingga pada *top plate* maupun *bottom plate* goyang pada saat beroperasi. Sudut bending pelat hasil bending alat ini umum lebih besar dari 90° . *Simple press tool* ini dibuat khusus untuk uji eksperimen *bending V* skala laboratorium (Suyuti, 2015). Penelitian lainnya pembuatan *press tool* alat *bending V* dengan die berbentuk *air bending* dan material pelat yang dibending yaitu baja St.37. *Air bending* adalah salah satu metode penekukan , di mana benda kerja tidak benar-benar menyentuh seluruh bagian tool (*punch* dan *die*). Istilah lain dari *air bending* adalah *partial bending* atau *free bending*. Pada penekukan jenis ini, benda kerja hanya

bersentuhan dengan dua titik ujung *die* dan satu titik ujung *punch*. Oleh karena itu, penekanan terhadap benda kerja tidak sampai menyentuh dasar *die*. Press tool ini memiliki dengan konstruksi yang sederhana dan terdiri dari tiga sub rakitan utama yaitu sub-rakitan *die set*, *punch* dan *die*. Namun konstruksi press tool ini masih memiliki beberapa kelemahan yaitu komponen *guide post* tidak presisi dan suaian *top* pelat tidak standar sehingga tingkat kepresisian alat bantu tersebut masih kurang. Alat ini juga merupakan alat kaji eksperimen skala laboratorium (Nur, R., 2019).

Dari hasil penelitian di atas belum didapatkan hasil yang maksimal baik dari segi konstruksi *press tool* maupun kepresisian yang dihasilkan. Oleh karena itu penulis berinisiatif melakukan suatu pengembangan desain dan uji material dengan menggunakan *stainless steel* agar diperoleh hasil yang maksimal baik dari segi konstruksi *press tooling* maupun kepresisian hasil penekukan. *Stainless steel* merupakan material pelat yang banyak digunakan dalam industri rumah tangga dan transportasi Adapun bagian yang ingin dikembangkan yaitu terletak pada desain *top plate*, *bushing*, *punch*, *die*, *bottom plate*, *pilar*, dan bahan uji. Adapun judul yang penulis angkat adalah “RANCANG BANGUN *PRESS TOOL* SEBAGAI ALAT BANTU *BENDING V* UNTUK MATERIAL *STAINLESS STEEL*”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka yang menjadi rumusan masalah adalah :

1. Bagaimana menghasilkan *press tool* yang berfungsi sebagai alat bantu *bending V* yang dapat menekuk lembaran pelat stainless steel dengan sudut 90° ?
2. Bagaimana menganalisis springback dari hasil bending pelat *stainless steel* ketebalan 1 mm dan 2 mm ?
3. Bagaimana cara menghitung biaya pembuatan alat bantu bending V ?

1.3. Ruang Lingkup Kegiatan

Ruang lingkup dari penelitian ini yaitu ketebalan pelat yang digunakan ukuran 1 mm dan 2 mm, sudut *punch* yaitu 80° , 85° , dan 90° , *radius punch* yaitu 2 mm, 4 mm, dan 6 mm, dan langkah bending (stroke) 18,5, 19, dan 19,5.

1.4. Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1. Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari kegiatan ini adalah :

1. Untuk menghasilkan *press tool* yang berfungsi sebagai alat bantu *bending V* yang dapat menekuk lembaran pelat stainless steel dengan sudut bending 90° .
2. Menganalisis springback dari hasil bending pelat *stainless steel* ketebalan 1 mm dan 2 mm .
3. Cara menghitung biaya pembuatan alat bantu bending V.

1.4.2. Manfaat

Beberapa manfaat yang akan diperoleh dari kegiatan ini ialah:

1. Dapat memberikan informasi mengenai parameter-parameter kualitas hasil pembentukan logam melalui proses *bending*.
2. Sebagai sarana referensi bagi industri maupun mahasiswa khususnya pembentukan material lembaran pelat dari logam menggunakan *press tool*.
3. Sebagai sarana referensi bagi industri maupun peneliti dalam membuat pengembangan *press tool* dibidang kerja pelat.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian *Press Tool*

Press tool adalah suatu peralatan yang digunakan untuk pengerjaan pemotongan dan pembentukan pelat logam lembaran menjadi barang produksi yang diinginkan dengan bantuan penekanan (Rizza, 2014).

Press tool adalah alat bantu pembentukan, pemotongan dan penekukan produk dari bahan dasar lembaran pelat yang operasinya menggunakan mesin *press*. Dan berdasarkan proses pembentukannya *press tool* diklarifikasikan menjadi tiga yaitu *coining*, *bottoming* dan *air bending*. (Suyuti, 2015).

Berdasarkan kedua pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa *press tool* adalah alat bantu pembentukan dan pemotongan logam pelat dari lembaran pelat menjadi bentuk tertentu yang operasinya menggunakan mesin *press*,

2.2. Komponen- Komponen *Press Tool*

Terdapat beberapa komponen *press tool* antara lain *shank*, *guide pillar*, *upper plate*, *locator*, *punch*, *die*, baut penahan *die*, *bottom die*, *guide back*, dan baut pengikat (Muhammad Arsyad Suyuti, 2015).

Komponen utama dari *press tool* adalah: *Shank*, Pelat atas, *Bushing*, Pelat penahan, *Punch holder*, Pelat *stripper*, *Die*, Pelat bawah, *Pillar*, *S topper*, Pegas *stipper*, Baut pengikat, dan Baut *stipper* (Carli, 2015).

Berdasarkan dari kedua kutipan di atas, dapat disimpulkan bahwa komponen–komponen utama dari alat *press tool* adalah sebagai berikut :

1. *Punch*
2. *Die*
3. Poros/ *pillar*
4. Pelat atas (*top plate*)
5. Pelat bawah (*bottom plate*)
6. Pegas tekan
7. Baut
8. *Bushing*

Adapun komponen–komponen utama tersebut diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Punch

Punch merupakan komponen utama *press tool*. *Punch* biasanya dipasang pada pelat atas (*top plate*). *Punch* merupakan alat pembentuk pelat.

2. Die

Die merupakan pasangan dari *punch* untuk pada proses pembentukan pelat sehingga dalam perencanaan bentuk *die* selalu disesuaikan dengan bentuk *punch*. Bahan *die* sama dengan bahan *punch* agar *die* tidak mengalami keausan diakibatkan sering digunakan.

3. Poros/ *Pillar*

Poros/*Pillar* merupakan suatu komponen yang berfungsi sebagai pengarah *punch* sehingga tidak terjadi pergeseran dan *punch* tetap sesumbu dengan *die*.

4. Pelat atas (*top plate*)

Pelat atas atau *top plate* merupakan pendukung untuk menahan dongkrak hidrolik pada saat dongkrak hidrolik dipompa turun ke bawah serta tempat bergantungnya komponen *punch*. *Top plate* merupakan

pelat persegi panjang yang dirancang sesuai dengan kebutuhan dan biasanya terbuat dari baja karbon menengah.

5. Pelat bawah (*bottom plate*)

Pelat bawah (*bottom plate*) adalah pelat persegi tempat dudukan komponen *die* serta menghubungkan *die set* terhadap rangka.

6. Pegas tekan

Pegas merupakan suatu komponen yang digunakan untuk mengembalikan *punch* pada posisi awal saat proses penekukan pelat. Material pegas yang ideal adalah material yang memiliki kekuatan *ultimate* yang tinggi, kekuatan *yield* yang tinggi, dan modulus elastisitas atau modulus geser yang rendah untuk menyediakan kemampuan penyimpanan energi yang maksimum.

7. Baut

Baut berfungsi untuk mengikat atau penyambung komponen *die set*

8. Bushing

Bushing merupakan suatu komponen yang berfungsi sebagai pengarah poros serta bantalan agar tidak terjadi pergeseran antara poros dan pegas sehingga tetap sesumbu dengan *punch* dan *die*.

2.3. Dasar-Dasar Rancang Bangun

Dalam pembuatan alat *press tool* ini, ada beberapa hal yang menjadi dasar-dasar perhitungan yaitu :

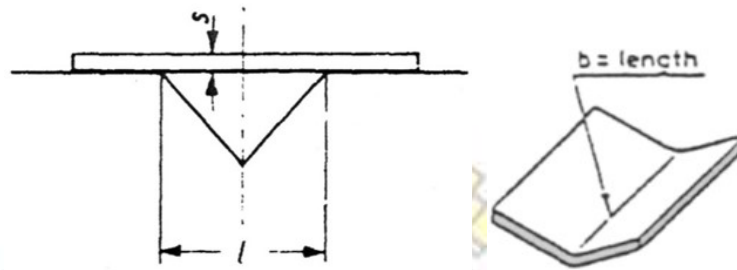
2.3.1 Perhitungan Gaya Tekuk Pada Pelat yang Dibengkokkan

Besarnya gaya tekuk yang terjadi dihitung dari persamaan:

$$Mb = \frac{F \cdot l}{4} \text{ dan } Mb = W \cdot \sigma b \rightarrow W = \frac{b \cdot s^2}{6}$$

Dari kedua persamaan diatas maka besarnya gaya tekuk adalah:

$$F = \frac{2 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma b}{3 \cdot l} = \frac{0,7 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma b}{l}$$



Gambar 2.1 Gaya Tekuk

Dimana :

F = Gaya tekuk (N)

b = Lebar tekukan (mm)

s = Tebal pelat (mm)

σ_b = Tegangan bengkok bahan (N / mm²)

Mb = Momen bengkok (N.mm)

l = Lebar alur 'V' (mm)

2.3.2 Perhitungan Massa Bahan

Untuk mengetahui massa/berat maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

Dimana : $W = V \times \rho$

W = Massa bahan (Kg)

V = Volume bahan (mm³)

ρ = Massa jenis bahan (Kg/ mm³)

2.3.3 Perhitungan Beban Pegas

Untuk perhitungan beban pegas digunakan rumus sebagai berikut

(Dahlan, 2012) :

- Indeks pegas

Indeks pegas didefinisikan sebagai perbandingan diameter pegas dengan diameter kawat.

$$C = \frac{D}{d}$$

- Defleksi sudut

$$\theta = \frac{(W \frac{D}{2}) \pi D n}{\frac{\pi}{32} d^4 G}$$

$$\theta = \frac{16 W D^2 n}{G d^4}$$

- Defleksi pegas

$$\delta = \theta \frac{D}{2}$$

$$\delta = \frac{16 W D^3 n}{2 G d^4}$$

$$\delta = \frac{8 W D^3 n}{G d^4}$$



- Beban aksial yang dapat ditahan

$$W = \frac{\delta G d^4}{8 D^3 n}$$

Dimana :

C = Indeks pegas

D = Diameter rata-rata lilitan pegas (mm)

d = Diameter kawat pegas (mm)

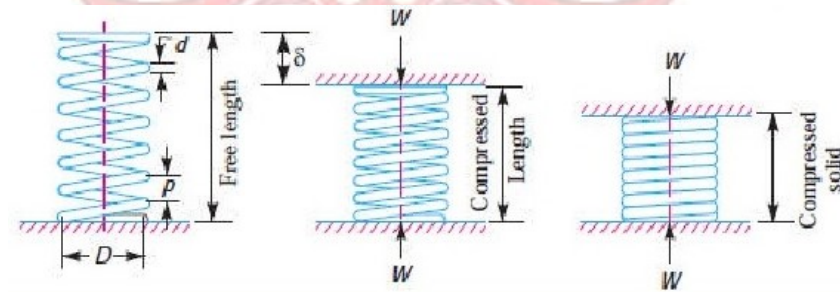
θ = Defleksi sudut

W = Beban (N)

n = Jumlah koil aktif

G = Modulus kekuatan material pegas (N/mm²)

δ = Defleksi pegas (mm)



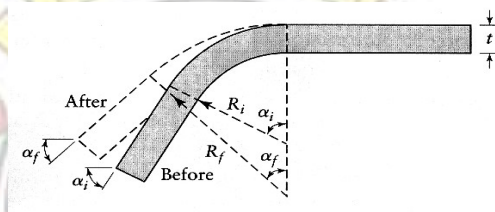
Gambar 2.2 Beban pada pegas

2.3.4 Perhitungan *Springback*

Menurut Ivanišević, A. (2013) “*Springback* terjadi *punch* diangkat dan beban pembengkokan berkurang. Bentuk akhir material setelah itu berbeda dengan bentuk sudut *punch* dan *die* pada saat dilakukan penekukan”. Erdin (2016) mengatakan “*Springback* adalah fenomena

penting dalam operasi pembentukan lembaran pelat, yang terjadi setelah beban dihilangkan. Prediksi yang tepat dari *springback* sangat penting untuk perancangan alat pembentuk dan kualitas produk. *Springback* dimungkinkan untuk dikurangi dalam operasi pembengkokan dengan mengepress bahan antara *punch* dan *die*".

Meskipun *springback* terjadi pada semua proses penekukan, namun yang paling mudah diamati adalah pada hasil penekukan. *Springback* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kalpakjian, 2010):



Gambar 2.3 *Springback* pada *Bending*

$$\frac{R_i}{R_f} = 4 \left(\frac{R_i Y}{ET} \right) - 3 \left(\frac{R_i Y}{ET} \right) + 1$$

$$\frac{\alpha_f}{\alpha_i} = \frac{(2.R_i/T) + 1}{(2.R_f/T) + 1}$$

Dimana:

α_f = sudut pada pelat yang ditekuk ($^{\circ}$)

α_i = sudut *die* ($^{\circ}$)

R_f = radius pada pelat

R_i = radius *punch*

Y = kekuatan ulur (N/mm^2)

E = modulus elastisitas (MPa)

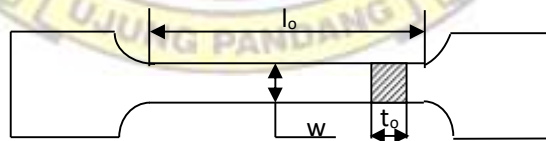
T = tebal pelat (mm)

2.4. Sifat Mekanis Material

2.4.1 Pengujian Tarik

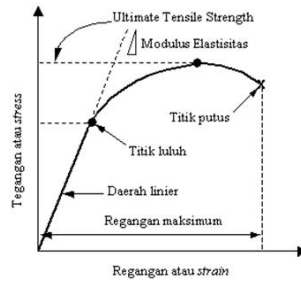
Dari beberapa metode yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis suatu material yang paling umum digunakan yaitu dengan metode uji tarik. Uji tarik adalah metode yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana kekuatan tarik suatu bahan. Kekuatan tarik ditentukan dengan menarik sebuah bahan sampai putus.

Untuk melakukan pengujian tarik diperlukan spesimen uji. Spesimen uji yang digunakan pada pengujian ini yaitu batang persegi panjang dimana ujung kedua batang dipasang pada *gripper* pengecam mesin *Universal Testing Machine* (UTM). Di tengah batang terdapat bagian ukuran yang sebenarnya, dimana panjang awal (L_0) dan lebar awal (W).



Gambar 2.4 Springback pada Bending

Pada pengujian tarik akan muncul kurva hubungan tegangan dan regangan, yaitu sebagai berikut:



Gambar 2.5 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan dalam Pengujian Tarik

a. Tegangan Tarik (σ)

Kekuatan tarik maksimum adalah tegangan maksimal yang terjadi pada sebuah material yang diamati pada waktu dilakukan uji tarik. Adapun rumus kekuatan tarik maksimum (Kalpakjian, 2010) adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Dengan:

σ = Tegangan tarik (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

A₀ = Luas penampang awal (mm²)

b. Yield Strength (Kekuatan Luluh)

Kekuatan luluh (*yield strength*) merupakan titik yang menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis (Basongan, 2007).

Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y_s = \frac{F_y}{A_o}$$

Dengan:

Y_s = Kekuatan luluh (N/mm²)

F_y = Beban pada saat luluh (N)

A_o = Luas penampang mula-mula (mm²)

c. *Elongation/Presentase Perpanjangan* (ϵ)

Elongation adalah perbandingan antara pertambahan panjang L terhadap panjang mula-mula (L_o). Secara spesifik dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Kalpakjian, 2010):

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{l_f - l_o}{l_o} \times 100\%$$

Dengan:

ϵ = *elongation* (%)

Δl = perpanjangan (mm)

l_f = panjang setelah patah

l_o = panjang awal (mm)

d. *Reduction of Area* (Reduksi Penampang)

Reduksi penampang (z) merupakan persentase pengecilan penampang terbesar terhadap penampang asal dan dituliskan dengan persamaan (Kalpakjian, 2010):

$$Z = \frac{A_o - A_u}{A_o} \times 100\%$$

Dimana:

Z = Reduksi penampang (%)

A_o = Luas penampang asal (mm²)

A_u = Luas penampang di tempat yang putus (mm²)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Proses pembuatan alat ini dilaksanakan dari bulan Februari hingga bulan September 2020 dan dilaksanakan di Bengkel Mekanik dan Lab. Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang dari bulan Maret sampai bulan September..

3.2. Alat dan Bahan

Pada pembuatan *press tool* ini, komponen yang digunakan terdiri dari komponen yang dibuat dan komponen standard atau dibeli dipasaran. Bahan-bahan komponen yang dibuat dan komponen standar tersebut adalah sebagai berikut:

1. Baja persegi 60 x 60 mm
2. Pelat baja dengan ketebalan 22 mm
3. Baja karbon dengan ketebalan 30 mm
4. Baja bulat diameter 30 mm
5. Pelat *stainless steel* dengan ketebalan 1 mm dan 2 mm
6. Pegas tekan
7. Baut dan mur
8. *Bushing*

Sedangkan peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mesin frais dengan perlengkapannya.
2. Mesin bubut dengan perlengkapannya.
3. Mesin bor dengan perlengkapannya
4. Mesin gerinda dan perlengkapannya
5. Mesin gergaji
6. Mesin *universal testing machine* (UTM) dan kelengkapannya

3.3. Prosedur/Langkah Kerja

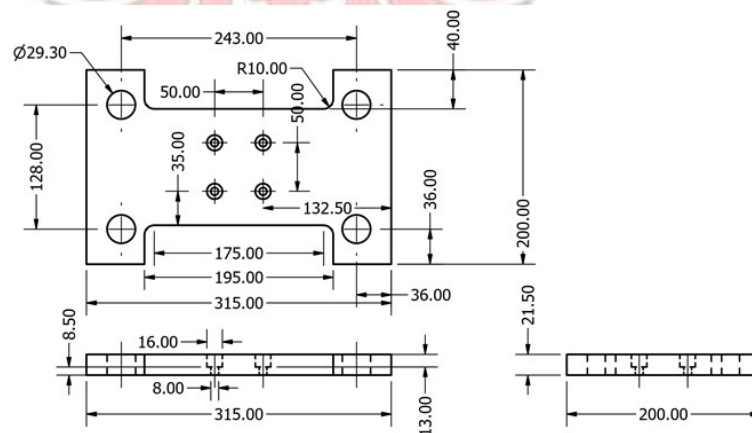
3.3.1 Desain Alat Bending V Stainless Steel

Ada beberapa hal yang dilakukan dalam proses mendesain alat *bending v stainless steel*, yaitu sebagai berikut:

1. Die set

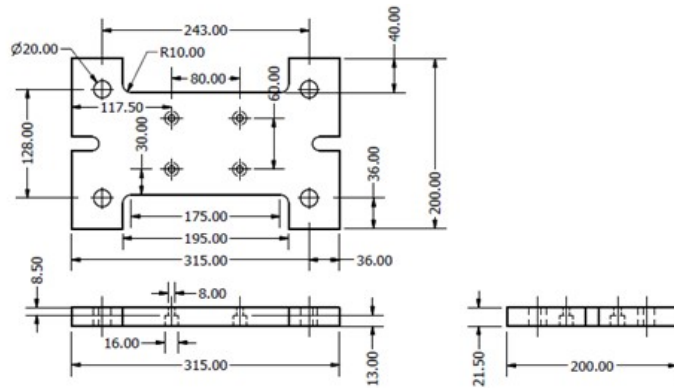
Hal yang dilakukan pada pada proses desain *die set* berupa membuat sketsa desain dengan menggunakan *Autodesk Fusion 360*. Adapun desain dari komponen-komponen *die set* adalah sebagai berikut:

1) Top Plate



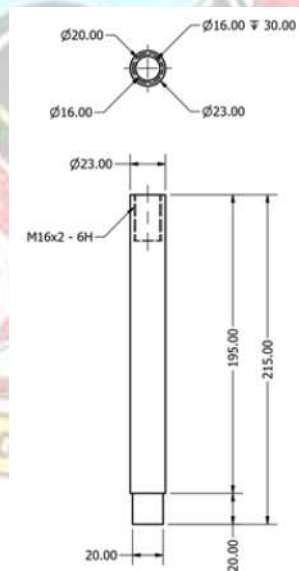
Gambar 3.1 Top Pelat

2) *Bottom Plate*



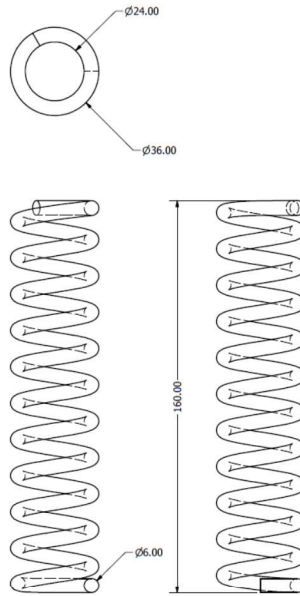
Gambar 3.2 Bottom Plate

3) *Poros*



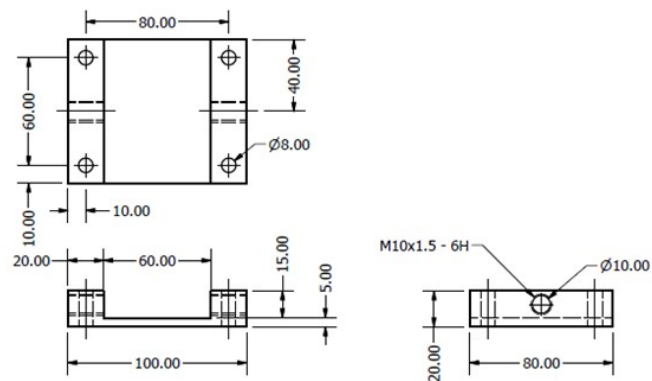
Gambar 3.3 Poros

4) Pegas Tekan



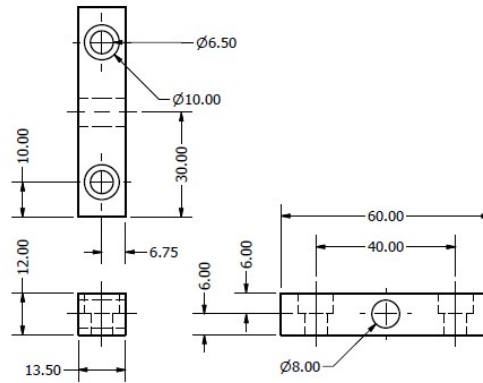
Gambar 3.4 Pegas Tekan

5) Pencekam Die



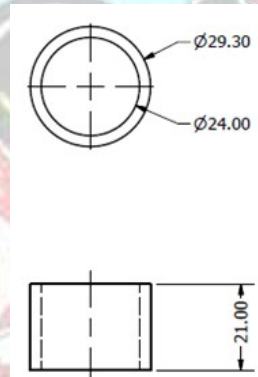
Gambar 3.5 Pencekam Die

6) Pencekam *Punch*



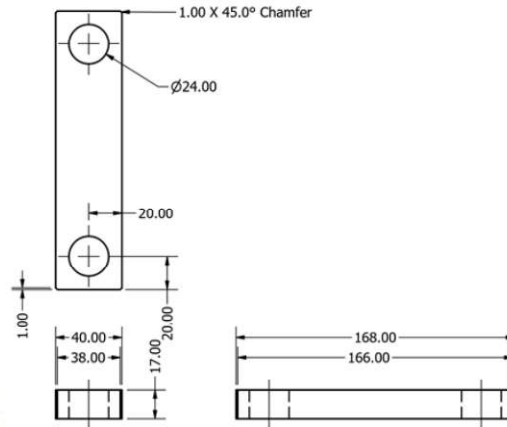
Gambar 3.6 Pencekam *Punch*

7) *Bushing*



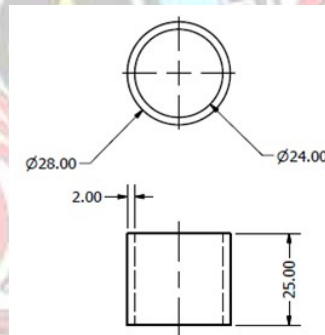
Gambar 3.7 *Bushing*

8) Pengunci Pilar dan Pelat



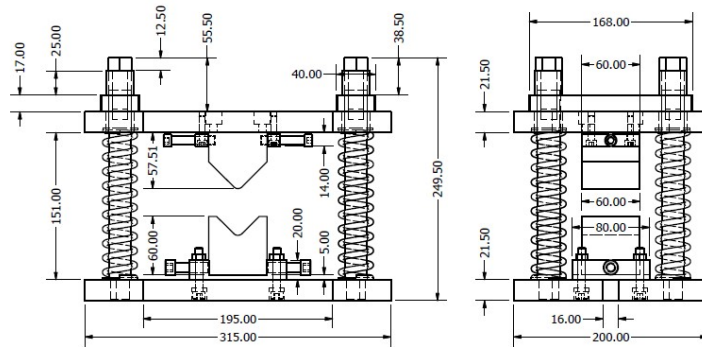
Gambar 3.8 Pengunci Pilar dan Pelat

9) Ring



Gambar 3.9 Ring

10) Assembly Press Tool



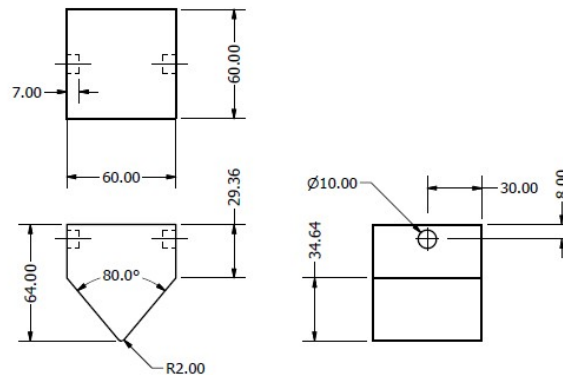
Gambar 3.10 Assembly Press Tool

2. Punch dan Die

Desain *punch* dan *die* terlebih dahulu dibuat di *Autodesk Fusion 360* sebelum dilakukan proses permesinan sehingga ukuran dan bentuk *punch* dan *die* presisi. Adapun desain *punch* dan *die* sebagai berikut:

1) Punch

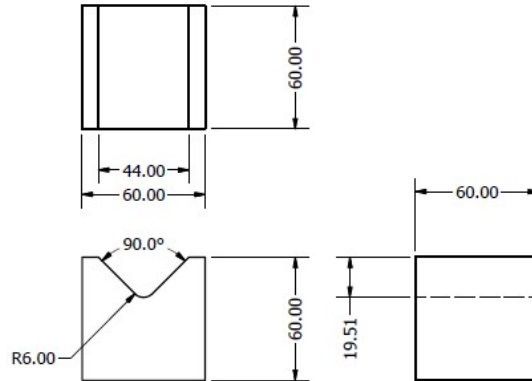
Punch terbuat dari pelat baja bahan St 42. Sudut *punch* yang dipakai adalah 80° , 85° , dan 90° . Adapun varian radius *punch* adalah 2 mm, 4 mm, dan 6 mm.



Gambar 3.11 Punch

2) Die

Die terbuat dari baja berbentuk kotak dengan bahan St 42. Sudut die yang dipakai adalah 90° .



Gambar 3.12 Die

3.3.2 Langkah Kerja Pembuatan Alat Bantu *Bending V* untuk Material *Stainless Steel*

Pada proses pembuatan alat bantu *bending v* untuk material *stainless steel* melalui beberapa tahapan pembuatan komponen sampai *assembly*. Adapun tahapan-tahapan itu adalah sebagai berikut:

1. *Top Plate*

Proses pembuatan *top plate* adalah sebagai berikut:

- 1) Pelat terlebih dipotong menggunakan mesin gerinda setelah itu di facing menggunakan mesin frais sehingga mencapai ukuran 315 mm x 200 mm.

- 2) Kemudian dibor dengan diameter 28 mm dan 5 mm hingga menembus pelat. fungsi lubang ini adalah sebagai penepat *bushing*.
- 3) Pembuatan alur pada pelat dengan menggunakan mesin *milling*.
- 4) Pembuatan ulir dengan tap manual M8 x 1.0

2. *Bottom Plate*

Proses pembuatan *bottom plate* adalah sebagai berikut:

- 1) Pelat terlebih dahulu dibor dengan diameter 25 mm hingga menembus pelat. fungsi lubang ini adalah sebagai penepat *bushing*.
- 2) Pembuatan alur pada pelat dengan menggunakan mesin *milling*.

3. Poros/Pilar

Proses pembuatan poros adalah sebagai berikut:

- 1) Memotong material terlebih dahulu dengan ukuran 260 mm menggunakan mesin gergaji.
- 2) Facing material dari ukuran $\text{Ø}25,4$ mm menjadi $\text{Ø}23$ mm dengan menggunakan mesin bubut.
- 3) Facing material dari ukuran panjang 260 mm menjadi 240 mm dengan menggunakan mesin bubut.
- 4) Selanjutnya membuat lubang untuk pengunci pilar dengan menggunakan mata bor hingga mencapai ukuran $\text{Ø}15$ mm.

5) Kemudian membuat ulir dalam dengan menggunakan tap M16 X 2.0 .

4. Pencekam *Die*

Proses pembuatan pencekam die adalah sebagai berikut:

- a. Facing Terlebih dahulu material menggunakan mesin milling.
- b. Pembuatan alur pada pelat dengan menggunakan mesin *milling*.
- c. Pelat terlebih dahulu dibor dengan $\varnothing 7$ mm hingga menembus pelat. fungsi lubang ini adalah sebagai penepat baut untuk penjepit *die*.

5. *Die*

Proses pembuatan die adalah sebagai berikut:

- 1) *Facing* material dengan ukuran 60 x 60 x 60 mm menggunakan mesin *milling*.
- 2) Membuat sudut dengan bentuk V 85° dengan mesin *milling*.

6. Pencekam *Punch*

Proses pembuatan pencekam *punch* adalah sebagai berikut:

- 1) Pembuatan alur pada pelat dengan menggunakan mesin *milling*.
- 2) Pelat terlebih dahulu dibor dengan diameter 6 mm hingga menembus pelat. fungsi lubang ini adalah sebagai penepat baut untuk penjepit *die*.

7. *Punch*

Proses pembuatan *punch* adalah sebagai berikut:

- 1) Memotong material terlebih dahulu menggunakan mesin gergaji.
- 2) *Facing* material dengan ukuran 60 x 79,04 mm menggunakan mesin *milling*.
- 3) Membuat alur dengan lebar ukuran 10 mm kedalaman 10 mm dengan mesin *milling*.
- 4) Membuat sudut dengan bentuk V 85° serta radius 2°.
- 5) Mengebor material dengan diameter 6 mm.

8. *Bushing*

Proses pembuatan *bushing* adalah sebagai berikut:

- a. *Facing* material dimesin bubut hingga mencapai ukuran \varnothing 29.30 mm.
- b. Setelah difacing di mesin bubut material dipotong hingga mencapai ukuran panjang 21 mm menggunakan mesin gergaji.
- c. Selanjutnya membuat lubang dengan \varnothing 23 mm dengan menggunakan mesin bubut.

9. Pengunci Pilar dan Pelat

Proses pembuatan pilar dan pelat adalah sebagai berikut:

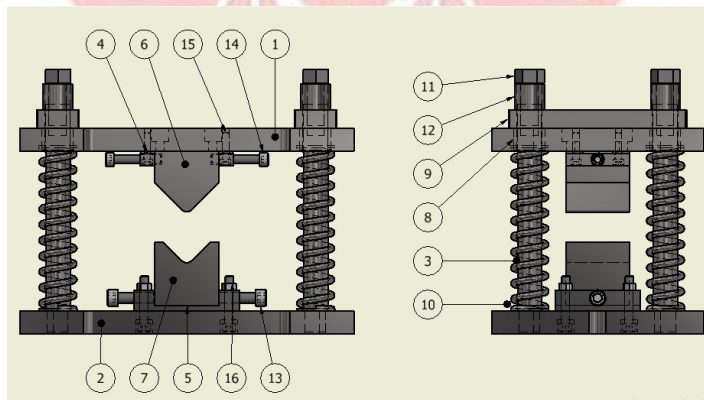
- 1) Pelat terlebih dahulu difacing menggunakan mesin frais hingga mencapai ukuran 168 mm x 17.00 mm.

- 2) Kemudian pelat dibor dengan diameter 23 mm hingga menembus pelat. fungsi lubang ini adalah sebagai penepat *bushing*.
- 3) Pembuatan alur pada pelat dengan menggunakan mesin *milling*.

3.3.3 Proses Perakitan Alat Bantu *Bending V* Untuk Material *Stainless Steel*

Steel

Proses perakitan merupakan proses merangkai atau menggabungkan tiap komponen menjadi bentuk yang saling mendukung sehingga terbentuk suatu alat yang sesuai dengan yang direncanakan. Pada proses perakitan *die set* terdapat beberapa langkah. Adapun langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 3.13 Desain Presstool

1. Menyambungkan *bottom plate* dengan 4 poros dengan suaian pas.
2. Memasukkan pegas kedalam masing-masing poros.
3. Menyambungkan pencekam *punch* dengan *top plate*.

4. Memasang *bushing* pada *top pate* dengan suaian pas.
5. Memasang *top plate* di atas poros dan pegas.
6. Menyambungkan pengunci *top plate* dengan *top plate* dengan menggunakan mur.
7. Memasang pencekam *die* beserta *die* yang diinginkan serta, memasang *punch* pada pencekam *punch* dengan menggunakan baut.

3.4. Langkah-Langkah Pengujian Alat

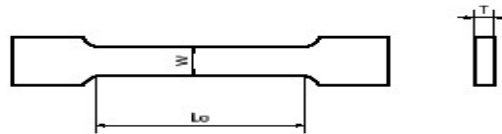
3.4.1 Pengujian Sifat Mekanis Material

Sebelum melakukan eksperimen pengujian *springback*, terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap specimen uji yang sudah disiapkan untuk mengetahui sifat mekanis dari specimen. Pengujian specimen dengan pengujian kekuatan tarik menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) dengan kapasitas 100 KN (10 Ton).

Dalam pengujian tarik sifat mekanis yang akan diperoleh yaitu tegangan tarik maksimum, tegangan ulur (*yield*) dan regangan dari material uji. Adapun langkah-langkah pengujian seperti berikut ini:

1. Menentukan ukuran-ukuran specimen uji tarik sesuai dengan standar uji tarik dan menghitung panjang awal specimen dengan menggunakan rumus $L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$, dimana S_0 = luas penampang.

2. Membuat spesimen uji tarik untuk ketebalan 3mm pada mesin milling sesuai dengan bentuk dan ukuran yang telah dipilih seperti pada gambar



Gambar 3.14 Material Uji

3.4.2 Eksperimen *Springback* Pada Alat bantu *Bending V*

Eksperimen *springback* pada alat bantu bending V dilakukan untuk mengambil data hasil bending specimen yang telah di persiapkan. Pengujian ini menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) dengan kapasitas 100 KN (10 Ton). Adapun langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Pasang *die set*.
2. Pasang *die* yang ingin digunakan.
3. Pasang *punch* pada pencekam punch.
4. Atur agar radius *die* dan *punch* sesumbu.
5. Hidupkan mesin UTM.
6. Pasang benda kerja pelat stainless steel pada permukaan *die*.
7. Pasang *dial indicator*.
8. Atur posisi *punch* pada permukaan pelat pada posisi nol.
9. Aturu jarum penunjuk beban pada layar monitor mesin UTM pada posisi nol.
10. Atur langkah *punch* pada *dial indicator* pada posisi nol.

11. Lakukan penekanan dengan *loading rate* 4 (dengan beberapa variasi langkah penekanan).
12. Setelah panjang langkah tercapai lepas beban *punch*.
13. Angkat benda kerja dari *die*.

3.4.3 Pengukuran Sudut *Bending* dan *Springback*

Pengukuran sudut *bending* dan *springback* dilakukan setelah eksperimen *bending* dengan specimen *stainless steel* dengan mesin UTM. Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran sudut *bending* dan *springback* yaitu busur bilah kecermatan 5 menit.

3.5. Teknik Analisis Data

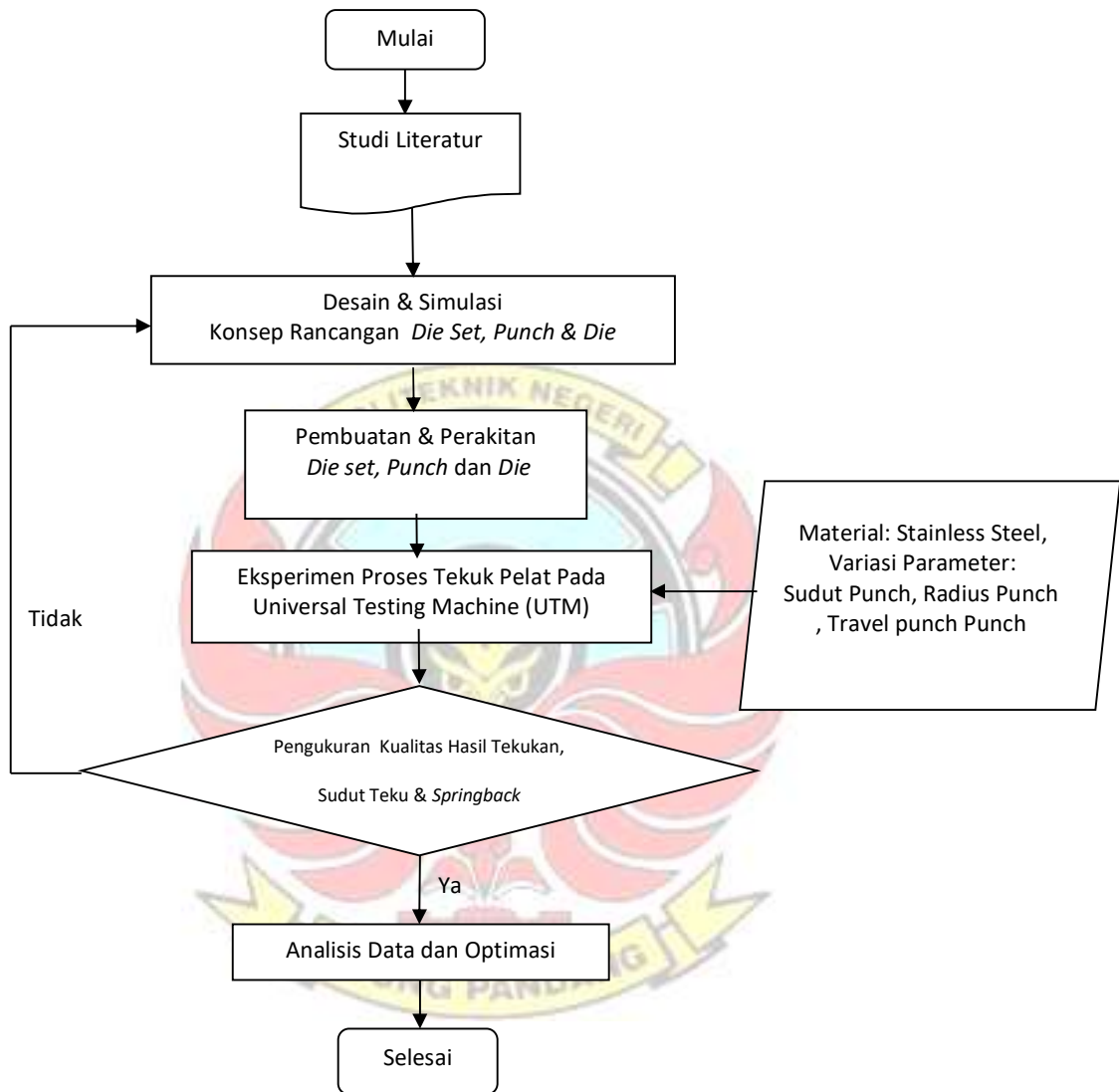
Sebelum melakukan eksperimen *bending* terlebih dahulu melakukan perhitungan *springback* secara teoritis. Kemudian hasil perhitungan secara teoritis dibandingkan dengan data hasil eksperimen uji *bending stainless steel*.

Data yang diperoleh melalui eksperimen akan dioptimasi menggunakan *software Design of Experiments (DoE)*, yang mana dari hasil tersebut akan diperoleh dimensi yang terbaik untuk pembuatan *punch* dan *die press tool* alat *bending V*, lalu data yang diperoleh melalui pengujian akan diuji secara deskriptif, yaitu memberikan gambaran tentang hasil *bending* yang dihasilkan yang nanti akan diperoleh setelah *press tool* alat *bending V* telah selesai.

3.6. Definisi Operasional

Press tool alat bantu *bending v* adalah suatu alat *bending* dengan hasil *bending* berbentuk *v* yang menggunakan sistem hidrolis untuk untuk membengkokkan pelat logam.

3.7. Bagan Penelitian



BAB IV

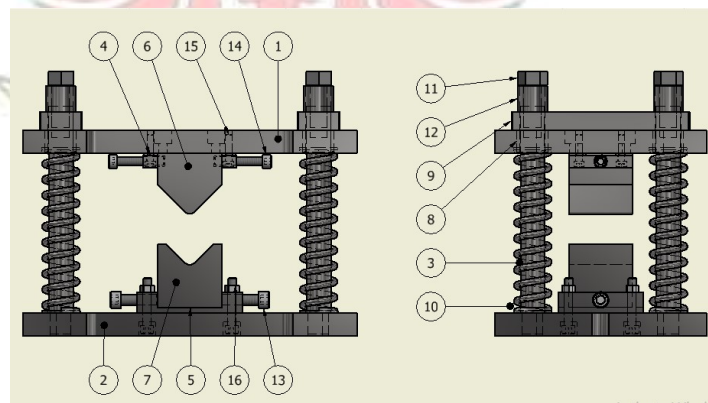
HASIL DAN PEMBAHASAN

4. 1. Analisis Perancangan

Alat bantu *bending v* merupakan alat bantu press tool yang dapat digunakan memotong atau membengkokkan pelat logam. Alat bantu *bending v* yang akan dibuat digunakan sebagai alat bantu *bending v* laboratorium untuk membending material pelat *stainless steel* ketebalan 1 mm dan 2 mm. Variasi parameter penekukan *stainless steel* yaitu sudut *punch* dan *die* 80°, 85°, dan 90°, dan tiga variasi *radius punch* dan *die* 2 mm, 4 mm, dan 6 mm.

4.1.1 Desain Konstruksi Alat Bantu *Bending V*

Adapun desain konstruksi alat bantu *bending v* beserta *punch* dan *die* yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Desain Press Tool

1. Top Plate
2. Bottom Plate

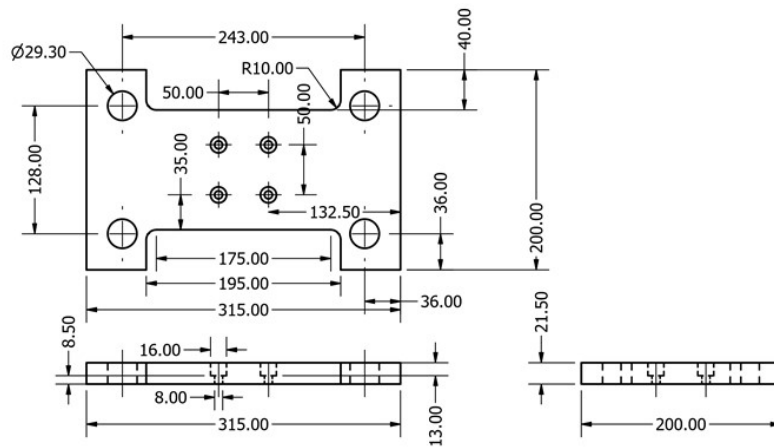
3. Poros/Pilar
4. Pencekam Punch
5. Pencekam Die
6. Punch
7. Die
8. Bushing 30 x 25 x 25
9. Pengunci pilar dan pelat
10. Pegas
11. Baut
12. Ring
13. Baut imbus M10
14. Baut M8
15. Baut imbus M8
16. Mur M8

4.1.2 Perhitungan Teoritis

Beberapa komponen Alat bantu *bending V* berpengaruh terhadap kekuatan tahan pegas. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan untuk beberapa komponen untuk mendapatkan hasil yang sesuai. Adapun perhitungan komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut:

1. Beban komponen yang ditahan oleh pegas tekan

1) Top Plate



Gambar 4.2 Dimensi Top Plate

Berdasarkan dimensi gambar diatas maka dapat dihitung massa dari top plate sebagai berikut:

- $V_I = p \times l \times t$

$$V_I = 315 \times 200 \times 21,5$$

$$V_I = 1.354.500 \text{ mm}^3$$

- $V_{II} = \pi r^2 t$

$$V_{II} = 3,14 \times (14,65)^2 \times 21,5$$

$$V_{II} = 14.489,16 \text{ mm}^3 \times 4$$

$$V_{II} = 57.956,66 \text{ mm}^3$$

- $V_{III} = \pi r^2 t$

$$V_{III} = 3,14 \times 8^2 \times 13$$

$$V_{III} = 2.612,48 \text{ mm}^3 \times 4$$

$$V_{III} = 10.449,92 \text{ mm}^3$$

- $V_{IV} = \pi r^2 t$

$$V_{IV} = 3,14 \times 4^2 \times 8,5$$

$$V_{IV} = 427,04 \text{ mm}^3 \times 4$$

$$V_{IV} = 1.708,16 \text{ mm}^3$$

- $V_{\text{total}} = V_I - V_{II} + V_{III} + V_{IV}$

$$V_{\text{total}} = 1.354.500 - 57.956,66 + 10.449,92 + 1.708,16$$

$$V_{\text{total}} = 1.284.385,26 \text{ mm}^3$$

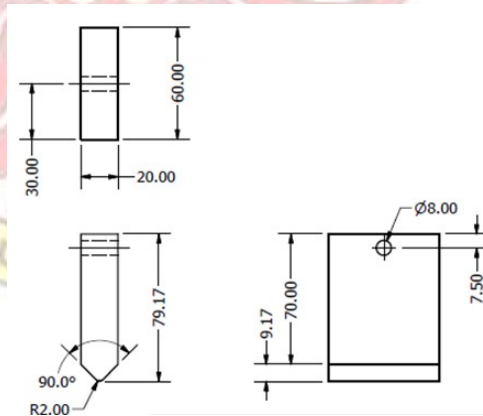
Maka :

$$W = V \times \rho$$

$$W = 1.284.385,26 \times 0,00000786$$

$$W = 10,095 \text{ Kg}$$

2) Punch



Gambar 4.3 Dimensi Punch

Berdasarkan dimensi gambar diatas maka dapat dihitung massa dari punch sebagai berikut:

- $V_I = p \times l \times t$

$$V_I = 64 \times 60 \times 60$$

$$V_I = 230.400 \text{ mm}^3$$

- $V_{II} = \pi r^2 t$

$$V_{II} = 3,14 \times 5^2 \times 7$$

$$V_{II} = 549,5 \text{ mm}^3 \times 2$$

$$V_{II} = 1.099 \text{ mm}^3$$

- $V_{III} = L_a \times t$

$$V_{III} = (1/2 \cdot a \cdot h) \times t$$

$$V_{III} = (1/2 \cdot 60 \cdot 30) \times 60$$

$$V_{III} = 54.000 \text{ mm}^3$$

- $V_{\text{total}} = V_I - V_{II} + V_{III}$

$$V_{\text{total}} = 230.400 - 1.099 + 54.000$$

$$V_{\text{total}} = 175.301 \text{ mm}^3$$

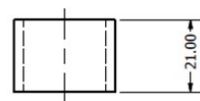
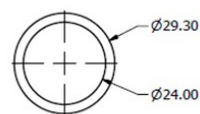
Maka :

$$W = V \times \rho$$

$$W = 175.301 \times 0,00000786$$

$$W = 1,378 \text{ Kg}$$

3) *Bushing*



Gambar 4.4 Dimensi Bushing

Berdasarkan dimensi gambar diatas maka dapat dihitung
massa dari bushing sebagai berikut:

- $V_I = \pi r^2 t$

$$V_I = 3,14 \times (14,65)^2 \times 21$$

$$V_I = 14.152,2 \text{ mm}^3 \times 4$$

$$V_I = 56.608,83 \text{ mm}^3$$

- $V_{II} = \pi r^2 t$

$$V_{II} = 3,14 \times 12^2 \times 21$$

$$V_{II} = 9.495,36 \text{ mm}^3 \times 4$$

$$V_{II} = 37.981,44 \text{ mm}^3$$

- $V_{\text{total}} = V_I - V_{II}$

$$V_{\text{total}} = 56.608,83 - 37.981,44$$

$$V_{\text{total}} = 18.627,39 \text{ mm}^3$$

Maka :

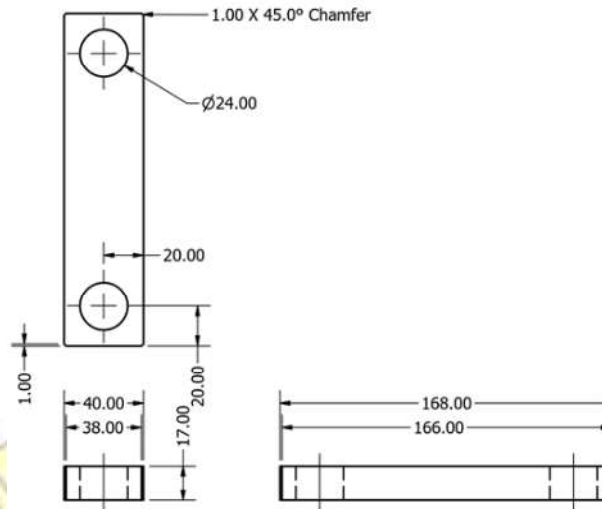
$$W = V \times \rho$$

$$W = 18.627,39 \times 0,0000084$$

$$W = 0,156 \text{ Kg}$$



4) Pengunci Poros dan Pelat



Gambar 4.5 Dimensi Pengunci Poros

Berdasarkan dimensi gambar diatas maka dapat dihitung massa dari pengunci poros sebagai berikut:

- $V_I = p \times l \times t$

$$V_I = 168 \times 40 \times 17$$

$$V_I = 114.240 \text{ mm}^3 \times 2$$

$$V_I = 228.480 \text{ mm}^3$$

- $V_{II} = \pi r^2 t$

$$V_{II} = 3,14 \times 12^2 \times 17$$

$$V_{II} = 7.686,72 \text{ mm}^3 \times 4$$

$$V_{II} = 30.746,88 \text{ mm}^3$$

- $V_{\text{total}} = V_I - V_{II}$

$$V_{\text{total}} = 228.480 - 30.746,88$$

$$V_{\text{total}} = 197.733,12 \text{ mm}^3$$

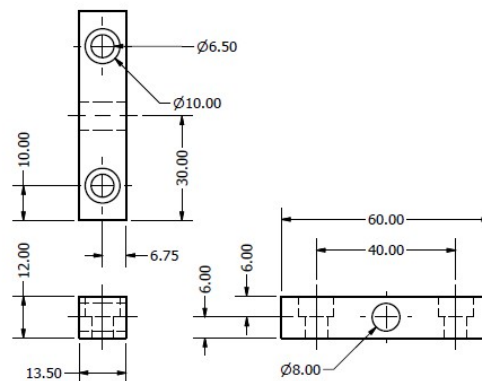
Maka :

$$W = V \times \rho$$

$$W = 197.733,12 \times 0,00000786$$

$$W = 1,554 \text{ Kg}$$

5) Pencekam *Punch*



Gambar 4.6 Dimensi Pencekam Punch

Berdasarkan dimensi gambar diatas maka dapat dihitung massa dari pencekam punch sebagai berikut:

- $V_I = p \times l \times t$

$$V_I = 60 \times 13,5 \times 12$$

$$V_I = 9.720 \text{ mm}^3 \times 2$$

$$V_I = 19.440 \text{ mm}^3$$

- $V_{II} = \pi r^2 t$

$$V_{II} = 3,14 \times 5^2 \times 6$$

$$V_{II} = 471 \text{ mm}^3 \times 4$$

$$V_{II} = 1.884 \text{ mm}^3$$

- $V_{III} = \pi r^2 t$

$$V_{III} = 3,14 \times 3,25^2 \times 6$$

$$V_{III} = 198,997 \text{ mm}^3 \times 4$$

$$V_{III} = 795,99 \text{ mm}^3$$

- $V_{IV} = \pi r^2 t$

$$V_{IV} = 3,14 \times 4^2 \times 13,5$$

$$V_{IV} = 678,24 \text{ mm}^3 \times 2$$

$$V_{IV} = 1.356,48 \text{ mm}^3$$

- $V_{total} = V_I - V_{II} + V_{III} + V_{IV}$

$$V_{total} = 19.440 - 1.884 + 795,99 + 1.356,48$$

$$V_{total} = 15.403,53 \text{ mm}^3$$

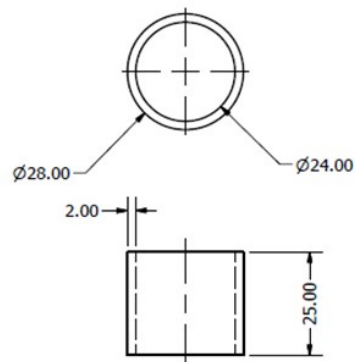
Maka :

$$W = V \times \rho$$

$$W = 15.403,53 \times 0,00000786$$

$$W = 0,121 \text{ Kg}$$

6) Ring



Gambar 4.7 Dimensi Ring

Berdasarkan dimensi gambar diatas maka dapat dihitung massa dari ring sebagai berikut:

- $V_I = \pi r^2 t$

$$V_I = 3,14 \times 14^2 \times 25$$

$$V_I = 15.386 \text{ mm}^3 \times 4$$

$$V_I = 61.544 \text{ mm}^3$$

- $V_{II} = \pi r^2 t$

$$V_{II} = 3,14 \times 12^2 \times 25$$

$$V_{II} = 11.304 \text{ mm}^3 \times 4$$

$$V_{II} = 43.216 \text{ mm}^3$$

- $V_{\text{total}} = V_I - V_{II}$

$$V_{\text{total}} = 61.544 - 43.216$$

$$V_{\text{total}} = 18.328 \text{ mm}^3$$

Maka :

$$W = V \times \rho$$

$$W = 18.328 \times 0,00000786$$

$$W = 0,144 \text{ Kg}$$

Dari perhitungan di atas , maka total beban yang diterima oleh pegas adalah:

$$W_{\text{total}} = W_{\text{top plate}} + W_{\text{punch}} + W_{\text{bushing}} + W_{\text{pengunci poros dan plate}} + W_{\text{pencekam punh}} + W_{\text{Ring}}$$

$$W_{\text{total}} = 10,095 \text{ Kg} + 1,378 \text{ Kg} + 0,156 \text{ Kg} + 1,554 \text{ Kg} + 0,121 \text{ Kg} + 0,144 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{total}} = 13,539 \text{ Kg}$$

2. Kekuatan pegas

Setelah pembebasan proses *bending* pegas akan mengembalikan beban pelat atas dalam posisi semula. Oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan kekuatan pegas agar dapat mengembalikan pelat atas dalam posisi semula. Untuk diameter pegas dan diameter kawat pegas yang dipakai masing-masing yaitu 35 mm dan 5 mm serta modulus geser (G) = 83×10^3 N/mm. Rumus persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Nur, R., & Suyuti, M. A., 2018):

$$W = \frac{\delta \cdot G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n}$$

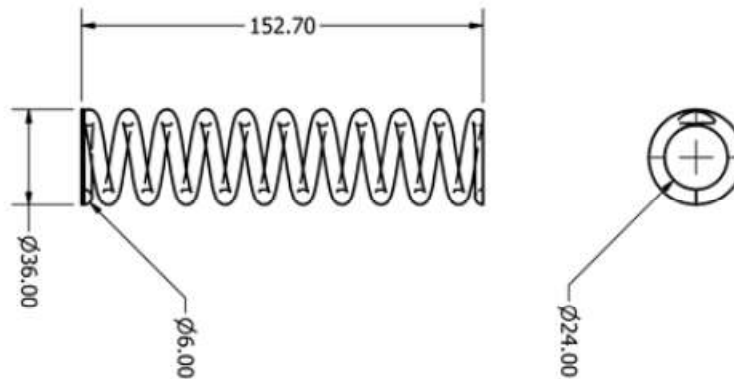
Dimana:

$$C = D/d$$

$$D_{\text{pegas}} = 35 \text{ mm}$$

$$d_{\text{kawat}} = 6 \text{ mm}$$

$$G = (83 \times 10^3 \text{ N/mm})$$



Gambar 4.8 Dimensi Pegas

Berdasarkan gambar di atas, maka untuk menentukan beban pegas dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Penyelesaian:

$$C = 36/6$$

$$C = 6 \text{ mm}^2$$

$$K = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0,615}{C}$$

$$K = \frac{4.6 - 1}{4.6 - 4} + \frac{0,615}{6}$$

$$K = 1.15 + 0.1025$$

$$K = 1.2525$$

Sehingga beban yang mampu ditahan pegas:

$$W = \frac{\delta \cdot G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n}$$

$$W = \frac{(L_o - L_i) \cdot G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n}$$

$$W = \frac{(160 - 127) \cdot 83 \times 10^3 \cdot 6^4}{8 \cdot 36^3 \cdot 11}$$

$$W = 2357,9545 \text{ N}$$

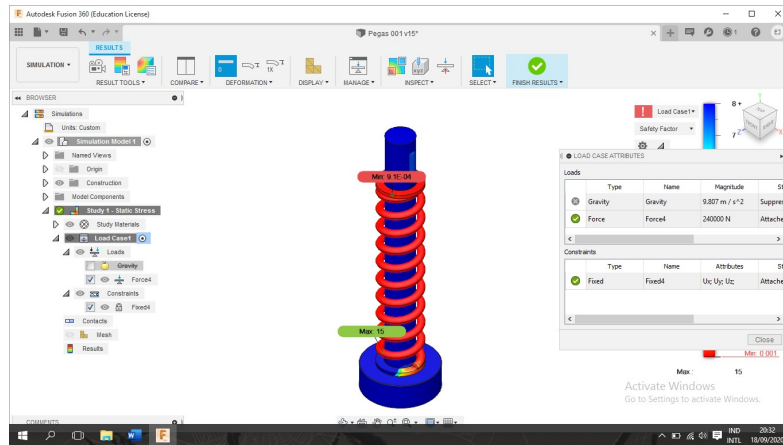
Berdasarkan perhitungan teoritis di atas, maka sebuah pegas mampu menahan beban sebesar 2357,9545 N dan 4 pegas mampu menahan beban sebesar 9431,818 N. Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan mesin UTM beban yang mampu ditahan oleh satu pegas adalah 2400 N. Jadi empat pegas dapat menahan beban 9600 N. Perbedaan antara hasil uji mesin UTM dan perhitungan teoritis adalah 1,76%.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan 4 pegas dapat menahan beban sebesar 2357,9545 N. Beban yang ditahan oleh pegas adalah 13,539 Kg atau 135,39 N. Sehingga dalam kondisi seperti itu pegas masih mampu menahan beban dan dalam kondisi aman.

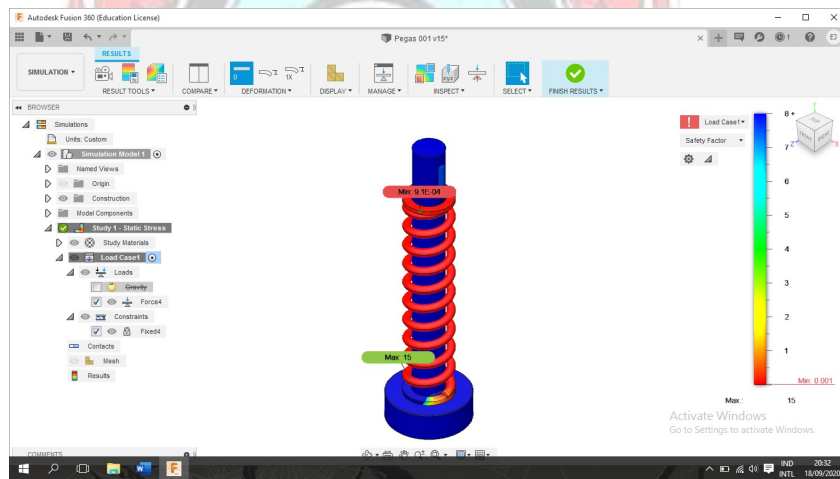
4.1.3 Hasil Simulasi dengan menggunakan Autodesk Fusion 360

PEGAS

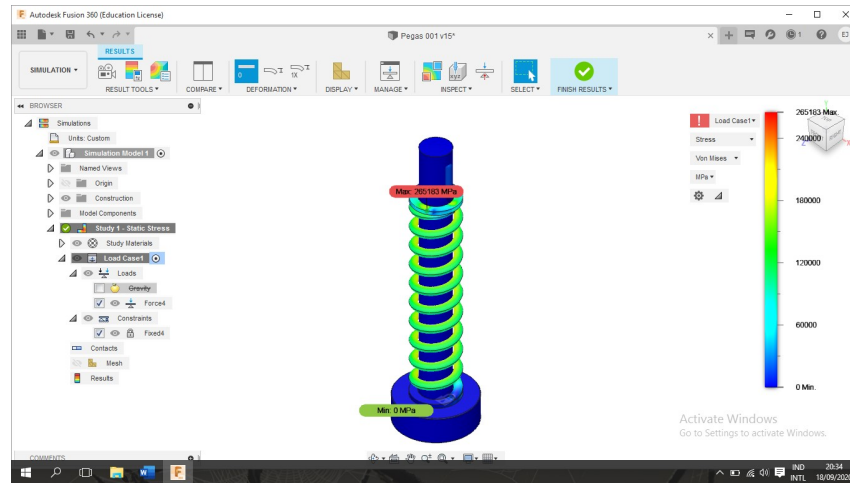
Beban : 240000 N



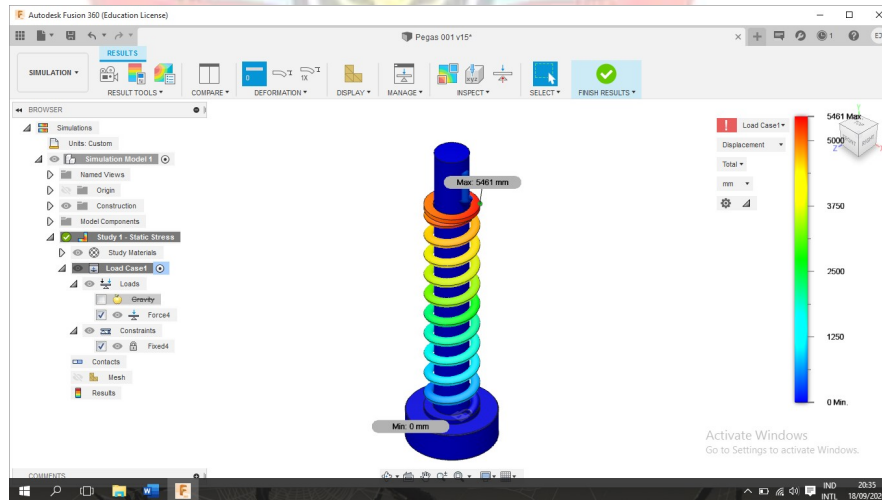
Safety Factor



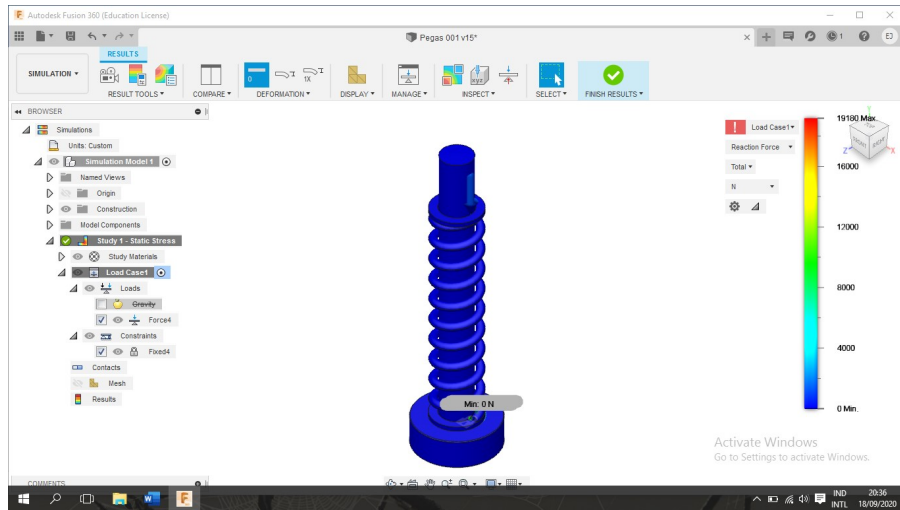
Stress/Penekanan



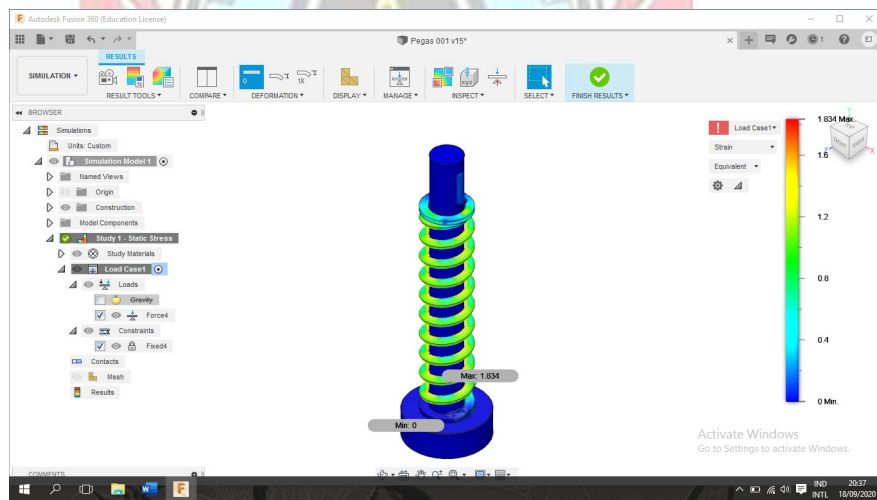
Displacement



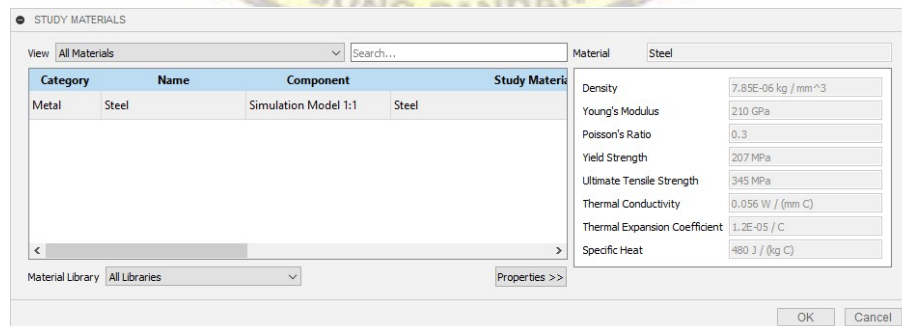
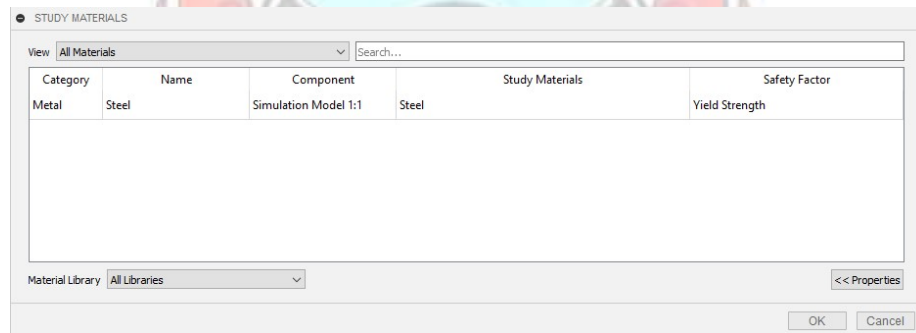
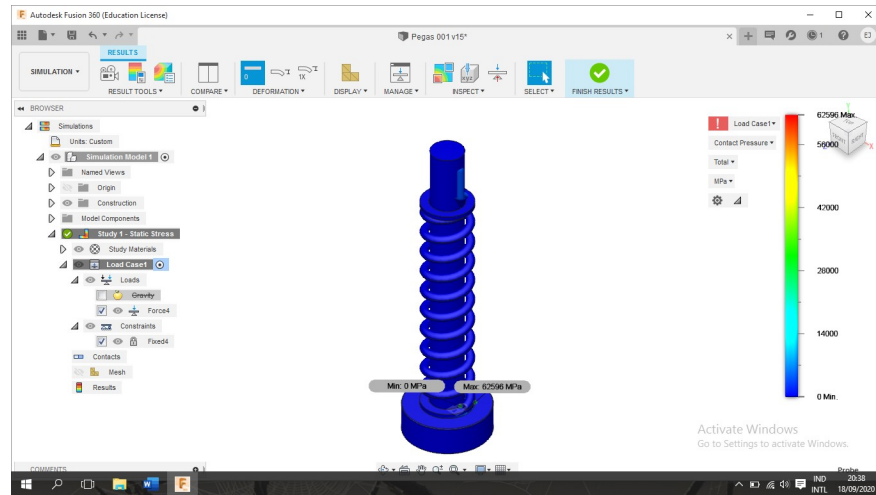
Reaction Force



Strain

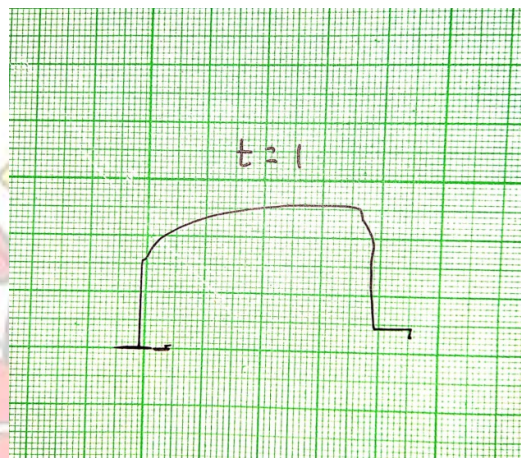


Contact Pressure

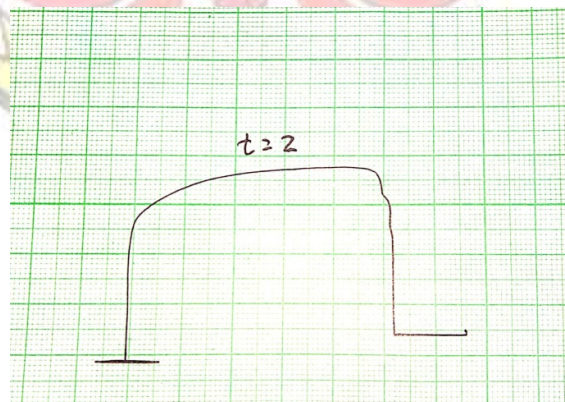


4. 2. Material Spesimen Uji

Sebelum melakukan pengujian springback, terlebih dahulu melakukan pengujian material spesimen uji. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis dari spesimen uji yang akan digunakan. Berdasarkan data hasil pengujian, maka dapat dihitung kekuatan tarik, kekuatan ulur (*yield*), regangan/ elongasi, *persentation reduction of area* seperti berikut:



Gambar 4.9 Grafik Hasil Uji Tarik Dengan Mesin UTM



Gambar 4.10 Grafik Hasil Uji Tarik Dengan Mesin UTM

1. Kekuatan tarik

Berdasarkan data hasil uji tarik, maka kekuatan tarik untuk spesimen uji pelat *stainless steel* ketebalan 1 mm dan 2 mm adalah:

- *Stainless Steel* ketebalan 1 mm

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{l \times t}$$

$$\sigma = \frac{13.000 \text{ N}}{20 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}}$$

$$\sigma = 650 \text{ N/mm}^2$$

- *Stainless Steel* ketebalan 2 mm

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{l \times t}$$

$$\sigma = \frac{19.200 \text{ N}}{18 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}}$$

$$\sigma = 533.33 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga untuk pelat *stainless steel* ketebalan 1 mm kekuatan tariknya adalah 650 N/mm² dan untuk pelat *stainless steel* ketebalan 2 mm kekuatan tariknya adalah 533.33 N/mm².

2. Kekuatan ulur (*Yield Strength*)

Berdasarkan data hasil uji tarik, maka kekuatan ulur untuk spesimen uji pelat *stainless steel* ketebalan 1 mm dan 2 mm adalah:

- *Stainless Steel* ketebalan 1 mm

$$Y_s = \frac{F_y}{A_o}$$

$$Y_s = \frac{F_y}{A_o} = \frac{F_y}{l \times t}$$

$$Y_s = \frac{12500 \text{ N}}{20 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}}$$

$$Y_s = 625 \text{ N/mm}^2$$

- Stainless Steel ketebalan 2 mm

$$Y_s = \frac{F_y}{A_o}$$

$$Y_s = \frac{F_y}{A_o} = \frac{F_y}{l \times t}$$

$$Y_s = \frac{15600 \text{ N}}{18 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}}$$

$$Y_s = 433.33 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga untuk pelat stainless steel ketebalan 1 mm kekuatan ulurnya adalah 625 N/mm² dan untuk pelat stainless steel ketebalan 2 mm kekuatan ulurnya adalah 433.33 N/mm² .

3. *Elongation* (Persentase perpanjangan)

Berdasarkan data hasil uji tarik, maka *elongation* untuk spesimen uji pelat stainless steel ketebalan 1 mm dan 2 mm adalah:

- Stainless Steel ketebalan 1 mm

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_f - l_0}{l_0} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{(67 \text{ mm} - 50 \text{ mm})}{50 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 34\%$$

- Stainless Steel ketebalan 2 mm

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_f - l_0}{l_0} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{(65 \text{ mm} - 50 \text{ mm})}{50 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 30\%$$

Sehingga untuk pelat stainless steel ketebalan 1 mm kekuatan ulurnya adalah 34% dan untuk pelat stainless steel ketebalan 2 mm kekuatan ulurnya adalah 30% .

4. *Reduction of Area* (Reduksi Penampang)

Berdasarkan data hasil uji tarik, maka reduksi penampang untuk spesimen uji pelat stainless steel ketebalan 1 mm dan 2 mm adalah:

- *Stainless Steel* ketebalan 1 mm

$$A_u = w_i \times t_i$$

$$A_u = 20 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$$

$$A_u = 19 \text{ mm}^2$$

$$Z = \frac{A_o - A_u}{A_o} \times 100\%$$

$$Z = \frac{20 - 19}{20} \times 100\%$$

$$Z = 5\%$$

- *Stainless Steel* ketebalan 2 mm

$$A_u = w_i \times t_i$$

$$A_u = 19.65 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$$

$$A_u = 39.3 \text{ mm}^2$$

$$Z = \frac{A_o - A_u}{A_o} \times 100\%$$

$$Z = \frac{40 - 39.3}{40} \times 100\%$$

$$Z = 1.75\%$$

Sehingga untuk pelat stainless steel ketebalan 1 mm kekuatan ulurnya adalah 66% dan untuk pelat stainless steel ketebalan 2 mm kekuatan ulurnya adalah 70% .

Data hasil analisis sifat mekanis untuk material pelat selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Data Hasil Analisis Sifat Mekanis Material Stainless Steel
Ketebalan 1 mm yang akan Dijadikan Bahan Uji Pengujian
Springback

Uji Tarik	Hasil Uji Tarik Stainless Steel Ketebalan 1 mm
Kekuatan Tarik Maksimum (Mpa)	650
Tegangan <i>Yielding</i> (N/mm ²)	625
Regangan (%)	34
Reduksi Penampang (%)	5

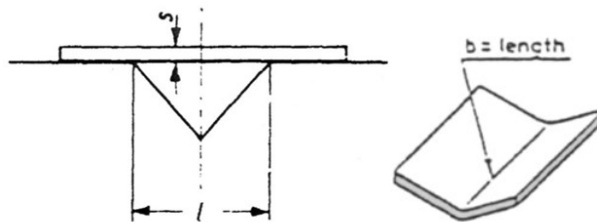
Tabel 4.2 Data Hasil Analisis Sifat Mekanis Material Stainless Steel
Ketebalan 2 mm yang akan Dijadikan Bahan Uji Pengujian
Springback

Uji Tarik	Hasil Uji Tarik Stainless Steel Ketebalan 2 mm
Kekuatan Tarik Maksimum (Mpa)	533.33
Tegangan <i>Yielding</i> (N/mm ²)	433.33
Regangan (%)	30
Reduksi Penampang (%)	1.7

4. 3. Gaya Pembebanan Pada Pelat Yang Dibengkokkan

Perhitungan gaya pembebanan pada pelat logam stainless steel dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F = \frac{2 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma_b}{3 \cdot l} = \frac{0,7 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma_b}{l}$$



Gambar 4.11 Gaya Tekuk

1. Gaya Pembebanan pada Pelat Stainless Steel Ketebalan 1 mm

Tabel 4.3 Parameter Perhitungan Gaya Pada Pelat Stainless Steel yang

Dibengkokkan Ketebalan 1 mm

Uji Tarik	Hasil Uji Tarik Stainless Steel Ketebalan 1 mm
Kekuatan Tarik Maksimum (Mpa)	650
Tegangan <i>Yielding</i> (N/mm ²)	625
Regangan (%)	34
Reduksi Penampang (%)	5

Perhitungan besar gaya tekuk adalah sebagai berikut:

$$\sigma_b = 0,8 \sigma_t$$

$$\sigma_b = 0,8 \times 650 = 520 \text{ N/mm}^2$$

Dari hasil perhitungan tegangan bengkok tersebut, maka;

$$F = \frac{0,7 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma_b}{l}$$

$$F = \frac{0,7 \times 50 \text{ mm} \times 1^2 \times 520 \text{ N/mm}^2}{44}$$

$$F = 413,636 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan di atas besar gaya yang dibutuhkan pada pelat stainless steel ketebalan 1 mm adalah 413,636 N. Karena adanya gaya balik yang ditimbulkan oleh pegas maka besar gaya yang dibutuhkan semakin besar. Sehingga gaya yang dibutuhkan harus di akumulasikan dengan gaya pegas 2357,95 N. jadi gaya yang digunakan untuk membengkokkan pelat stainless steel adalah 2771,586 N.

2. Gaya Pembebanan pada Pelat Stainless Steel Ketebalan 2 mm

Tabel 4.4 Parameter Perhitungan Gaya Pada Pelat Stainless Steel yang Dibengkokkan Ketebalan 2 mm

Uji Tarik	Hasil Uji Tarik Stainless Steel Ketebalan 2 mm
Kekuatan Tarik Maksimum (Mpa)	533.33
Tegangan <i>Yielding</i> (N/mm ²)	433.33
Regangan (%)	30
Reduksi Penampang (%)	1.7

Perhitungan besar gaya tekuk adalah sebagai berikut:

$$\sigma_b = 0,8 \sigma_t$$

$$\sigma_b = 0,8 \times 533.33 = 426.66 \text{ N/mm}^2$$

Dari hasil perhitungan tegangan bengkok tersebut, maka;

$$F = \frac{0,7 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma_b}{I}$$

$$F = \frac{0,7 \times 50 \text{ mm} \times 2^2 \times 426.66 \text{ N/mm}^2}{44}$$

$$F = 1357.2 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan di atas besar gaya yang dibutuhkan pada pelat stainless steel ketebalan 2 mm adalah 1357.2 N . Karena adanya gaya balik yang ditimbulkan oleh pegas maka besar gaya yang dibutuhkan semakin besar. Sehingga gaya yang dibutuhkan harus di akumulasikan dengan gaya pegas 2357,9545 N. jadi gaya yang digunakan untuk membengkokkan pelat stainless steel adalah 3715.15N.

4. 4. Hasil Pembuatan Konstruksi Press Tool Setelah Pembuatan



Gambar 4.12 Konstruksi Alat Bantu *Die Set* Setelah Pengembangan Desain

Spesifikasi:

Panjang Garis <i>Bending</i>	: 60 mm
Lebar <i>Bending</i>	: 44 mm
Tinggi Pegas	: 160 mm
Jarak Lagkah Bebas	: 19.5 mm

Beban yang Diterima : 135,39 N
Pegas
Kapasitas Material : Ketebalan 3
mm

4. 5. Eksperimen Pengujian *Bending V*

Eksperimen pengujian bending dengan menggunakan spesimen uji material stainless steel dilakukan di Laboraturium Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin *Universan Testing Machine* (UTM) Merek Galdabini Tipe PM 100.



Gambar 4.13 Variasi Sudut dan Radius *Punch*

Pada proses pengujian dilakukan dengan variable sudut puch, radius punch, langkah penekanan (stroke), dan ketebalan spesimen uji. Variasi Sudut punch yang dipakai adalah 80° , 85° , dan 90° . Variasi radius puch yang digunakan adalah 2 mm, 4 mm, dan 6 mm. Langkah penekanan (stroke) yang dipakai adalah 18,5, 19, dan 19,5. Material spesimen uji yang dipakai adalah stainless steel ketebalan 1 mm dan 2 mm. Ukuran spesimen uji stainless steel 100 mm x 50 mm untuk ketebalan 1 mm dan 2 mm.

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian

Parameter proses	Levels		
	Low (-1)	Center (0)	High (+1)
Radius Punch (Rp)	2	4	6
Sudut Punch (Pa)	80	85	90
Langkah punch (Tp)	18,5	19	19,5

Tabel 4.6 Pengujian Bending Stainless Steel ketebalan 1 mm

No	Radius Punch (mm)	Sudut Punch (mm)	Punch Travel (mm)	Respon (Gaya (F))	Respon (Sudut Bending)
1	2	80	19,5	125	110°50'
2	4	80	19,5	105	109°20'
3	6	80	19,5	95	110°30'
4	2	85	19,5	106	111°10'
5	4	85	19,5	116	112°10'
6	6	85	19,5	107	111°5'
7	2	90	19,5	106	111°25'
8	4	90	19,5	102	111°35'
9	6	90	19,5	105	111°20'
10	2	80	19,0	115	109°
11	4	80	19,0	106	109°10'
12	6	80	19,0	94	111°20'
13	2	85	19,0	103	112°40'
14	4	85	19,0	114	113°15'
15	6	85	19,0	107	112°35'
16	2	90	19,0	104	108°20'
17	4	90	19,0	102	112°25'
18	6	90	19,0	104	113°5'
19	2	80	18,5	111	107°45'
20	4	80	18,5	103	113°
21	6	80	18,5	92	113°
22	2	85	18,5	102	112°50'
23	4	85	18,5	114	113°30'
24	6	85	18,5	105	115°20'

25	2	90	18,5	104	115°45'
26	4	90	18,5	101	115°15'
27	6	90	18,5	102	114°30'

Tabel 4.7 Pengujian Bending Stainless Steel ketebalan 2 mm

No	Radius Punch (mm)	Sudut Punch (mm)	Punch Travel (mm)	Respon (Gaya (F))	Respon (Springback)
1	2	80	19,5	130	104°20'
2	4	80	19,5	131	103°0'
3	6	80	19,5	120	102°25'
4	2	85	19,5	129	102°55'
5	4	85	19,5	145	101°45'
6	6	85	19,5	126	100°20'
7	2	90	19,5	137	102°0'
8	4	90	19,5	126	103°20'
9	6	90	19,5	163	99°10'
10	2	80	19,0	131	104°15'
11	4	80	19,0	124	103°10'
12	6	80	19,0	113	104°15'
13	2	85	19,0	129	103°15'
14	4	85	19,0	140	101°15'
15	6	85	19,0	124	100°40'
16	2	90	19,0	129	104°15'
17	4	90	19,0	120	116°45'
18	6	90	19,0	135	102°30'
19	2	80	18,5	130	106°35'
20	4	80	18,5	122	105°5'
21	6	80	18,5	113	104°20'
22	2	85	18,5	124	104°10'
23	4	85	18,5	130	103°50'
24	6	85	18,5	121	104°35'
25	2	90	18,5	125	105°40'
26	4	90	18,5	115	105°10'
27	6	90	18,5	122	105°15'

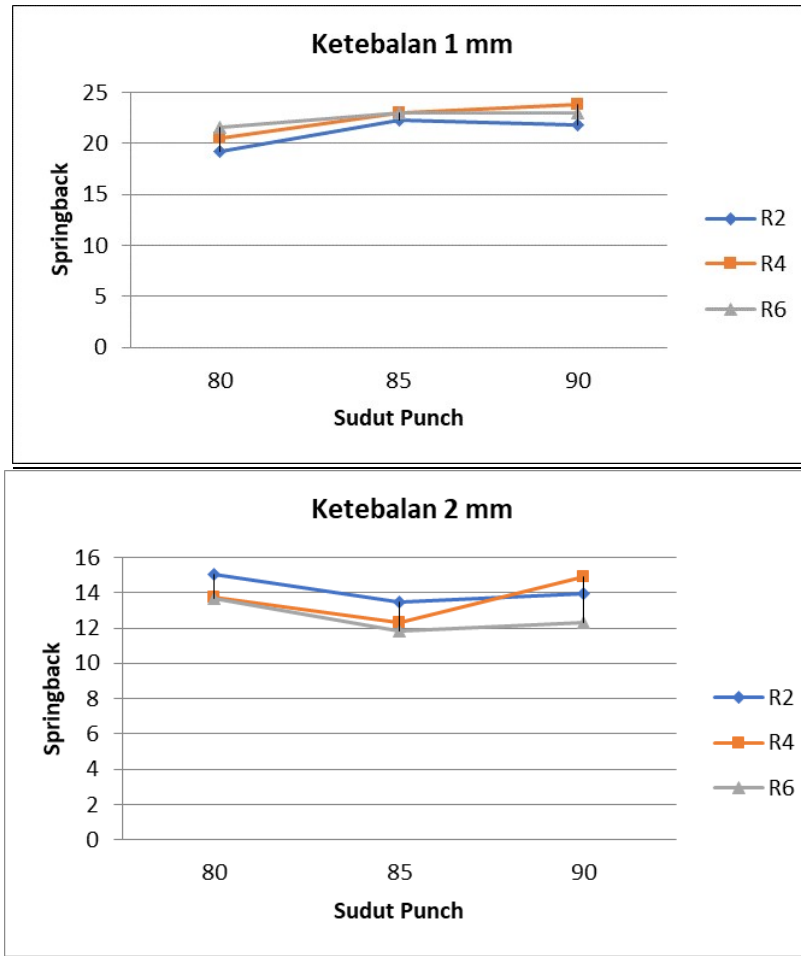
4.5.1 *Springback* yang Dihasilkan Terhadap Variasi Radius *Punch*

Adapun data hasil eksperimen proses *bending* pelat setelah di rata-ratakan dari 54 spesimen dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.8 Sudut *Bending* yang Dihasilkan pada Proses *Bending* Pelat untuk Radius *Punch* 2 mm, 4 mm, 6 mm dan ketebalan pelat 1 mm.

Sudut Punch	Radius Punch	<i>Springback</i>							
		Ketebalan Pelat 1mm				Ketebalan Pelat 2mm			
		Punch Trave 1 18.5	Punch Trave 1 19	Punch Trave 1 19.5	Rata-rata	Punch Trave 1 18.5	Punch Trave 1 19	Punch Trave 1 19.5	Rata-rata
80	2	17.75	19	20.83	19.19	16.58	14.25	14.33	15.05
	4	23	19.16	19.33	20.50	15.08	13.16	13	13.75
	6	23	21.33	20.5	21.61	14.33	14.25	12.41	13.66
85	2	22.83	22.66	21.16	22.22	14.16	13.25	12.91	13.44
	4	23.5	23.25	22.16	22.97	13.83	11.25	11.75	12.28
	6	25.33	22.58	21.08	23.00	14.58	10.66	10.33	11.86
90	2	25.75	18.33	21.41	21.83	15.66	14.16	12	13.94
	4	25.25	22.41	23.58	23.75	15.16	16.25	13.33	14.91
	6	24.5	23.08	21.33	22.97	15.25	12.5	9.16	12.30

Adapun penyajian data hasil eksperimen *bending V* pelat *stainless steel* dalam bentuk grafik untuk hubungan antara *springback* dengan radius *punch* didapatkan seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.14 Grafik *Springback* yang Dihasilkan Terhadap Variasi Radius *Punch*

Berdasarkan gambar 4.13 untuk *springback* yang dihasilkan terhadap variasi *radius punch* menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka semakin besar pula sudut *springback* yang dihasilkan pada ketebalan pelat 1 mm. Pada ketebalan 1 mm dan sudut *punch* 80°, 85°, 90° diperoleh sudut *springback* secara berturut-turut sebesar 19.19°, 22.22°, 21.83° untuk radius *punch* 2°, sudut *springback* 20.5°, 22.97°, 23.75° untuk radius 4°, dan sudut *springback* 21.61°, 23°, 22.97° untuk radius 6° .

Sedangkan springback yang paling kecil terjadi pada penggunaan punch dengan sudut 85°. Pada ketebalan 2 mm dan sudut punch 80°, 85°, 90° diperoleh sudut *springback* secara berturut-turut sebesar 15.05°, 13.44°, 13.94° untuk radius punch 2°, sudut *springback* 13.75°, 12.28°, 14.91° untuk radius 4°, dan sudut *springback* 13.66°, 11.86°, 12.3° untuk radius 6°.

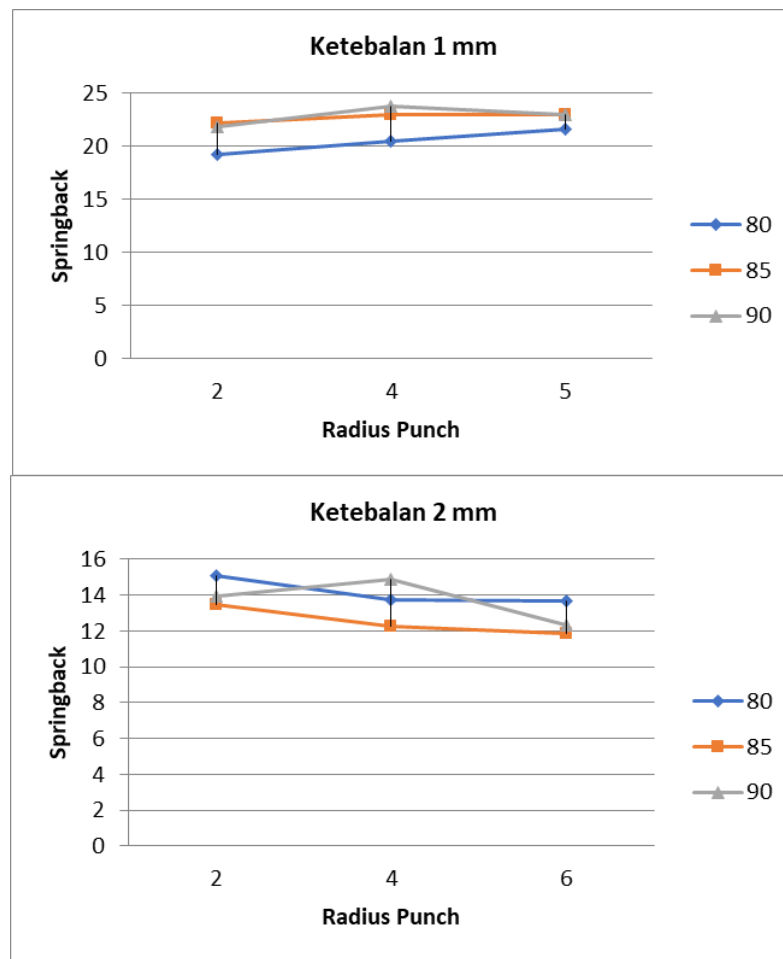
4.5.2 Springback yang Dihasilkan Terhadap Variasi Sudut *Punch*

Adapun data hasil eksperimen proses *bending* pelat setelah di rata-ratakan dari 54 spesimen dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.9 Sudut *Bending* yang Dihasilkan pada Proses *Bending* Pelat untuk Sudut *Punch* 80°, 85°, 90° dan ketebalan pelat 1 mm

Sudut Punch	Radius Punch	<i>Springback</i>							
		Ketebalan Pelat 1mm				Ketebalan Pelat 2mm			
		Punch Trave 1 18.5	Punch Trave 1 19	Punch Trave 1 19.5	Rata-rata	Punch Trave 1 18.5	Punch Trave 1 19	Punch Trave 1 19.5	Rata-rata
80	2	17.75	19	20.83	19.19	16.58	14.25	14.33	15.05
	4	23	19.16	19.33	20.50	15.08	13.16	13	13.75
	6	23	21.33	20.5	21.61	14.33	14.25	12.41	13.66
85	2	22.83	22.66	21.16	22.22	14.16	13.25	12.91	13.44
	4	23.5	23.25	22.16	22.97	13.83	11.25	11.75	12.28
	6	25.33	22.58	21.08	23.00	14.58	10.66	10.33	11.86
90	2	25.75	18.33	21.41	21.83	15.66	14.16	12	13.94
	4	25.25	22.41	23.58	23.75	15.16	16.25	13.33	14.91
	6	24.5	23.08	21.33	22.97	15.25	12.5	9.16	12.30

Adapun penyajian data hasil eksperimen *bending V* pelat *stainless steel* dalam bentuk grafik untuk hubungan antara *springback* dengan sudut *punch* didapatkan seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.15 Grafik Springback yang Dihasilkan Terhadap Variasi Sudut *Punch*

Berdasarkan grafik 4.2 untuk *springback* yang dihasilkan terhadap variasi *radius punch* menunjukkan bahwa semakin besar *radius punch* maka semakin besar pula *springback* yang dihasilkan pada ketebalan 1 mm. Pada ketebalan 1 mm dan sudut *punch* 80°, 85°, 90° diperoleh sudut *springback*

secara berturut-turut sebesar 19.19° , 22.22° , 21.83° untuk radius punch 2° , sudut *springback* 20.5° , 22.97° , 23.75° untuk radius 4° , dan sudut *springback* 21.61° , 23° , 22.97° untuk radius 6° .

Sedangkan semakin besar radius *punch* maka semakin kecil *springback* yang dihasilkan pada ketebalan 1 mm Pada ketebalan 2 mm dan sudut punch 80° , 85° , 90° diperoleh sudut *springback* secara berturut-turut sebesar 15.05° , 13.44° , 13.94° untuk radius punch 2° , sudut *springback* 13.75° , 12.28° , 14.91° untuk radius 4° , dan sudut *springback* 13.66° , 11.86° , 12.3° untuk radius 6° .

4.5.3 Pengaruh Beban Terhadap terhadap Sudut *Punch* dan Radius

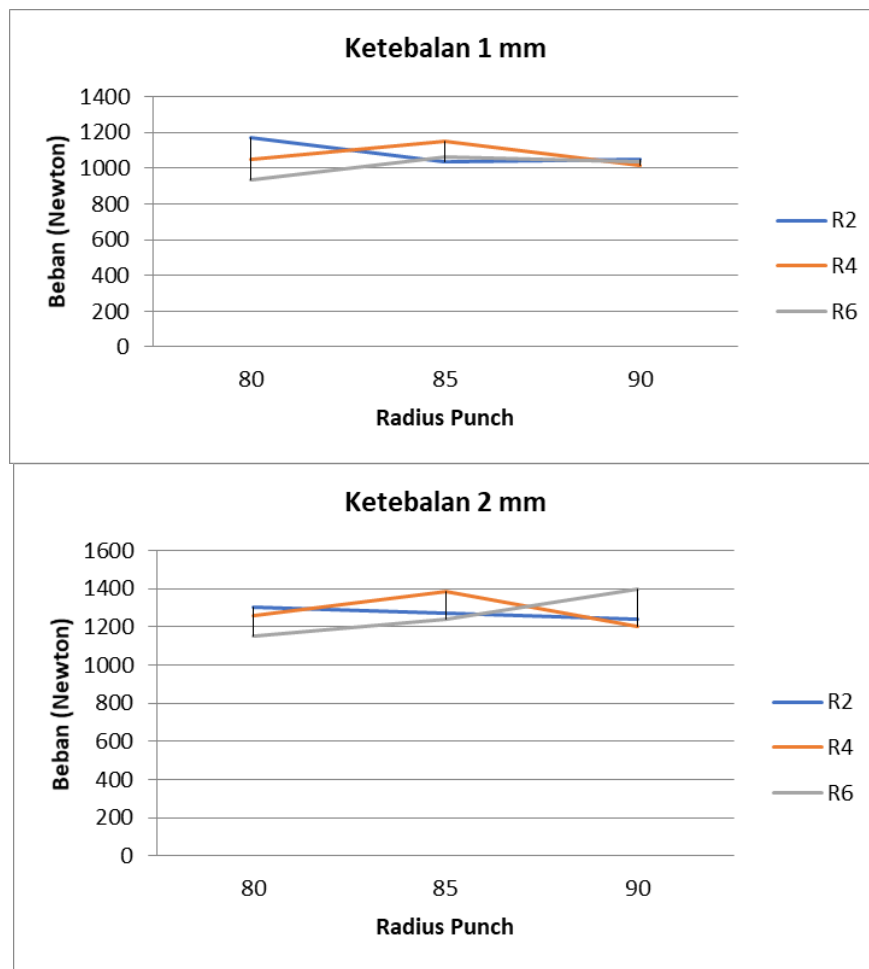
Punch

Adapun data hasil eksperimen proses *bending* pelat setelah di rata-ratakan dari 54 spesimen dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.10 Pengaruh beban terhadap sudut *punch* dan radius *punch*

Sudut Punch	Radius Punch	Beban (Newton)							
		Ketebalan Pelat 1mm				Ketebalan Pelat 2mm			
		Punch Travel 18.5	Punch Travel 19	Punch Travel 19.5	Rata-rata	Punch Travel 18.5	Punch Travel 19	Punch Travel 19.5	Rata-rata
80	2	1110	1150	1250	1170.00	1300	1310	1300	1303.33
	4	1030	1060	1050	1046.67	1220	1240	1310	1256.67
	6	920	940	950	936.67	1130	1130	1200	1153.33
85	2	1020	1030	1060	1036.67	1240	1290	1290	1273.33
	4	1140	1140	1160	1146.67	1300	1400	1450	1383.33
	6	1050	1070	1070	1063.33	1210	1240	1260	1236.67
90	2	1040	1040	1060	1046.67	1250	1290	1370	1303.33
	4	1010	1020	1020	1016.67	1150	1200	1260	1203.33
	6	1020	1040	1050	1036.67	1220	1350	1630	1400.00

Adapun penyajian data hasil eksperimen *bending V* pelat *stainless steel* dalam bentuk grafik untuk hubungan antara *springback* dengan sudut *punch* didapatkan seperti pada grafik berikut:



Gambar 4.16 Grafik Pengaruh Beban Terhadap terhadap Sudut *Punch* dan Radius *Punch*

Berdasarkan gambar 4.16 untuk pengaruh beban terhadap terhadap sudut *punch* dan radius *punch* menunjukkan pada ketebalan 1 mm dan sudut *punch* 80°, 85°, 90° diperoleh besar beban secara berturut-turut sebesar 1170 N, 1036.67 N, 1036.67° untuk radius *punch* 2°, beban 1046.67 N,

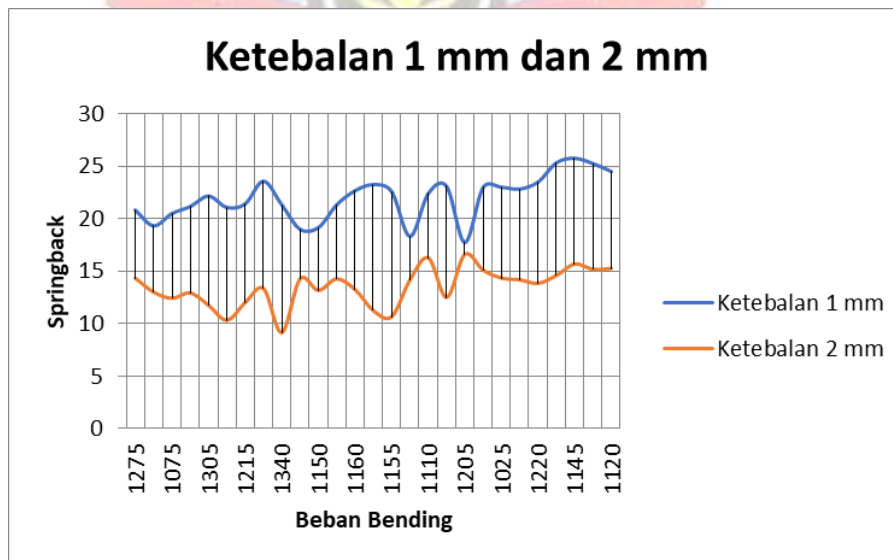
1146.67, 1016.67 untuk radius 4°, dan beban 936.67 N, 1063.33 N, 1036.67 N untuk radius 6° .

Pada ketebalan 2 mm dan sudut punch 80°, 85°, 90° diperoleh besar beban secara berturut-turut sebesar 1303.33 N, 1273.33 N, 1236.67° untuk radius punch 2°, beban 1256.67 N, 1383.33, 1203.33 untuk radius 4°, dan beban 1153.33 N, 1236.67 N, 1400 N untuk radius 6°.

4.5.4 Pengaruh Ketebalan Pelat Terhadap terhadap Springback dan

Beban Bending

Berdasarkan tabel dan tabel , kita dapat memproyeksikan penyajian data hubungan antara ketebalan pelat dengan *springback* dan Beban Bending adalah sebagai berikut:



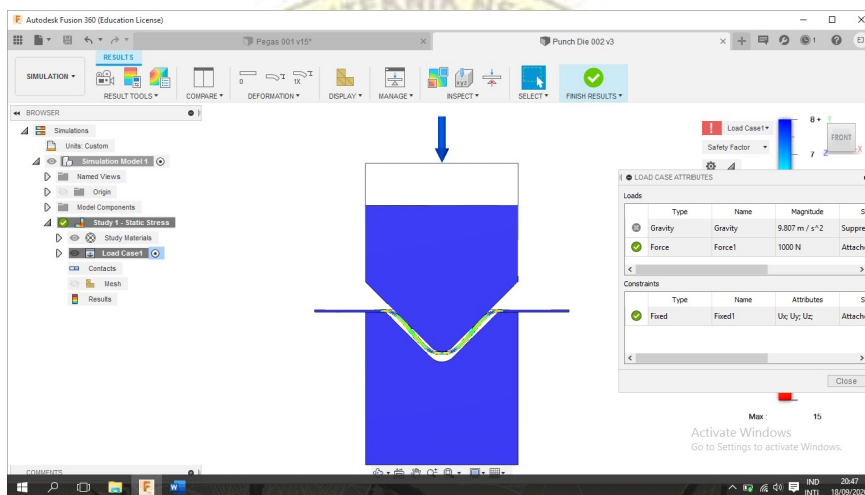
Gambar 4.17 Grafik Pengaruh Ketebalan Pelat Terhadap terhadap Springback dan Beban Bending

Berdasarkan gambar 4.16 pengaruh ketebalan pelat terhadap terhadap springback dan beban bending pada ketebalan 1 mm dan 2 mm menunjukkan bahwa pengaruh ketebalan terhadap perubahan *springback* dan beban bending tidak signifikan.

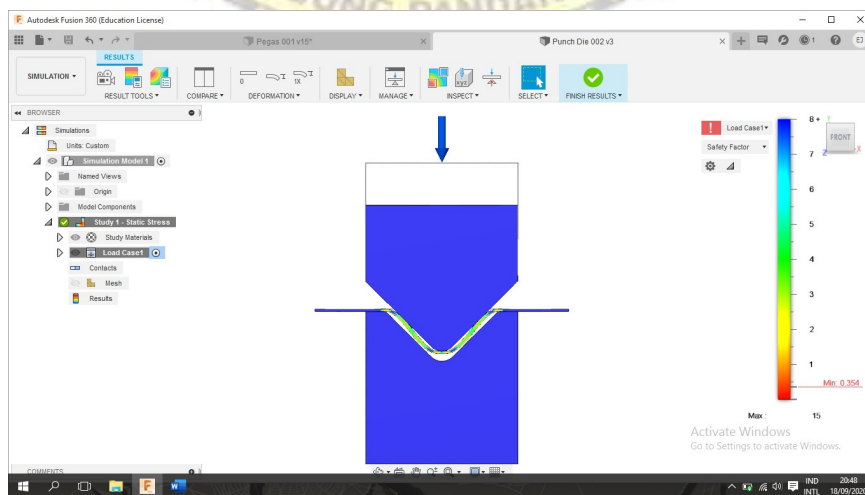
4. 6. Simulasi Menggunakan Autodesk Fusion

PUNCH & DIE , PLAT 1 MM

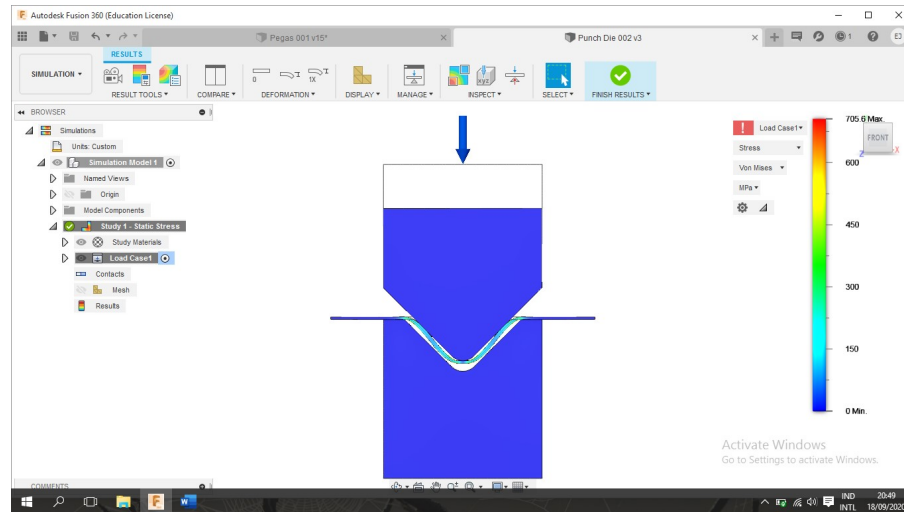
Beban : 1000 N



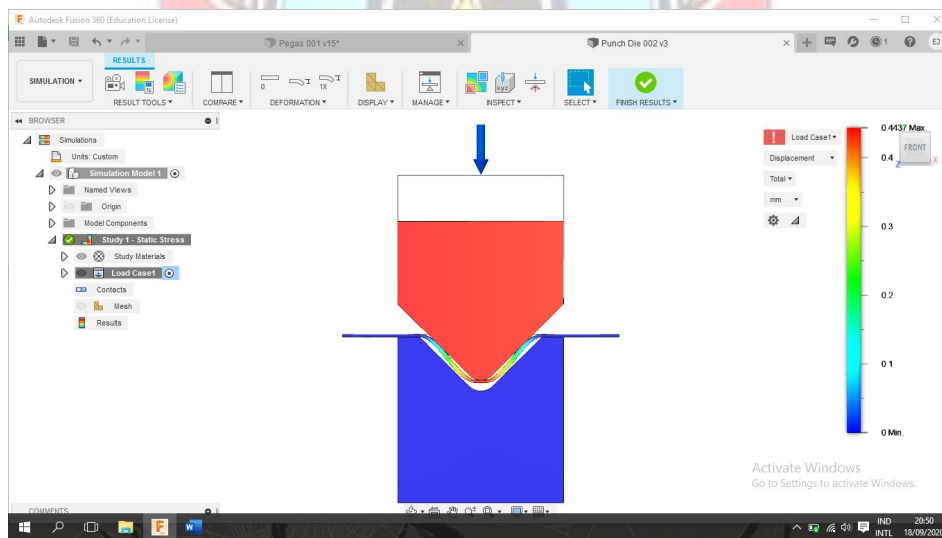
Safety Factor



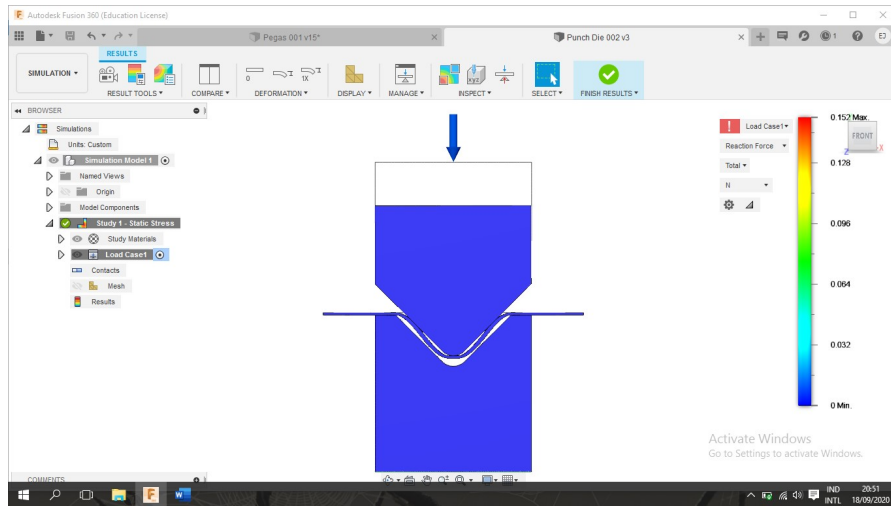
Stress/Penekanan



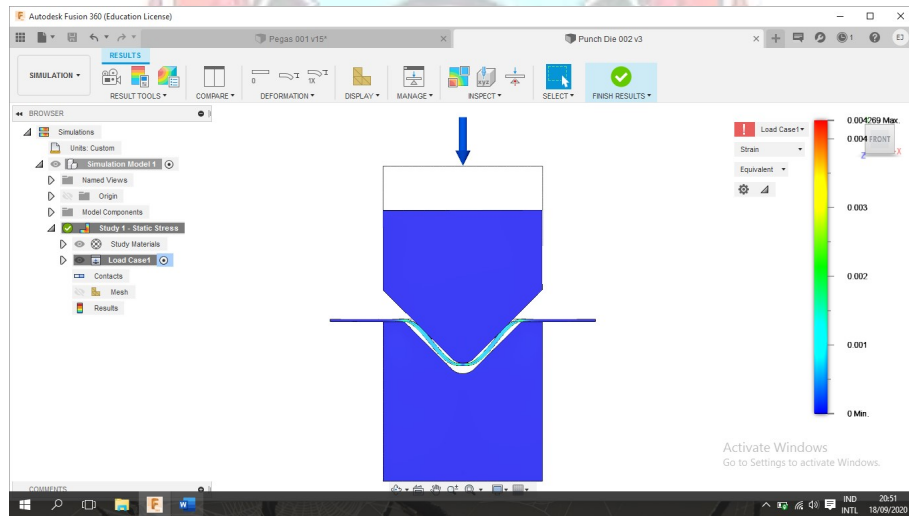
Displacement



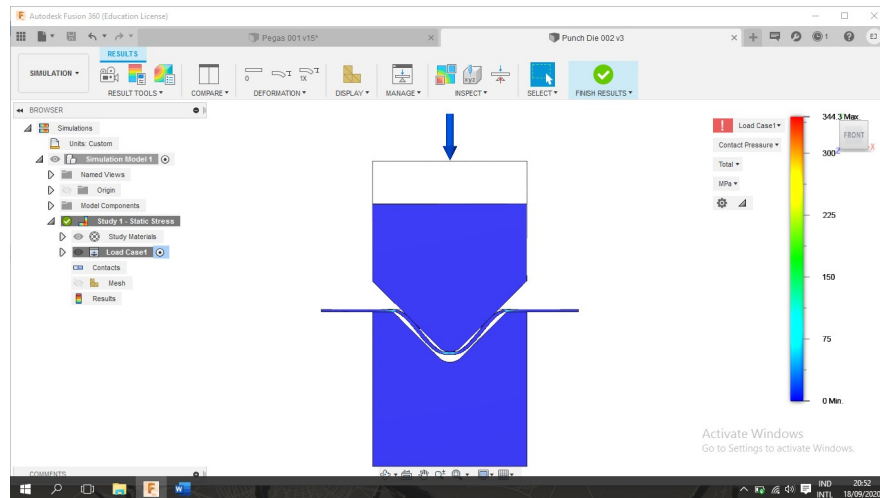
Reaction Force



Strain

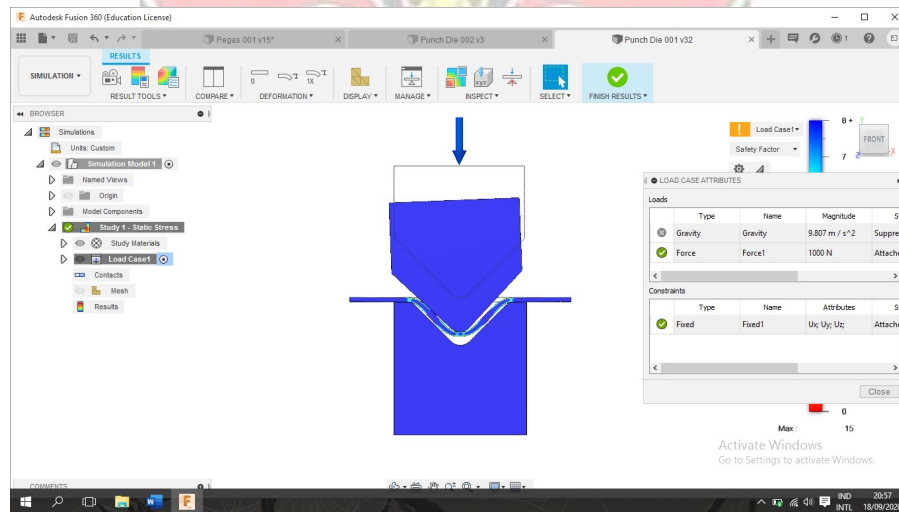


Contact Pressure

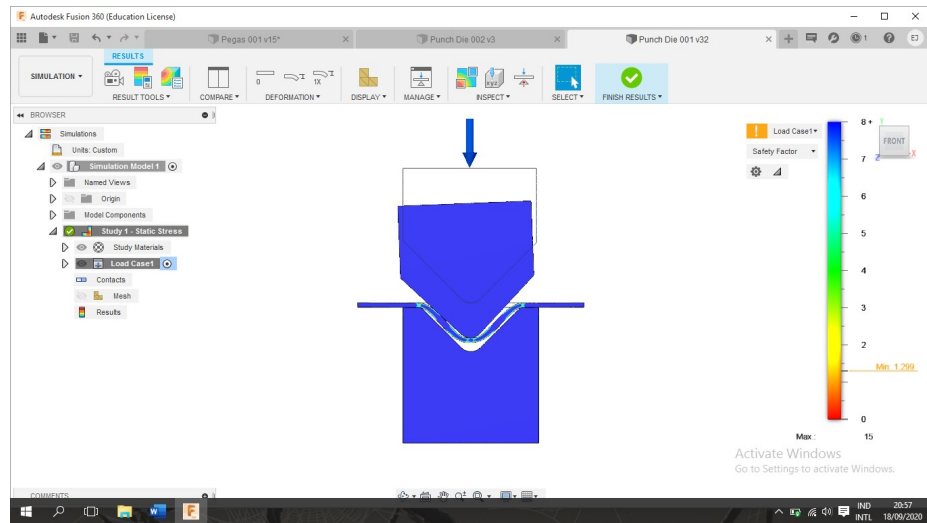


PEGAS & DIE , PLAT 2 MM

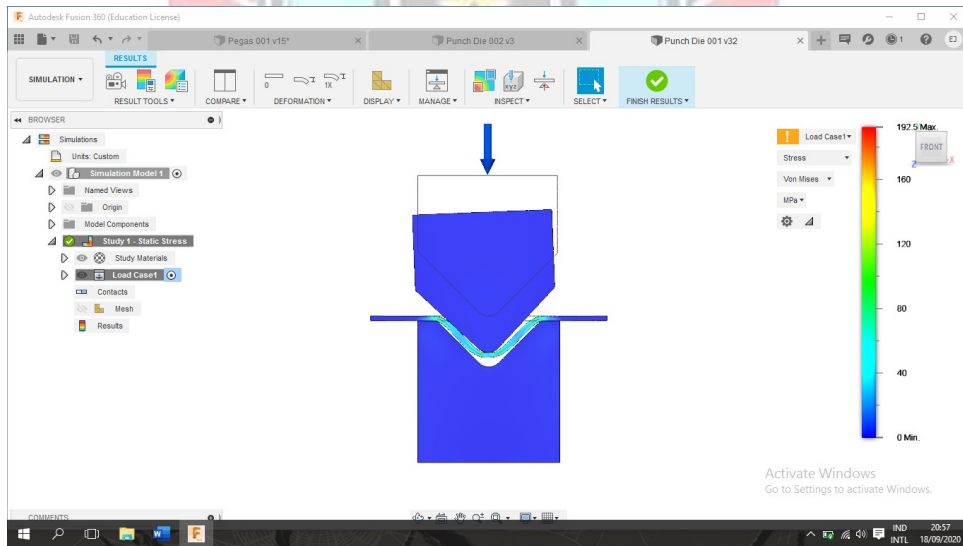
Beban : 1000 N



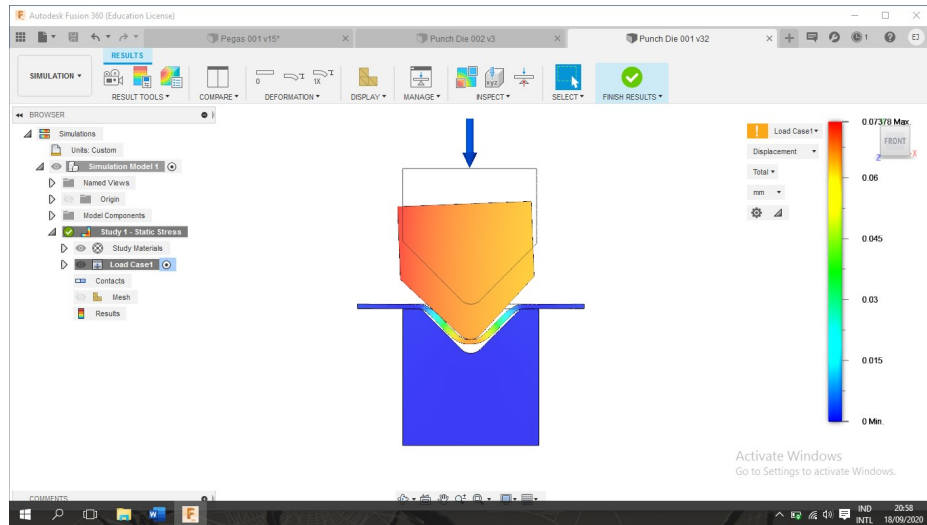
Safety Factor



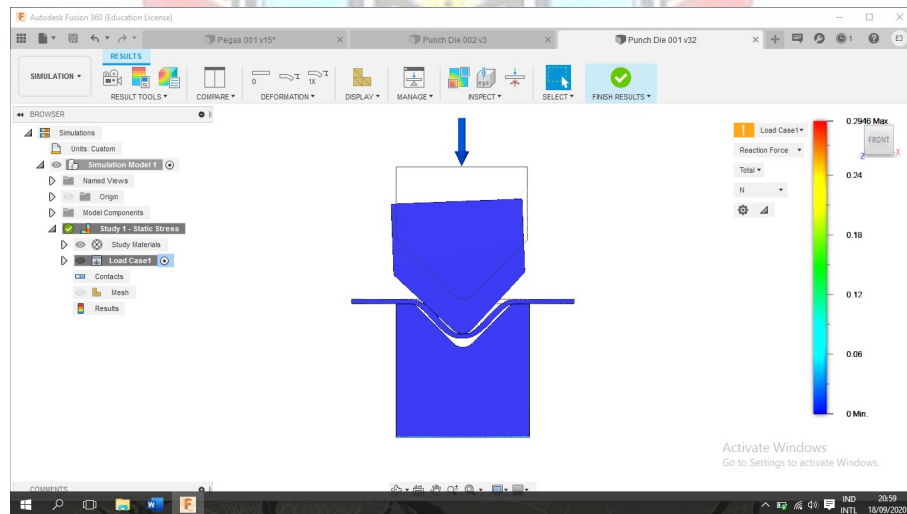
Stress/Penekanan



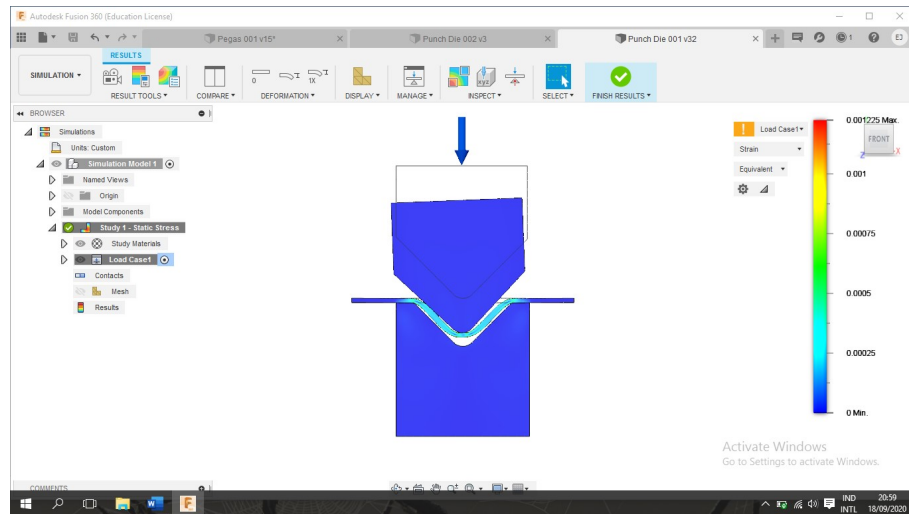
Displacement



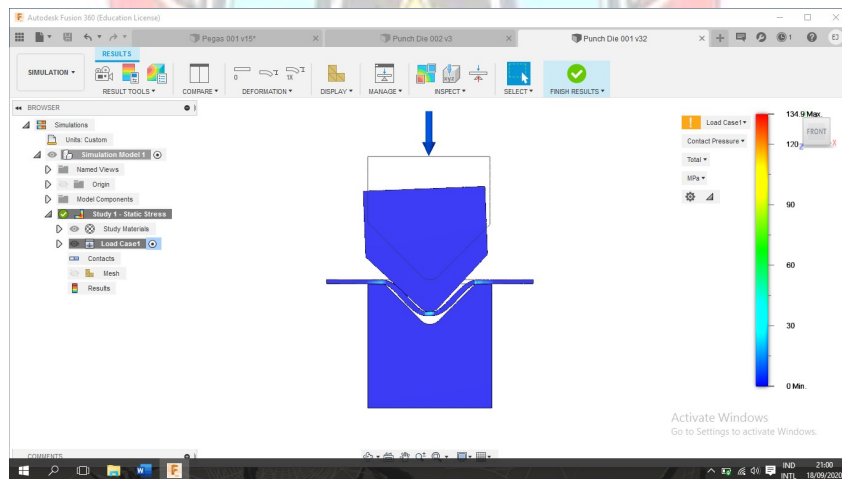
Reaction Force



Strain



Contact Pressure



Plat *Stainless Steel* 1 mm

STUDY MATERIALS

View All Materials Search...

Category	Name	Component	Study Materials	Safety Factor
Metal	Stainless Steel	Simulation Model 1:1/Bo...	Stainless Steel	Yield Strength
Metal	Steel, Carbon	Simulation Model 1:1/Bo...	Steel, Carbon	Yield Strength
Metal	Steel, Carbon	Simulation Model 1:1/Bo...	Steel, Carbon	Yield Strength

Material Library All Libraries << Properties

OK Cancel

STUDY MATERIALS

View All Materials Search...

Component	Study Materials	Safety
Simulation Model 1:1/Bo...	Stainless Steel	Yield Strength
Simulation Model 1:1/Bo...	Steel, Carbon	Yield Strength
Simulation Model 1:1/Bo...	Steel, Carbon	Yield Strength

Material Stainless Steel

Density	8E-06 kg / mm ³
Young's Modulus	193 GPa
Poisson's Ratio	0.3
Yield Strength	250 MPa
Ultimate Tensile Strength	540 MPa
Thermal Conductivity	0.0162 W / (mm C)
Thermal Expansion Coefficient	1.04E-05 / C
Specific Heat	477 J / (kg C)

Material Library All Libraries Properties >>

OK Cancel

STUDY MATERIALS

View All Materials Search...

Component	Study Materials	Safety
Simulation Model 1:1/Bo...	Stainless Steel	Yield Strength
Simulation Model 1:1/Bo...	Steel, Carbon	Yield Strength
Simulation Model 1:1/Bo...	Steel, Carbon	Yield Strength

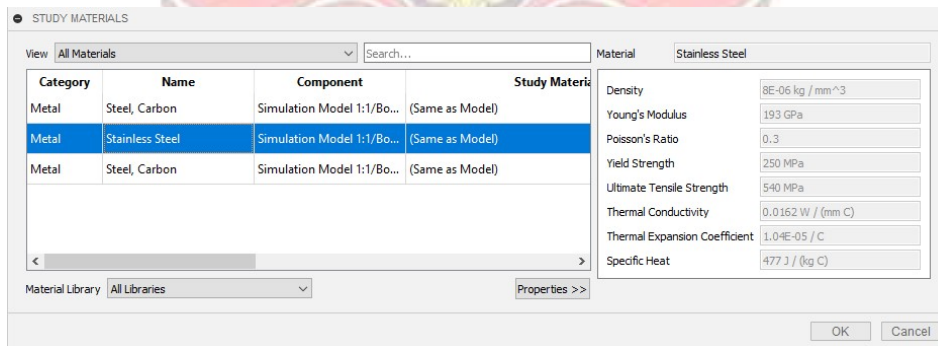
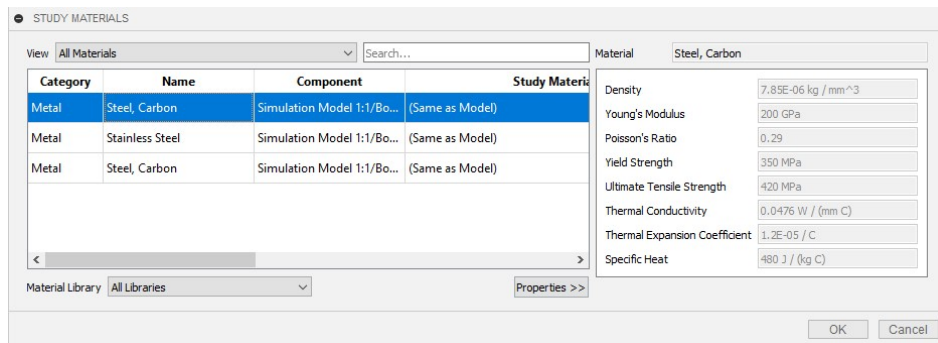
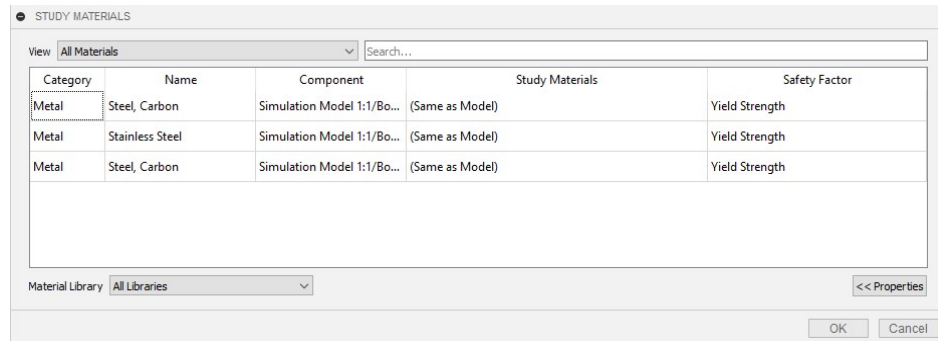
Material Steel, Carbon

Density	7.85E-06 kg / mm ³
Young's Modulus	200 GPa
Poisson's Ratio	0.29
Yield Strength	350 MPa
Ultimate Tensile Strength	420 MPa
Thermal Conductivity	0.0476 W / (mm C)
Thermal Expansion Coefficient	1.2E-05 / C
Specific Heat	480 J / (kg C)

Material Library All Libraries Properties >>

OK Cancel

Plat *Stainless Steel 2 mm*



4. 7. Optimasi dengan Menggunakan *Software Design of Expert*

Dalam menganalisis data digunakan *software* analisis *Design of Experiments (DoE)* melalui *software Design Expert* Versi 11. Analisis data dengan DoE akan membantu dalam menganalisis data-data input dan respon yang diperoleh dan kemudian menghasilkan formulasi untuk menentukan besaran

respon, serta mampu menentukan hasil respon yang optimum. Adapun hasil optimasi menggunakan DoE yaitu sebagai berikut:

4.7.1 Analisis Varian (ANOVA)

Analisis varian dua variabel bebas, yakni sudut *punch* dan radius *punch* terhadap gaya *bending* dan *springback* dilakukan menggunakan metode *Response Surface* pada program *Design Expert* versi 11. Berikut hasil analisis yang diperoleh:

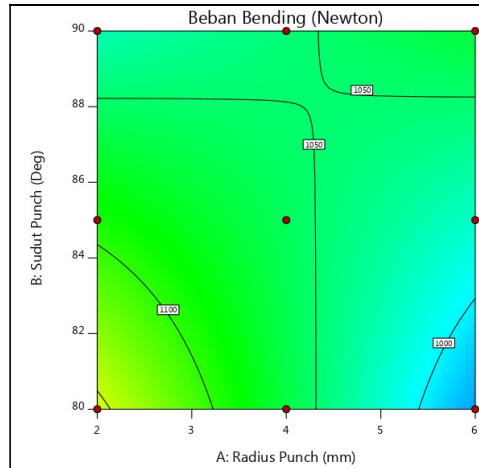
1. Pelat Ketebalan 1 mm

- **Gaya Bending**

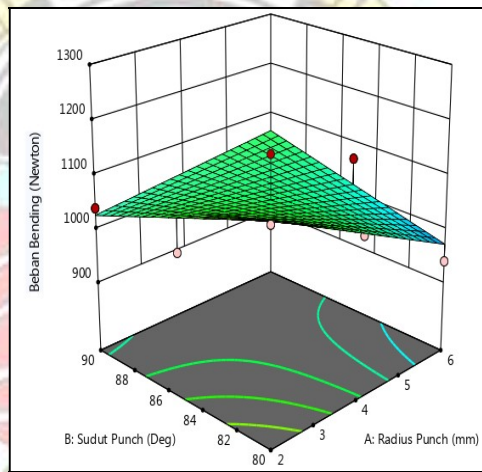
Berikut hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) yang diperoleh dari hasil pengukuran aktual adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11 Gaya Bending hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) pada Pelat ketebalan 1 mm

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	70961.11	6	11826.85	4.19	0.0069	significant
A-Radius Punch	23472.22	1	23472.22	8.31	0.0092	
B-Sudut Punch	1422.22	1	1422.22	0.5034	0.4862	
C-Punch Travel	6050.00	1	6050.00	2.14	0.1589	
AB	37408.33	1	37408.33	13.24	0.0016	
AC	1200.00	1	1200.00	0.4247	0.5220	
BC	1408.33	1	1408.33	0.4985	0.4883	
Residual	56505.56	20	2825.28			
Cor Total	1.275E+05	26				



Gambar 4.18 Grafik 2D



Gambar 4.19 Grafik 3D DoE

Adapun formulasi yang diperoleh berdasarkan Optimasi Doe 11 adalah sebagai berikut:

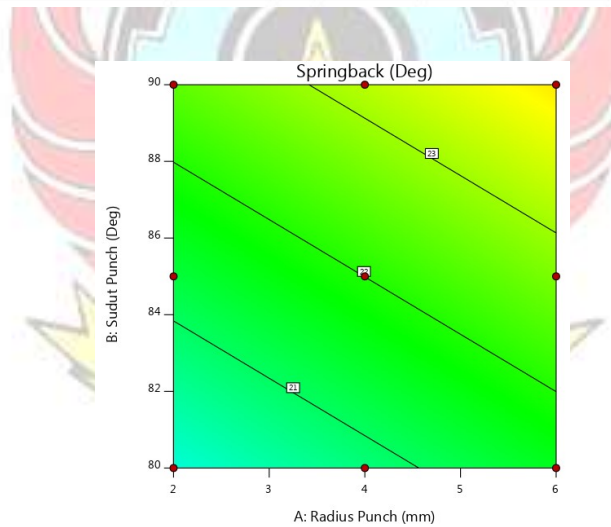
$$\begin{aligned}
 \text{Beban Bending} = & -5277.777777774 - 302.6388888891 \times \text{Radius Punch} \\
 & + 58.22222222179 \times \text{Sudut Punch} + 444.9999999998 \times \text{Punch Travel} \\
 & + 5.583333333334 \times \text{Radius Punch} \times \text{Sudut Punch} - 9.999999999992 \\
 & + \text{Radius Punch} \times \text{Punch Travel} - 4.333333333311 \times \text{Sudut Punch} \times \\
 & \text{Punch Travel}
 \end{aligned}$$

- Springback

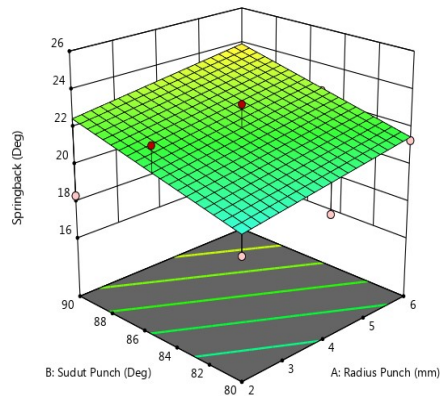
Berikut hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) yang diperoleh dari hasil pengukuran aktual adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Springback hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) pada Pelat ketebalan 1 mm

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	56.85	3	18.95	7.47	0.0012	significant
A-Radius Punch	9.40	1	9.40	3.70	0.0667	
B-Sudut Punch	26.26	1	26.26	10.34	0.0038	
C-Punch Travel	21.19	1	21.19	8.35	0.0083	
Residual	58.39	23	2.54			
Cor Total	115.24	26				



Gambar 4.20 Grafik 2D



Gambar 4.21 Grafik 3D DoE

Berdasarkan gambar di atas menunjukkan bahwa sudut *punch* dan radius *punch* mempengaruhi besarnya nilai *springback*. Semakin besar sudut *punch* dan semakin besar radius *punch* maka *springback* yang dihasilkan cenderung besar.

Adapun formulasi yang diperoleh berdasarkan Optimasi Doe 11 adalah sebagai berikut::

$$\text{Springback} = 41.25556 + 0.361389 \times \text{Radius punch} + 0.361389 \times \text{Radius Punch} + 0.241556 \times \text{Sudut Punch} - 2.17 \times \text{Punch Travel}$$

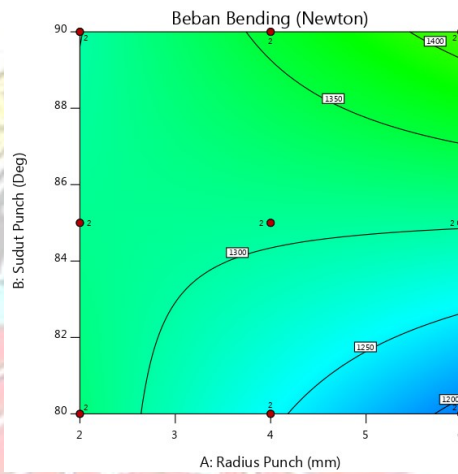
2. Ketebalan Pelat 2 mm

- **Gaya Bending**

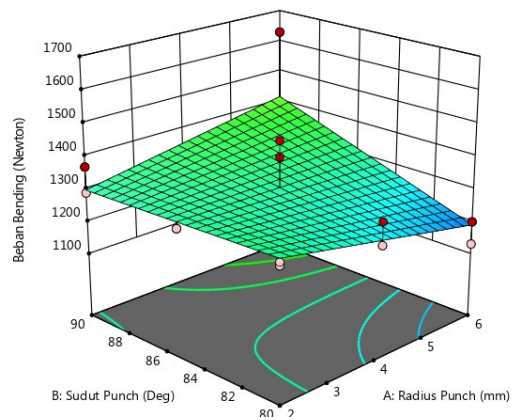
Berikut hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) yang diperoleh dari hasil pengukuran aktual adalah sebagai berikut:

Tabel 4.13 Gaya Bending hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) pada Pelat ketebalan 2 mm

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	1.263E+05	6	21050.77	2.82	0.0371	significant
A-Radius Punch	133.33	1	133.33	0.0179	0.8949	
B-Sudut Punch	31008.33	1	31008.33	4.16	0.0548	
C-Punch Travel	40562.96	1	40562.96	5.44	0.0302	
AB	45633.33	1	45633.33	6.12	0.0224	
AC	4900.00	1	4900.00	0.6574	0.4270	
BC	12469.44	1	12469.44	1.67	0.2106	
Residual	1.491E+05	20	7454.03			
Lack of Fit	98480.56	11	8952.78	1.59	0.2470	not significant
Pure Error	50600.00	9	5622.22			
Cor Total	2.754E+05	26				



Gambar 4.22 Grafik 2D



Gambar 4.23 Grafik 3D DoE

Adapun formulasi yang diperoleh berdasarkan Optimasi Doe 11 adalah sebagai berikut:

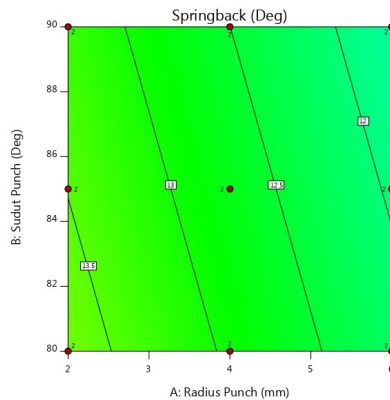
$$\begin{aligned} \text{Beban Bending} = & 20347.77778 - 858.33333 \times \text{Radius Punch} - 226.66667 \times \\ & \text{Sudut Punch} - 936.94444 \times \text{Punch Travel} + 6.16667 \times \text{Radius Punch} * \\ & \text{Sudut Punch} + 17.50000 + \text{Radius Punch} * \text{Punch Travel} - +11.16667 \times \\ & \text{Sudut Punch} * \text{Punch Travel} \end{aligned}$$

- Springback

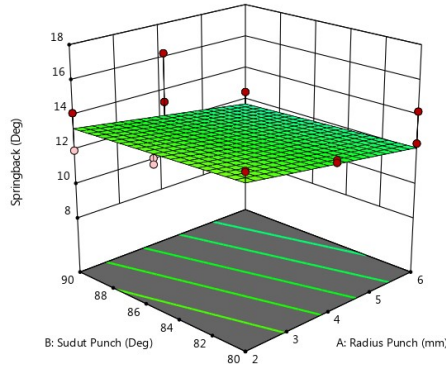
Berikut hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) yang diperoleh dari hasil pengukuran aktual adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14 Springback hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) pada Pelat ketebalan 2 mm

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	41.57	3	13.86	7.34	0.0013	significant
A-Radius Punch	10.63	1	10.63	5.63	0.0264	
B-Sudut Punch	0.8537	1	0.8537	0.4525	0.5079	
C-Punch Travel	30.09	1	30.09	15.95	0.0006	
Residual	43.39	23	1.89			
Lack of Fit	29.27	14	2.09	1.33	0.3389	not significant
Pure Error	14.12	9	1.57			
Cor Total	84.97	26				



Gambar 4.24 Grafik 2D



Gambar 4.25 Grafik 3D DoE

Berdasarkan gambar di atas menunjukkan bahwa sudut *punch* dan radius *punch* mempengaruhi besarnya nilai *springback*. Semakin besar sudut *punch* dan semakin besar radius *punch* maka *springback* yang dihasilkan cenderung besar.

Adapun formulasi yang diperoleh berdasarkan Optimasi DoE 11 adalah sebagai berikut::

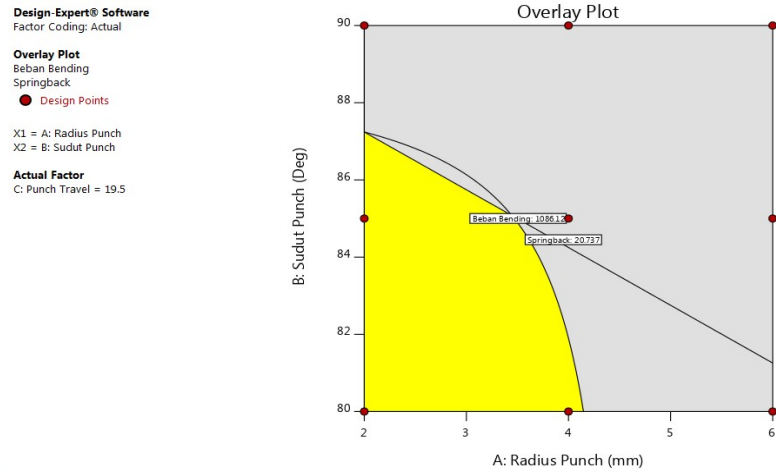
$$\text{Springback} = 60.50778 - 0.384167 \times \text{Radius punch} + 0.043556 \times \text{Radius Punch} - 2.23944 \times \text{Punch Travel}$$

4.7.2 Penentuan Parameter Optimum terhadap Beban *Bending* dan *Springback*

1. Ketebalan Pelat 1 mm

Dalam menentukan parameter yang optimum dari data hasil penelitian yang diperoleh, maka *software* DoE menunjukkan agar peneliti memilih sudut *punch* dan radius *punch* yang kecil untuk

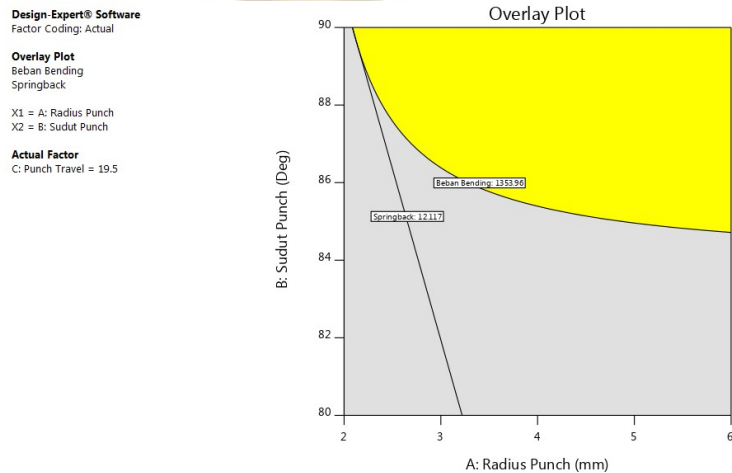
mendapatkan sudut *bending* yang mendekati 90° sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.26 Grafik Overlay Data *Input* untuk sudut *bending* mendekati 90°

2. Ketebalan Pelat 2 mm

Dalam menentukan parameter yang optimum dari data hasil penelitian yang diperoleh, maka *software* DoE menunjukkan agar peneliti memilih sudut *punch* dan radius *punch* yang kecil untuk mendapatkan sudut *bending* yang mendekati 90° sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.27 Grafik Overlay Data *Input* untuk sudut *bending* mendekati 90°

4.7.3 Sudut dan Radius *Punch* Berdasarkan Optimasi DoE

1. Ketebalan Pelat 1 mm

Berdasarkan hasil optimasi dengan menggunakan DoE 11 maka didapat 50 hasil rekomendasi pemilihan sudut punch, radius punch, dan punch travel yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.15 Tabel rekomendasi sudut punch dan radius puch

No	Radius Punch	Sudut Punch	Punch Travel	Beban Bending	Springback
1	2.000003877	87.2098370 1	19.4999994 5	1086.60684	20.7293565 7
2	2.000013117	87.2439956 9	19.4999970 6	1086.090456	20.7376163
3	2.000004284	87.1626269 8	19.4999988 2	1087.320201	20.7179542 2
4	2.000028529	87.1062435	19.4999990 7	1088.171954	20.7043427
5	2.000009781	87.0323723 4	19.4999985 5	1089.288412	20.6864930 6
6	2.000007044	87.3858434 2	19.4999997 2	1083.947174	20.7718724 3
7	2.000007875	86.9938471 3	19.4999941 3	1089.870379	20.677196
8	2.000009413	87.3190949 4	19.4996857 4	1084.941154	20.7564311 7
9	2.000019606	87.4561615 2	19.4999999 6	1082.884485	20.7888621 8
10	2.000006932	87.5009837 8	19.4999980 7	1082.207205	20.7996887 8
11	2.000000146	87.5746532 6	19.4999987 4	1081.09407	20.8174801 5
12	2.00001151	87.7946175 1	19.4999981 2	1077.770055	20.8706191 9
13	2.00000391	86.5819357 2	19.4999998 9	1096.095132	20.5776825 8
14	2.000002607	87.8601994 8	19.4999967 5	1076.779046	20.8864606 2

15	2.000003108	86.8269260 2	19.4974261 4	1092.267602	20.6424460 8
16	2.016560904	87.1004714 3	19.4999955 2	1088.07173	20.7089307 4
17	2.019036242	87.3795422 6	19.4999995 5	1083.856472	20.7772276 7
18	2.000002875	88.0126566 2	19.4999990 5	1074.475352	20.9232826
19	2.00001801	87.3329306 1	19.4944330 4	1084.487464	20.7711747 2
20	2.000000357	88.0724712 3	19.4999981 6	1073.571464	20.9377321 6
21	2.000015953	88.1620386 1	19.4999951 4	1072.217788	20.9593798 7
22	2.000050368	87.7337020 1	19.4943490 6	1078.437057	20.8681772 1
23	2.000045132	88.2055044 7	19.4999988 3	1071.560983	20.9698818 2
24	2.015172853	88.0215393 8	19.4999998	1074.247325	20.9309089 2
25	2.000007009	88.2633860 7	19.4999979 4	1070.686489	20.9838516
26	2.000018925	86.7344315 7	19.4918378 5	1093.389384	20.6322358 5
27	2.047248406	87.1949295 1	19.4999994 9	1086.321845	20.7428291 2
28	2.000001967	88.4089361 2	19.4999951 9	1068.486978	21.0190141 6
29	2.00000184	86.0366267 9	19.4999941 9	1104.335082	20.4459718
30	2.000012421	85.9255164 7	19.4999981 3	1106.014097	20.4191277 5
31	2.064904757	87.0104474 2	19.4999953 5	1088.851826	20.7046562 4
32	2.000008134	88.6265998 4	19.4999957 5	1065.19785	21.0715930 6
33	2.000023965	88.7495427	19.4999999 3	1063.34019	21.1012872 4
34	2.091550173	87.0198579 8	19.4999998 5	1088.399415	20.7165490 2
35	2.000008543	85.6297065 8	19.4999990 5	1110.484215	20.3476698 4
36	2.000028962	88.9703263 2	19.4999973 5	1060.003827	21.1546261 6
37	2.000012634	89.0290974	19.4999986	1059.115802	21.1688138

		3	7		8
38	2.000005488	88.8519478 1	19.4919260 5	1061.470025	21.1435374 1
39	2.000000006	89.3425085 7	19.4999958 5	1054.379713	21.2445216 4
40	2.000010856	89.7019941 6	19.4999998 1	1048.947672	21.3313526 9
41	2.050955467	89.4811592 2	19.4999982 4	1052.38473	21.2964230 3
42	2.000007773	89.7501777 6	19.4999983 2	1048.219502	21.3429938 4
43	2.000001712	89.8495635 5	19.4999968 8	1046.717602	21.3670019 7
44	2.000011499	84.8952755 4	19.4889830 4	1120.952938	20.1941697 4
45	2.293868301	86.2610147 2	19.4999994 6	1096.238372	20.6063625 7
46	2.000002842	89.9998115 4	19.4836114 3	1043.873693	21.4388520 3
47	2.000003809	86.4015380 1	19.4259522 3	1095.074825	20.6947898 9
48	2.000000764	84.3031029 4	19.4999970 6	1130.530693	20.0272228 6
49	2.000003737	83.8424313 1	19.4999998 8	1137.492031	19.9159400 2
50	3.834538726	88.7287811 4	19.4999992 4	1059.550961	21.7592469 2

2. Ketebalan Pelat 2 mm

Berdasarkan hasil optimasi dengan menggunakan DoE 11 maka didapat 50 hasil rekomendasi pemilihan sudut punch, radius punch, dan punch travel yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.16 Tabel rekomendasi sudut punch dan radius puch

No	Radius Punch	Sudut Punch	Punch Travel	Beban Bending	Springback
1	2.085960802	89.99999568	19.49999997	1353.953772	12.11725475
2	2.075733387	89.99999929	19.49999903	1353.565898	12.12118575

3	2.101707256	89.9999574	19.4999986	1354.550526	12.11121022
4	2.048478271	89.99998133	19.49999945	1352.532453	12.13165608
5	2.021338809	89.99997169	19.49999989	1351.503429	12.14208161
6	2.155081484	89.99999346	19.4999976	1356.574335	12.0907063
7	2.161468636	89.9999996	19.49999829	1356.816614	12.08825076
8	2.196019585	89.99996068	19.49999769	1358.126426	12.07498047
9	2.218524689	89.99966814	19.49999948	1358.978536	12.0663435
10	2.235816687	89.99993075	19.49999907	1359.63539	12.05968996
11	2.000407422	89.99277422	19.49998319	1350.683455	12.15047363
12	2.254673326	89.99996212	19.49999612	1360.350202	12.05245112
13	2.121623554	89.99999798	19.49908514	1355.209767	12.10560293
14	2.301800039	89.99998959	19.49999951	1362.137588	12.03433781
15	2.351458482	89.99997951	19.49999626	1364.020056	12.0152684
16	2.374810139	89.99998419	19.49999917	1364.905815	12.00629075
17	2.402204043	89.99996776	19.49999894	1365.944375	11.99576816
18	2.169073285	89.95705656	19.4999994	1356.91358	12.08719722
19	2.457201417	89.9999971	19.49999706	1368.029654	11.97464294
20	2.473076861	89.99999686	19.49999983	1368.631903	11.96853793
21	2.046843456	89.92151096	19.49999462	1352.179194	12.13571277
22	2.00148259	89.9205757	19.49999831	1350.478395	12.15317136
23	2.548889531	89.99997765	19.49999809	1371.506139	11.93941796
24	2.106990409	89.91057784	19.49999817	1354.38645	12.11307455
25	2.163830917	89.91001475	19.49999955	1356.507959	12.09125977
26	2.2429555	89.88642047	19.49999727	1359.347987	12.06189551
27	2.13374811	89.99999941	19.4916569	1354.886394	12.11758015
28	2.703648844	89.99997969	19.49999881	1377.374168	11.8799629
29	2.727607642	89.99995398	19.49999853	1378.282367	11.87076046

30	2.324687663	89.99990776	19.48489683	1361.362752	12.05937033
31	2.000079237	89.74181649	19.49999819	1349.815015	12.16149671
32	2.203816362	89.99996843	19.483461	1356.658913	12.10901787
33	2.8891786	89.99997662	19.4999972	1384.408593	11.80869228
34	2.990239221	89.99998528	19.49999614	1388.24041	11.76987016
35	3.07887214	89.99999848	19.49999511	1391.601068	11.73582208
36	2.634047278	89.99998307	19.47024312	1371.338496	11.97333758
37	2.000184131	89.42201469	19.49999848	1348.72584	12.17538491
38	3.236261699	89.99999004	19.49999851	1397.569072	11.675351
39	3.340786018	89.99998841	19.49999522	1401.531841	11.63520368
40	2.544453088	89.36790612	19.4999986	1367.056258	11.96865139
41	3.464386618	89.99995709	19.49999822	1406.218341	11.58771511
42	3.535920652	89.99999173	19.49999957	1408.931274	11.56022958
43	2.000014168	88.75860753	19.49999988	1346.453438	12.20434215
44	3.661949145	88.84662374	19.49999953	1397.948667	11.5620493
45	2.000020687	86.8356625	19.49999943	1339.8833	12.28809559

4. 8. Analisis Biaya Pembuatan

4.8.1 Biaya Bahan Langsung

Jumlah keseluruhan biaya untuk bahan pembuatan dari pembuatan desain *press tool* alat *bending V* adalah Rp 3.166.186 ,- berikut merupakan rincian biaya bahan langsung:

Tabel 4.17 Biaya Bahan Langsung

No.	Nama Barang	Banyak	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Pelat Baja 22 x 320 x 210 mm	2	240.000	480.000

2	Pelat Baja 22 x 80 x 80 mm	1	40.000	40.000
3	Pelat Baja 22 x 110 x 90 mm	1	50.000	50.000
4	Pelat Baja 22 x 90 x 70 mm	9	40.000	360.000
5	Pelat Baja 22 x 170 x 50 mm	2	50.000	100.000
6	As Kotak ST 42 60 x 60 x 55 mm	4	150.000	600.000
7	As Besi Pejal ST 42 Ø1,5" x 150 mm	1	50.000	50.000
8	As Besi Pejal ST 42 Ø1" x 1.000 mm	1	80.000	80.000
9	Pelat <i>Stainless Steel</i> 2 mm x 500 mm x 500 mm	1	600.000	600.000
10	As Kuningan Ø1 1/4" x 140 mm	1 Kg	135.000	135.000
11	H.T B/N M16 X 40 2.0 8.8 FULL	4	6.623	26.492
12	H.T B/N M14 X 50 8.8 HITAM HALF	2	6.347	12.694
13	BO L M8 X 45 MM 4P	2	8.000	16.000
14	BO L M8 X 30 MM 4P	1	6.000	6.000
15	BMP M8X90 4PC	1	10.000	10.000
16	PEGAS COIL ST 60 Ø36 X d6 X 160 mm	4	146.000	584.000
17	Ring Pelat 16X30	1 bungkus	16.000	16.000
Jumlah (Rp)				3.166.186

Tabel 4.18 Biaya Tak Langsung

No.	Nama Mesin	Nama Bahan	Jumlah	Harga (Rp)
1	Bubut	Pahat HSS	1 buah	40.000
		Oli dromus	1	60.000
		Kuas	1 buah	4.000
		Majun	1 kg	12.000
2	Frais	Pahat End Mill	1 buah	240.000
		Face Mill	1 buah	1.275.000
		Kuas	1 buah	4.000
		Majun	1 kg	12.000
3	Bor	Mata Bor 5 mm	3 buah	30.500
		Mata Bor 8 mm	1 buah	15.000
		Mata Bor 10 mm	4 buah	80.000
		Mata Bor 12 mm	1 buah	20.000
4	Gerinda	Mata gerinda asah	3 buah	30.000
		Mata gerinda potong	10 buah	10.000
		Amplas Gerinda 60	5 buah	7.500
		Amplas Gerinda 240	3 buah	4.500
		Amplas Gerinda 220	2 buah	3.000
		Piring Amplas	1 buah	8.000
5	Tap	Amplas 150	8 lembar	28.000
		Hand Tap M6X1.0	1	20.000
		Hand Tap M16X2.0	1	75.000
Jumlah (Rp)				1.987.500

4.8.2 Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja dihitung berdasarkan Upah Minimum Provinsi (UMP) Sulawesi Selatan tahun 2020. UMP Sul-Sel tahun 2020 yaitu sebesar Rp 3.103.800,- dengan estimasi jam kerja perminggu selama 40 jam sehingga upah tenaga kerja diketahui dengan persamaan berikut:

$$\frac{3.103.800}{4 \times 40}$$

$$= 19.398$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui upah tenaga adalah Rp19.398,- per jam. Sedangkan waktu pengerjaan pemotongan, pembentukan, dan pengelasan permesinan ditentukan berdasarkan estimasi pengerjaan waktu tersebut meliputi waktu persiapan, waktu setting, waktu proses dan waktu penyelesaian. Adapun rincihan biaya tenaga kerja untuk setiap pengerjaan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.19 Biaya Tenaga Kerja

No.	Jenis Pengerjaan	Waktu Pengerjaan	Upah/Bulan (Rp)	Upah/Jam (Rp)	Upah Pengerjaan (Rp)
1	Pemotongan	4 jam			77.592
2	Bubut	12 jam			232.776
3	Bor	12 jam			232.776
4	Frais	180 jam	3.103.800	19.398	3.491.641
5	Gerinda	8 jam			107.184
Jumlah (Rp)					4.141.969

4.8.3 Biaya Listrik

Perhitungan biaya pemakaian listrik merupakan salah satu kategori dalam data biaya tidak langsung dalam proses produksi. Adapun perhitungan estimasi pemakaian biaya listrik pada mesin frais adalah sebagai berikut :

Tarif listrik mesin frais

Diketahui:

$$\text{Daya mesin} = 2,2 \text{ kW}$$

$$\text{TDL/jam} = \text{Rp.1.467,28} \qquad \text{Lama pengerjaan} = 180 \text{ jam}$$

$$\text{Biaya listrik} = (\text{daya} \times \text{TDL}) \times \text{lama pengerjaan}$$

$$= (2,2 \times 1.467,28) \times 180$$

$$= 3.228,016 \times 180$$

$$= \text{Rp581.042,88}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui biaya listrik yang dihasilkan selama pemakaian mesin bubut dalam proses produksi adalah Rp581.042,88,-. Berikut adalah rincian biaya listrik dari pemakaian beberapa mesin dalam proses produksi.

Tabel 4.20 Biaya Listrik

No.	Mesin	Daya (kW)	TDL (Rp)	Lama Pengerjaan	Tarif Listrik (Rp)
1	Pemotong	2,2	1.467,28	4 jam	12.912,064
2	Bubut	2,2	1.467,28	12 jam	38.736,192
3	Bor	2,2	1.467,28	12 jam	38.736,192
4	Frais	2,2	1.467,28	180 jam	581.042,88
5	Gerinda	2,2	1.467,28	8 jam	25.824,128
Jumlah (Rp)					116.789

4.8.4 Biaya Penyusutan Mesin

Penyusutan mesin frais

Diketahui:

Harga mesin bubut = Rp 100.000.000

Umur mesin = 30 tahun

Persentase penyusutan = 10 %

Nilai sisa = (harga pokok mesin x persentase penyusutan)

$$= 100.000.000 \times 10 \%$$

$$= \text{Rp } 10.000.000$$

Biaya penyusutan pertahun

$$= (\text{harga pokok mesin} - \text{nilai sisa}) \times (1/\text{umur mesin})$$

$$= (\text{Rp } 100.000.000 - \text{Rp } 10.000.000) \times (1/30)$$

$$= \text{Rp } 90.000.000 \times 1/30$$

$$= \text{Rp } 3.000.000/\text{tahun}$$

$$\text{Jadi} = \text{Rp } 3.000.000/12$$

$$= \text{Rp } 250.000 /\text{bulan}$$

Biaya penyusutan mesin frais selama proses pengerjaan adalah :

$$= \text{Rp } 250.000/30$$

$$= \frac{\text{Rp } 8.333}{24} \times 180$$

$$= \text{Rp } 62.497$$

Jadi biaya penyusutan mesin frais pada proses pengerjaan selama 160 jam adalah Rp62.497,-. Berikut adalah rincian biaya penyusutan mesin pada proses produksi.

Tabel 4.21 Hasil Penyusutan Mesin

No.	Mesin	Harga Mesin (Rp)	Umur Mesin (tahun)	Nilai Sisa (Rp)	Waktu Pengerjaan	Biaya Penyusutan (Rp)
1	Pemotong	150.000.000	33	15.000.000	4 jam	1.893
2	Bubut	96.000.000	32	9.600.000	12 jam	3.750
3	Bor	3.141.000	33	314.100	12 jam	119
4	Frais	100.000.000	32	10.000.000	180 jam	62.497
5	Gerinda	350.000	2	35.000	8 jam	145
Jumlah (Rp)						68.404

Adapun biaya tidak langsung yang diperoleh berdasarkan data sebelumnya sebagai berikut :

Tabel 4.22 Biaya Tidak Langsung

No.	Biaya Tidak Langsung	Harga (Rp)
1	Biaya bahan tidak langsung	1.987.500
	Biaya listrik	116.789
3	Biaya penyusutan mesin	68.404
Jumlah (Rp)		2.172.693

Berdasarkan data diatas biaya yang diperoleh dari proses pengerjaan rancang bangun *press tool bending* V dapat diketahui dengan menjumlahkan biaya tidak langsung, biaya tarif listrik, dan biaya penyusutan mesin yaitu Rp 2.172.693,-.

Adapun biaya untuk memproduksi alat *press tool bending V* dapat diketahui dari jumlah biaya bahan langsung, biaya tenaga kerja, dan biaya tidak langsung dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut ini.

Tabel 4.23 Biaya Manufaktur

No.	Biaya Manufaktur	Harga (Rp)
1	Biaya bahan langsung	3.166.186
2	Biaya tenaga kerja	4.141.969
3	Biaya tidak langsung	1.987.500
Jumlah (Rp)		9.295.655

Dilihat dari hasil perhitungan diatas telah diketahui biaya untuk memproduksi 1 unit alat *press tool bending V* yaitu Rp 9.295.655,-.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Perancang *Press Tool* sebagai alat bantu *bending v* untuk material *stainless steel* dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil pengujian, sudut *punch* dan radius *punch* yang terbaik dihasilkan mendekati 90° untuk material *stainless steel* ketebalan 1 mm yaitu sudut *punch* 80° dengan radius *punch* 2 mm.
2. Berdasarkan hasil pengujian, sudut *punch* dan radius *punch* yang terbaik dihasilkan mendekati 90° untuk material *stainless steel* ketebalan 2 mm yaitu sudut *punch* 90° dengan radius *punch* 2 mm.
3. Alat *press tool* memiliki kapasitas yaitu panjang garis *bending* 60 mm, lebar *bending* 44 mm, tinggi pegas 160 mm, jarak langkah bebas 19.5 mm, beban pegas yang diterima 135,39 N dan kapasitas material yang dapat ditekuk adalah *stainless steel* ketebalan 1 mm dan 2 mm.
4. Biaya manufaktur *press tool* alat *bending V brake* yaitu Rp. Rp 9.295.655.
5. Besar beban yang digunakan untuk hasil *bending* sama dengan 90° yaitu 1110 N.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait sifat mekanis material stainless steel sehingga dapat membentuk sudut 90° .
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi sudut *punch* dan *die* sehingga untuk sudut-sudut khusus dapat terbentuk dengan baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Buang, M. S., Abdullah, S. A., & Saedon, J. (2015). Effect of die and punch radius on springback of stainless steel sheet metal in the air v-die bending process. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 8, 1322-1331.
- Carli, J. T. M. (2016). Analisis Hasil Pemotongan Press Tool Pemotong Strip Plat Pada Mesin Tekuk Hidrolik Promecam Di Laboratorium Pemesinan. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(3).
- Dahlan, D. (2012). Elemen mesin. *Jakarta: Citra Harta*.
- Erdin, M. E., & Atmaca, A. (2016). Effects of holding force on the springback behavior of annealed aluminum plates.
- Ivanišević, A., Milutinović, M., Štrbac, B., & Skakun, P. (2013). Stress state and spring back in v-bending operations. *Journal for Technology of Plasticity*, 39(2), 157-167.
- Kumar, A., Viswanath, P., Mahesh, K., Swati, M., Kumar, P. M., Abhijit, A., & Singh, S. (2010). Prediction of springback in V-bending and design of dies using finite element simulation. *International Journal of Materials and Product Technology*, 39(3-4), 291-301.
- Kalpakjian, Serope dan Schmid, Steven R. (2010). *Manufacturing Engineering and Technology*, Edisi 6. Prentice Hall. New York-USA
- Rizza, M. A. (2014). Analisis Proses Blanking dengan Simple Press Tool. *Rekayasa Mesin*, 5(1), 85-90.

- Sumiyarso, B. (2013). Rancang Bangun Press Tool Sistem Compound Untuk Membuat Cylinder Head Gasket Sepeda Motor RX King. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(2).
- Suyuti, M. A., Iswar, M., Nur, R., & Erniyanti, E. (2019). Desain Konstruksi Press Tool Sebagai Alat Bending Bentuk V Dengan Garis Bending Max. 300mm. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 17(1), 48-56.
- Suyuti, M. A., Nur, R., & Iswar, M. (2019). *Perancangan Alat Proses Tekuk (Teori Dan Aplikasi)*. Deepublish.
- Suyuti, M. A. (2015). Rancang Bangun Prototipe Alat Metal Forming Sirip Roda Besi Traktor Tangan. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 13(1), 62-74.
- Suyuti, M. A. (2015). Rancang Bangun Sempel Press Tool untuk Bending V Bottoming. *Jurnal Teknik Mesin SINERGI*, 13(2), 160-173.
- Tekaslan, Ö., Gerger, N., & Şeker, U. (2008). Determination of spring-back of stainless steel sheet metal in “V” bending dies. *Materials & design*, 29(5), 1043-1050.
- Nur, R., Suyuti, M. A., & Iswar, M. (2019). Designing and Manufacturing the Press Tool of Air Bending V Brake. *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, 19(3), 139-144.
- Nur, R., & Suyuti, M. A. (2018). *Perancangan mesin-mesin industri*. Deepublish.

LAMPIRAN

Tabel hasil Analisis ANOVA

1. Ketebalan 1 mm

- **Beban bending**

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	70961.11	6	11826.85	4.19	0.0069	significant
A-Radius Punch	23472.22	1	23472.22	8.31	0.0092	
B-Sudut Punch	1422.22	1	1422.22	0.5034	0.4862	
C-Punch Travel	6050.00	1	6050.00	2.14	0.1589	
AB	37408.33	1	37408.33	13.24	0.0016	
AC	1200.00	1	1200.00	0.4247	0.5220	
BC	1408.33	1	1408.33	0.4985	0.4883	
Residual	56505.56	20	2825.28			
Cor Total	1.275E+05	26				

- **Springback**

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	56.85	3	18.95	7.47	0.0012	significant
A-Radius Punch	9.40	1	9.40	3.70	0.0667	
B-Sudut Punch	26.26	1	26.26	10.34	0.0038	
C-Punch Travel	21.19	1	21.19	8.35	0.0083	
Residual	58.39	23	2.54			
Cor Total	115.24	26				

2. Ketebalan 2 mm

- **Beban Bending**

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	1.263E+05	6	21050.77	2.82	0.0371	significant
A-Radius Punch	133.33	1	133.33	0.0179	0.8949	
B-Sudut Punch	31008.33	1	31008.33	4.16	0.0548	
C-Punch Travel	40562.96	1	40562.96	5.44	0.0302	
AB	45633.33	1	45633.33	6.12	0.0224	
AC	4900.00	1	4900.00	0.6574	0.4270	
BC	12469.44	1	12469.44	1.67	0.2106	
Residual	1.491E+05	20	7454.03			
Lack of Fit	98480.56	11	8952.78	1.59	0.2470	not significant
Pure Error	50600.00	9	5622.22			
Cor Total	2.754E+05	26				

- **Springback**

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	41.57	3	13.86	7.34	0.0013	significant
A-Radius Punch	10.63	1	10.63	5.63	0.0264	
B-Sudut Punch	0.8537	1	0.8537	0.4525	0.5079	
C-Punch Travel	30.09	1	30.09	15.95	0.0006	
Residual	43.39	23	1.89			
Lack of Fit	29.27	14	2.09	1.33	0.3389	not significant
Pure Error	14.12	9	1.57			
Cor Total	84.97	26				

3. Data Hasil Bending Springback

Sudut Punch	Radius Punch	<i>Springback</i>							
		KetebalanPelat 1mm				KetebalanPelat 2mm			
		Punch Travel 18.5	Punch Travel 19	Punch Travel 19.5	Rata-rata	Punch Travel 18.5	Punch Travel 19	Punch Travel 19.5	Rata-rata
80	2	17.75	19	20.83	19.19	16.58	14.25	14.33	15.05
	4	23	19.16	19.33	20.50	15.08	13.16	13	13.75
	6	23	21.33	20.5	21.61	14.33	14.25	12.41	13.66
85	2	22.83	22.66	21.16	22.22	14.16	13.25	12.91	13.44
	4	23.5	23.25	22.16	22.97	13.83	11.25	11.75	12.28
	6	25.33	22.58	21.08	23.00	14.58	10.66	10.33	11.86
90	2	25.75	18.33	21.41	21.83	15.66	14.16	12	13.94
	4	25.25	22.41	23.58	23.75	15.16	16.25	13.33	14.91
	6	24.5	23.08	21.33	22.97	15.25	12.5	9.16	12.30



FOTO KEGIATAN







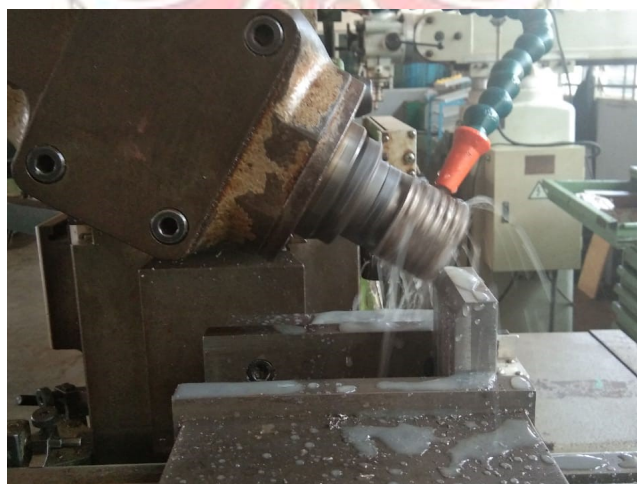








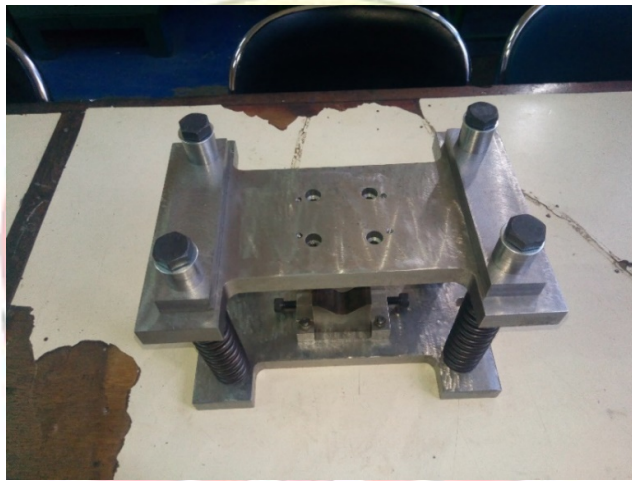


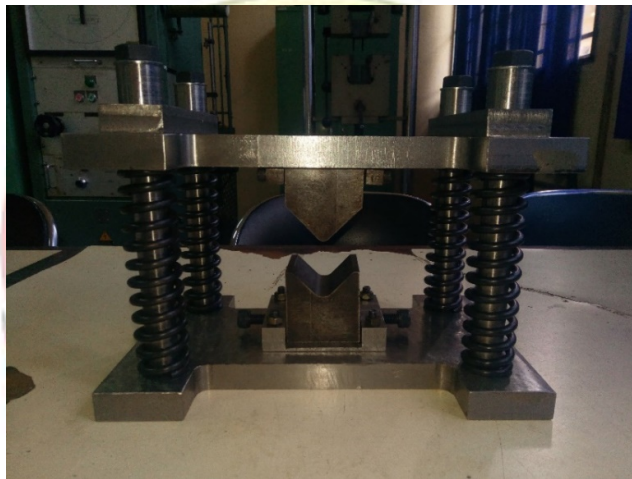




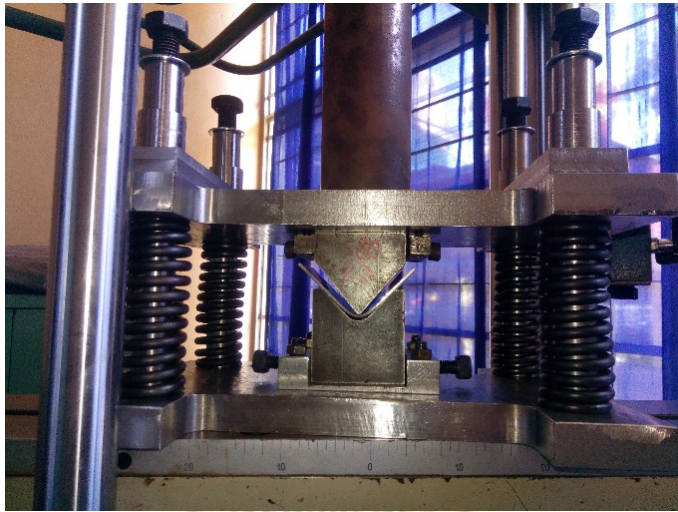


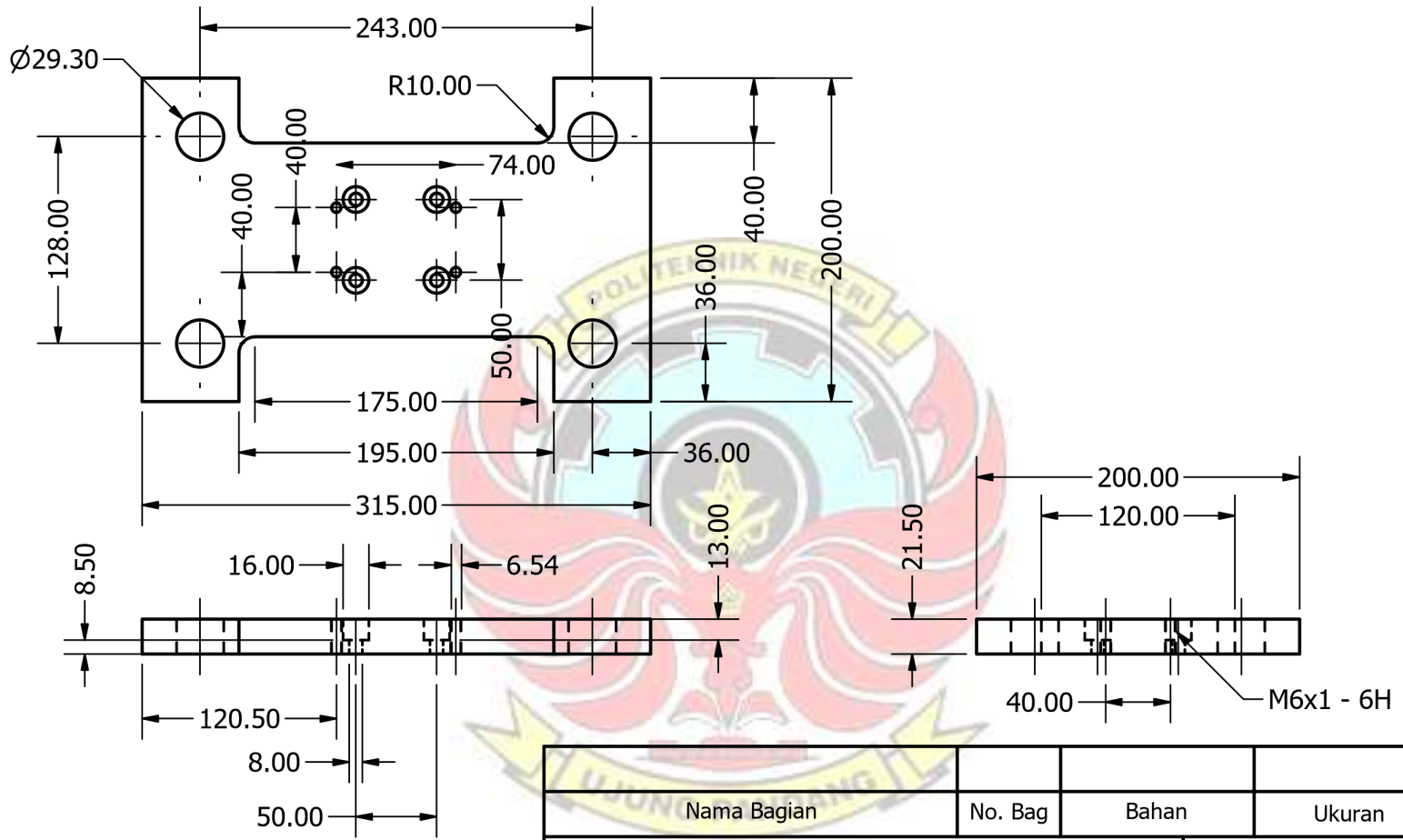


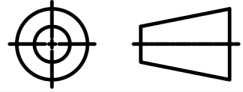


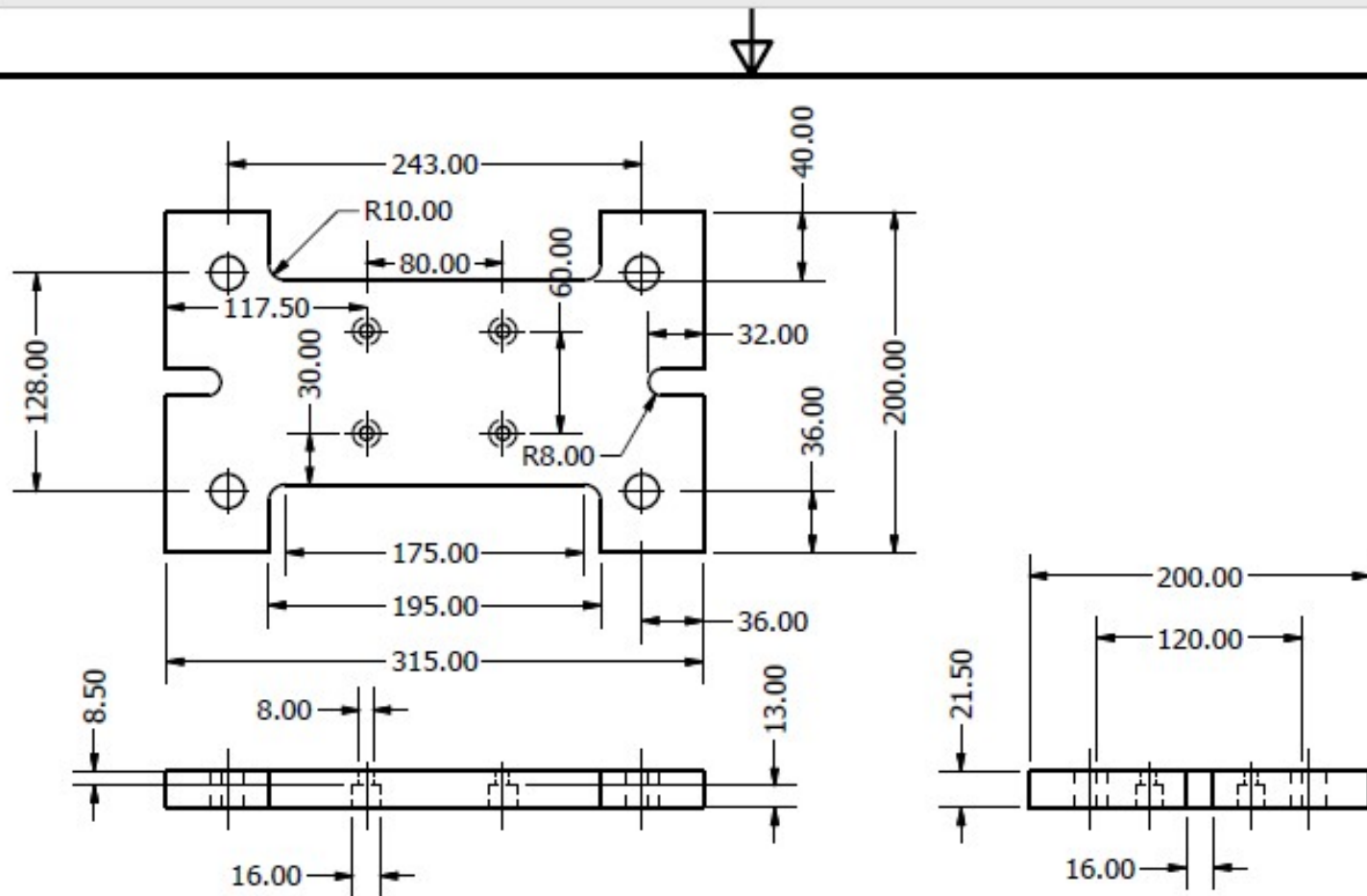




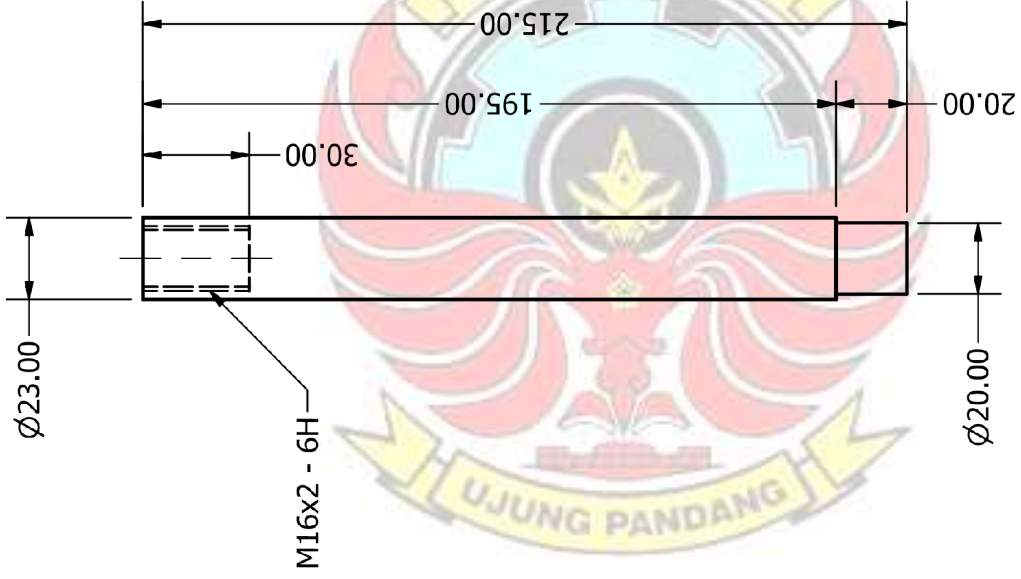
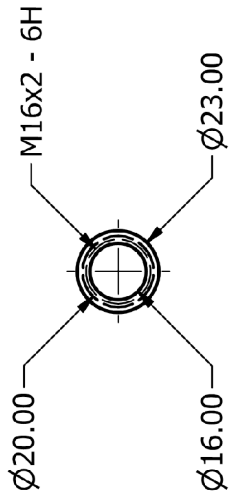






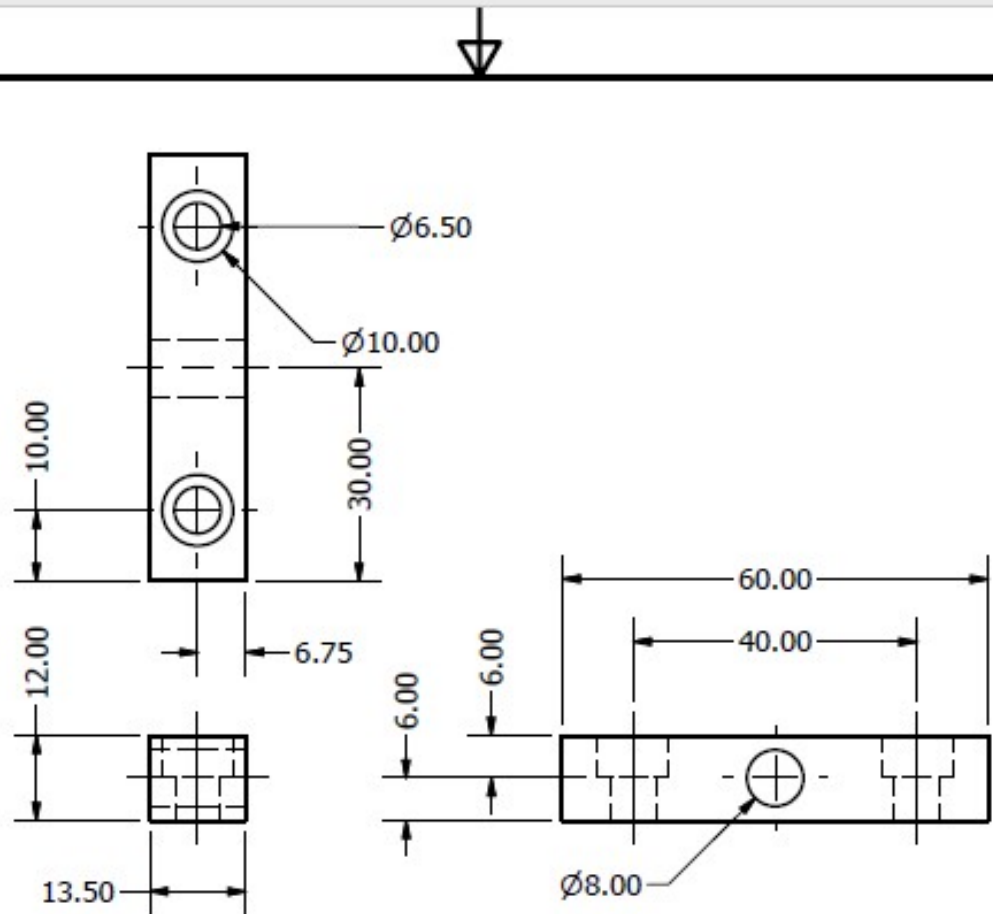
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
TOP PLATE					
				Skala : 1 : 4	Digambar : JUN
				Diperiksa :	
				Waktu :	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/001/A4/20		



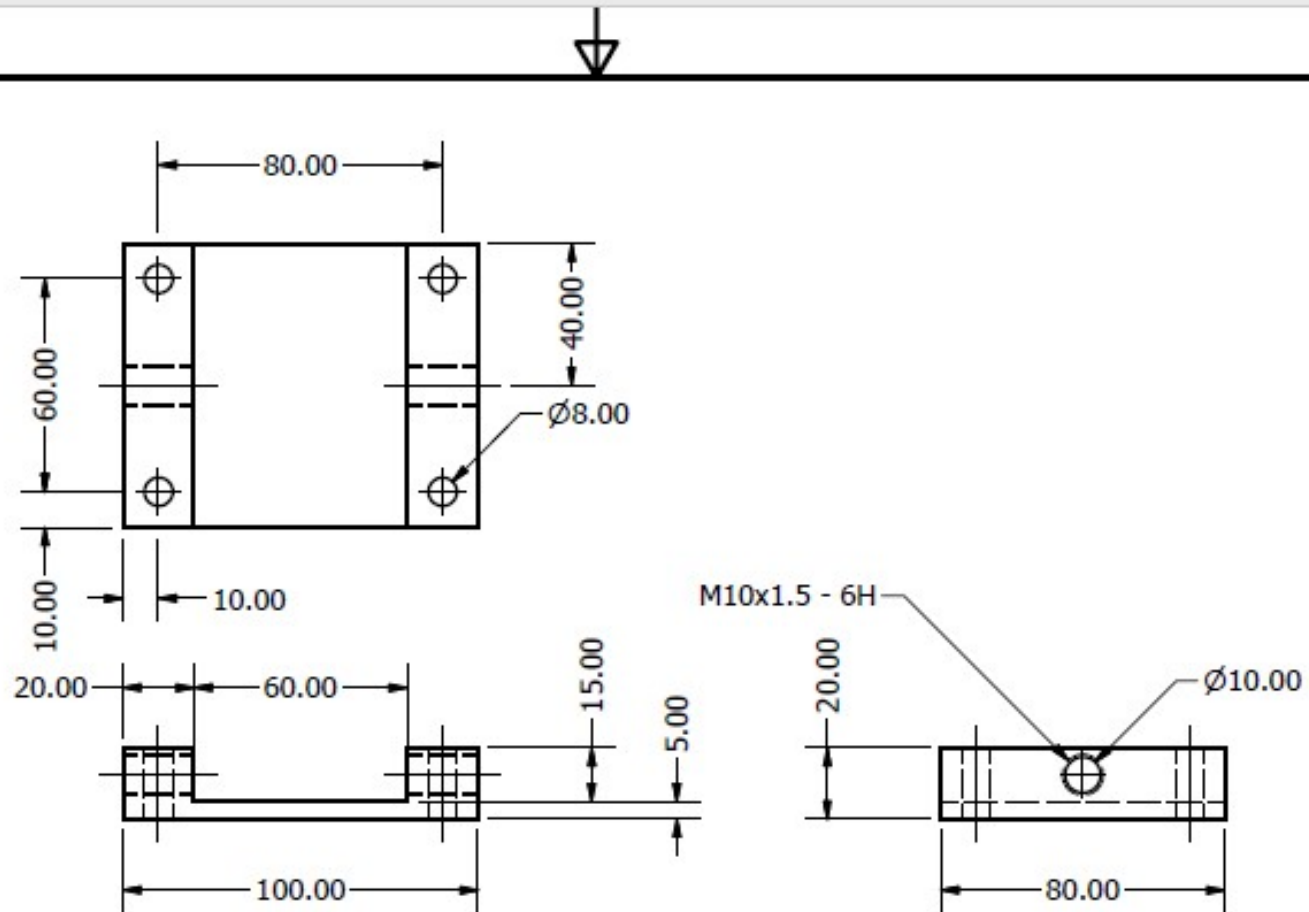
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
BOTTOM PLATE			Skala :	Digambar :
			1 : 4	JUN
				Diperiksa :
				Waktu :
				Dilihat :
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/002/A4/20	



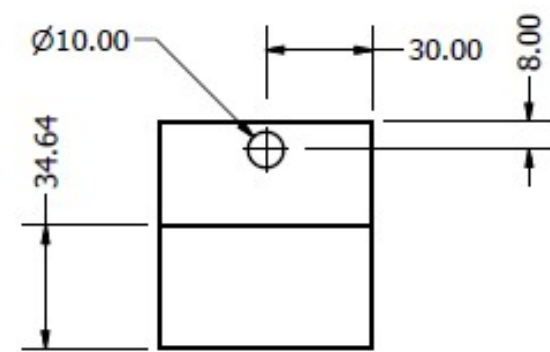
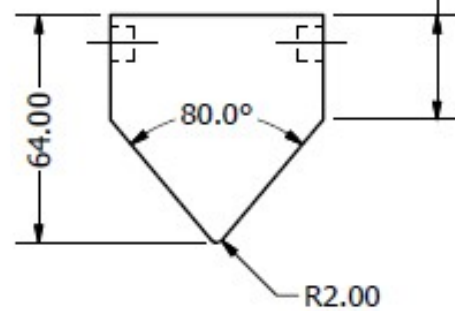
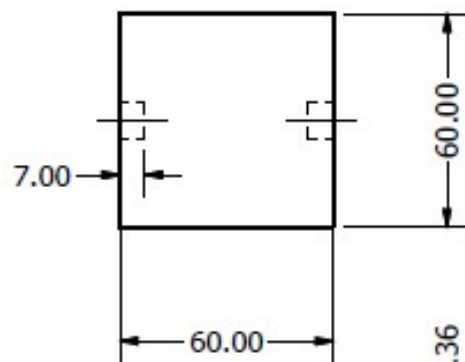
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
PILAR						
				Skala :	Digambar :	JUN
				1 : 2	Diperiksa :	
				Waktu :		
			Dilihat :			
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/003/A4/20			



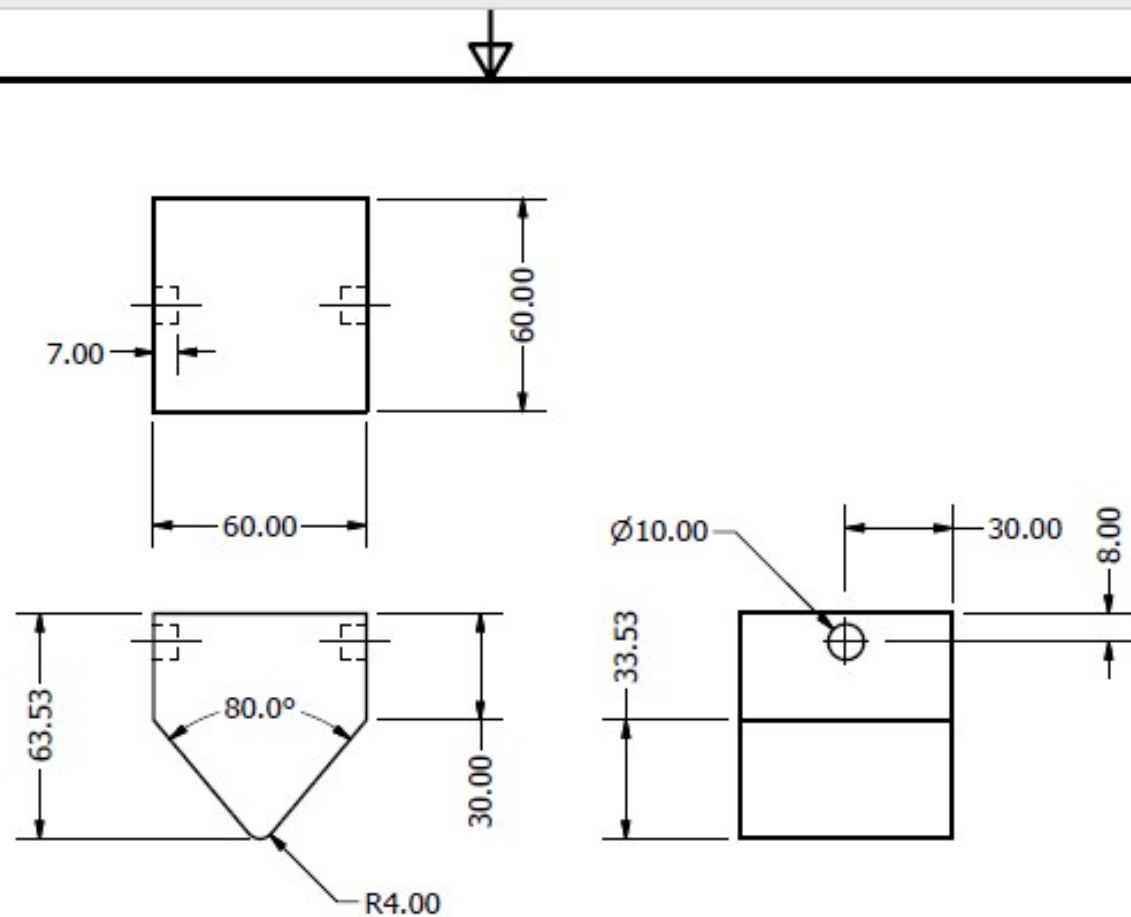
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
PENCEKAM PUNCH			Skala :	Digambar :
			1 : 1	JUN
				Diperiksa :
				Waktu :
				Dilihat :
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/004/A4/20	



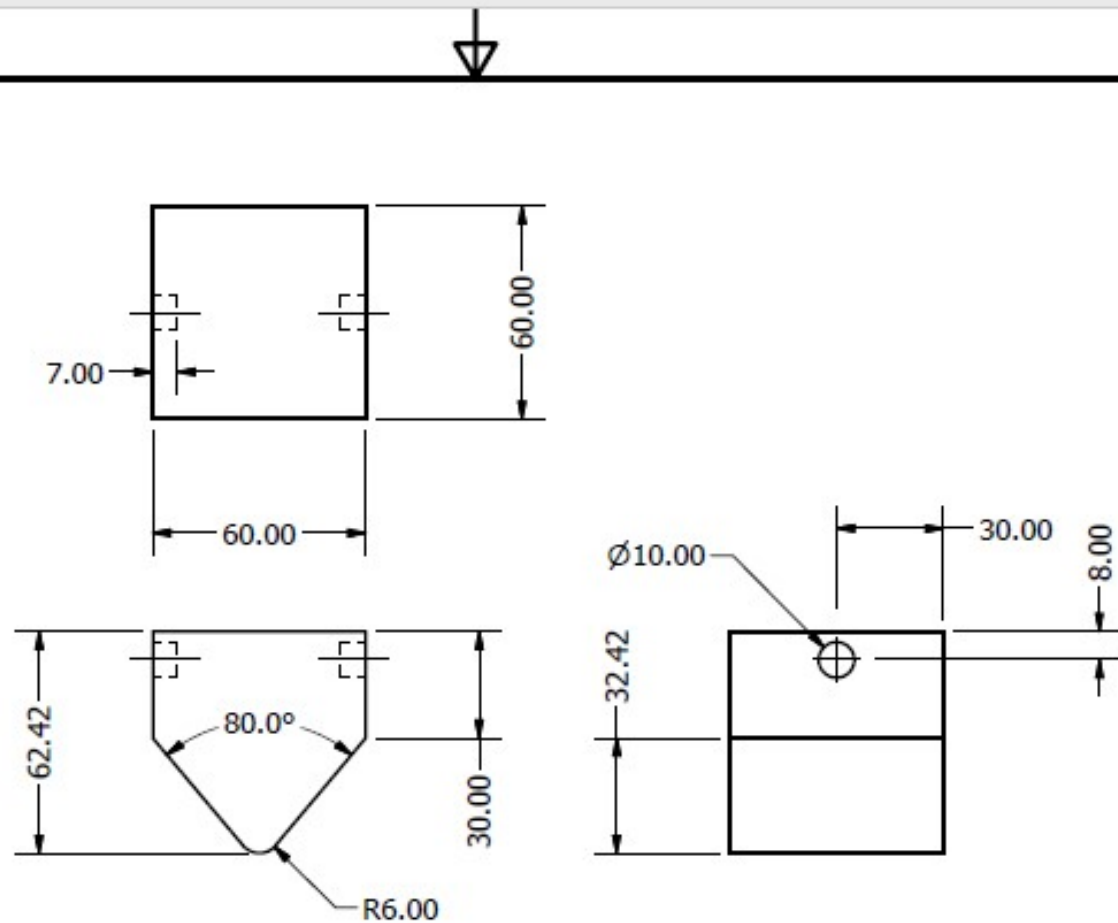
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
PENCEKAM DIE			Skala :	Digambar :
			1 : 2	JUN
				Diperiksa :
				Waktu :
				Dilihat :
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/005/A4/20	



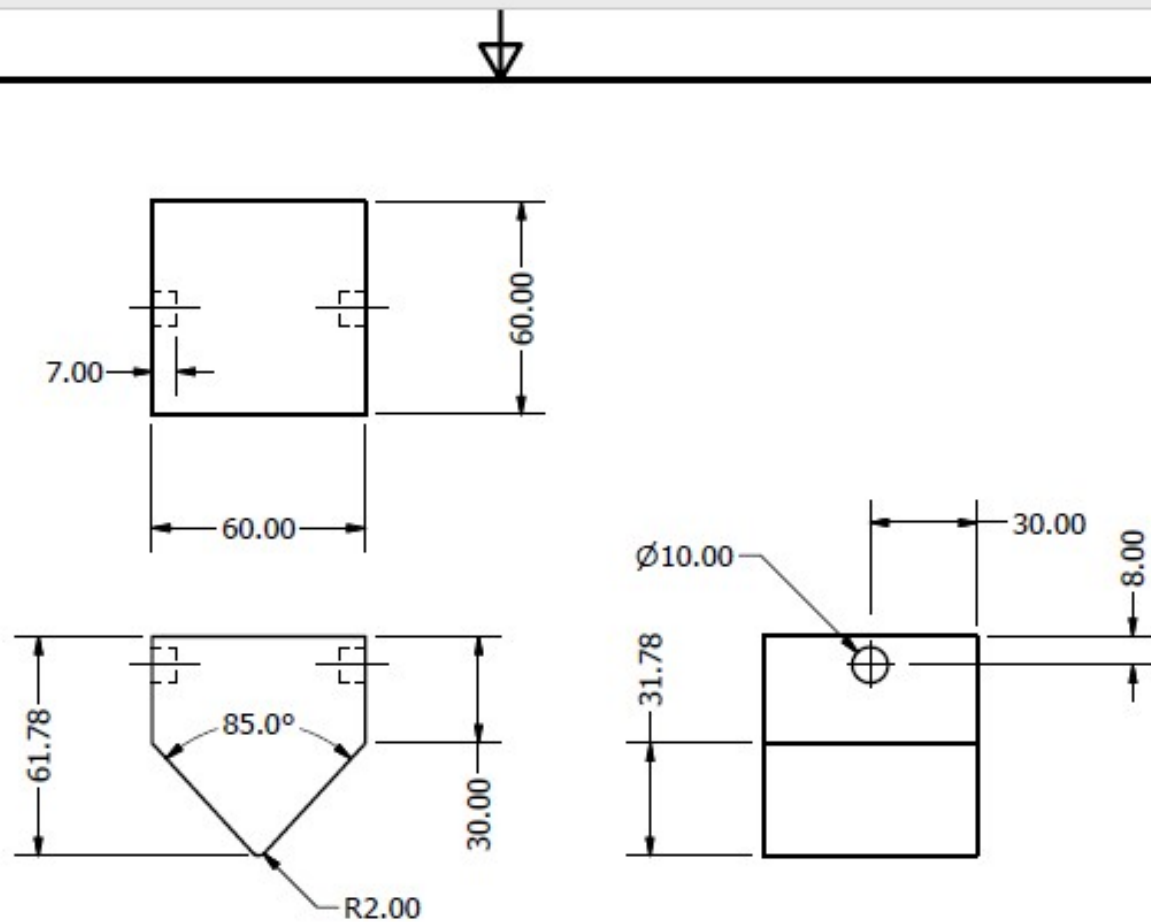
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
PUNCH 80° R2					
			Skala : 1 : 2	Digambar : JUN	
				Diperiksa :	
				Waktu :	
			Dilihat :		
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/006/A4/20		



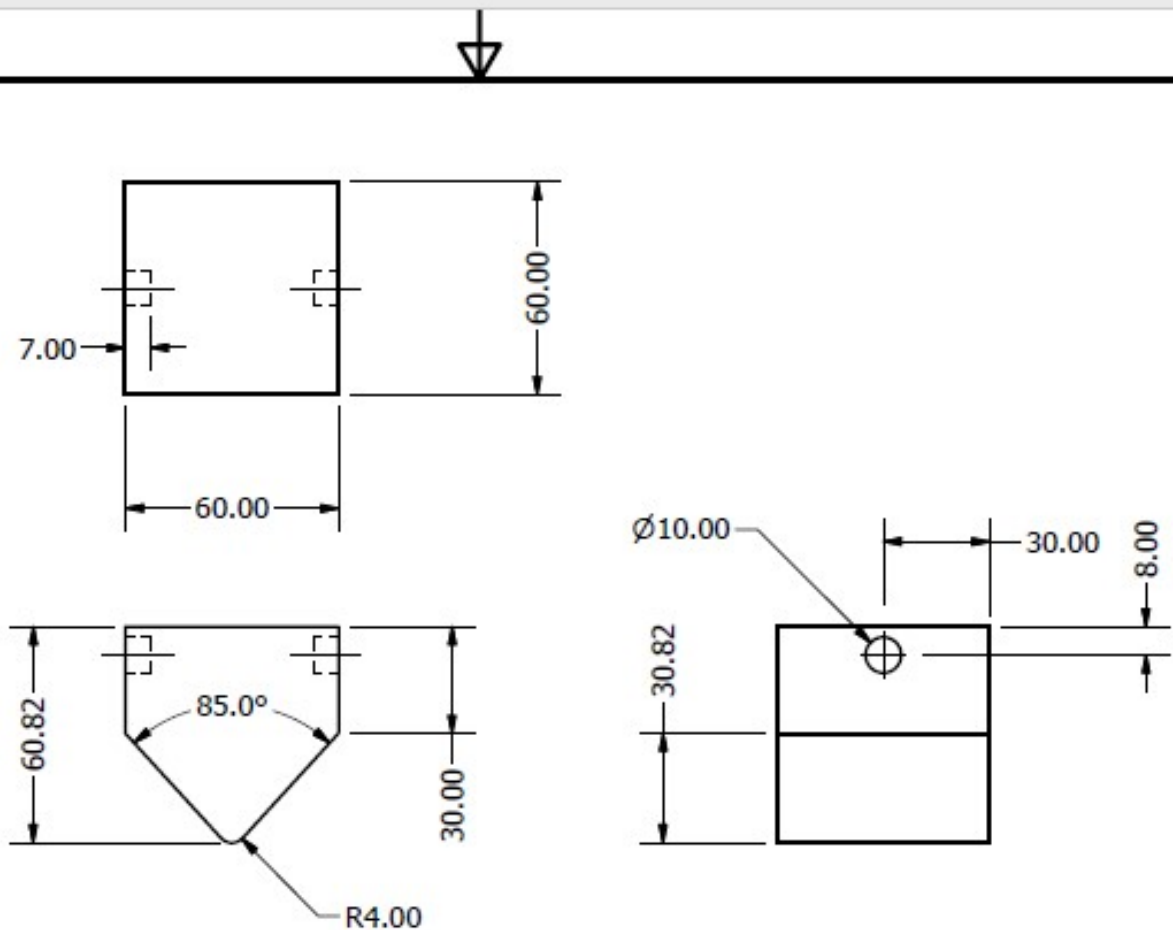
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
PUNCH 80° R4			Skala :	Digambar :
			1 : 2	JUN
				Diperiksa :
				Waktu :
				Dilihat :
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/007/A4/20	



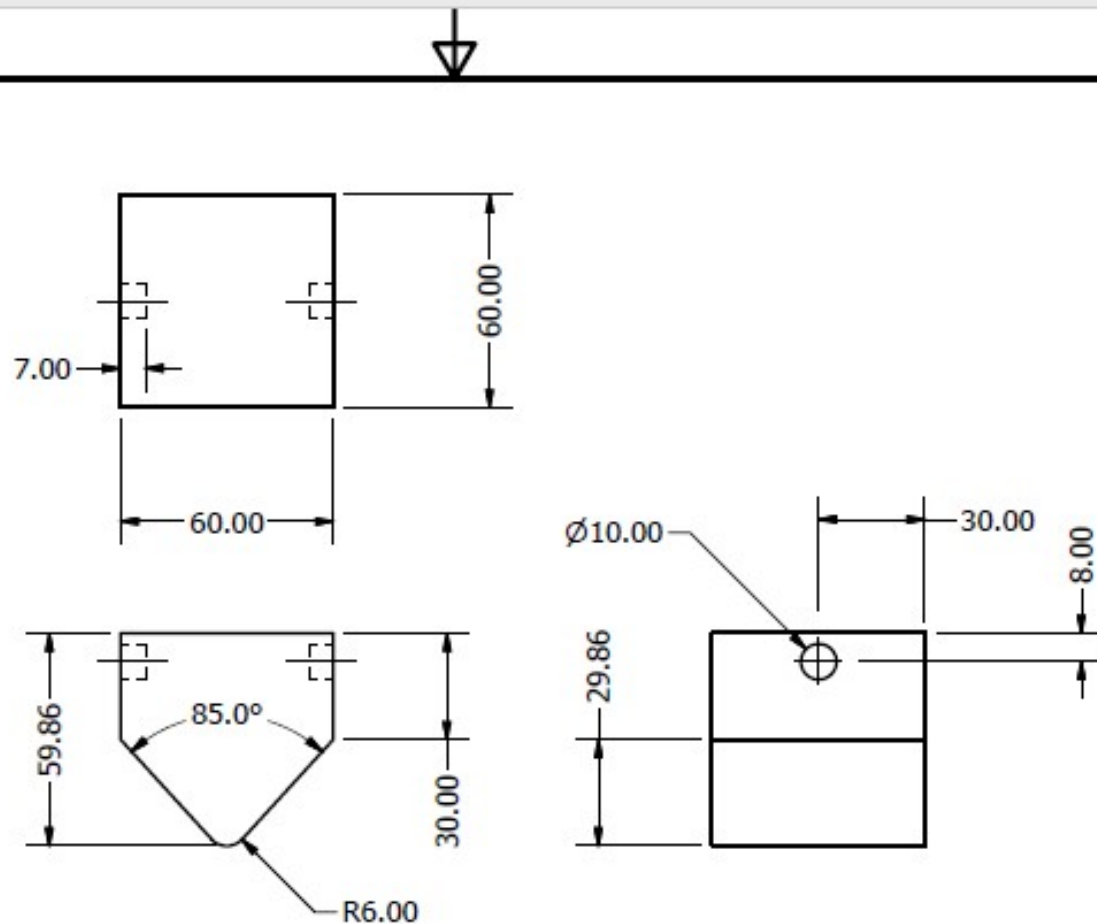
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
PUNCH 80° R6			Skala :	Digambar :
			1 : 2	JUN
				Diperiksa :
				Waktu :
				Dilihat :
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/008/A4/20	



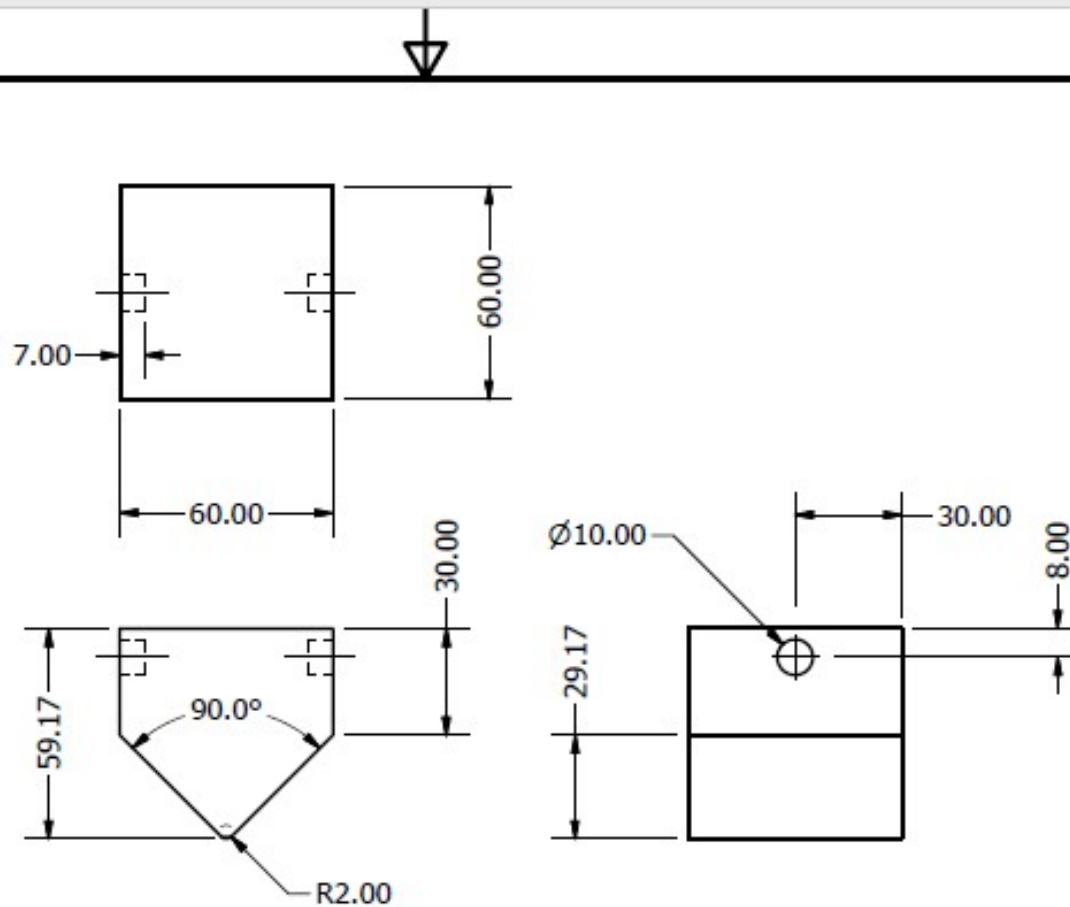
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
PUNCH 85° R2			Skala :	Digambar :
			1 : 2	JUN
			Waktu :	
			Dilihat :	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/009/A4/20	



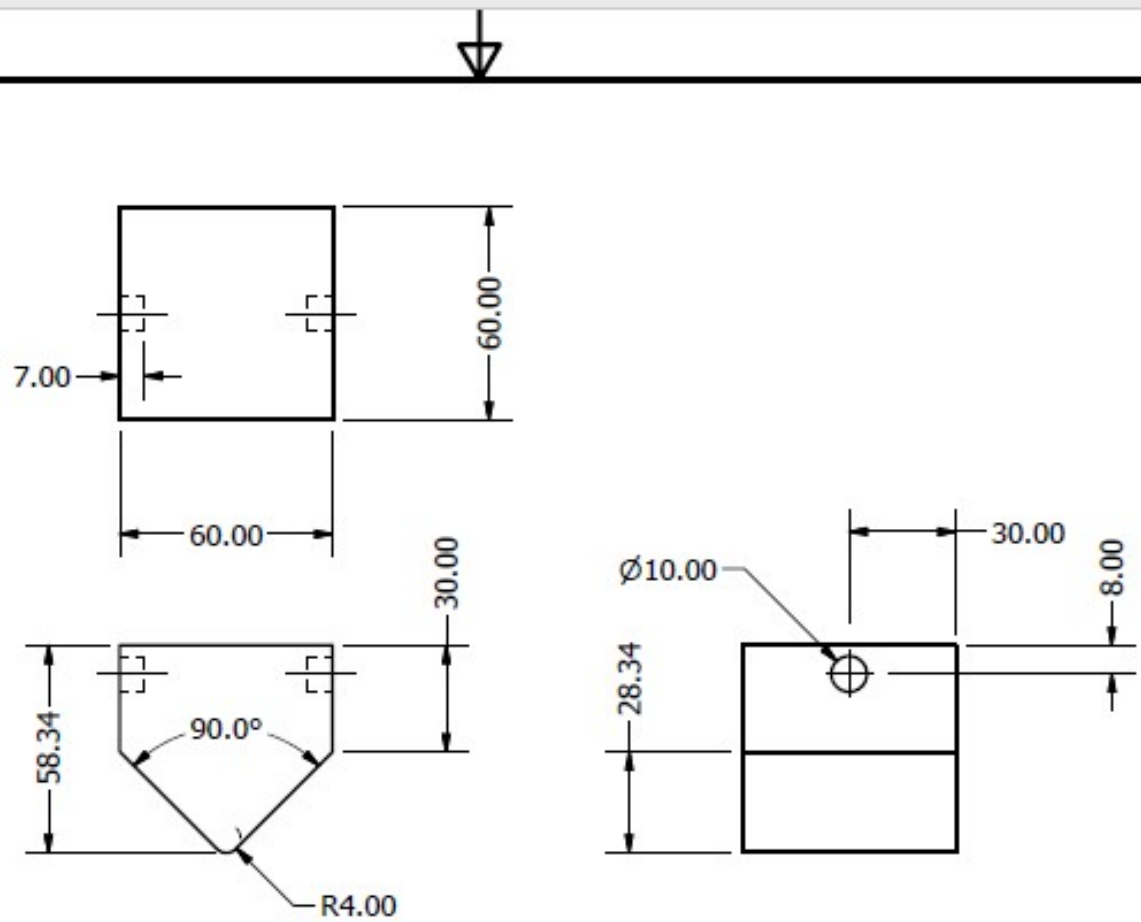
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
PUNCH 85° R4			Skala :	Digambar :
			1 : 2	JUN
				Diperiksa :
				Waktu :
				Dilihat :
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/010/A4/20	



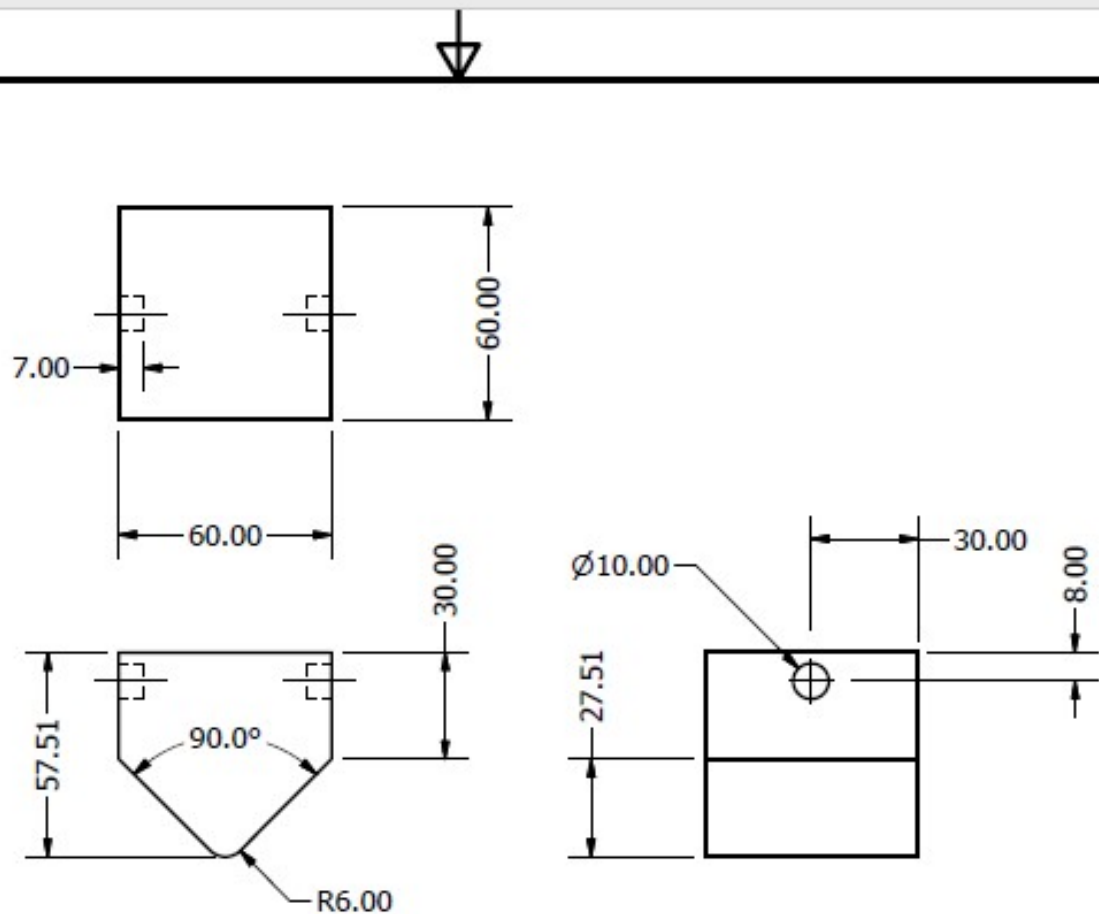
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
PUNCH 85° R6			Skala :	Digambar :
			1 : 2	JUN
				Diperiksa :
				Waktu :
				Dilihat :
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/011/A4/20	



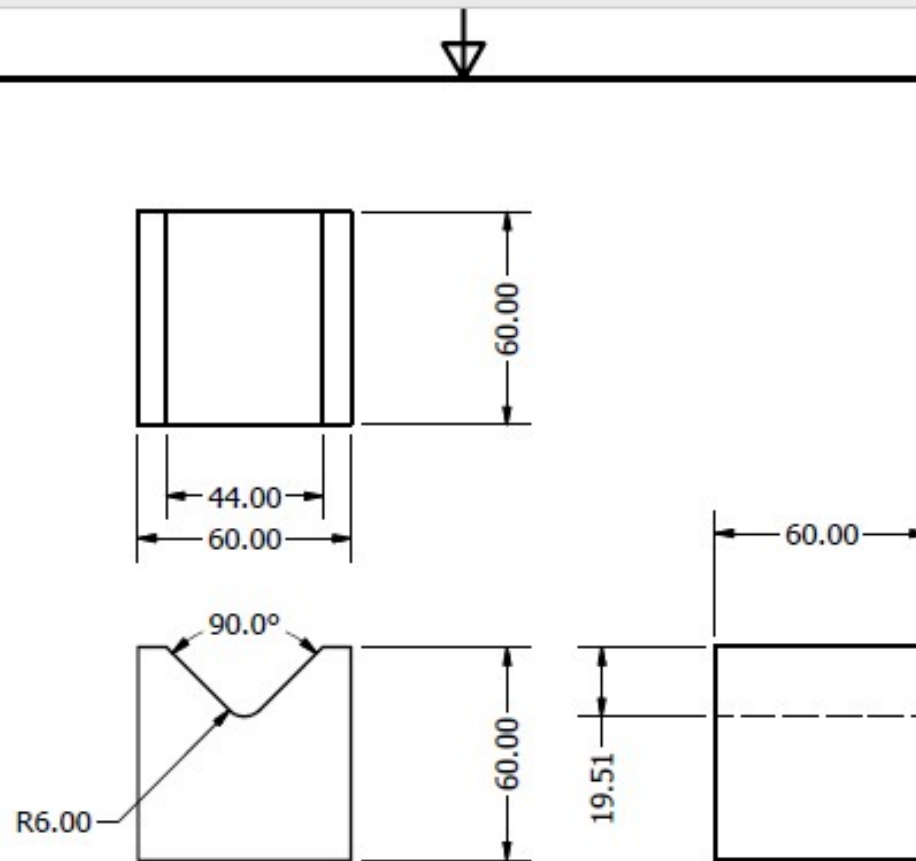
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
PUNCH 90° R2			Skala :	Digambar :
			1 : 2	JUN
			Waktu :	
			Dilihat :	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/012/A4/20	



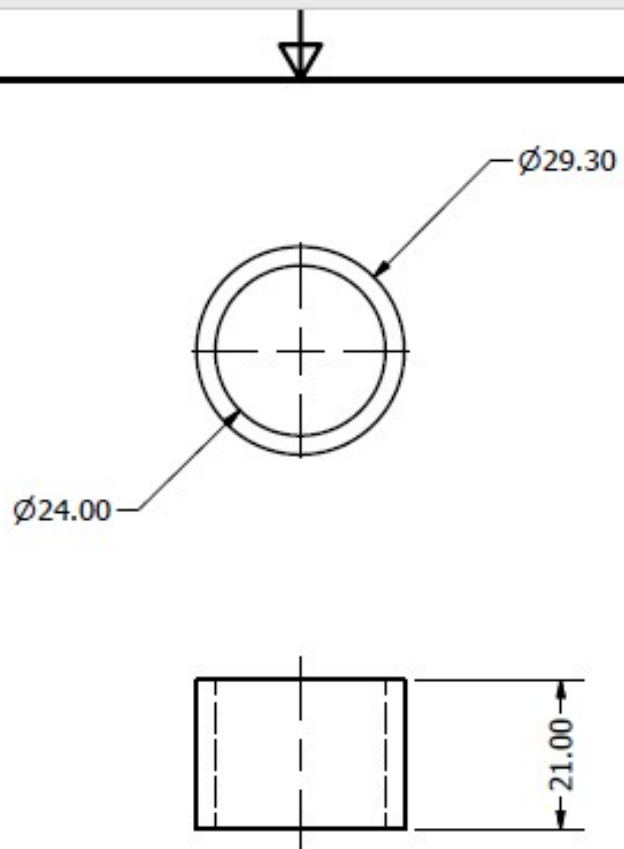
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
PUNCH 90° R4			Skala :	Digambar :
			1 : 2	JUN
				Diperiksa :
				Waktu :
				Dilihat :
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/013/A4/20	



Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
PUNCH 90° R6					
			Skala :	Digambar :	JUN
			1 : 2	Diperiksa :	
			Waktu :		
			Dilihat :		
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/014/A4/20		



Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
DIE 90°			Skala :	Digambar :
			1 : 2	JUN
			Waktu :	
			Dilihat :	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/015/A4/20	



	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
BUSHING			Skala :	Digambar :
			1 : 1	JUN
				Diperiksa :
				Waktu :
	Dilihat :			
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/016/A4/20	

1.00 X 45.0° Chamfer

Ø24.00

20.00

20.00

17.00

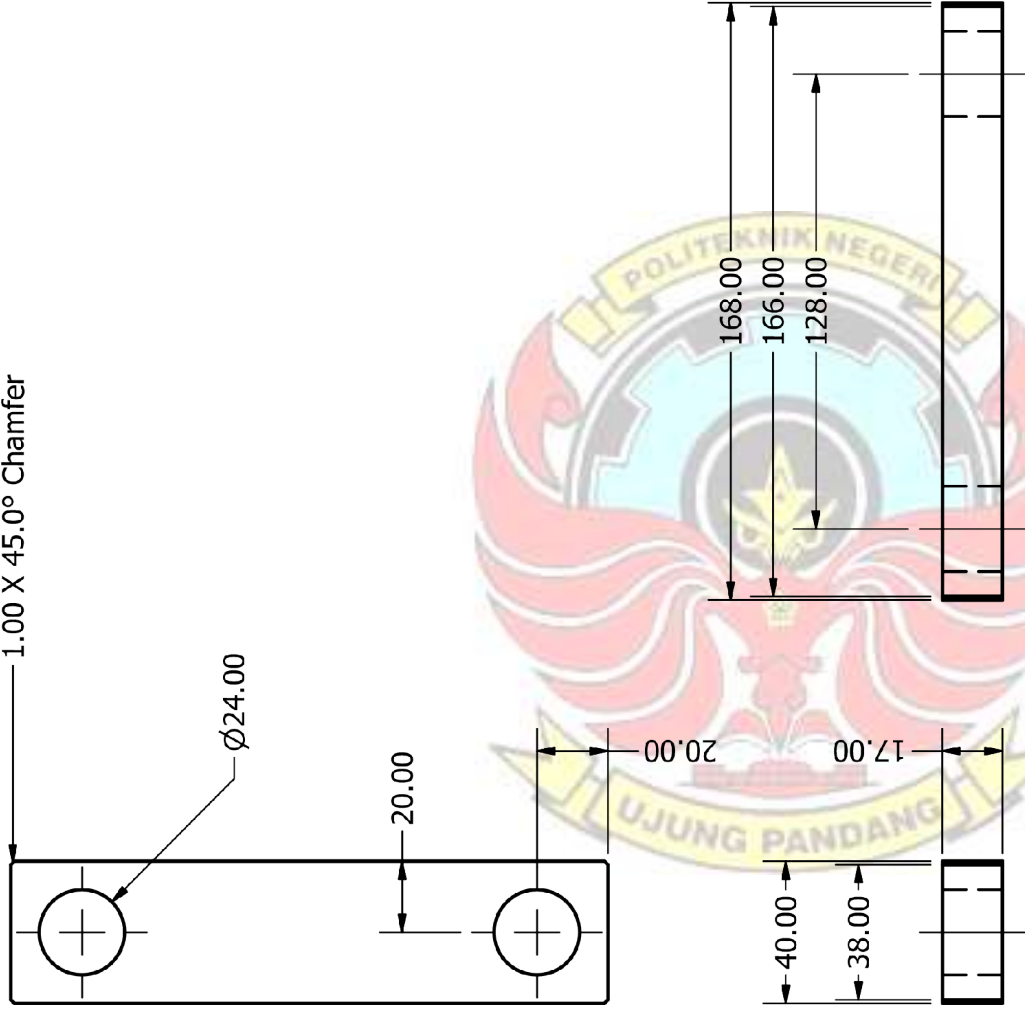
40.00

38.00

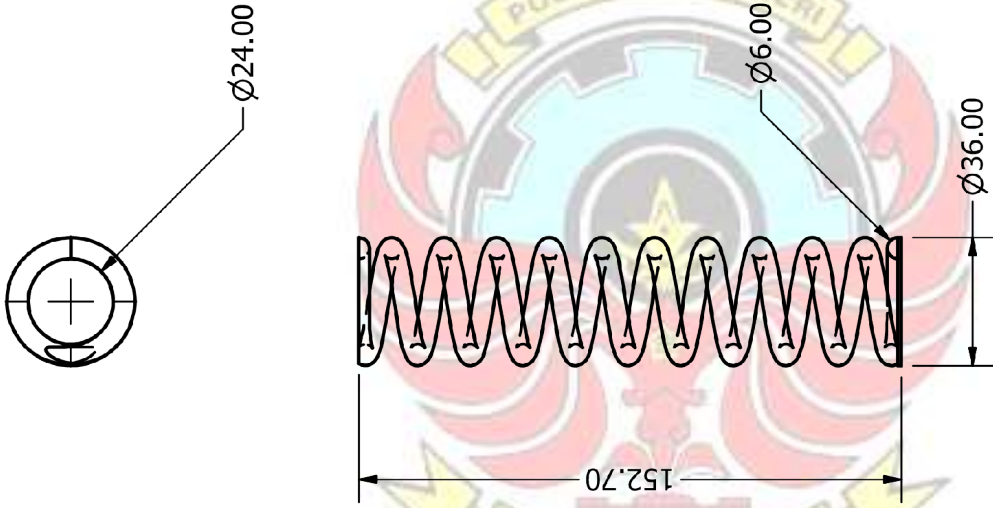
168.00

166.00

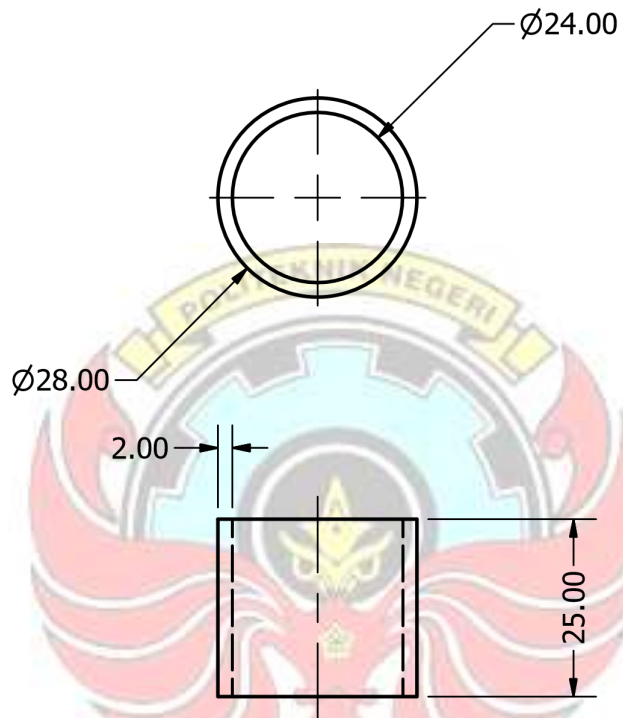
128.00



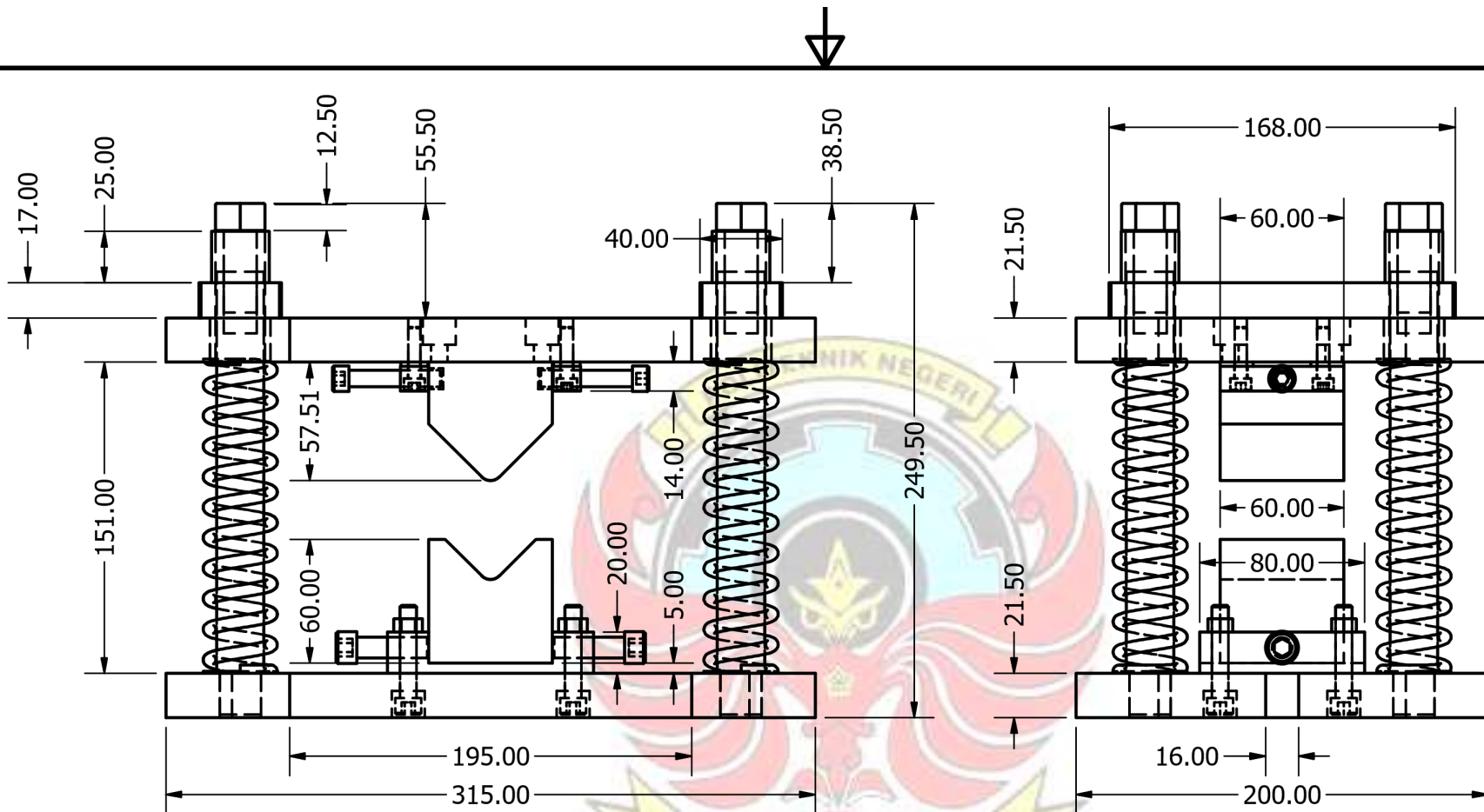
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
PENGUNCI PILAR DAN PLAT				Skala : JUN
				1 : 2
				Diperiksa :
				Waktu : Dilihat :
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/017/A4/20	



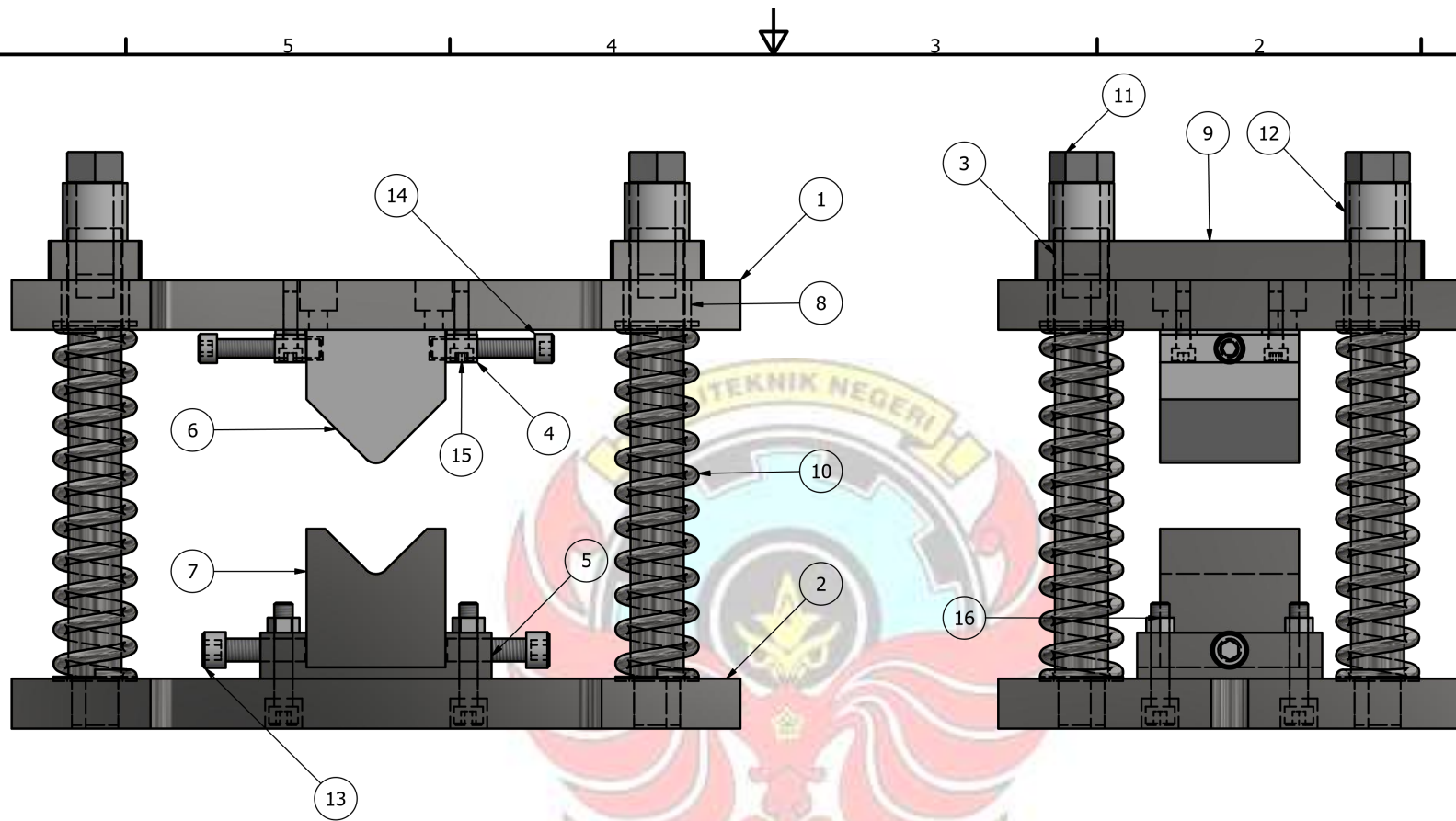
Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
PEGAS						
					Skala : 1 : 2	Digambar : JUN
					Diperiksa :	
					Waktu : Dilihat :	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MFG/007/018/A4/20			



Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
RING				
		Skala :	Digambar :	JUN
		1 : 1	Diperiksa :	
			Waktu :	
	Dilihat :		POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG MFG/007/019/A4/20	



Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
PRESS TOOL BENDING V				
		Skala : 1 : 3	Digambar :	JUN
			Diperiksa :	
			Waktu :	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG		MFG/007/020/A4/20		



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Top Plate	
2	1	Bottom Plate	
3	4	Poros Pilar	
4	2	Pencekam Punch	
5	1	Pencekam Die	
6	1	Punch 90" R2	
7	1	Die	
8	4	Bushing 30x25x25	
9	2	Pengunci Pilar&Plat	
10	4	Pegas	
11	4	Baut 24	
12	4	Ring	
13	2	Baut Inbus M10	
14	6	Baut Inbus M8	
15	4	Baut Inbus M6	21
16	4	Mur M8	

