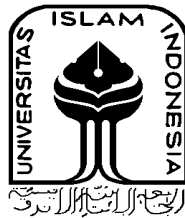


**Pembuatan Cetakan *Dies Molding* Dengan Penambahan  
*Heater* untuk Mengurangi Kerutan pada Produk Pelapis  
Pintu Mesin Cuci di PT. Hari Mukti Teknik**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Sage Nustantoro**

**No. Mahasiswa : 19525041**

**NIRM : 1904220047**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2024**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya dengan ini menyatakan bahwa karya ini adalah hasil pemikiran dan penelitian yang saya lakukan secara mandiri. Saya bertanggung jawab atas keaslian seluruh isi karya ini dan siap menerima sanksi serta hukuman yang berlaku jika saya dianggap melakukan pelanggaran hak kekayaan intelektual. Saya juga berkomitmen untuk mengutip dengan benar semua referensi yang saya gunakan, baik dalam teks maupun dalam daftar pustaka.



**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**Pembuatan Cetakan *Dies Molding* Dengan Penambahan  
*Heater* untuk Mengurangi Kerutan pada Produk Pelapis  
Pintu Mesin Cuci di PT. Hari Mukti Teknik**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Sage Nustantoro**

**No. Mahasiswa : 19525041**

**NIRM : 1904220047**

**Yogyakarta, 15 Agustus 2024**

**Pembimbing I,**



**Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc., IPP**

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

### Pembuatan Cetakan *Dies Molding* Dengan Penambahan *Heater* untuk Mengurangi Kerutan pada Produk Pelapis Pintu Mesin Cuci di PT. Hari Mukti Teknik

#### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Sage Nustantoro  
No. Mahasiswa : 19525041  
NIRM : 1904220047


Tim Dosen:

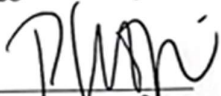
Tim Penguji


Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc., IPP  
Ketua

Purtojo, S.T., M.Sc.  
Anggota I

Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP  
Anggota II

  
Tanggal : 30/08/2024.

  
Tanggal : 30/08/24

  
Tanggal : 30/8/2024.

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang sangat mendalam, penulis mempersembahkan laporan tugas akhir ini kepada:

1. Orang tua saya (Bapak Sriwintoro dan Ibu Tarsih), serta adik saya Saif Brilliantoro yang mendukung serta telah mendoakan saya.
2. Dosen pembimbing tugas akhir saya Bapak Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP yang selalu memberikan masukan, motivasi, saran dan ilmu yang bermanfaat bagi saya.
3. Dosen-dosen Teknik Mesin UII yang selalu mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat kepada saya.
4. Sahabat, teman satu Angkatan, maupun teman dari satu daerah yang telah senantiasa tidak bosan-bosan memberikan dukungan, semangat, dan juga membantu penulis.
5. Terima kasih kepada semua pihak yang belum disebutkan, tugas akhir ini dipersembahkan untuk kalian semua, orang-orang yang disayangi. Semoga tugas akhir dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan dimasa yang akan datang.

## **HALAMAN MOTTO**

"Usaha dan keberanian tidak cukup tanpa adanya tujuan dan arah perencanaan".

**John F. Kennedy**

“Jika Allah bersamamu, maka jangan takut kepada siapa saja. Akan tetapi jika Allah sudah tidak lagi bersamamu, maka siapa lagi yang bisa diharapkan olehmu.“

**Hasan Al-Banna**

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

**QS As-Syarah : 5**

“Jangan selalu memilih jalan yang mudah, seperti air yang selalu mengalir ke tempat rendah tiba-tiba kita sudah ada di tempat paling dasar.”

**Doraemon**

## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrohmanirohim saya ucapkan alhamdulillah, puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Swt yang hanya kepada-nya saya memohon pertolongan serta kelancaran dalam menghadapi segala urusan dunia. Alhamdulillah atas segala pertolongan, rahmat, dan kasih sayang-nya, sehingga saya selaku penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Cetakan Menggunakan Metode *Dies Molding* Dengan Penambahan *Heater* untuk Mengurangi Kerutan pada Produk Pelapis Pintu Mesin Cuci di PT. Hari Mukti Teknik”. Shalawat dan salam kepada Rasulullah Saw. yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk seluruh umat manusia.

Penulis menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan selama menyelesaikan studi dan skripsi ini. Oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis dengan penuh hormat mengucapkan terimakasih dan mendoakan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada :

1. Bapak, Ibu dan Adik saya selaku keluarga penulis dan memberikan dukungan serta selalu senantiasa mendoakan yang terbaik untuk penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Muhammad Khafid, S.T., M.T.,Ph.D., selaku Kaprodi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Mas Rizky, Mas Syafi’i, dan Mas Adi selaku staf laboran Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah membantu selama proses pengerjaan tugas akhir ini.Teman-teman angkatan 2019 Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia selaku tempat bertukar ilmu.
6. Afifah Bara Husniyyah selaku orang yang memberi saya dukungan dan selalu menasihati saya.

7. Terima kasih juga untuk semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa perancangan, pelaksanaan dan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak melakukan kesalahan dalam menyusun karya yang sebenarnya ini, mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan penulis Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas kesalahan yang telah dibuat dan sangat mengharapkan kritik dan saran bersifat membangun, demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga bermanfaat bagi pembaca dan menjadi acuan untuk melangkah ke arah yang lebih baik, dan semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat dan kebahagiaannya untuk kita semua.

## ABSTRAK

Pada saat ini penggunaan *metal sheet* sangat banyak digunakan di berbagai bidang industri. *Metal sheet* yang terdiri dari material seperti baja, aluminium, atau tembaga, memiliki kelebihan kekuatan, fleksibilitas, dan ketahanan yang dibutuhkan dalam berbagai macam produk industri ataupun sebagai bagian dari konstruksi. Proses pembuatan produk menggunakan berbagai macam metode banyak memiliki keuntungan dan kekurangannya masing-masing. Berbagai macam penggunaan metode terutama pada bidang industri *metal sheet*. Penggunaan *metal sheet* melibatkan berbagai teknik, termasuk injeksi, *blow molding*, dan *dies molding*, yang masing-masing memiliki cara khusus tergantung pada jenis material dan bentuk akhir yang diinginkan. Penggunaan metode *dies* merupakan metode yang paling banyak menghasilkan produk berbahan *metal sheet*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembuatan produk, serta kendala-kendala yang dihadapi selama proses pembuatan. Berdasarkan proses pembuatan *metal sheet* menggunakan metode *dies* memiliki risiko kerutan pada *metal sheet* setelah dilakukan *dies*. Pada proses penelitian ini berfokus untuk mengurangi kerutan dengan menggunakan variasi parameter seperti tekanan dan suhu dengan cara melakukan *pre-heat* terhadap *metal sheet* dengan penggunaan tekanan dengan pegas dan suhu menggunakan *element heater*. Penelitian ini mengevaluasi proses manufaktur dalam pengembangan *prototype* cetakan menggunakan mesin CNC. *Prototype* berhasil dirancang meskipun terdapat kendala teknis, seperti kerusakan pompa coolant dan patahnya pahat. Perbedaan waktu estimasi antara simulasi Fusion 360 dan Supermill MK 2.0 mencapai hampir satu jam pada tahap lama dan pada tahap yang memerlukan sedikit waktu proses tidak berbeda jauh dengan waktu simulasi. Dari produk yang dicetak, pegas dengan tekanan 22%-32% dan plat yang dipanaskan pada suhu 150°C untuk *mild steel* serta 100°C untuk *stainless steel* memenuhi kriteria produk yang diinginkan.

**Kata Kunci :** *Dies Molding, Metal Sheet, Mold Steel, Stainless steel, Pre-heat, Wrinkles*

## **ABSTRACT**

*Currently, the use of metal sheets is widespread across various industrial sectors. Metal sheets, composed of materials such as steel, aluminum, or copper, offer advantages in terms of strength, flexibility, and durability, making them essential for various industrial products and construction components. The production of these products involves several methods, each with its own set of benefits and drawbacks. One significant area of application is in the mold industry, where techniques such as injection molding, blow molding, and die molding are employed, each suited to different materials and desired end forms. Die molding is particularly prevalent for producing products from metal sheets. This research aims to understand the production process and the challenges encountered during manufacturing. Specifically, the study focuses on the issue of wrinkling that occurs in metal sheets after the die molding process. The research investigates ways to reduce wrinkling by varying parameters such as pressure and temperature, utilizing pre-heating techniques with springs for pressure application and element heaters for temperature control. This study evaluates the manufacturing process in the development of mold prototypes using CNC machines. The prototype was successfully designed despite technical issues, such as coolant pump failure and broken tools. The estimated time differences between Fusion 360 simulation and Supermill MK 2.0 reached nearly one hour for longer stages, while for stages requiring less processing time, the differences were minimal compared to the simulation times. Among the printed products, springs with a pressure range of 22%-32% and plates heated to 150°C for mild steel and 100°C for stainless steel met the desired product criteria.*

**Keyword :** *Dies Molding, Metal Sheet, Mold Steel, Stainless steel, Pre-heat, Wrinkles*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Halaman Motto .....	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih .....	vii
Abstrak .....	ix
<i>Abstract</i> .....	x
Daftar Isi .....	xi
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Gambar .....	xiv
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan .....	4
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 <i>Dies Mold</i> .....	6
2.2.2 <i>Aluminium</i> .....	7
2.2.3 <i>Mesin press</i> .....	8
2.2.4 <i>Die Spring</i> .....	9
2.2.5 <i>Sheet Metal</i> .....	10
2.2.6 <i>Heater</i> .....	11
2.2.7 CAD (Computer Aided Design) .....	12
2.2.8 CAM (Computer Aided Manufacturing) .....	12

2.2.9	CNC (Computer Numerical Control) .....	13
Bab 3	Metode Penelitian .....	15
3.1	Alur Penelitian .....	15
3.2	Peralatan dan Bahan .....	16
3.3	Perancangan Desain Produk .....	17
3.3.1	Kriteria Desain .....	18
3.3.2	Kriteria Produk .....	19
3.4	Proses Pembuatan <i>Mold</i> .....	19
3.5	Simulasi Pemesinan .....	24
3.6	Pemesinan Cetakan .....	27
3.7	Skema proses <i>pre-heat</i> .....	27
3.8	Proses Pembuatan Produk .....	28
Bab 4	Hasil dan Pembahasan .....	32
4.1	Hasil Produk .....	32
4.2	Pengaruh suhu dan tekanan pada kerutan terhadap Plat .....	36
4.3	Analisis dan Pembahasan Plat <i>Mild Steel</i> .....	37
4.4	Analisis dan Pembahasan Pelat <i>Stainless Steel</i> .....	38
4.5	Pengaruh Suhu dan Tekanan <i>Spring</i> .....	40
Bab 5	Penutup .....	43
5.1	Kesimpulan .....	43
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya .....	43
Daftar Pustaka	.....	44
Lampiran	.....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 3- 1 alat yang digunakan dalam proses pembuatan .....	16
Tabel 3- 2 bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan produk .....	17
Tabel 3- 3 Parameter pemesinan Puncher .....	24
Tabel 3- 4 Parameter pemesinan stapper .....	26
Tabel 3- 5 Parameter pemesinan Forming.....	26
Tabel 3- 6 Waktu Pemesinan.....	266
Tabel 4- 1 Parameter pemesinan Forming.....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Produk Asli.....	1
Gambar 1-2 <i>heater</i> .....	2
Gambar 1-3 Mesin Press PT. HARIMUKTI TEKNIK.....	2
Gambar 2-1 <i>Dies Mold</i> .....	6
Gambar 2-2 Aluminium.....	7
Gambar 2-3 Mesin <i>Press 20T</i> .....	8
Gambar 2-4 <i>Die Spring</i> .....	9
Gambar 2-5 Jenis <i>Forming</i> .....	10
Gambar 2-6 <i>Mild Steel</i> dan <i>Stainless Steel</i> .....	10
Gambar 2-7 <i>Element Heater</i> .....	11
Gambar 2-8 Visualisasi CAD.....	12
Gambar 2-9 Alur strategi benda kerja.....	13
Gambar 2-10 Proses CNC.....	14
Gambar 3-1 Alur Penelitian.....	15
Gambar 3-2 Kriteria Produk.....	17
Gambar 3-3 Desain 1.....	18
Gambar 3-4 Desain 2.....	18
Gambar 3-5 Desain 3.....	18
Gambar 3-6 Diagram Alur Pembuatan desain <i>Mold</i> .....	19
Gambar 3-7 Aplikasi Solidwork 2021.....	20
Gambar 3-8 Produk tampak depan.....	20
Gambar 3-9 Produk tampak atas.....	20
Gambar 3-10 Desain <i>puncher</i> .....	21
Gambar 3-11 Desain <i>staper</i> .....	21
Gambar 3-12 Desain <i>forming</i> .....	21
Gambar 3-13 desain <i>head puncher</i> .....	22
Gambar 3-14 Desain pegas.....	22
Gambar 3-15 Desain <i>Bushing</i> .....	22
Gambar 3-16 Desain <i>Pin as</i> .....	23
Gambar 3-17 Desain <i>assembly</i> .....	23

Gambar 3-18 <i>Tools Library</i> .....	24
Gambar 3-19 Fusion 360 .....	24
Gambar 3-20 Proses penentuan <i>origin</i> .....	24
Gambar 3-21 <i>setup heater</i> .....	28
Gambar 3-22 Alur Pembuatan Produk .....	28
Gambar 3-23 <i>Set Puncher</i> .....	29
Gambar 3-24 <i>Setup Heater</i> .....	29
Gambar 3-25 <i>Setup Heater</i> .....	30
Gambar 3-26 Proses <i>Press</i> .....	30
Gambar 3-27 Proses Memompa Tuas Hidrolik.....	31
Gambar 4-1 <i>Mild Steel</i> 100 °C Pegas Merah.....	32
Gambar 4-2 <i>Mild Steel</i> 125 °C Pegas Merah.....	32
Gambar 4-3 <i>Mild Steel</i> 150 °C Pegas Merah.....	33
Gambar 4-4 <i>Mild Steel</i> 100 °C Pegas Biru.....	33
Gambar 4-5 <i>Mild Steel</i> 125 °C Pegas Biru.....	33
Gambar 4-6 <i>Mild Steel</i> 150 °C Pegas Biru.....	34
Gambar 4-7 <i>Stainless Steel</i> 100 °C Pegas Merah .....	34
Gambar 4-8 <i>Stainless Steel</i> 125 °C Pegas Merah .....	34
Gambar 4-9 <i>Stainless Steel</i> 150 °C Pegas Merah .....	35
Gambar 4-10 <i>Stainless Steel</i> 100 °C Pegas Biru .....	35
Gambar 4-11 <i>Stainless Steel</i> 125 °C Pegas Biru .....	35
Gambar 4-12 <i>Stainless Steel</i> 150 °C Pegas Biru .....	36
Gambar 4-13 Pegas Mesin <i>press</i> .....	36
Gambar 4-14 Grafik dan Data Pegas Merah .....	37
Gambar 4-15 Grafik dan Data Pegas Biru.....	38
Gambar 4-16 Grafik dan Data Pegas Merah .....	39
Gambar 4-17 Grafik dan Data Pegas Biru.....	39
Gambar 4-18 Grafik Tekanan Pegas Biru Antara <i>Mild Steel</i> dan <i>Stainless Steel</i> ...	41
Gambar 4-19 Grafik Tekanan Pegas Merah Antara <i>Mild Steel</i> dan <i>Stainless Steel</i>	41
Gambar 4-20 Ilustrasi Penekanan Pegas .....	42

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Molding merupakan proses produksi untuk membentuk dari *raw material* menjadi suatu bentuk menggunakan sebuah  *mold*. *Mold* merupakan sebuah alat bantu dalam proses produksi untuk membuat atau mencetak suatu bentuk [1]. *Mold* ada beberapa jenis seperti  *injection molding*,  *blow molding*,  *compression molding*,  *dies molding*. Prinsip umum kerja molding yaitu *raw material* akan ditekan oleh *cavity* dan *core*.

Dari apa yang telah diamati dalam proses  *dies molding* di PT. HARI MUKTI TEKNIK yaitu adanya sebuah masalah yang membuat kerutan pada pelat yang membuat pekerjaan menjadi bertambah serta membuat bahan produksi menjadi terbuang jika kerutan terlalu banyak. Kerutan terjadi karena adanya bagian yang tidak rata pada  *mold press* yang digunakan saat ini. Banyak hal yang akan tertunda jika kejadian ini terulang terus menerus dan akan sangat merugikan. Hal ini merupakan salah satu masalah produksi yang harus ditangani supaya dapat mengurangi terjadinya kerutan saat pembuatan. Melihat permasalahan yang terjadi akan sangat penting jika ditemukan solusi untuk meminimalkan masalah tersebut. Masalah kerutan seperti Gambar 1-1.



Gambar 1-1 Produk Asli

*Heater* merupakan elemen pemanas yang digunakan pada beberapa industri, *Heater* berguna untuk melunakkan material yang akan digunakan. Pemanasan yang dilakukan pada pelat sangat mempengaruhi ada tidaknya kerutan yang akan terjadi [2]. *Heater* merupakan elemen penting dalam bidang *molding* penggunaan metode *pre-heat* seperti pada gambar 1-2 merupakan metode yang digunakan saat proses *molding*



Gambar 1-2 *heater*

Dari apa yang telah diamati mesin *press* yang digunakan seperti pada Gambar 1-3, tidak menggunakan *heater* sebagai pemanas namun pernah menggunakan las gas sebagai pemanas namun itu tidak efektif karena gas yang dikeluarkan untuk memanaskan satu *metal sheet* cukup terkuras banyak.



Gambar 1-3 Mesin Press PT. HARIMUKTI TEKNIK

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari akar masalah yang telah diidentifikasi, penulis memilih untuk berfokus terhadap *tool* yang perlu adanya pengembangan. Pengembangan ini meliputi bentuk dan fungsi dari *molding*. Berikut batasan masalah untuk pengembangan yang akan dilakukan supaya proses *molding* menjadi lebih efektif:

1. Bagaimana cara membuat cetakan dengan *software* berbasis CAM/CNC menggunakan mesin CNC milling Supermill MK 2.0?
2. Bagaimana cara mengurangi kerutan yang terjadi pada produk pelapis pintu mesin cuci?

Dari rumusan masalah dihubungkan dengan kajian pustaka maka ditemukan solusi untuk menyelesaikan masalah.

## 1.3 Batasan Masalah

1. Perancangan produk dan cetakan menggunakan *software* berbasis CAD (*Solidworks* dan *Inventor*).
2. Perancangan proses manufaktur dari cetakan menggunakan *software* berbasis CAM (*Autodesk Fusion 360*).
3. Proses pemesinan cetakan menggunakan mesin milling Supermill MK 2.0 dari D-tech Powermill.
4. Material cetakan yang digunakan Aluminium 5052.
5. Material produk yang digunakan pelat *mild steel* dan *stainless steel* dengan tebal 1 mm.
6. *Dies spring* yang digunakan yaitu tekanan 22%-32%(merah) dan 32%-40%(biru).
7. Produk berupa *prototype* skala 1:2.4
8. *Heater* yang digunakan jenis PTC.

## 1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan penelitian atau perancangan yang dilakukan yaitu;

1. Merancang dan membuat cetakan untuk proses *dies* pada produk pelapis pintu mesin cuci yang tidak memiliki kerutan.
2. Mengetahui kendala yang terjadi saat proses perancangan.
3. Mengetahui perbedaan estimasi waktu *software* dan waktu pemesinan.
4. Mengurangi kerutan yang terjadi pada hasil proses *molding*.

## 1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Adapun manfaat dari perancangan serta penelitian ini, yaitu:

1. Dengan dibuatnya *dies molding* ini dapat memudahkan pekerjaan di PT. HARI MUKTI TEKNIK.
2. Berhasil mendapatkan parameter terbaik saat melakukan percobaan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

### **BAB I Pendahuluan**

Pada bab ini dijelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian atau perancangan, manfaat penelitian atau perancangan, serta sistematika penelitian.

### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini berisikan tinjauan pustaka mengenai dasar teori yang melandasi pembuatan skripsi.

### **BAB III Metode Penelitian**

Pada bab ini berisikan diagram alir penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian, dan pengujian spesimen.

### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Pada bab ini berisikan analisa data, hasil pengujian, analisa kegagalan, penampilan grafik.

### **BAB V Penutup**

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Dalam proses pembuatan produk cetak, terdapat cetakan yang merupakan bagian penting dari bagian proses tersebut. *Dies* merupakan salah satu proses dalam beberapa jenis *molding*. Metode *dies* berbeda dari *mold* yang lain yaitu mengganti *core* dan *cavity* menjadi *puncher* dan *forming*. Ada beberapa pelengkap tambahan pada proses ini seperti *spring* dan *stapper*. Kelebihan Proses mold yaitu *trimming* serta *forming* [10].

Dalam kebutuhan industri pada proses *dies* yang memerlukan kualitas yang sangat tinggi terutama pada industri yang mengutamakan ketelitian. Kerutan yang terjadi pada dasarnya merupakan masalah pada sebuah hasil material, Terjadinya kerutan pada pelat sering terjadi yang disebabkan oleh tekanan yang berlebihan. Maka tekanan sangat mempengaruhi setiap proses supaya kerutan tidak terjadi dan dapat dikatakan kerutan bisa terjadi pada setiap metode *molding* [4]. Kekurangan dari metode ini yaitu harus menentukan kekuatan tekan yang optimal atau menambahkan *heater* untuk melunakkan material.

Saat dilakukan proses *press*, terjadinya kerutan pada material dapat di kurangi menggunakan metode penambahan *heater*. *Heater* berguna untuk melunakkan material *sheet* yang akan digunakan. Pemanasan yang dilakukan pada *sheet* sangat mempengaruhi ada tidaknya kerutan yang akan terjadi [2]. Hal ini merupakan keunggulan dari penggunaan metode *dies mold* yang menggunakan *heater* untuk memanaskan terlebih dahulu, karena material akan menjadi lebih lunak dibanding tidak dipanaskan terlebih dahulu. Namun penggunaan *heater* juga dapat menyebabkan retakan pada material. Dalam proses *dies mold* suhu berpengaruh pada saat proses, jika suhu tidak menyebar dengan merata akan terjadi kerutan namun jika suhu yang diberi melebihi kapasitas dari material akan merusak material itu sendiri. Maka digunakan proses *tempering*, *tempering* berguna untuk menurunkan kekuatan material supaya saat ditekan mudah untuk dibentuk namun jika suhu yang diberikan

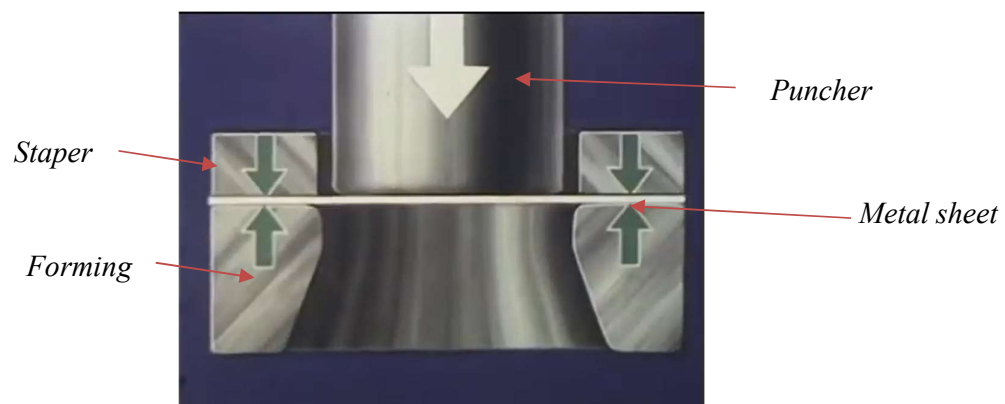
terlalu rendah dari suhu *tempering* material akan terjadi kerutan dan jika berlebihan akan merusak material [5].

Oleh karena itu, dalam proses pembuatan lapisan pintu mesin cuci jika tidak menggunakan *heater* akan lebih besar kemungkinan terjadinya kerutan. Metode penggunaan *heater* merupakan solusi yang didapat untuk mengurangi terjadinya kerutan. Namun proses pemanasan harus dilakukan secara merata ke semua permukaan material supaya meminimalkan terjadinya kerutan

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Dies Mold

*Mold* merupakan sebuah *tool* untuk mencetak produk sesuai dengan bentuk sesuai dari *mold*/cetakan, sedangkan *molding* merupakan proses pencetakan untuk membuat hasil produk [6]. Pada dasarnya cetakan ada beberapa jenis yaitu *compression molding*, *blow molding*, dan *injection molding* yang menggunakan *core* dan *cavity* sebagai dasar dari cetakan, sedangkan jenis lain *mold* seperti *dies* tidak menggunakan *core* dan *cavity* melainkan *puncher* dan *forming*. *Mold* jenis *dies* yang sering digunakan untuk melakukan proses *press* maupun *forming* memiliki kelemahan yang sering dijumpai yaitu kerutan. Karena kerutan umum terjadi di bagian area luar *puncher* atau pada bagian yang dijepit oleh *staper* dan *forming*. seperti ilustrasi pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1 Dies Mold

Sumber: [https://youtu.be/47Au1iRh454?si=e\\_f8iSs8LSAj6QFH](https://youtu.be/47Au1iRh454?si=e_f8iSs8LSAj6QFH)

Model dari  *mold*  jenis  *dies*  berfungsi untuk membuat material cetakan yang keras seperti pelat tipis untuk dibentuk sesuai dengan  *puncher*  dan  *forming*  yang digunakan. Kelebihan  *dies*  yaitu dapat melakukan proses cetak menggunakan bahan yang keras seperti lempengan besi.

### 2.2.2 Aluminium

Aluminium merupakan material yang bagus untuk digunakan di industri karena ketahanan korosi yang sangat tinggi. Hal ini menyebabkan material aluminium banyak digunakan juga untuk kebutuhan pembuatan pada produk dibidang manufaktur [9]. Kelebihan dari penggunaan aluminium selain tahan korosi yaitu logam yang ringan, aluminium juga memiliki jenisnya yang diberi dengan nomor seri mulai dari 4xxx hingga aluminium 7xxx, Seperti pada Gambar 2-2. Semakin tinggi jenis aluminium semakin keras kandungan senyawa yang ada.

Aluminium sering digunakan karena ketahanan korosi khususnya dibidang pembuatan otomotif karena logam ini ringan dan kokoh. Aluminium telah mendapat perhatian lebih di berbagai bidang seperti pembuatan suku cadang mesin dan pada bidang kelautan. Ketahanan korosi membuat aluminium sangat diminati karena dapat mencegah hal yang membuat suatu industri rugi.



Gambar 2-2 Aluminium

Sumber: <https://themetalsfactory.com/product/aluminium-products/blocks/6063-aluminium-blocks/>

### 2.2.3 Mesin *press*

Mesin *press* merupakan bagian yang penting bagi dunia industri terutama pada bidang pembuatan cetakan berupa hasil untuk industri ataupun non-industri [8].seperti pada Gambar 2-3, Mesin *press* dibedakan menjadi *cold press* dan *hot press*, dari dua jenis mesin *press* yang membedakan yaitu ada tidaknya *heater* di mesin *press* tersebut. Mesin *press* berguna untuk kebutuhan proses *molding* dan proses *press* lain.



Gambar 2-3 Mesin *Press* 20T

Sumber: <https://tokopedia.link/k9dlAnsY2Lb>

Penggunaan mesin *press* dapat disesuaikan dengan benda uji, hal yang dapat disesuaikan seperti tekanan dan suhu jika mesin tersebut adalah *hot press*. Kelebihan penggunaan mesin jika terdapat *heater* yaitu dapat melunakkan material uji yang akan digunakan. Tekanan yang dihasilkan berasal tekanan hidrolik atau pneumatik yang terpasang pada masing-masing mesin *press* yang menyebabkan mesin *press* menekan suatu benda uji. Mesin ini sering digunakan untuk proses *forming, banding, piercing* dan masih banyak lagi [8]. Kelebihan dari mesin ini jika menggunakan hidrolik dengan tuas maka tidak ada konsumsi listrik yang digunakan, serta mesin ini dapat dijumpai di berbagai jenis usaha manufaktur karena mesin ini memudahkan setiap berbagai pekerjaan yang bersinggungan dengan pembentukan struktur logam.

#### 2.2.4 Die Spring

*Dies spring* seperti pada Gambar 2-4 merupakan pegas yang biasa digunakan di dunia industri karena performa untuk menahan tekanan pada saat proses. Tidak hanya daya menahan tekanan namun juga untuk ketahanan dari *spring* ini juga sangat bagus [10]. *Spring* ini biasa digunakan untuk menahan tekanan yang sangat besar, karena *spring* ini memiliki ketahanan tekanan yang bagus untuk tekanan tinggi. *Spring* ini sering dipakai pada pembuatan  *mold* dan mesin yang memiliki gerak bertekanan tinggi, hal ini disebabkan redaman yang diterima *spring* diserap dengan baik. Fungsi utama pegas ini menyimpan energi melalui defleksi yang diterima oleh karena itu kelebihan dari pemakaian *die spring* yaitu mampu menahan tekanan tinggi yang tidak mampu di tahan oleh *spring* biasa. Contoh penggunaan yaitu pada rem, yang biasa digunakan untuk mengembalikan ke keadaan setimbang setelah tekanan hilang. Kekakuan pegas diperoleh dengan menggunakan metode energi regangan dan metode Castigliano teori kedua. Keakuan pada pegas dihasilkan dari adanya beban aksial, beban geser dan gaya geser dari penampang pegas [16].

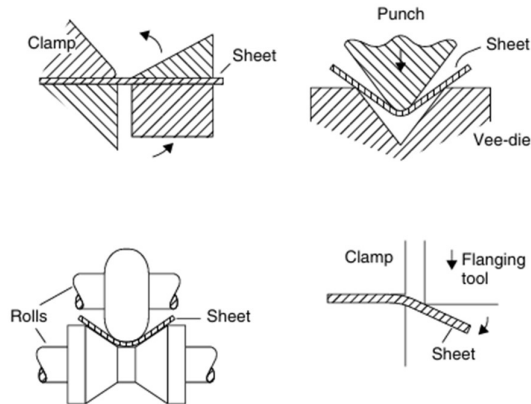


Gambar 2-4 *Die Spring*

Sumber: <https://id.misumi-ec.com/vona2/detail/110100185670/>

### 2.2.5 Sheet Metal

*Sheet Metal* pada Gambar 2-6 merupakan bahan mentah berupa lempengan besi berbagai jenis dan berbagai ukuran serta ketebalan. *Sheet Metal* biasanya digunakan untuk kebutuhan proses *forming*, Terdapat beberapa variasi proses mulai dari menekuk, menekan dengan *puncher*, menggunakan *roll* dan menekan dengan *Flanging tool* [14].



Gambar 2-5 Jenis *Forming*

Sumber: Hu, J., Marciniak, Z., & Duncan, J. (Eds.). (2002). *Mechanics of sheet metal forming*. Elsevier.



Gambar 2-6 *Mild Steel* dan *Stainless Steel*

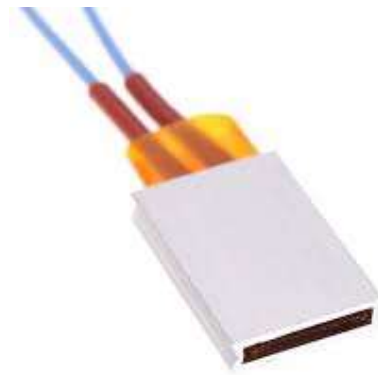
Sumber: <https://tatarapika.co.id/2019/03/sheet-metal-sidoarjo/>

*Sheet Metal* digunakan untuk berbagai proses *forming* karena mudah untuk dilakukan pembentukan sesuai dengan proses pada gambar 2-5. Proses yang dilakukan dengan menjepit dengan *clamp* pada bagian yang tidak bersinggungan

dengan bagian *forming*. terjadinya tarikan dan tekanan pada plat merupakan salah satu fenomena mekanik yang terjadi pada proses *forming*.

### 2.2.6 Heater

*Heater* merupakan elemen pemanas yang digunakan pada beberapa industri, *Heater* berguna untuk melunakkan material yang akan digunakan. Pemanasan yang dilakukan pada pelat sangat mempengaruhi ada tidaknya kerutan yang akan terjadi [2]. *Heater* yang akan digunakan harus dapat mencapai suhu yang diinginkan maka dari itu pemilihan jenis elemen *heater* juga perlu di pertimbangkan. Elemen *heater* ada yang berbentuk pejal dan ada yang berbentuk lempengan seperti pada Gambar 2-7, dari dua jenis tersebut panas yang dihasilkan berbeda. Untuk beberapa kasus elemen *heater* pejal memiliki titik panas yang lebih tinggi dari pada yang berjenis lempengan.



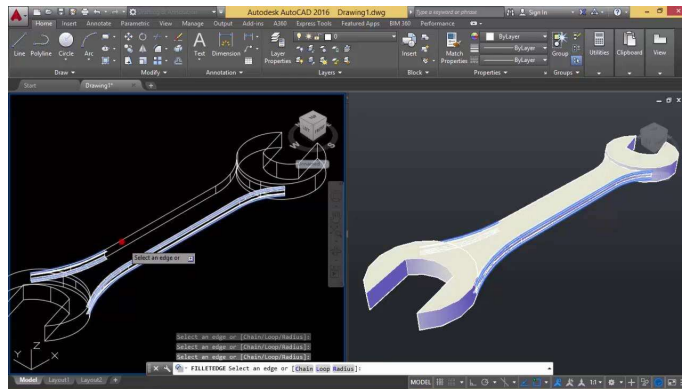
Gambar 2-7 Element Heater

Sumber: <https://www.ebay.de/itm/314922491871>

Metode pemanasan memiliki beberapa jenis yaitu *infrared* (menggunakan radiasi sebagai cara pemanasan), *Conduction* (memanaskan diantara dua elemen), dan *Convection* (menggunakan sirkulasi gas dari oven) [2].

### 2.2.7 CAD (Computer Aided Design)

CAD atau *Computer Aided Design* merupakan aplikasi yang digunakan untuk membuat model manufaktur. CAD merupakan salah satu perkembangan di dunia manufaktur untuk menggantikan kertas dan pensil untuk menggambar, tidak hanya dalam bentuk 2D namun juga dapat menggambar dalam bentuk 3D [11], seperti Gambar 2-8. Aplikasi desain saat ini sudah banyak beredar dan kualitas dari desain bisa sangat detail.



Gambar 2-8 Visualisasi CAD

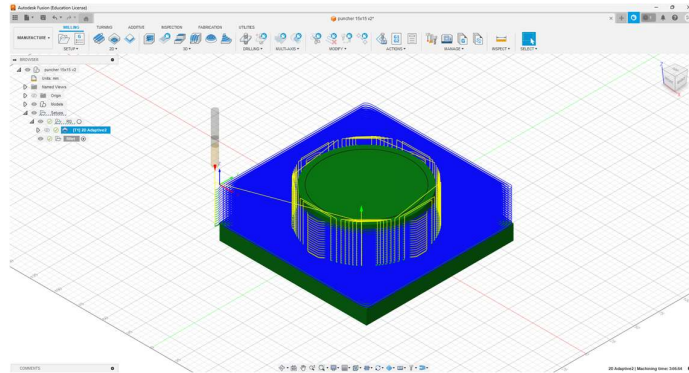
Sumber: <https://youtu.be/2OvG84XdUgE?si=YEKkQcD5kq4KPzpe>

CAD memudahkan bagi para *designer* manufaktur untuk membuat gambar sesuai dan presisi dengan apa yang ingin dibuat. Tak hanya sekedar pembuatan desain namun juga dapat menganalisa suatu struktur dalam desain yang dibuat dan menghasilkan beberapa parameter yang akan muncul sesuai dengan parameter yang dipilih serta dapat membuat simulasi gambar dengan gaya tarik, tekan, puntir, dan gesek. Simulasi pada CAD tidak terbatas hanya pada penambahan gaya namun juga dapat menambahkan aliran dan dapat membuat animasi gerak pada gambar.

### 2.2.8 CAM (Computer Aided Manufacturing)

CAM atau Computer Aided Manufacturing merupakan konsep dari industri 4.0, Proses CAM di industri 4.0 sangat membantu para *engineering* dalam mengolah desain dari 3D menjadi barang jadi [12]. Proses integrasi antara CAD dan CAM menghasilkan proses manufaktur yang efisien. Seperti halnya CAD proses CAM

menghasilkan 3D desain yang akan diproses untuk masuk ke tahap CNC dengan memberikan titik koordinat dan proses yang disebut strategi pemessinan seperti Gambar 2-9.



Gambar 2-9 Alur strategi benda kerja

CAM digunakan untuk proses simulasi pada mesin CNC, *Laser cut*, dan *3D print*. Penggunaan aplikasi CAM dapat menentukan arah pada pembuatan yang akan diproses dan juga dapat membuat analisa jika terjadinya suatu *error*, saat terjadi *error* aplikasi akan memunculkan pemberitahuan dan akan menunjukan titik kesalahan yang terjadi. Fitur ini sangat memudahkan dan fitur ini bisa menjadi salah satu bagian dari antisipasi supaya tidak terjadi saat melakukan proses pemessinan.

## 2.2.9 CNC (Computer Numerical Control)

CNC atau *Computer Numerical Control* merupakan program terusan yang dihasilkan dari program CAM yang dapat diproses menggunakan mesin CNC seperti Gambar 2-10. Program ini ditentukan dari penempatan titik koordinat yang di proses saat tahap CAM dan didapatkan sistem *numeric* dengan nama NC G-code [13]. Titik koordinat terdiri dari sumbu X dan Y sebagai *step over* serta sumbu Z sebagai *step down*. CNC terdapat 2 proses yaitu *milling* dan *rotary* atau bubut.



Gambar 2-10 Proses CNC

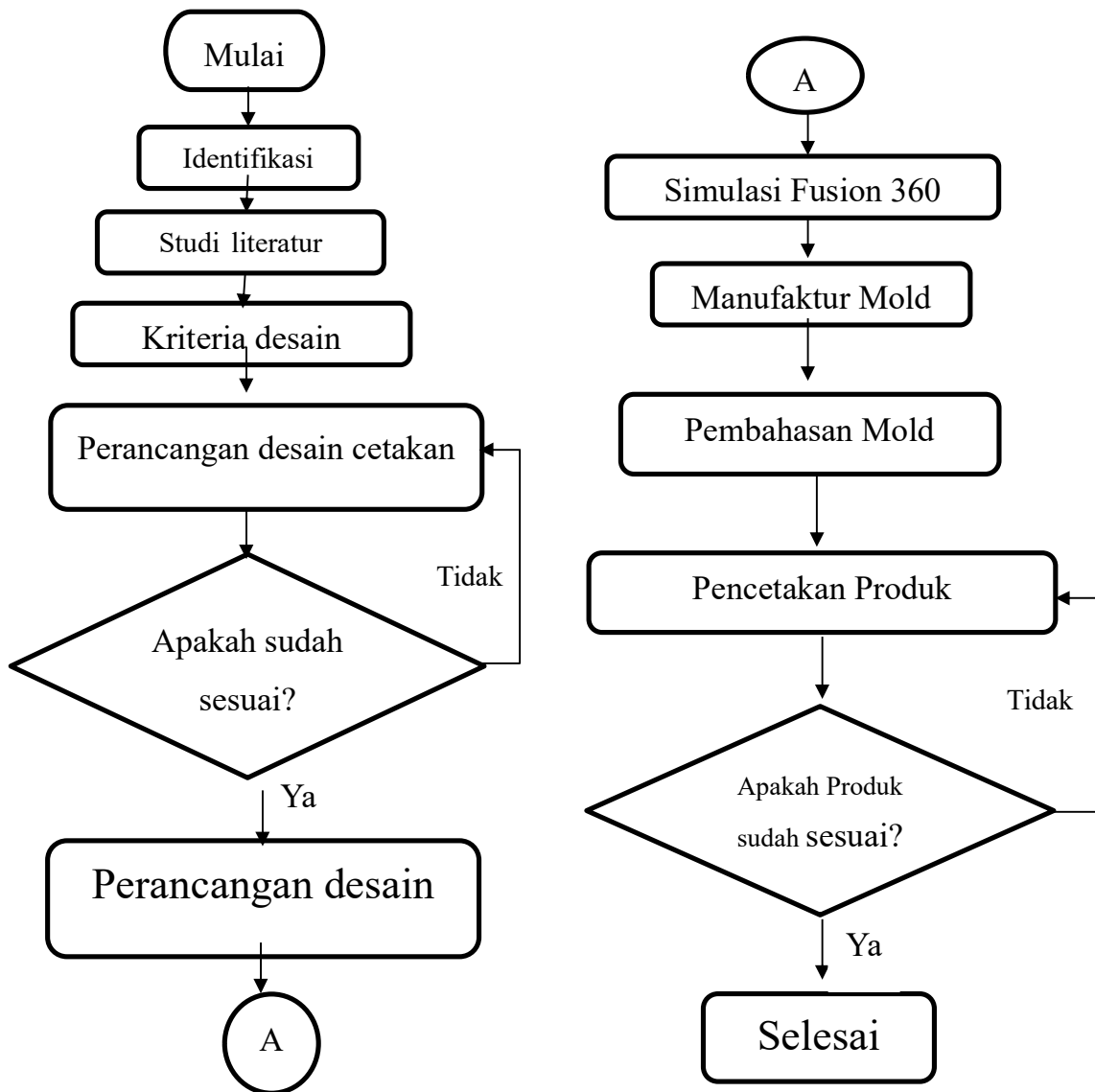
CNC dibagi menjadi 3 sampai 6 *axis* yang merupakan arah gerak dari pahat dan benda kerja bergerak pada mesin. Kelebihan dari CNC yaitu produk yang dihasilkan sangat presisi dan kehalusan yang didapat sangat tinggi. Hal ini merupakan alasan pada saat ini hampir semua produk menggunakan CNC untuk membuatnya namun biaya untuk pembuatan satu produk sangat tinggi dan ini merupakan kelemahan dari CNC. Diluar dari kekurangan tersebut CNC sangat diperlukan dibidang industri manufaktur yang menyebabkan CNC sangat digemari untuk membuat produk.

# BAB 3

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Pada penelitian terdapat alur penelitian yang dibuat sebagai acuan dalam proses penelitian. Gambar 3-1 merupakan diagram alur penelitian.



Gambar 3-1 Alur Penelitian

### 3.2 Peralatan dan Bahan

Adapun alat serta bahan yang dibutuhkan sebagai pendukung dalam melakukan perancangan dan penelitian. Alat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3-1 dan bahan dapat dilihat pada Tabel 3-2.

Tabel 3-1 alat yang digunakan dalam proses pembuatan

No.	Alat	Fungsi
1	Laptop	Digunakan untuk pembuatan desain, pencarian referensi, dan pembuatan laporan
2	Mesin CNC <i>Milling</i> Supermill MK 2.0	Digunakan pembuatan bagian <i> mold</i>
3	<i>Coolant</i>	Pendingin saat proses <i> machining</i>
4	Mesin Bubut	Digunakan untuk pembuatan <i> bushing</i>
5	Mesin Frais	Digunakan untuk tahap awal perataan bahan
6	Gergaji/ <i>Bandsaw</i>	Digunakan untuk pemotongan bahan
7	Jangka Sorong	Digunakan untuk melakukan pengukuran
8	Kunci Pas/Kunci torsi	Untuk mengencangkan <i> Hydraulic Vice</i>
9	<i> Hydraulic Vice</i>	Untuk mencekam benda kerja
10	Mata Pahat	Sebagai alat potong benda kerja
11	Palu karet	Untuk meratakan permukaan benda kerja dengan cara dipukul dan diukur dengan <i> water pass</i>
12	<i> Water Pas</i>	Untuk mengukur rata tidaknya benda kerja
13	<i> Collet</i> ER 32	Sebagai tempat mata pahat dipasang
14	Kunci ER 32	Untuk mengencangkan <i> collet</i>
15	<i> Handphone/Smartphone</i>	Sebagai alat bantu untuk mengambil foto untuk bahan laporan

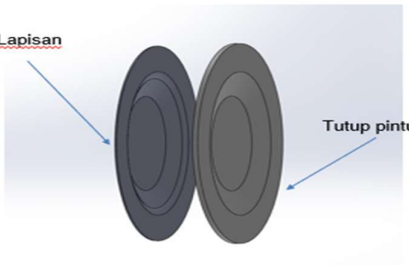
Tabel 3- 2 bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan produk

No.	Bahan	Fungsi
1	Aluminium	Sebagai bahan utama <i> mold</i>
2	<i>As stainless</i>	Sebagai <i> join</i> penghubung
3	<i>Sheet Metal</i>	Sebagai material uji
4	Kuningan	Digunakan untuk pembuatan <i>Bushing</i>
5	<i>Dies Spring</i>	Digunakan untuk menekan <i>Staper</i>
6	Besi	Digunakan sebagai ujung <i>puncher</i>

### 3.3 Perancangan Desain Produk

Perancangan dimulai dari adanya suatu masalah di proses *dies molding* yaitu kerutan pada pelat material. Kerutan pada pelat merupakan masalah yang dapat menyebabkan terbuangnya bahan material. Maka produk akan dibuatkan *dies mold*.

Sebelum dilakukan proses diperlukan data terlebih dahulu untuk memperoleh hasil yang sesuai, untuk menghemat waktu dan biaya data diambil dari data penelitian di PT Hari Mukti Teknik. Dan didapatkan data desain produk asli sebagai dasar pembuatan  *mold*. Data yang telah diambil akan dilakukan pengukuran dan penyesuaian ulang supaya dapat dilakukan penelitian dan pembuatan produk menggunakan mesin milling Supermill MK 2.0 dari D-tech Powermill. Data yang telah disesuaikan seperti Gambar 3-2.



Nama	Ukuran
Diameter Luar Tutup Pintu	155 mm
Diameter Luar Lapisan Tutup Pintu	150 mm
Forming Tutup Pintu	5 mm
Forming Lapisan Tutup Pintu	5 mm
Diameter Forming Tutup pintu	110 mm
Diameter Forming lapisan Tutup pintu	110mm

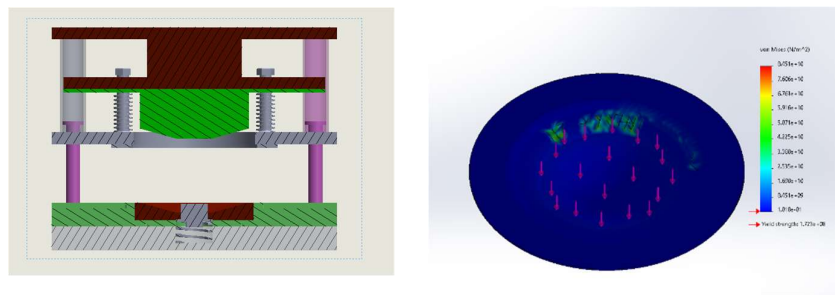
Gambar 3-2 Kriteria Produk

### 3.3.1 Kriteria Desain

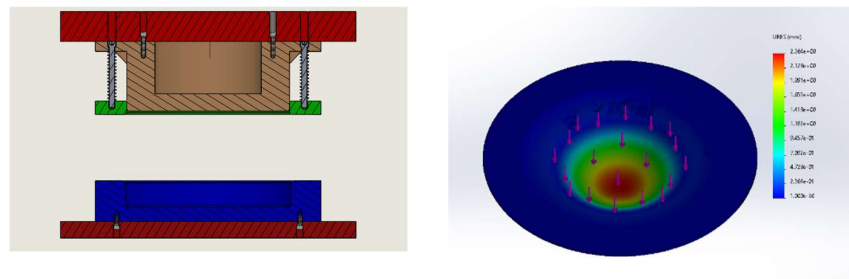
Setelah ditentukan produk yang akan dibuat, maka dilanjutkan dengan menentukan dari kriteria desain yang merupakan target;

1. Cetakan yang dibuat dapat digunakan dengan mudah dan dapat digunakan menggunakan mesin *press* yang tersedia serta dapat berhasil mencetak produk dengan metode *dies molding*.
2. Proses pemesinan dapat dikerjakan menggunakan CNC Supermill MK 2.0.

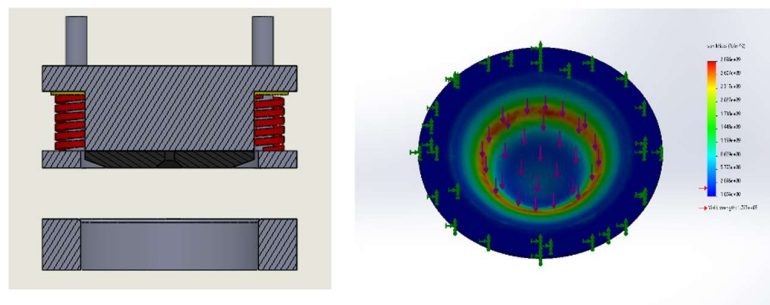
Setelah kriteria desain telah ditentukan maka dilanjutkan proses, perancangan desain cetakan. Dapat dilihat pada Gambar 3-3 hingga 3--5



Gambar 3-3 Desain 1



Gambar 3-4 Desain 2



Gambar 3-5 Desain 3

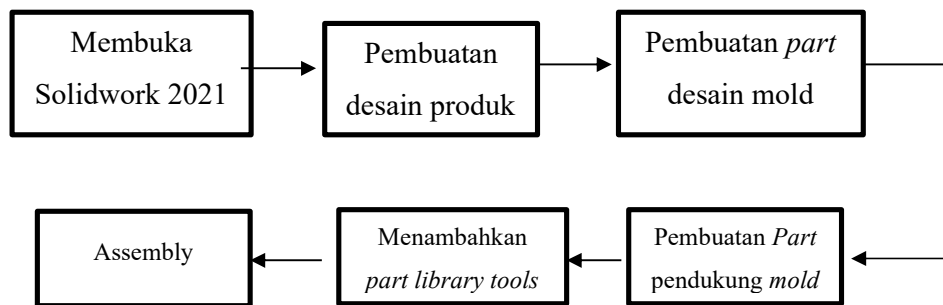
### 3.3.2 Kriteria Produk

Berdasarkan dari produk asli maka kriteria produk yang harus terpenuhi yaitu sebagai berikut:

1. Produk tidak menimbulkan kerutan atau terdapat namun tidak banyak saat diberi tekanan maksimal.
2. Hasil *forming* mencapai 5 mm.
3. Dimensi dari produk sama atau lebih dari

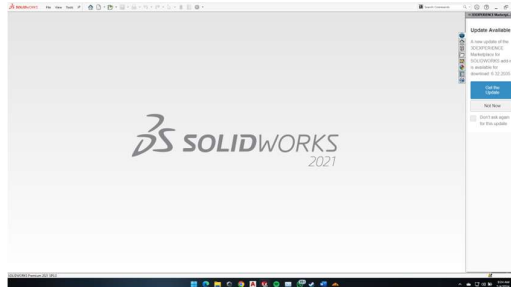
### 3.4 Proses Pembuatan *Mold*

Perancangan dan simulasi pemesinan dilakukan dengan menggunakan *software* Solidwork 2021 dan Autodesk Fusion 360. Proses ini dilakukan berdasarkan desain 3 dari cetakan yang telah di buat menggunakan Soldiwork 2021 sebelumnya. Karena dari hasil simulasi tekanan desain 3 memiliki pembentukan *forming* yang lebih bagus dari desain lain, desain yang telah dibuat lalu dilakukan modifikasi dan dapat disimulasikan untuk menentukan parameter pemesinan agar mendapatkan hasil dari simulasi pemesinan yang terbaik, maka selanjutnya akan mendapatkan *g-code* dari proses pemesinan yang sebelumnya telah dirancang dari hasil simulasi tersebut lalu disimpan dalam *flashdisk* guna dilanjutkan kepada mesin berbasis CNC. Berikut merupakan tahapan dari proses pembuatan cetakan seperti pada Gambar 3-6 yaitu:



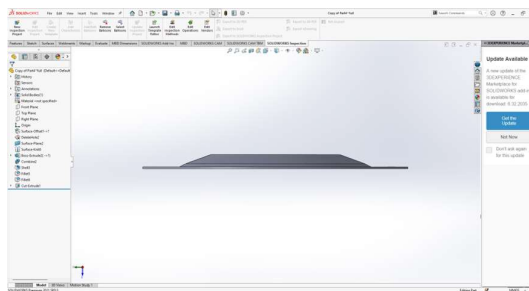
Gambar 3-6 Diagram Alur Pembuatan desain *Mold*

- Membuka Solidwork 2021 untuk membuat desain *mold* seperti Gambar 3-7.

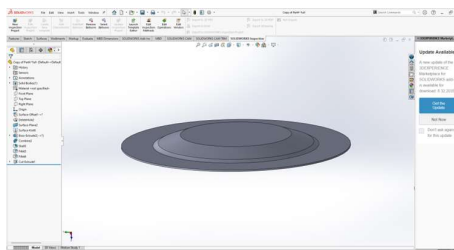


Gambar 3-7 Aplikasi Solidwork 2021

- Membuat desain produk dengan ukuran skala seperti Gambar 3-8 dan 3-9.

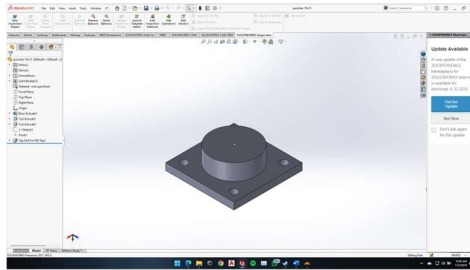


Gambar 3-8 Produk tampak depan



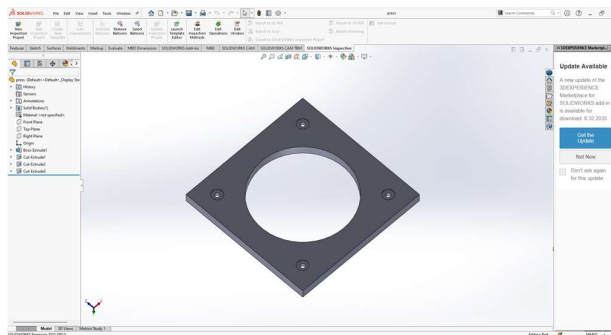
Gambar 3-9 Produk tampak atas

- Membuat desain *puncher* dengan ukuran yang telah disesuaikan seperti Gambar 3-10.



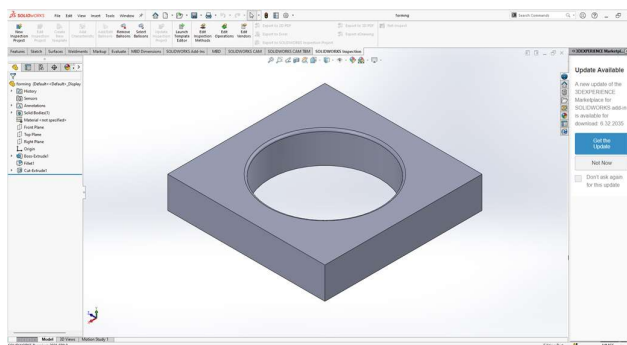
Gambar 3-10 Desain *puncher*

- Membuat desain *staper* dengan ukuran yang telah disesuaikan seperti yang ada pada Gambar 3-11.



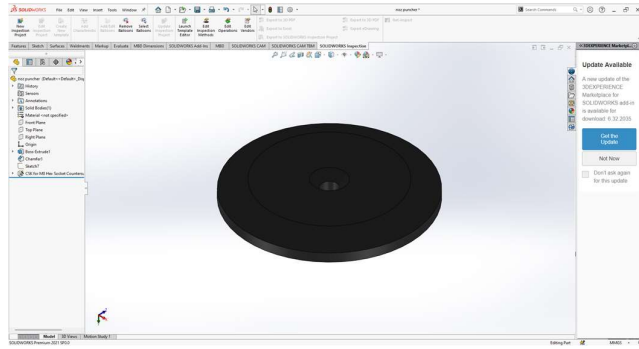
Gambar 3-11 Desain *staper*

- Membuat desain *forming* dengan ukuran yang telah disesuaikan seperti yang ada pada Gambar 3-12.

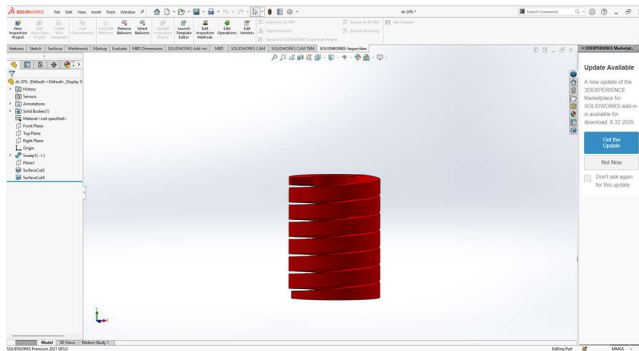


Gambar 3-12 Desain *forming*

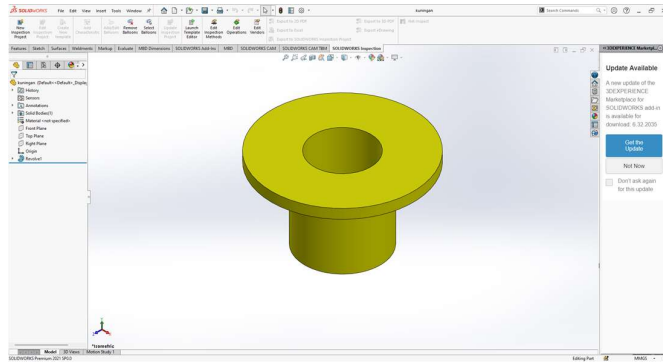
- Setelah pembuatan desain *mold* selesai selanjutnya membuat part pendukung tambahan seperti *Head Puncher*, *Die Spring*, *Bushing*, dan *pin as* seperti pada Gambar 3-13 hingga 3-16.



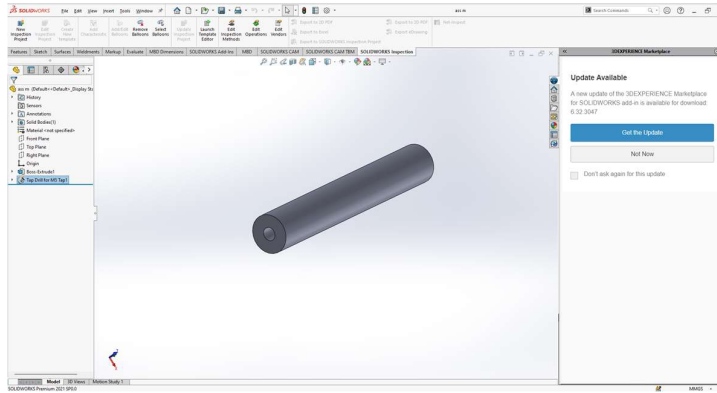
Gambar 3-13 desain *head puncher*



Gambar 3-14 Desain pegas

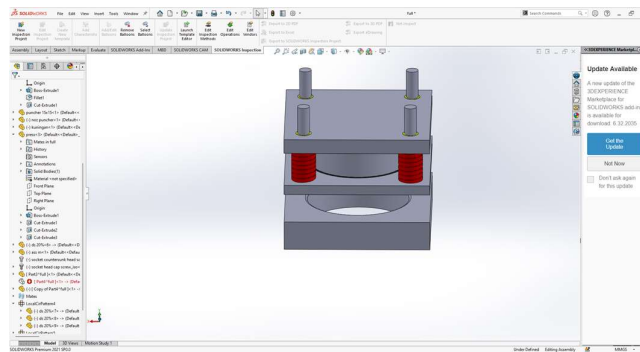


Gambar 3-15 Desain *Bushing*



Gambar 3-16 Desain *Pin as*

- Melakukan *assembly* semua part yang telah dibuat dan menambahkan baut yang diambil dari *library* Solidwork seperti Gambar 3-17 dan 3-18.



Gambar 3-17 Desain *assembly*



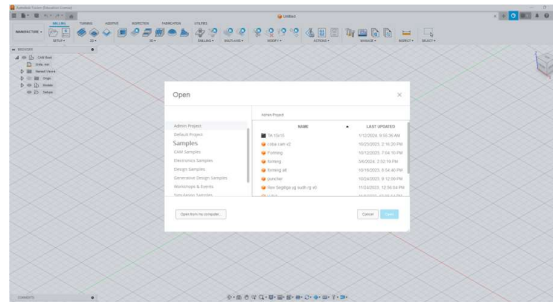
Gambar 3-18 *Tools Library*

### 3.5 Simulasi Pemesinan

Simulasi pemesinan dilakukan menggunakan *software* Autodesk Fusion 360.

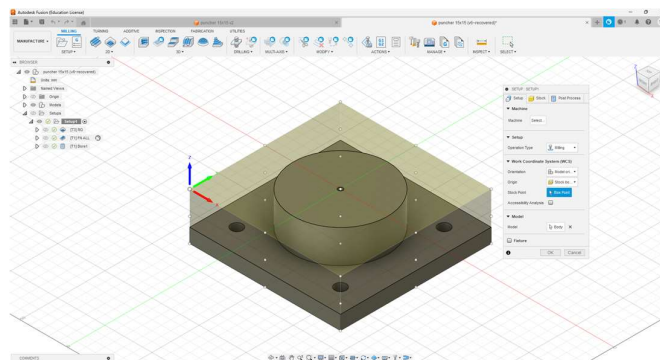
Untuk prosesnya yaitu:

1. Membuka *software* lalu *import* data yang akan digunakan seperti Gambar 3-19.



Gambar 3-19 Fusion 360

2. Melakukan pengaturan titik *origin* benda kerja pada sumbu x,y dan z serta dimensi benda kerja yang akan dibuat seperti Gambar 3-20.



Gambar 3-20 Proses penentuan *origin*

Melakukan pemilihan strategi, mata pahat, dan parameter yang akan digunakan sebagai parameter dari pemesinan. Parameter dan mata pahat yang digunakan merupakan hasil dari penelitian yang sebelumnya telah dilakukan supaya memperoleh hasil yang terbaik.

Tabel 3- 3 Parameter pemesinan Puncher

Tahap	<i>Roughing</i>	<i>Finishing 1</i>	<i>Finishing 2</i>
Diameter Pahat	Flat End Mill Ø 12mm x 38mm x 82mm	Flat End Mill Ø 12mm x 38mm x 82mm	Flat End Mill Ø 3mm 3 x 6mm x 50mm
<i>Strategy</i>	<i>2D Adaptive clearing</i>	<i>Step and Shallow</i>	<i>Bore</i>
<i>Step Over</i>	1.2mm	0.8 mm	2.5 mm
<i>Step Down</i>	1.5 mm	1.2 mm	2.5 mm
<i>Feed Rate</i>	1000 mm/min	333 mm/min	250 mm/min
<i>Spindle Speed</i>	5000 rpm	5000 rpm	5000 rpm
<i>Tolerance</i>	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm

Tabel 3- 4 Parameter pemesinan stapper

Tahap	<i>Roughing</i>	<i>Finishing 1</i>	<i>Finishing 2</i>
Diameter Pahat	Flat End Mill Ø 12mm x 38mm x 82mm	Flat End Mill Ø 12mm x 38mm x 82mm	Flat End Mill Ø 3mm 3 x 6mm x 50mm
<i>Strategy</i>	<i>2D Adaptive clearing</i>	<i>Contour</i>	<i>Bore</i>
<i>Step Over</i>	1.5 mm	0.2 mm	2.5 mm
<i>Step Down</i>	4.8 mm	0.2 mm	2.5 mm
<i>Feed Rate</i>	1000 mm/min	1000 mm/min	1000 mm/min
<i>Spindle Speed</i>	5000 rpm	5000 rpm	5000 rpm
<i>Tolerance</i>	0.01	0.01	0.01

Tabel 3- 5 Parameter pemesinan Forming

Tahap	<i>Roughing</i>	<i>Finishing 1</i>
Diameter Pahat	Flat End Mill Ø 12mm x 38mm x 82mm	<i>Step and Shallow Ballnose R 2mm x 6mm x 50mm</i>
<i>Strategy</i>	<i>2D Adaptive clearing</i>	<i>Step and Shallow</i>
<i>Step Over</i>	4.8 mm	1 mm
<i>Step Down</i>	1.5 mm	0.5 mm
<i>Feed Rate</i>	1000 mm/min	1000 mm/min
<i>Spindle Speed</i>	5000 rpm	5000 rpm
<i>Tolerance</i>	0.01	0.01

### 3.6 Pemesinan Cetakan

Setelah melewati proses perancangan dan simulasi pemesinan, selanjutnya melakukan proses pemesinan cetakan dengan menggunakan parameter dari tabel 3-3 hingga 3-5 yang telah diperoleh melalui proses simulasi pemesinan. Mesin yang digunakan dalam proses pemesinan cetakan yaitu menggunakan mesin milling Supermill MK 2.0 dari D-tech Powermill, dan waktu pemesinan dapat dilihat dari tabel 3-6

Tabel 3- 6 Waktu Pemesinan

Tahap	Strategi	Waktu
<i>Roughing Puncher</i>	<i>Adaptive Clearing</i>	3jam 15 menit 22 detik
<i>Bore Puncher</i>	<i>Bore</i>	0jam 04 menit 20 detik
<i>Finishing Puncher</i>	<i>Steep and Shallow</i>	1 jam 25 menit 43 detik
<i>Roughing Forming</i>	<i>Adaptive Clearing</i>	0 jam 54 menit 41detik
<i>Fillet Forming</i>	<i>Steep and Shallow</i>	0 jam 15 menit 21detik
<i>Roughing Staper</i>	<i>Adaptive Clearing</i>	0 jam 45 menit 20 detik
<i>Contour Staper</i>	<i>Contour</i>	0 jam 03 menit 51 detik
<i>Bore Staper</i>	<i>Bore</i>	0 jam 02 menit 31detik

### 3.7 Skema proses pre-heat

Penggunaan pre-heat bertujuan untuk memanaskan plat terlebih dahulu setelah itu baru diletakan di *mold*, hal ini merupakan cara untuk memanaskan pelat di luar *mold* supaya tidak mempengaruhi *mold*. Dengan menggunakan *setup* yang telah dibuat pemanasan pelat menjadi mudah dilakukan. Dengan meletakan dan menjepit dua lempengan *element heater* menyebabkan panas dapat merata dengan sensor yang ditaruh pada titik tengah plat memudahkan modul *heater* membaca

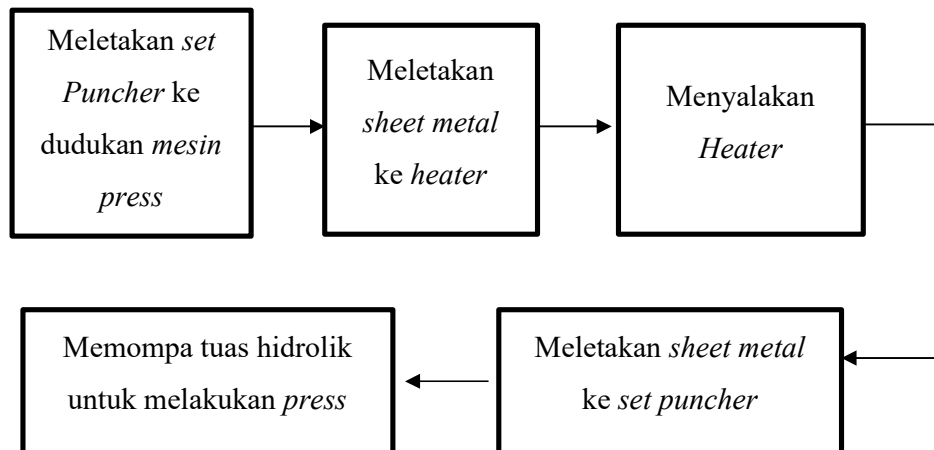
panas pada pelat apakah sudah mencapai suhu yang diinginkan. Seperti pada Gambar 3-21.



Gambar 3-21 *setup heater*

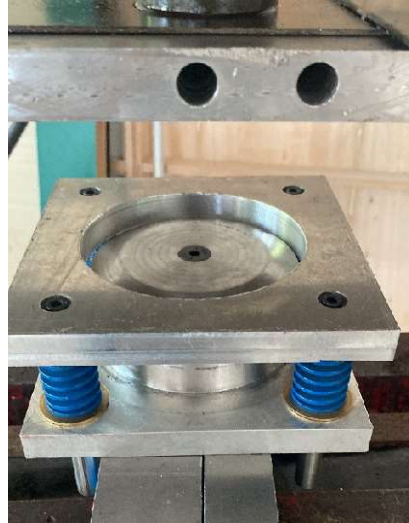
### 3.8 Proses Pembuatan Produk

Cetakan yang sebelumnya dibuat, selanjutnya akan melakukan proses pembuatan produk dengan mesin *press* 20T yang tersedia di Lab Manufaktur Universitas Islam Indonesia. Berikut adalah tahapan dalam melakukan proses pembuatan produk dapat dilihat pada Gambar 3-22:



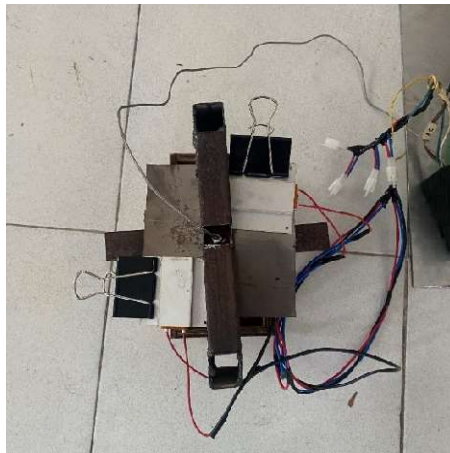
Gambar 3-22 Alur Pembuatan Produk

- Meletakkan *dies mold* pada mesin press namun hanya bagian *set puncher*. seperti pada Gambar 3-23.



Gambar 3-23 *Set Puncher*

- Meletakkan *metal sheet* ke dudukan *heater* dilanjut dengan meletakkan elemen *heater* pada *metal sheet* lalu dijepit menggunakan penjepit. Seperti pada Gambar 3-24.



Gambar 3-24 *Setup Heater*

- Menyelakan *modul heater* dan mengatur suhu yang diinginkan. Seperti pada Gambar 3-25.



Gambar 3-25 Setup *Heater*

- Saat suhu telah mencapai panas yang telah diatur *heater* akan berhenti bertambah, setelah *metal sheet* dilepas dari *heater*, *metal sheet* akan dipindah ke *set puncher* lalu ditutup menggunakan *forming*. Seperti pada Gambar 3-26.



Gambar 3-26 Proses *Press*

- Mengunci tuas hidrolik setelah itu memompa tuas hidrolik untuk melakukan *press* Seperti pada Gambar 3-27.



Gambar 3-27 Proses Memompa Tuas Hidrolik

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Produk

Dari hasil pembuatan produk yang telah dilakukan, pengaruh dari *heater* dan *spring* yang digunakan menentukan produk yang dihasilkan. Suhu yang digunakan untuk percobaan yaitu 100 °C, 125 °C, 150 °C dengan variasi dua *spring* yang berbeda yaitu tekanan 22%-32% untuk *spring* merah dan tekanan 32%-42% untuk *spring* biru.

Pada gambar 4-1 hingga 4-3 merupakan sampel yang diambil dengan menggunakan pegas merah dengan bahan material *mild steel*. Produk dengan pegas merah lebih dapat meminimalkan kerutan yang terjadi namun daerah penekan tidak sesuai dengan kriteria produk, dengan penekanan maksimal pegas.



Gambar 4-1 *Mild Steel* 100 °C Pegas Merah



Gambar 4-2 *Mild Steel* 125 °C Pegas Merah



Gambar 4-3 *Mild Steel* 150 °C Pegas Merah

Kemudian untuk pegas biru dapat dilihat dari gambar 4.4 - 4.6. pegas biru dapat mengurangi kerutan namun tidak sebagus pegas merah akan tetapi daerah penekan lebih baik dari pada pegas merah, dengan penekanan pegas maksimal.



Gambar 4-4 *Mild Steel* 100 °C Pegas Biru



Gambar 4-5 *Mild Steel* 125 °C Pegas Biru



Gambar 4-6 *Mild Steel* 150 °C Pegas Biru

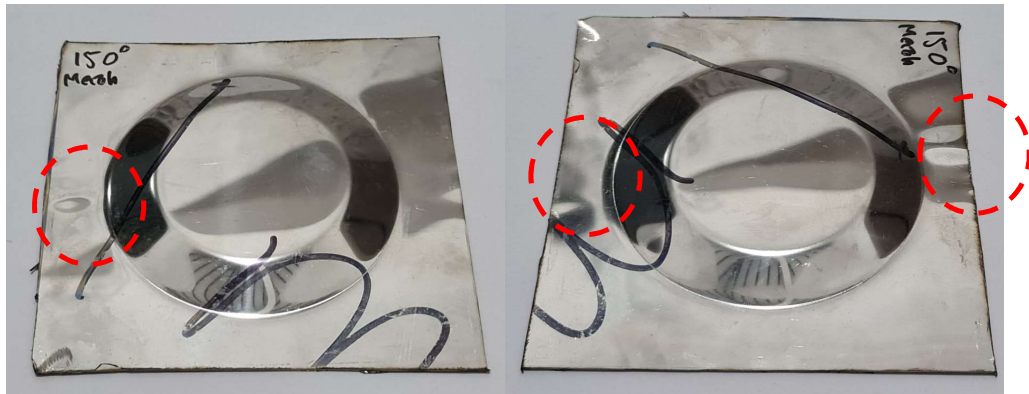
Pada gambar 4-7 hingga 4-9 merupakan sampel yang diambil dengan menggunakan pegas merah dengan bahan material *Stainless steel*. Produk dengan pegas merah lebih dapat meminimalkan kerutan yang terjadi serta daerah penekanan mendekati dengan kriteria produk, dengan penekanan pegas maksimal.



Gambar 4-7 *Stainless Steel* 100 °C Pegas Merah

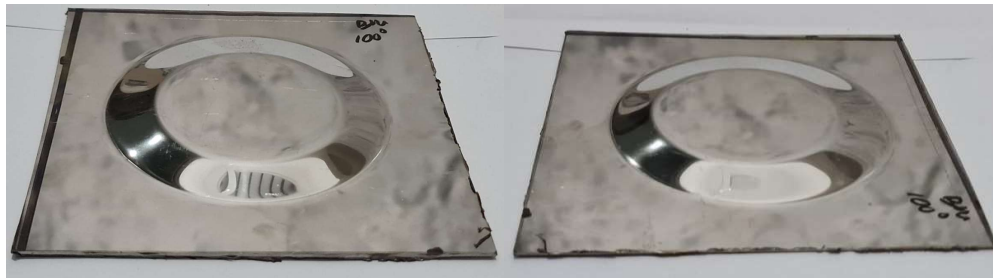


Gambar 4-8 *Stainless Steel* 125 °C Pegas Merah

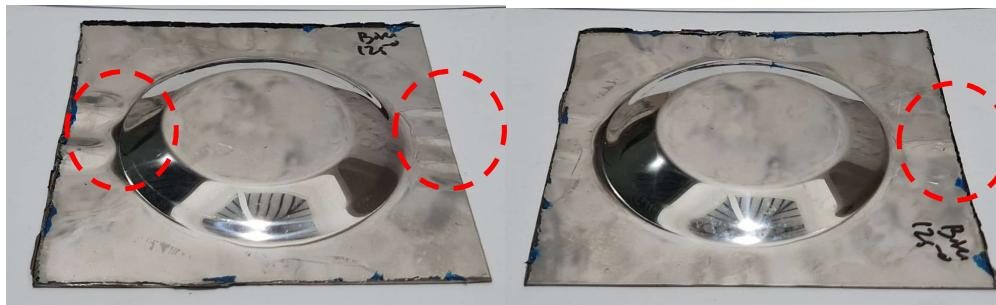


Gambar 4-9 *Stainless Steel* 150 °C Pegas Merah

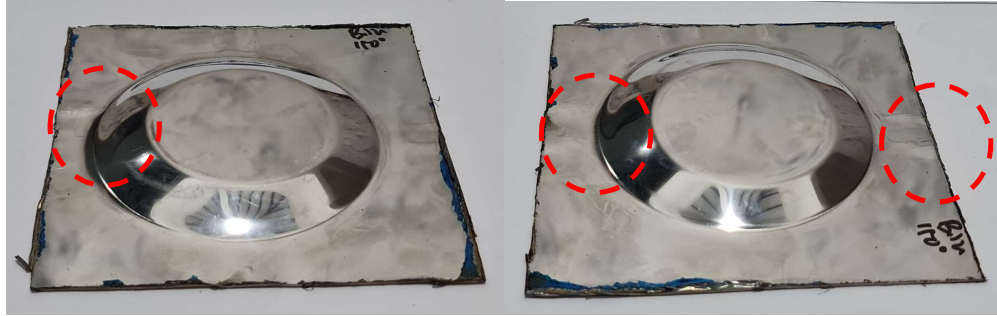
Kemudian untuk pegas biru dapat dilihat dari gambar 4-10 hingga 4-12. pegas biru pada bahan *stainless* tidak seperti bahan *mild steel*, hasil uji pada pelat *stainless* tidak lebih bagus dari pada pegas merah karena kerutan yang ditimbulkan lebih dari pelat *mild steel*, dengan penekanan pegas maksimal



Gambar 4-10 *Stainless Steel* 100 °C Pegas Biru



Gambar 4-11 *Stainless Steel* 125 °C Pegas Biru



Gambar 4-12 *Stainless Steel* 150 °C Pegas Biru

Dari kedua jenis pelat menunjukkan keunggulan dan kekurangan masing-masing. Untuk kekurangan dari masing-masing uji coba disebabkan dari *heater* yang kurang memadai mengakibatkan panas pada plat uji coba kurang merata dengan sempurna serta penggunaan pada *spring* mesin *press* yang harus diganti, hal ini menyebabkan kecacatan pada hasil *forming* terjadi. Seperti pada gambar 4-13.



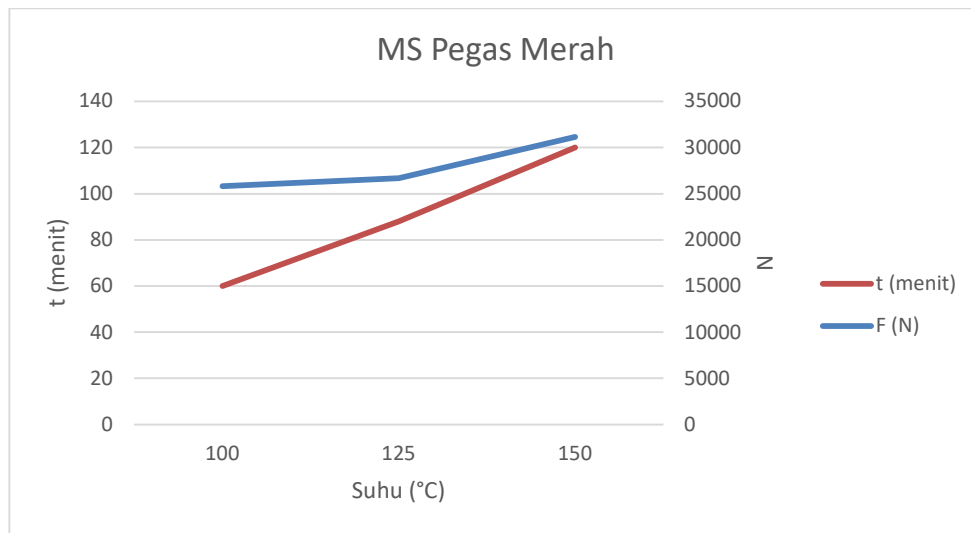
Gambar 4-13 Pegas Mesin *press*

## 4.2 Pengaruh suhu dan tekanan pada kerutan terhadap Plat

Dengan adanya *heater* menentukan suhu merata atau tidak di permukaan pelat yang dapat mengakibatkan pelat lebih mudah untuk di *press* karena pelat sudah lebih lunak dari pengaruh suhu yang diberikan. Dari percobaan terdapat lebih banyak kerutan pada hasil pegas biru dan untuk tekanan yang dihasilkan antara pegas biru dan pegas merah tekanan yang terjadi lebih besar di pegas biru.

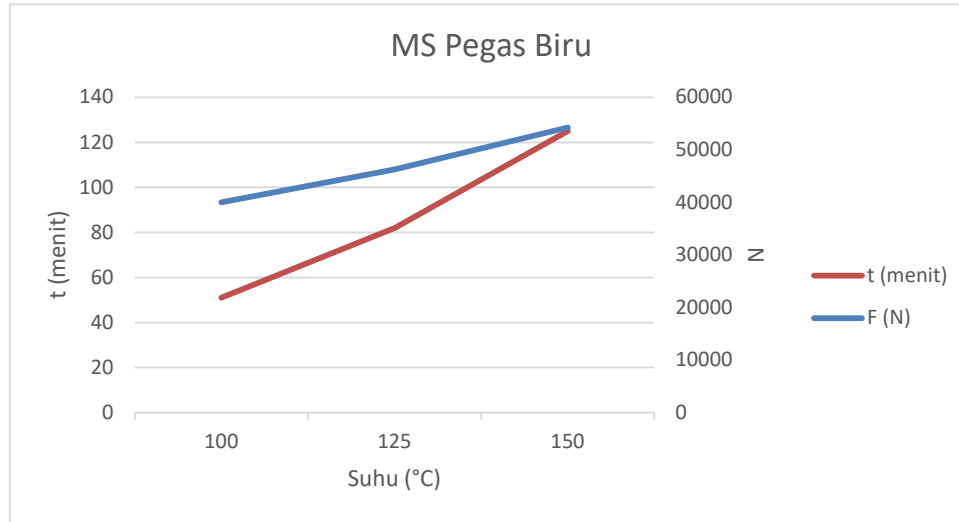
### 4.3 Analisis dan Pembahasan Plat *Mild Steel*

Dengan dilakukannya proses *press* pada masing-masing percobaan dengan menggunakan pelat *mild steel* didapatkan hasil dari tekanan yang terjadi. Pegas biru dapat menahan tekanan lebih besar namun masih memiliki kerutan pada area luar *forming*, sedangkan untuk pegas merah dengan tekanan di bawah pegas biru dapat mengatasi kerutan yang terjadi namun hasil *forming* tidak dapat maksimal seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.1-4.6 di atas.



MS			
Suhu	Panjang pegas setelah ditekan	F(N)	waktu pre-heat (menit)
100	25.39 mm	25799.8	60
125	26.1 mm	26689.44	88
150	24.7 mm	31137.68	120

Gambar 4-14 Grafik dan Data Pegas Merah



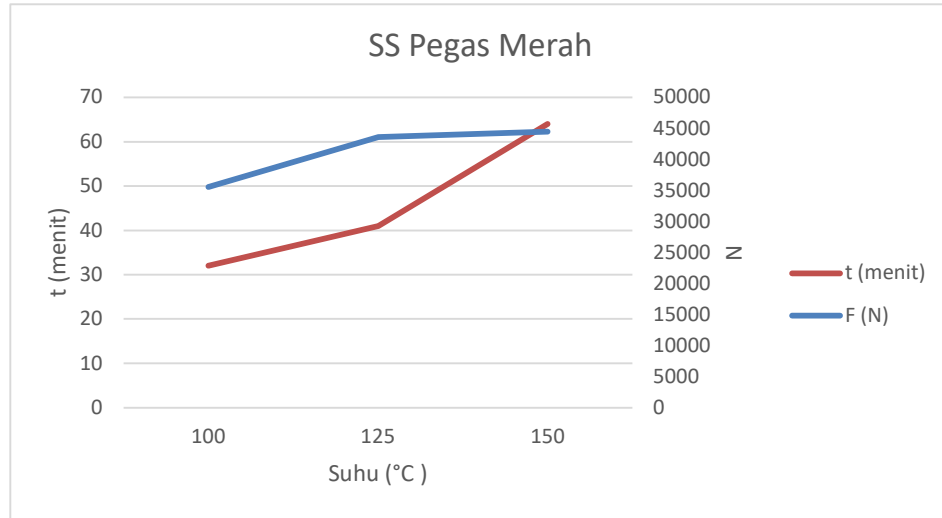
MS			
Suhu	Panjang pegas setelah ditekan	F(N)	waktu pre-heat (menit)
100	24.34 mm	40034.16	51
125	22.59 mm	46261.7	82
150	21.33 mm	54268.53	125

Gambar 4-15 Grafik dan Data Pegas Biru

Dari grafik hasil pengujian pada gambar 4-14 dan 4-15 suhu pemanasan yang terjadi akan berpengaruh terhadap tekanan yang terjadi, semakin suhu meningkat, tekanan yang terjadi akan mudah menekan *mild steel* hal ini karena panas yang diberikan melunakkan pelat. Pelat akan semakin lunak jika panas yang diberi semakin bertambah.

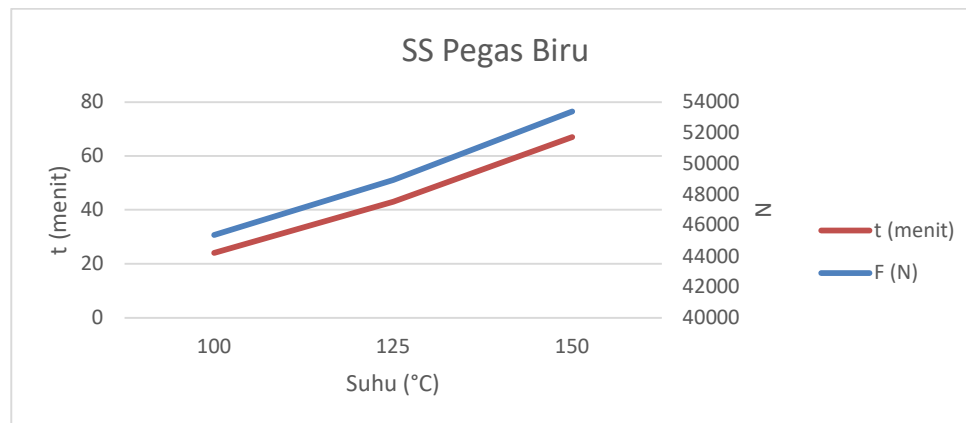
#### 4.4 Analisis dan Pembahasan Pelat *Stainless Steel*

Proses *press* pada pelat *stainless* sama seperti dengan pelat *mild steel* yang membedakan yaitu panas lebih mudah merata dan panas pada pelat *stainless steel* lebih lama menghilang dari pada pelat *mild steel*. Untuk permasalahan kerutan pada pelat *stainless* hampir semua tidak ada kerutan namun untuk hasil yang terbaik terjadi pada pelat uji 125°C untuk pegas merah dan 150°C untuk pegas biru.



SS			
Suhu	Panjang pegas setelah ditekan	F(N)	waktu pre-heat (menit)
100	26.19mm	35585.92	32
125	24.78mm	43592.75	41
150	23.55mm	44482.4	64

Gambar 4-16 Grafik dan Data Pegas Merah



SS			
Suhu	Panjang pegas setelah ditekan	F(N)	waktu pre-heat (menit)
100	32%-40% (25.44mm)	45372.05	24
125	32%-40% (23.29 mm)	48930.64	43
150	32%-40% (20.73 mm)	53378.88	67

Gambar 4-17 Grafik dan Data Pegas Biru

Dari hasil pengujian pada gambar 4-16 dan 4-17 didapat data grafik seperti di atas dengan selisih tekanan antara masing-masing pelat yang dipanaskan naik yang menandakan tekanan yang dihasilkan dapat lebih besar serta hasil *forming* yang didapatkan sesuai dengan kriteria produk. Alasan pelat *stainless* menghasilkan produk yang lebih bagus karena sifat material yang mudah menyerap panas dan dapat menahan panas lebih lama dari pelat *mild steel*. Naiknya suhu dan penekanan karena setelah penekanan pada pegas mencapai tekanan maksimal untuk mencegah kerutan, *puncher* akan fokus memberi tekanan untuk pembentukan *forming* supaya kedalaman dari *forming* dapat sesuai dengan kriteria produk.

#### 4.5 Pengaruh Suhu dan Tekanan *Spring*

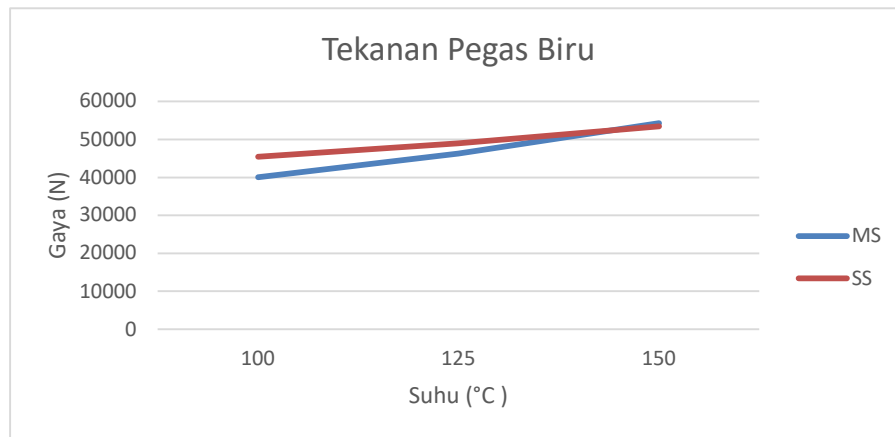
Dari percobaan yang telah dilakukan suhu sangat mempengaruhi tekanan pada mesin *press* dan pembentukan *forming* sedangkan tekanan pada *spring* berpengaruh terhadap kerutan yang terjadi pada pelat. Terjadinya kerutan dapat disebabkan faktor lain seperti tekanan yang terjadi tidak merata yang mengakibatkan salah satu *spring* tidak tertekan seperti *spring* lain. Dari hasil uji coba didapat data seperti berikut

Tabel 4- 1 Parameter pemesinan *Forming*

Biru	SS		MS	
	<i>Forming</i>	Kerutan	<i>Forming</i>	Kerutan
100	7.8 mm	-	7.97 mm	Atas,bawah
125	7.92 mm	Kiri,kanan,atas	8.13 mm	Kanan,atas
150	8 mm	Atas,kiri,bawah	8.2 mm	Kiri
Merah				
100	5.83 mm	-	4.78 mm	-
125	5.97 mm	Kanan	4.85 mm	-
150	6 mm	Atas,bawah,kiri	5.38 mm	-

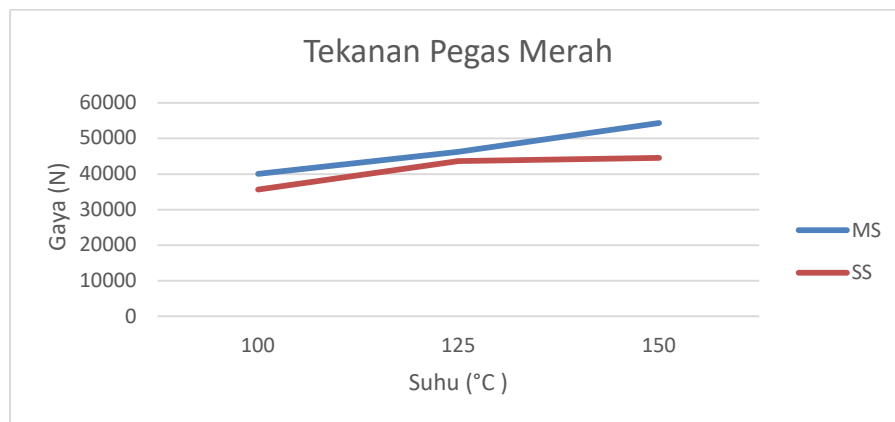
Dari data tabel 4-1 Pelat *Stainless* dengan *spring* merah dengan suhu 100 °C termasuk kriteria dengan hasil kedalaman tekanan *forming* 5.83 mm dan kerutan tidak timbul sedangkan untuk pelat *mild steel* penggunaan *spring* merah dengan suhu

150 °C membuat hasil lebih bagus karena hasil penekanan *forming* mencapai 5.38 mm dan tidak ada hasil kerutan yang terjadi.



MS Vs SS			
Suhu	Panjang pegas setelah ditekan	MS F(N)	SS F(N)
100	24.34mm	40034.16	45372.05
125	22.59 mm	46261.7	48930.64
150	21.33 mm	54268.53	53378.88

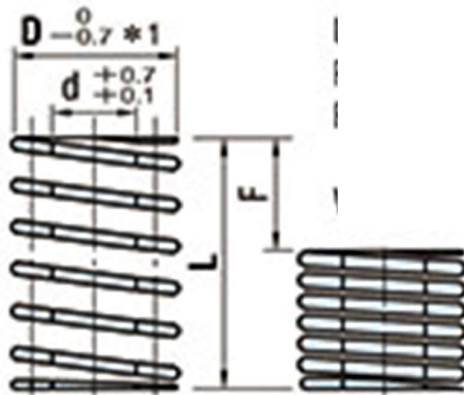
Gambar 4-18 Grafik Tekanan Pegas Biru Antara *Mild Steel* dan *Stainless Steel*



MS Vs SS			
Suhu	Panjang pegas setelah ditekan	MS F(N)	SS F(N)
100	25.39mm	45372.05	35585.92
125	26.1mm	48930.64	43592.75
150	24.7mm	53378.88	44482.4

Gambar 4-19 Grafik Tekanan Pegas Merah Antara *Mild Steel* dan *Stainless Steel*

Pada data grafik tekanan gambar 4-18 dan 4-19 *stainless steel* lebih mudah menerima tekanan karena dari penelitian yang dilakukan *stainless steel* lebih mudah panas dan panas dapat bertahan lebih lama dari pada *mild steel* . Dari dua pegas yang telah dipakai untuk penelitian pegas merah lebih bagus digunakan untuk mengurangi kerutan dan pegas biru lebih cocok digunakan untuk melakukan pembentukan. Hal ini karena batas maksimal penekan pada masing-masing pegas yang berbeda, semakin tinggi batas penekan semakin besar juga jarak setelah pegas ditekan. Seperti gambar 4-20.



Gambar 4-20 Ilustrasi Penekanan Pegas

Sumber: <https://id.misumi-ec.com/vona2/detail/110100185670/>

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Hasil dari pembahasan dan analisa proses manufaktur dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dirancang *prototype* cetakan untuk membuat produk menggunakan mesin CNC
2. Kendala yang dihadapi dalam proses pembuatan cetakan adalah,
  - Kerusakan pada pompa *collant*.
  - Pahat yang akan digunakan patah.
  - Saat *dial setting delay*.
3. Perbedaan estimasi waktu antara simulasi di *software* Fusion 360 dan Supermill MK 2.0 rata-rata mencapai hampir 1 jam di setiap tahap yang lama sedangkan pada tahap yang memerlukan sedikit waktu, estimasi proses tidak berbeda jauh dengan simulasi.
4. Diantara produk yang telah dicetak, disimpulkan bahwa pegas dengan tekanan 22%-32% dan plat yang dipanaskan hingga 150°C untuk *mild steel* dan 100°C untuk *stainless steel* merupakan produk yang sesuai dengan kriteria.

#### **5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu;

- Dari penelitian ini masih banyak kekurangan yang diharap dapat disempurnakan pada penelitian selanjutnya.
- Untuk variasi pada suhu dan tekanan perlu diperhatikan karena setiap tekanan dan suhu akan mempengaruhi kerutan yang terjadi.
- Pada penggunaan variasi pegas dapat ditambah supaya lebih mengurangi kerutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]al Hafiz, M., Junaidi, A., Sundari, E., Teknik, M., Produksi, M., Perawatan, D., Sriwijaya, N., Jurusan, ), & Mesin, T. (2022). ANALISIS KEKASARAN MOLDING BERBASIS ADDITIVE MANUFACTURING MATERIAL POLYLACTIC ACID INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7246701>al Hafiz, M., Junaidi, A., Sundari, E., Teknik, M., Produksi, M., Perawatan, D., Sriwijaya, N., Jurusan, ), & Mesin, T. (2022). *ANALISIS KEKASARAN MOLDING BERBASIS ADDITIVE MANUFACTURING MATERIAL POLYLACTIC ACID INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK*.Sriwijaya. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [2]Okine, R. K. (1989). Analysis of forming parts from advanced thermoplastic composite sheet materials. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 2(1), 50-76.
- [3]Hure, J., Roman, B., & Bico, J. (2012). Stamping and wrinkling of elastic plates. *Physical review letters*, 109(5), 054302.
- [4]Thor, M., Sause, M. G., & Hinterhölzl, R. M. (2020). Mechanisms of origin and classification of out-of-plane fiber waviness in composite materials—a review. *Journal of Composites Science*, 4(3), 130.
- [5]Wang, C., Zhu, B., Zhang, Y. S., Shi, J., & Dong, H. (2011). Hot-stamping process simulation and optimize research for collision beam of automobile door. *Advanced materials research*, 201, 3-8.
- [6]Gonzales, A. P. (2018). Philippine Die and Mold Industry 2018: A Status Report. *Philippine Metals*, 6, 1-7.
- [7]Alfian, A. (2021). MOLDING DESIGN OF PADANG STATE POLYTECHNIC LOGO SOUVENIR MOLDING ON PRESSED PLASTIC INJECTION

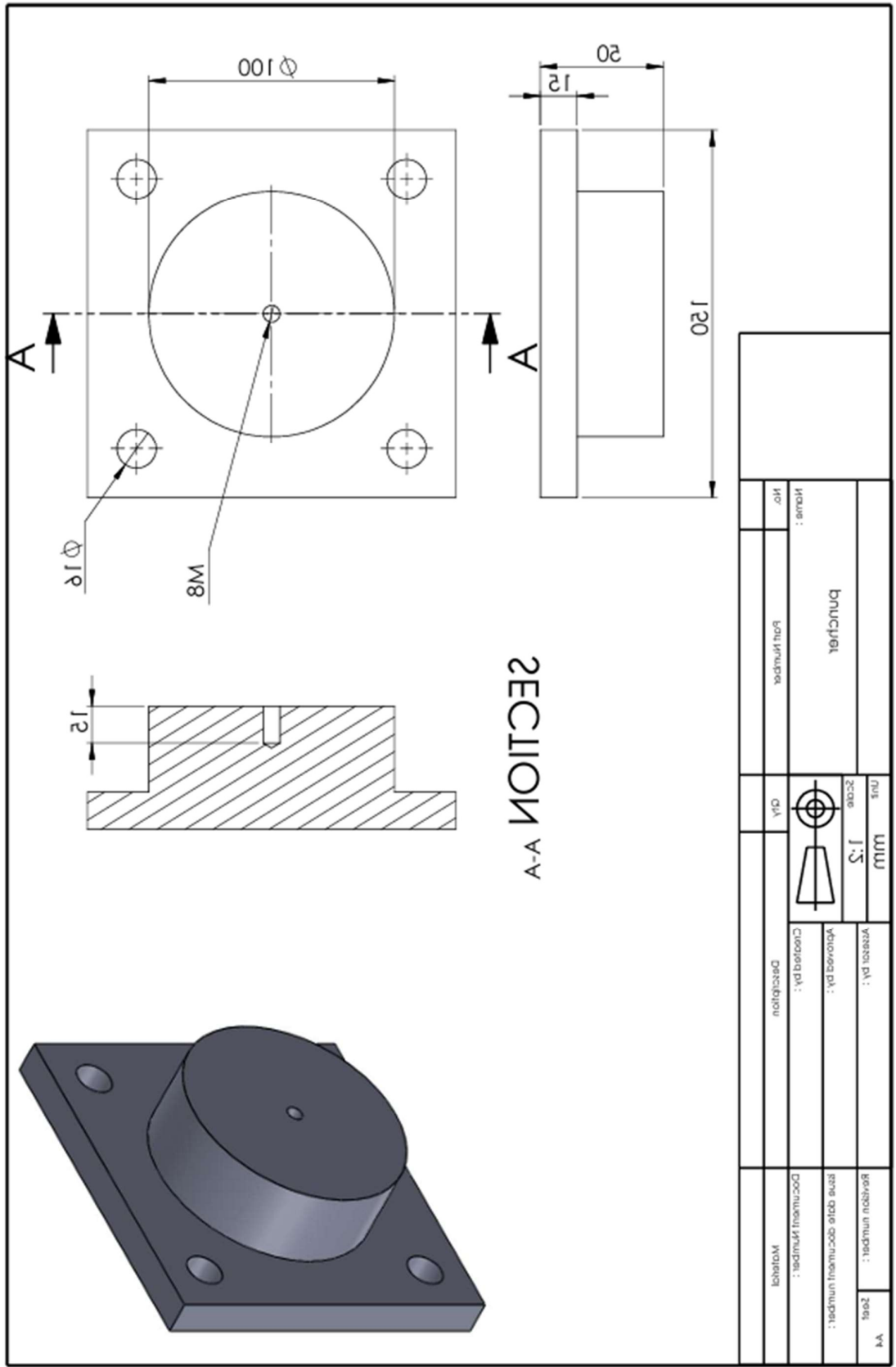
MOLDING MACHINE 1,960 KG/CM<sup>2</sup>. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, 16(2), 93-100.

- [8] Syaukani, M., Paundra, F., Qalbina, F., Arirohman, I. D., Yunesti, P., & Sabar, S. (2021). Desain dan Analisis Mesin Press Komposit Kapasitas 20 Ton. *Journal of Science, Technology, and Visual Culture*, 1(1), 29-34.
- [9] Shanavas, S., & Dhas, J. E. R. (2017, October). Weldability of AA 5052 H32 aluminium alloy by TIG welding and FSW process—a comparative study. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 247, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.
- [10] Gonen, D., Oral, A., & Cakir, M. C. (2015). Investigating the benefits of using circular die springs instead of rectangular die springs. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 38(7), 799-812.
- [11] Flynn, P. J., & Jain, A. K. (1989, November). CAD-based computer vision: from CAD models to relational graphs. In *Conference Proceedings., IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* (pp. 162-167). IEEE.
- [12] Kurasov, D. A. (2021, February). Computer-aided manufacturing: Industry 4.0. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1047, No. 1, p. 012153). IOP Publishing.
- [13] Krar, S., & Gill, A. (1999). *Computer Numerical Control Programmig Basics*. New York. Industrial Press, Inc.
- [14] Hu, J., Marciniak, Z., & Duncan, J. (Eds.). (2002). *Mechanics of sheet metal forming*. Elsevier.
- [15] Dhas, D. E. J., & Velmurugan, C. (2018). Mathematical modeling of the corrosion response of aluminium 5052/tungsten carbide/graphite hybrid composite:

Mathematische Modellierung der Korrosionsreaktion von Aluminium 5052/Wolframkarbid/Graphit-Hybrid-Verbundwerkstoff. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 49(11), 1335-1345.

- [16] Forrester, M. K. (1998). *Stiffness model of a die spring* (Doctoral dissertation, Virginia Tech)

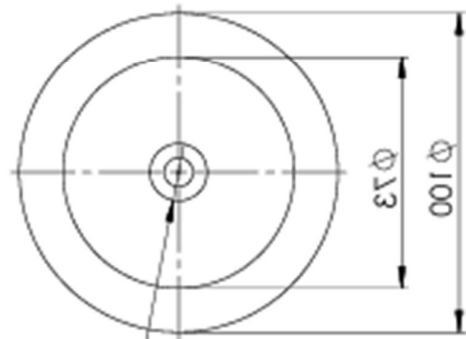
## LAMPIRAN



Name:		brunchet		Unit: mm		Scale: 1:5		Version: 01		Author: [blank]		Date: [blank]	
ID:		[blank]		[blank]		[blank]		[blank]		[blank]		[blank]	
Description:		[blank]		[blank]		[blank]		[blank]		[blank]		[blank]	
Material:		[blank]		[blank]		[blank]		[blank]		[blank]		[blank]	

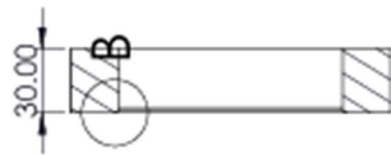
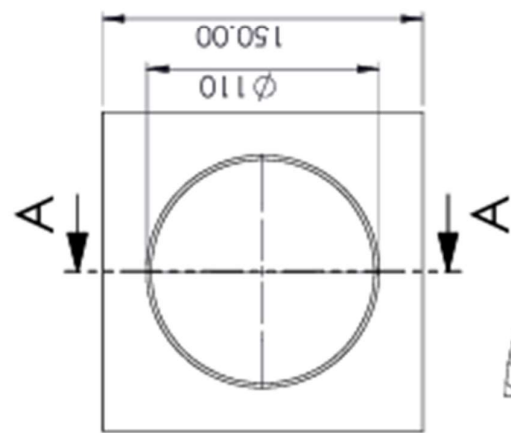
SECTION A-A

Head number:		Unit:	mm	Version no.:		Revision number:	
Part number:		Scale:	1:1	Material:		Year:	14
Drawing no.:				Description:		Drawing number:	
Part name:		CSK for M8 Hex Socket Connector Cap		Drawing no.:		Drawing number:	
Part name:		CSK for M8 Hex Socket Connector Cap		Drawing no.:		Drawing number:	

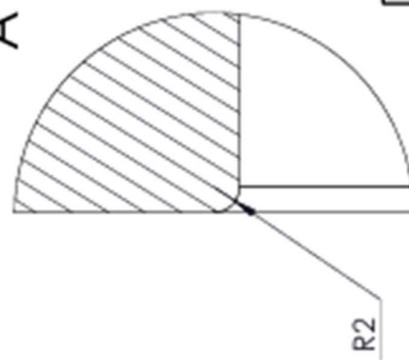
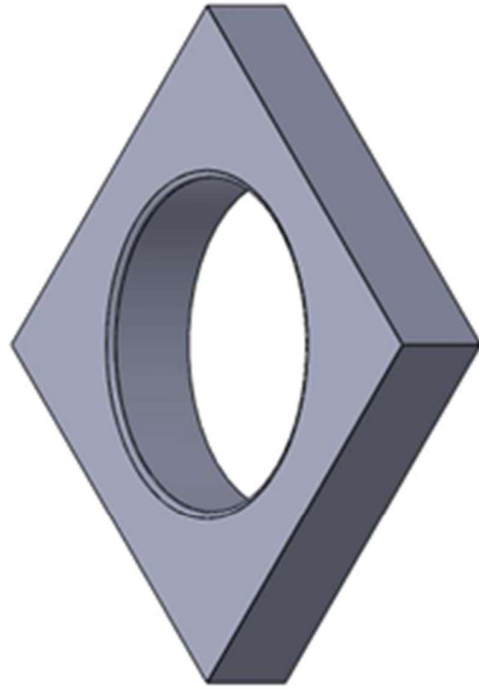


CSK for M8 Hex Socket Connector Cap



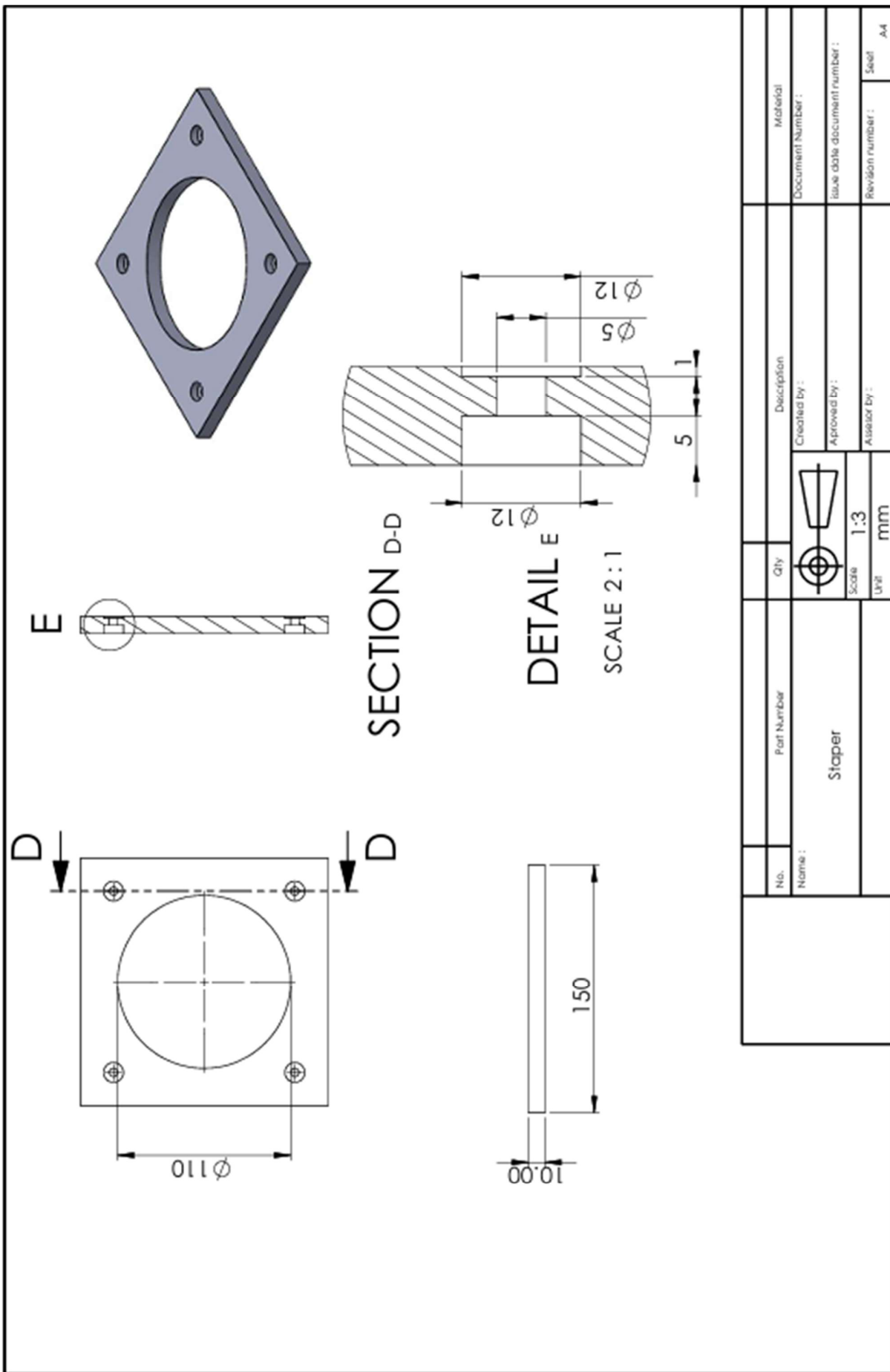


SECTION A-A



DETAIL B  
SCALE 2 : 1

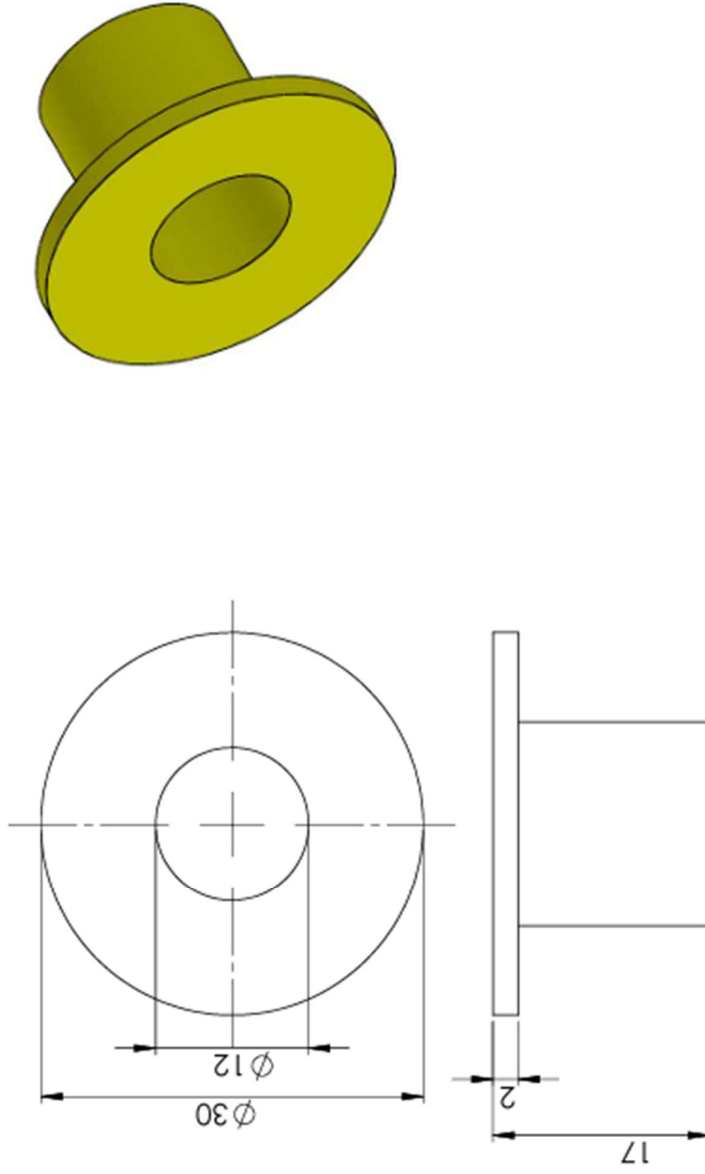
No.	Part Number	Qty	Description	Material
Name :	forming		Created by :	Document Number :
			Approved by :	Issue date document number :
			Scale 1:3	Revision number :
			Unit mm	Sheet A4



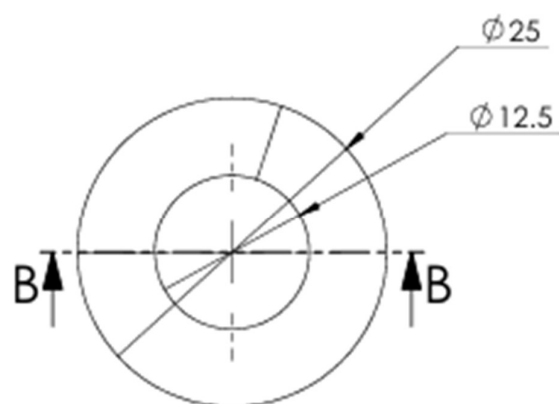
No.	Part Number	Qty	Description	Material
Name :			Created by :	Document Number :
			Approved by :	Issue date document number :
			Assessor by :	Revision number :
				Sheet
				A4



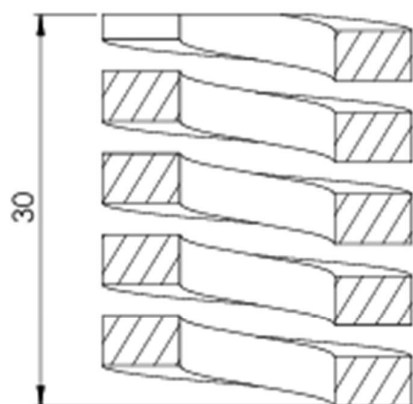
No.	Part Number	Qty	Description	Material
Name:	As Pin		Created by:	Document Number:
			Approved by:	Issue date document number:
		Scale 1:1	Author by:	Revision number:
		Unit mm		Sheet A4



No.	Part Number	Qty	Description	Material
Name :	Bushing		Created by :	Document Number :
			Approved by :	Issue date document number :
		Scale unit	2:1 mm	Revision number :
				Seel A4



Description	Spec.
Outer Diameter	25
Inner Diameter	12.5
Max Length	40
Min Length	20.4
Load Max	7060.8 N



SECTION B-B

No.	Part Number	Qty	Description	Material
Name :	DIE SPRING		Created by :	Document Number :
			Approved by :	Issue date document number :
		Scale 1:1	Assessor by :	Revision number :
		Unit mm		Sheet A4