

# **RANCANG ALAT *BENDING KAWAT METAL JIG***

## **PROYEK AKHIR**

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

Kelulusan Dipolma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Andri                      NPM                      0021704

Ghina Salsabila                      NPM                      0021716

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI**

**BANGKA BELITUNG**

**2020**

# LEMBAR PENGESAHAN

## RANCANG ALAT *BENDING* KAWAT METAL JIG

Oleh:

Andri/0021704

Ghina Salsabila/0021716

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan

Program Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui

Pembimbing 1



Muhammad Yunus, M.T

Pembimbing 2



Yuli Dharta, M.T

Penguji 1



Yang Fitri Ariyani, M.T

Penguji 2



Tuparjono, M.T

Penguji 3



Zaldy Kurniawan, M.T

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Andri NPM : 0021704

Nama Mahasiswa 2 : Ghina Salsabila NPM : 0021716

Dengan Judul : Rancang Alat *Bending Kawat Metal Jig*

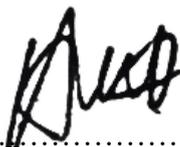
Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 7 September 2020

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Andri



.....

2. Ghina Salsabila



.....

## ABSTRAK

*Metal jig merupakan salah satu jenis umpan tiruan yang digunakan dalam memancing ikan. Pada pembuatan metal jig terdapat proses bending kawat, untuk proses bending kawat sendiri masih menggunakan tang loop sebagai alat untuk proses bending, hasil yang di dapatkan tidak seragam dan memakan waktu yang cukup lama yaitu  $\pm 80$  detik per kawat. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibuat Rancang Alat Bending Kawat Metal Jig. Perancangan alat bending kawat metal jig tersebut mengacu pada metode perancangan VDI 2222 dimana memiliki 4 tahapan yaitu merencana, mengkonsep, merancang, dan penyelesaian. Dari tahapan mengkonsep dihasilkan 3 varian konsep rancangan yang kemudian dinilai berdasarkan aspek teknis dan aspek ekonomi. Konsep yang terpilih kemudian dilakukan perhitungan dan pembuatan simulasi pergerakan menggunakan software SolidWorks untuk dapat memberikan gambaran proses bending kawat metal jig. Untuk alat bending kawat metal jig sendiri menggunakan prinsip kerja press tool yang mana penekanan dengan melakukan pembentukan untuk produk secara massal dengan output yang seragam dengan waktu yang relatif singkat yaitu  $\pm 3$  detik per kawat. Alat bending kawat metal jig ini bisa menghasilkan 10 kawat dalam 1 kali proses dengan hasil yang seragam, sehingga dengan alat tersebut dapat mengatasi permasalahan yang terjadi.*

Kata kunci : *Metal jig, Bending, Kawat, VDI 2222, Press tool*

## **ABSTRACT**

*Metal jig is one type of artificial bait used in fishing. In the manufacture of metal jigs, there is a wire bending process, for the wire bending process itself still uses loop pliers as a tool for the bending process, the results obtained are not uniform and take quite a long time, namely  $\pm 80$  seconds a wire. Based on these problems, the Design of Bending Tools is made. Metal Wire Jig. The design of the metal jig wire bending tool refers to the VDI 2222 design method which has 4 stages, namely planning, conceptualizing, designing, and finishing. From the conceptual stage, 3 variants of the design concept were produced which were then assessed based on technical and economic aspects. The selected concept is then calculated and simulated movement using SolidWorks software to provide an overview of the metal jig wire bending process. The metal jig wire bending tool it self uses the working principle of the press tool, which is pressing by forming bulk products with a uniform output in a relatively short time of  $\pm 3$  seconds a wire. This metal jig wire bending tool can produce 10 wires in one process with uniform results, so that this tool can solve the problems that occur.*

*Key word: Metal jig, Bending, Wire, VDI 2222, Press tool*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, tidak lupa shalawat dan salam penulis curah limpahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabatnya, pada akhirnya Laporan Proyek Akhir ini telah selesai dengan baik. Kepada keluarga besar kami yang selalu senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral maupun materi dan semangat.

Laporan ini berjudul “Rancang Alat *Bending* Kawat *Metal Jig*”. Laporan Proyek Akhir ini juga disusun sebagai salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma III di politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah berperan sehingga Proyek Akhir ini dapat terselesaikan, sebagai berikut :

1. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng.,Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
2. Bapak Muhammad Yunus, M.T selaku pembimbing I yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan motivasi, arahan, saran-saran, solusi dan bimbingan kepada kami selama proses pengerjaan proyek akhir ini.
3. Bapak Yuli Dharta, M.T selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan banyak memberikan saran dan solusi dari masalah-masalah yang kami hadapi selama proses pengerjaan proyek akhir ini.
4. Bapak M. Haritsah A., S.S.T., M.Eng. selaku Kepala Prodi Teknik Perancangan Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Dewan penguji Proyek Akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

6. Komisi Proyek Akhir dan seluruh staf dosen Jurusan Teknik Mesin.
7. Teman-teman mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak membantu, serta menghibur dikala jenuh selama menyelesaikan Proyek Akhir ini.
8. Pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan Proyek Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan Laporan Proyek Akhir ini masih banyak kekurangan, baik dalam segi bahasa maupun sistematika penulisan. Oleh karena itu, sangat diharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca agar dapat menunjang pengembangan dan perbaikan penulisan dikemudian hari.

Semoga Proyek Akhir ini dapat berguna untuk menambah wawasan bagi pembaca yang memerlukannya. Tiada kata yang dapat penulis ucapkan, tiada sesuatu yang dapat penulis berikan, segala pemberian bantuan kepada penulis, baik moral maupun do'a semua yang penulis peroleh tidak dapat dinilai dan digantikan dengan apapun. Atas perhatiannya penulis ucapkan terima kasih.

Sungailiat, 7 September 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT .....	iii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Perumusan Masalah .....	4
1.3    Tujuan Proyek Akhir .....	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1    Kawat .....	5
2.1.1    Material Kawat .....	5
2.2    Alat dan Mesin Proses <i>Bending</i> Kawat.....	7
2.3    Metode <i>Bending</i> Kawat.....	10
2.4    Metode Perancangan Produk.....	11
2.5    Teori – Teori Pemrosesan .....	13
2.5.1    Teori Plastis.....	13
2.5.2    Teori <i>Bending</i> .....	14
2.5.3    Perhitungan <i>Bending</i> Pada Kawat .....	15
2.5.4    Teori <i>Springback</i> .....	16
2.5.5    Teori <i>Press Tool</i> (Syah, 2016) .....	17

BAB III METODE PENELITIAN .....	20
3.1 Pengumpulan Data.....	21
3.2 Membuat Daftar Tuntutan.....	22
3.3 Membuat Alternatif Fungsi Bagian .....	22
3.4 Membuat Variasi Konsep.....	22
3.5 Melakukan Penilaian.....	23
3.6 Sesuai Dengan Tuntutan .....	23
3.7 Membuat Detail Rancangan .....	23
3.8 Perhitungan dan Simulasi Pergerakan .....	23
3.9 Penyelesaian .....	23
BAB IV PEMBAHASAN.....	24
4.1 Pendahuluan .....	24
4.2 Pengumpulan Data.....	24
4.3 Mengkonsep .....	24
4.3.1 Daftar Tuntutan .....	24
4.3.2 Metode Penguraian Fungsi.....	25
4.3.3 Tuntutan Fungsi Bagian .....	27
4.3.4 Alternatif Fungsi Bagian.....	28
4.3.5 Pembuatan Alternatif Keseluruhan.....	33
4.3.6 Varian Konsep .....	34
4.3.7 Penilaian Varian Konsep.....	39
4.3.8 Keputusan.....	40
4.4 Perhitungan.....	42
4.4.1 Geometri Kawat <i>Metal Jig</i> .....	42
4.4.2 Perhitungan Gaya Pembentukan.....	43
4.4.3 Prediksi Rumus <i>Springback</i> .....	45
4.4.4 Pemilihan Material <i>Punch</i> dan <i>Dies</i> .....	46
4.4.5 Perhitungan <i>Dies</i> .....	47
4.4.6 Perhitungan <i>Punch</i> .....	49
4.4.7 Perhitungan <i>Clearance</i> .....	52

4.4.8	Perhitungan Tegangan Material <i>Punch</i> dan <i>Dies</i> Menggunakan <i>Software Solidworks</i> .....	52
4.5	Penyelesaian .....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran .....	61
DAFTAR PUSTAKA .....		62

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 <i>Properties stainless steel wire</i> .....	5
2.2 <i>Properties nickel wire</i> .....	6
4.1 Daftar tuntutan .....	25
4.2 Deskripsi sub fungsi bagian.....	28
4.3 Alternatif fungsi rangka.....	29
4.4 Alternatif fungsi penggerak .....	30
4.5 Alternatif fungsi transmisi .....	31
4.6 Alternatif fungsi alat <i>bending</i> .....	33
4.7 Varian konsep .....	33
4.8 Skala varian konsep.....	39
4.9 Penilaian aspek teknis .....	40
4.10 Penilaian aspek ekonomis.....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 <i>Metal jig</i> .....	2
1.2 <i>Bending</i> kawat menggunakan tang <i>loop</i> .....	2
1.3 Konsep alat <i>bending</i> kawat <i>metal jig</i> .....	3
2.1 Tang <i>loop</i> .....	7
2.2 <i>Jig bending</i> kawat .....	8
2.3 Mesin <i>D-CN-16-M</i> .....	9
2.4 <i>Bending</i> kawat menggunakan silinder.....	10
2.5 <i>Wire forming machine</i> .....	11
2.6 Diagram <i>stress strain</i> .....	14
2.7 Perhitungan untuk mencari panjang kawat.....	16
2.8 <i>Springback</i> pada proses <i>bending</i> .....	17
4.1 Diagram alir metode pelaksana.....	21
4.2 Diagram blok fungsi ( <i>black box</i> ) .....	26
4.3 Struktur fungsi bagian alat <i>bending</i> kawat <i>metal jig</i> .....	27
4.4 Varian konsep 1 .....	35
4.5 Varian konsep 2 .....	36
4.6 Varian konsep 3 .....	38
4.7 Varian konsep terpilih .....	41
4.8 Geometri kawat <i>metal jig</i> .....	42
4.9 Dimensi material kawat.....	42
4.10 Geometri <i>springback</i> .....	45
4.11 Geometri dan dimensi <i>dies</i> .....	48

4.12	Luas penampang (A) <i>dies</i> yang ditunjuk pada <i>solidworks</i> .....	48
4.13	Geometri dan dimensi <i>punch</i> 1 .....	50
4.14	Geometri dan dimensi <i>punch</i> 2 .....	51
4.15	Geometri dan dimensi <i>punch</i> 3 .....	52
4.16	Hasil analisa tegangan material <i>punch</i> 1 dengan menggunakan <i>software solidworks</i> .....	53
4.17	Hasil analisa tegangan material <i>punch</i> 2 dengan menggunakan <i>software solidworks</i> .....	54
4.18	Hasil analisa tegangan material <i>punch</i> 3 dengan menggunakan <i>software solidworks</i> .....	55
4.19	Hasil analisa tegangan material <i>dies</i> dengan menggunakan <i>software solidworks</i> .....	56
4.20	Peletakan kawat di <i>dies</i> .....	57
4.21	Proses <i>bending</i> 1 .....	57
4.22	Waktu proses <i>bending</i> 1 .....	58
4.23	Proses <i>bending</i> 2 .....	58
4.24	Waktu proses <i>bending</i> 2 .....	59
4.25	Proses <i>bending</i> 3 .....	59
4.26	Waktu proses <i>bending</i> 3 .....	60

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar riwayat hidup

Lampiran 2 : Tabel *property S45C*

Lampiran 3 : Tabel kriteria penilaian

Lampiran 4 : Gambar *draft*, gambar susunan dan gambar kerja

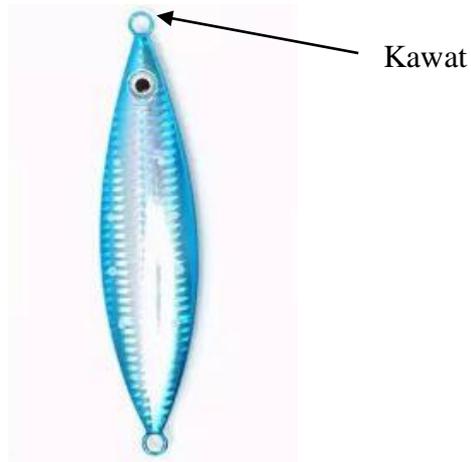
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Metal Jig* merupakan salah satu jenis umpan tiruan yang digunakan dalam memancing ikan. Perbedaan *metal jig* dengan umpan tiruan lainnya adalah jenis material yang digunakan, bahan baku dalam pembuatan *metal jig* adalah logam dan logam yang sering digunakan adalah timah. Hal ini dikarenakan material tersebut mempunyai massa jenis yang tinggi dan dalam proses pembuatannya lebih mudah. Dalam memancing ikan dengan menggunakan umpan *metal jig* tidak perlu lagi menggunakan pemberat tambahan karena bentuk kontur dari umpan mengakibatkan gerak umpan seperti ikan. Sehingga hal tersebut membuat para pemancing sangat menyukai *metal jig* dibandingkan umpan tiruan lainnya

Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung (Babel) tepatnya di Pangkalpinang terdapat UMKM yang memproduksi *metal jig* dengan merek dagang “Kebajig Lure” yang dikelola oleh Bapak Abang Setiady Wijaya. UMKM tersebut memproduksi beberapa jenis ikan yang biasa dijumpai di Babel seperti Ciu dengan berat 10-200 gr, Tamban dengan berat 10-200 gr, Teri dengan berat 1-200 gr, dan Tudak 10-200 gr. Produk “Kebajig Lure” tidak hanya dijual di pasar lokal dan nasional tetapi sudah menembus pasar Internasional seperti Malaysia, Singapura, dll. Adapun jumlah permintaan pasar lebih dari 500 buah/minggu, dan permintaan tersebut selalu mengalami peningkatan. Area dan jumlah permintaan pasar tersebut merupakan potensi untuk mengembangkan UMKM sehingga dapat memberikan dampak peningkatan ekonomi Babel (Pranandita, dkk, 2020)



**Gambar 1.1** *Metal Jig*

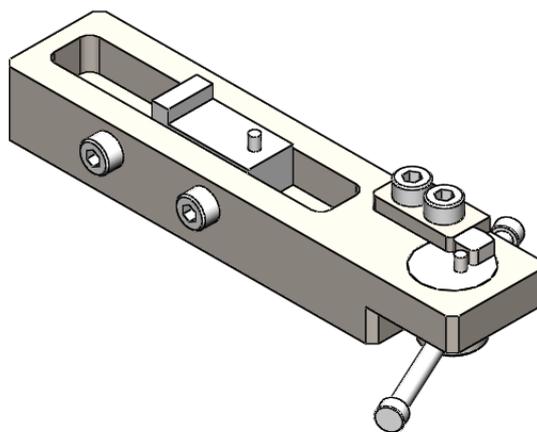


**Gambar 1.2** *Bending kawat menggunakan tang loop*

Permasalahan yang dihadapi selama mengelola UMKM adalah kapasitas produksi yang tidak dapat memenuhi permintaan pasar. UMKM tersebut hanya mampu memproduksi 100 – 200 buah/minggu tergantung jenis/tipe produk yang diproduksi dengan 3 orang pekerja (Pranandita, dkk, 2020). Seperti pada gambar di atas keterbatasan alat mengakibatkan salah satu tahap produksi sangat lama sehingga sistem produksinya series tidak bisa paralel. Salah satu yang menjadi prioritas dalam proses pembuatan *metal jig* adalah pembengkokan kawat, alat

pembengkok kawat yang digunakan belum memberikan hasil yang optimal karena dimensi yang tidak tercapai dan waktu yang relatif lama.

Untuk alat yang digunakan adalah tang *loop*, proses *bending* kawat menggunakan tang *loop* menghasilkan *bending* kawat yang tidak sesuai kebutuhan. Mulai dari dimensi kawat yang tidak tercapai dan waktu pengerjaan yang lama sekitar  $\pm 80$  detik per kawat. Karena permasalahan itu dibuatkan alat *bending* kawat *metal jig* oleh Dosen Polman Babel yaitu Bapak Nanda Pranandita dkk (2020) sebagai pengabdian kepada masyarakat. Dan Indikator capaian dari pembuatan alat pembengkok kawat ini yang sebelumnya keseragaman hasil pembengkokan kawat (1/100 produk) hanya bisa tercapai kurang lebih 50 % menjadi 90 % keatas. Dan untuk waktu pembengkokan kawat perproduk yang awalnya membutuhkan waktu 80 detik menjadi 50 detik. Namun hasil dari alat ini belum maksimal, dari percobaan yang dilakukan poros pada alat pembengkok kawat yang berfungsi sebagai pembuat lingkaran pada kawat hanya bisa digunakan satu ukuran saja, sedangkan satu kawat memiliki 2 ukuran lingkaran yang berbeda dan setiap jenis umpan juga memiliki ukuran lingkaran yang berbeda. Oleh sebab itu penggunaan alat pembengkok kawat belum maksimal dan penggunaan tang masih dilakukan. Berikut gambar konsep alat *bending* yang di buat oleh dosen Polman Babel.



**Gambar 1.3** Konsep alat *bending* kawat *metal jig*

Berdasarkan uraian diatas tentang proses *bending* kawat dan kendala pada bengkel tersebut menjadikan alasan kami untuk merancang alat pembengkok atau *bending* kawat yang menghasilkan bentuk dan ukuran yang seragam dalam jumlah yang banyak dengan waktu yang optimal.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Rumusan masalah yang dibuat pada proyek akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang mekanisme *bending* kawat *metal jig*  $\emptyset$  1 mm yang dapat menghasilkan bentuk dan ukuran yang seragam?
2. Bagaimana mengoptimalkan waktu pada proses *bending* kawat?
3. Bagaimana desain atau rancang dari Alat *Bending* Kawat sesuai kebutuhan?

## **1.3 Tujuan Proyek Akhir**

Adapun tujuan dari pembuatan proyek ini antara lain :

1. Merancang alat *bending* kawat yang menghasilkan bentuk dan ukuran yang seragam.
2. Dapat menghasilkan lebih dari 1 produk pada satu kali proses *bending* dalam waktu kurang dari 40 detik per proses.
3. Mendesain atau merancang alat *bending* kawat yang mudah digunakan dengan biaya yang murah.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Kawat

Kawat merupakan suatu benda yang berbentuk bulat terbuat dari logam dengan berbagai ukuran. Kawat sering di aplikasikan untuk pembuatan kabel dan besi beghel. Selain itu kawat juga sering digunakan untuk pembuatan aksesoris ataupun yang lainnya.

##### 2.1.1 Material Kawat

Untuk *metal jig* sendiri menggunakan material kawat yang tidak mudah putus dan tidak mudah karat. Berikut beberapa material kawat yang biasa digunakan untuk *metal jig* :

###### A. *Stainless steel wire*

Menurut data dari *Amazon* (2020) kawat *stainless steel* dibuat dari paduan besi yang menawarkan ketahanan tinggi terhadap korosi, termasuk pewarnaan dan karat, di banyak lingkungan di mana kawat *metal jig* mudah rusak jika terkena air terus menerus. Dan salah satu dari keuntungan kawat ini adalah ketahanan terhadap korosi. Kawat baja *stainless* biasanya tidak dilapisi, dan biasanya memiliki lapisan akhir yang lebih terang. Berikut adalah data *properties* dari kawat *stainless steel* (*Ulbrich*, 2020).

**Table 2.1** *Propeties stainless steel wire*

<b><i>PROPERTIES</i></b>	
<i>Mechanical</i>	
<i>Elongation</i>	40 % min.
<i>Hardness</i>	B92 max.
<i>Ultimate tensile strength</i>	517 Mpa min.
<i>Yield strength</i>	205 Mpa min.

<b>PROPERTIES</b>		
<i>Chemistry Typical</i>		
<i>Element</i>	<i>Weight %</i>	<i>Comment</i>
<i>Cr</i>	18 – 20 %	
<i>Ni</i>	8 – 10 %	
<i>Mn</i>	2 %	Max.
<i>Si</i>	1 %	Max.
<i>C</i>	0,08 %	Max.

B. *Nickel wire*

Kawat *nickel* sering digunakan di *industry* dan laboratorium karena memiliki ketahanan korosi yang baik. Oleh sebab itu kawat *nickel* sangat cocok digunakan untuk *metal jig* karena ketahanan korosinya dan memiliki kekuatan luluh yang tinggi. Berikut adalah *properties* dari kawat *nickel* (Kanthal, 2019).

**Tabel 2.2** *Properties nickel wire*

<b>PROPERTIES</b>		
<i>Mechanical</i>		
<i>Elongation</i>		30%
<i>Hardness, Brinell</i>		100 Hv
<i>Tensile Strength</i>		450 Mpa (ksi)
<i>Yield Strength</i>		250 Mpa (ksi)
<i>Chemical Properties</i>		
<i>Element</i>	<i>Weight %</i>	<i>Comment</i>
<i>Fe</i>	0,3 %	Max.
<i>Ni</i>	99,2 %	Min.
<i>Mn</i>	0,3 %	Max.
<i>Si</i>	0,2 %	Max
<i>Pyhsical</i>		
<i>Melting Point</i>		1450 °C

<i>Pyhsical</i>	
<i>Density</i>	8,9 g/cm <sup>3</sup>
<i>Electrical Resistivity</i>	0,09 Ω mm <sup>2</sup> /m (20 °C)
<i>Specific Heat</i>	0.48 kJ/kg.K
<i>Thermal Conductivity</i>	70 W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
<i>Thermal Expansion</i>	13.3 x 10 <sup>-6</sup> / K (20-100 °C)

## 2.2 Alat dan Mesin Proses *Bending* Kawat

Menurut Mustaqim (2012) alat *bending* merupakan merupakan salah satu alat tepat guna. Alat *bending* kawat adalah alat yang digunakan untuk pembengkokan kawat yang semula dalam bentuk lonjoran lurus berubah menjadi melengkung dan melengkungnya kawat ini disesuaikan sesuai kebutuhan dan kegunaan. Alat *bending* kawat ini membutuhkan penekanan pada beberapa bagian kawat yang akan dibuat melengkung.

Menurut Rahmanto (2013) *bending* adalah suatu proses pembengkokan yang menggunakan penekan dan sebuah cetakan (*dies*). Proses ini membentuk plat yang diletakkan diatas *dies* lalu ditekan oleh penekan dari atas sehingga mendapatkan hasil tekukan yang serupa dengan bentuk *dies*. Berikut beberapa alat dan mesin yang digunakan dalam proses *bending* kawat :

### A. Tang *Loop*



**Gambar 2.1** Tang *loop*

Tang adalah alat yang terdapat 2 penjepit pada ujungnya yang berfungsi sebagai penjepit suatu benda, bisa juga digunakan untuk memotong atau membentuk kawat ataupun *plate* yang tipis (Prasetyo, 2016). Untuk tang *loop* ini memiliki 2 sisi penjepit yang berbeda yang mana berbentuk *round* dan *tepered*. Menggunakan tang untuk proses *bending* kawat memiliki kelebihan dan kekurangan, kelebihan dari penggunaan tang yaitu :

- a) Harga tang yang murah.
- b) Tidak perlu perawatan khusus.

Dan kekurangan dari alat ini adalah :

- a) Proses yang dilakukan masih manual dan lama kelamaan akan membuat tangan terasa sakit.
- b) Bentuk yang dihasilkan tidak seragam karena diameter lingkarannya dari atas hingga ke bawah berbeda.
- c) Memerlukan waktu yang relatif lebih lama.
- d) Jika ingin membuat lingkaran pada 2 sisi yang berlawanan ukuran panjangnya sering tidak tercapai karena pengukurannya masih menggunakan penggaris dan insting.

## B. *Jig Bending* Kawat



**Gambar 2.2** *Jig bending* kawat

*Jig bending* kawat merupakan alat bantu proses pembengkokan kawat supaya lebih cepat. Alat ini memiliki beberapa versi atau model sesuai dengan kebutuhan yang akan dibuat. Kelebihan dari alat ini adalah :

- a) Harganya yang murah.
- b) Waktu pembengkokan yang singkat.
- c) Ukuran bulat yang seragam.
- d) Membutuhkan sedikit tenaga.

Kekurangannya adalah :

- a) Diameter poros pembentuk tidak bisa diganti jadi hanya untuk satu ukuran diameter.
- b) Untuk proses pembuatan *bending* kiri kanan untuk jaraknya masih menggunakan penggaris atau insting.

C. Mesin *D-CN-16-M*



**Gambar 2.3** Mesin *D-CN-16-M*

Mesin *D-CN-10-M* ini seperti meja pelengkungan yang terdiri dari batangan *horizontal* dengan pelat putar yang dapat di program untuk *CN*. Mesin ini memiliki kelebihan sebagai berikut (*Reivax, 2017*) :

- a) Mampu memprogram hingga 10 jenis tikungan.
- b) Diatur oleh PLC dan deprogram oleh layar sentuh.

- c) Sangat ideal untuk produksi seri pendek dan *prototype*.
- d) Perubahan alat sangat mudah.

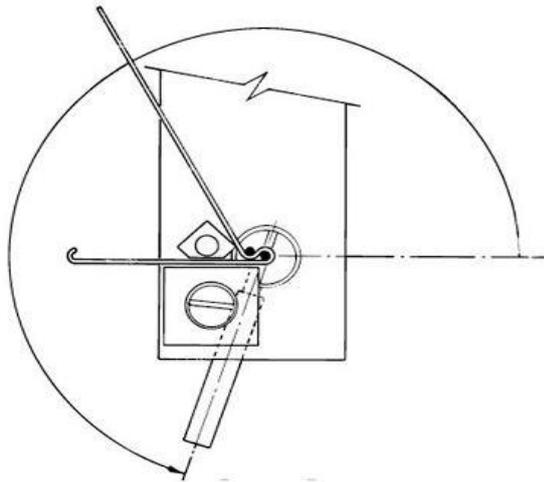
Dan kekurangannya adalah :

- a) Pemograman yang rumit membuat harga alat ini relatif mahal.
- b) Bentuk yang lumayan besar memerlukan ruangan yang cukup besar.

### 2.3 Metode *Bending* Kawat

Pada proses *bending* kawat terdapat 2 metode untuk membengkokkan kawat, metode tersebut adalah :

- A. Metode *bending* kawat menggunakan silinder



**Gambar 2.4** *Bending* kawat menggunakan silinder

Metode ini dilakukan dengan menggunakan 2 buah silinder yang berdekatan, jarak antara silinder yang satu dengan silinder yang lain sebesar diameter kawat. Posisi silinder yang satu tetap dan yang satunya lagi bisa digerakan. Proses *bending* kawat menggunakan metode ini adalah kawat dimasukkan ke antara 2 buah silinder, kemudian silinder yang bisa bergerak akan diputar menggunakan *handle* dan silinder akan bergerak sesuai dengan alur yang ada .

## B. *Wire Forming*



**Gambar 2.5** *Wire forming machine*

Alat *bending* kawat ini terdiri dari *dies* dan *punch* untuk proses *bending* kawat. *Dies* dilengkapi dengan keluaran kawat yang berada di tengah. *Punch* untuk proses *bending* kawat diletakkan berdasarkan bentuk dan tahapan dari proses *bending*, dan masing-masing *punch* terdapat *part* yang dapat digerakkan (Huo, 2017). Pada alat ini bentuk dari kawat yang akan di-*bending* bisa terdapat pada *punch* ataupun *dies* nya, tergantung dari rancangan dan kebutuhan. Untuk proses *bending* kawat yang *punch* nya mengikuti kontur atau bentuk dari hasil yang diinginkan memiliki proses sebagai berikut. Pertama kawat akan diletakkan diatas *dies* kemudian *punch* akan turun menekan kawat sehingga akan membentuk kontur sesuai dengan *punch* dan *dies* nya. Untuk *punch* dan *dies* sendiri bisa lebih dari satu tergantung seberapa banyak proses *bending* kawat tersebut.

### 2.4 Metode Perancangan Produk

Metode perancangan yang akan digunakan adalah metode perancangan menurut VDI 2222 (*Verein Deutsche Ingeniuer* / Persatuan Insinyur Jerman). Berikut tahapan-tahapan dalam perancangan menurut VDI 2222 (Ruswandi, 2004):

#### A. Menganalisa

Menganalisa merupakan suatu kegiatan pertama dari tahap perancangan dalam mengidentifikasi suatu masalah. Tujuan dari tahapan ini adalah mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dari referensi *literature*, keterangan ahli, baik dalam bentuk keterangan tertulis ataupun non-tertulis. Salah satu metode yang dapat diterapkan dalam pengumpulan data adalah metode *brainstorming* (Ruswandi, 2004).

#### B. Mengkonsep

Dari tahapan analisa yang telah dilakukan menjadi dasar tahap kedua yaitu, tahapan perancangan konsep produk. Spesifikasi perancangan berisi syarat-syarat teknis produk yang disusun dari daftar keinginan pengguna yang dapat diukur. Tahapan-tahapan dari mengkonsep ini berupa memperjelas pekerjaan, membuat daftar tuntutan, penguraian fungsi keseluruhan, membuat alternatif fungsi bagian, variasi konsep, menilai alternatif konsep berdasarkan aspek teknis dan ekonomis, serta pengambilan keputusan alternatif konsep rancangan (Batan, 2012).

#### C. Merancang

Merancang merupakan tahapan dalam penggambaran wujud produk yang didapat dari hasil penilaian konsep rancangan. Kontruksi rancangan ini merupakan pilihan optimal setelah melalui tahapan teknis dan ekonomis. Tahapan dalam merancang berupa membuat pra-desain berskala, menghilangkan bagian kritis, membuat perbaikan pra-desain, dan menentukan pra-desain yang telah disempurnakan. Pada tahapan ini seluruh produk sudah harus dicantumkan pada rancangan dan ditentukan dalam gambar teknik (Batan, 2012).

#### D. Penyelesaian

Setelah tahapan merancang selesai dilakukan maka tahap penyelesaian akhir adalah membuat gambar susunan dan membuat gambar bagian dan daftar bagian.

## 2.5 Teori – Teori Pemrosesan

### 2.5.1 Teori Plastis

Ketika material dikenai gaya dari luar maka akan terjadi *deformasi*. Menurut Kuang (1996) *Deformasi* adalah perubahan bentuk, posisi dan dimensi dari suatu benda. Sehingga dari definisi tersebut, *deformasi* dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara *absolute*. Sedangkan *deformasi* terbagi menjadi dua yaitu *deformasi elastic* yang artinya kembali ke bentuk awal ketika gaya yang diberikan kemudian dihilangkan dan *deformasi* plastis tidak bisa kembali ke bentuk semula.

Analisa *elastic* dapat dilakukan dengan menghitung gaya-gaya dalam pada struktur seperti gaya aksial, gaya geser, momen dan puntir akibat gaya luar yang bekerja. Sedangkan analisa plastis digunakan untuk menentukan besarnya beban runtuh (*ultimate load*) (Syah, 2016). Kurva *strees strain* merupakan hubungan antara beban atau gaya yang diberikan terhadap perubahan panjang bahan dimana besarannya :

*Stress* :

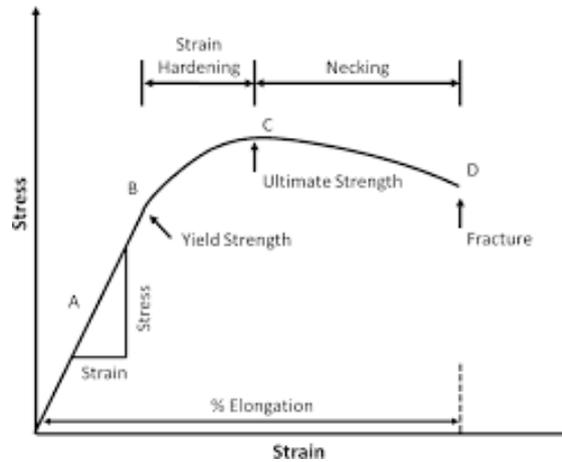
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

*Strain* :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.2)$$

Dimana hubungan dari *strees* dan *strain* dapat dirumuskan dengan hukum *hooke* :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.3)$$



**Gambar 2.6** Diagram *stress strain*

### 2.5.2 Teori *Bending*

*Bending* merupakan proses *deformasi* secara plastis dari logam terhadap sumbu linier dengan hanya sedikit atau hampir tidak mengalami perubahan luas permukaan. *Bending* menyebabkan logam pada sisi luar sumbu netral mengalami tarikan. Menurut *Deutschman* (1975), untuk menghitung gaya yang dibutuhkan pada proses *bending* (diasumsikan beban yang diberikan merata) dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma_{\text{bending}} = \frac{M_{\text{maks}}}{I} \quad (2.4)$$

Dimana :

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{2} FLX - \frac{1}{2} FX \quad (2.5)$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{2} FL \left(\frac{1}{2}L\right) - \frac{1}{2} F \left(\frac{1}{2}L\right) \quad (2.6)$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{8} FL \quad (2.7)$$

$$I = \frac{\pi d^4}{32} \quad (2.8)$$

Persamaan (2.7) dan (2.8) disubsitusikan ke dalam persamaan (2.9), sehingga didapatkan persamaan untuk mencari gaya *bending*.

$$F_{\text{bending}} = \frac{\sigma_{\text{bending}} \times I \times X}{W} \quad (2.9)$$

Dimana :

$\sigma_{\text{bending}}$  = Tegangan *bending* (N/mm<sup>2</sup>)

$F_{\text{bending}}$  = Gaya *bending* (N)

$M_{\text{maks}}$  = Momen lentur pada penampang (N.mm)

$C$  = Jarak *center of gravity* (mm)

$L$  = Panjang benda kerja (mm)

$I$  = Momen *inersia* (mm<sup>4</sup>)

$d$  = Diameter kawat (mm)

### 2.5.3 Perhitungan *Bending* Pada Kawat

Pada proses *bending* kawat, yang perlu diperhatikan adalah peregangan jari-jari yang berlebihan, dimungkinkan terjadi penipisan tebal hingga dapat menyebabkan kawat terputus. Sehingga diperlukan perhitungan yang tepat agar hal tersebut tidak terjadi.

Menurut *Pollack* (1988) untuk menghitung panjang awal suatu benda yang dibutuhkan pada proses *bending* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$a = \frac{\theta \pi}{180} (Kt + r) \quad (2.10)$$

$$L = R_{\text{total}} + a_{\text{total}} + F_{\text{total}}$$

Dimana :

$a$  = Panjang awal (mm)

$\theta$  = Sudut *bending* (°)

$K$  = Konstanta

Untuk nilai  $K$  yaitu :

Jika  $r < t$                        $K = \frac{1}{4}$

Jika  $t \leq r \leq 2t$                  $K = \frac{1}{3}$

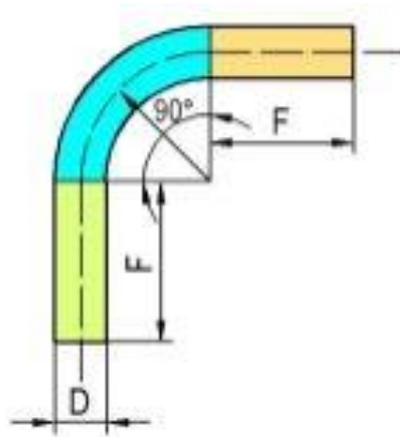
Jika  $r > 2t$                        $K = \frac{1}{2}$

$D$  = Tebal / diameter material (mm)

$r$  = *Internal radius* (mm)

$F$  = Panjang kawat lurus

$L_n$  = *Bend allowance*



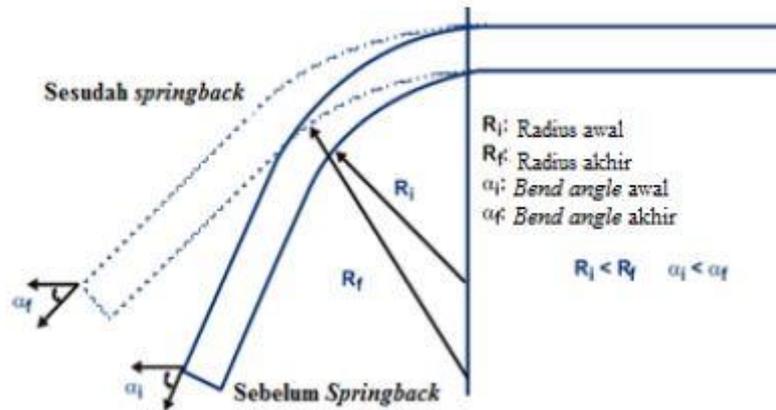
**Gambar 2.7** Perhitungan untuk mencari panjang kawat

#### 2.5.4 Teori *Springback*

*Springback* adalah kondisi yang terjadi pada lembaran *plate* saat pengerjaan *bending* dilakukan, dimana setelah beban *punch* dihilangkan maka lembaran *plate* yang ditebuk memiliki kecenderungan untuk kembali ke bentuk semula (Kazan, 2008).

Selain itu menurut Kazan (2008:5) “*Springback* merupakan sebuah parameter penting dalam mendesain peralatan dan memperoleh geometri *part* yang diinginkan”. Meskipun *springback* terjadi pada semua proses penekukan, namun yang paling mudah diamati adalah pada hasil penekukan. Pada gambar di bawah ini menunjukkan parameter-parameter pada saat proses *bending* terjadi disertai rumus yang digunakan untuk menghitung *springback* (Damian, 2008:26).

$$K_s = \frac{\alpha_i}{\alpha_f} = \frac{\left(\frac{2R_i}{t}\right) + 1}{\left(\frac{2R_f}{t}\right) + 1} \quad (2.11)$$



**Gambar 2.8** Springback pada proses *bending*

Jumlah dari pemulihan *elastisitas* tergantung pada tingkat tegangan dan *modulus elastisitas* ( $E$ ) dari material. Adapun rumus untuk memprediksi besar *springback* yaitu :

$$\frac{R_i}{R_f} = 4 \left( \frac{R_i \times Y}{E \times t} \right)^3 - 3 \left( \frac{R_i \times Y}{E \times t} \right) + 1 \quad (2.12)$$

Dimana :

$R_i$  : *Radius* awal (mm)

$R_f$  : *Radius* akhir (mm)

$Y$  : *Yield strength* (N/mm<sup>2</sup>)

$E$  : *Modulus elastisitas* (N/mm<sup>2</sup>)

$t$  : *Tebal material* (mm)

### 2.5.5 Teori Press Tool (Syah, 2016)

*Press tool* adalah peralatan yang mempunyai prinsip kerja penekanan dengan melakukan pemotongan, pembentukkan atau gabungan dari keduanya. Peralatan ini digunakan untuk membuat produk secara massal dengan produk *output* yang sama dalam waktu yang relafan singkat.

### A. Dies

*Dies* adalah bagian yang berfungsi sebagai cetakan yang bentuknya telah disesuaikan dengan desain produk dan *punch*. Bentuk cetakan ini tergantung atau sesuai dengan *punch* ataupun dari produk yang diinginkan. Untuk mencari ketebalan dari *dies* minimum H dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari *Buljanovic* (2004) sebagai berikut :

$$H = (10 + 5t + 0,7 \sqrt{(a + b)}) c \quad (2.13)$$

Sedangkan lebar dinding e dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$e = \left(\frac{10}{12}\right) + 0,8H \quad (2.14)$$

Dimana :

- t = Tebal material (mm)
- a,b = Dimensi *dies* (mm)
- c = Konstanta (tabel 2.1)

### B. Punch

*Punch* adalah pembentuk bagian atas dari *press tool* yang digunakan untuk menekan benda kerja kearah *dies* saat melakukan proses *forming*. Untuk mendapatkan desain panjang maksimal *punch* yang digunakan agar tidak patah dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Vukota Buljanovic* (2004) sebagai berikut :

$$L_{punch} = \frac{l_k}{8} \sqrt{\frac{E x (w)}{t_s x \sigma_{UTS}}} \quad (2.15)$$

Dimana :

- $L_{punch}$  = Panjang maksimal *punch* (mm)
- $l_k$  = Keliling *punch* (mm)
- $t_s$  = Tebal material *punch* (mm)
- w = Lebar *punch* (mm)
- E = *Modulus elasticity* material *punch* (kg/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_{UTS}$  = *Ultimate tensile strength* material (kg/mm<sup>2</sup>)

C. *Clearance*

Kelonggoran pembentuk untuk penekukan adalah

$$\delta = t \max + 0,1 \times t \quad (2.16)$$

Dimana

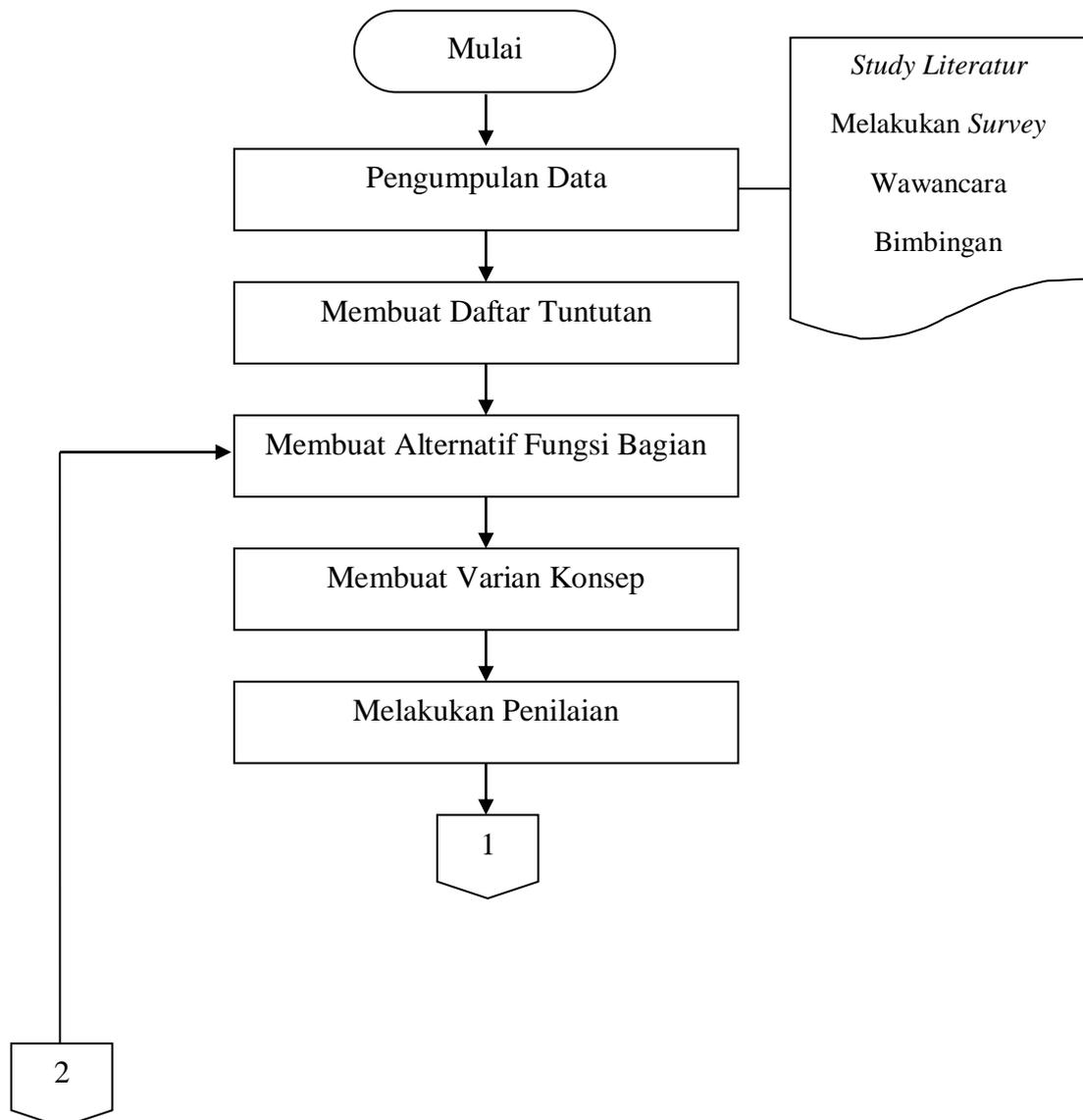
$\delta$  = *Clearance* (mm)

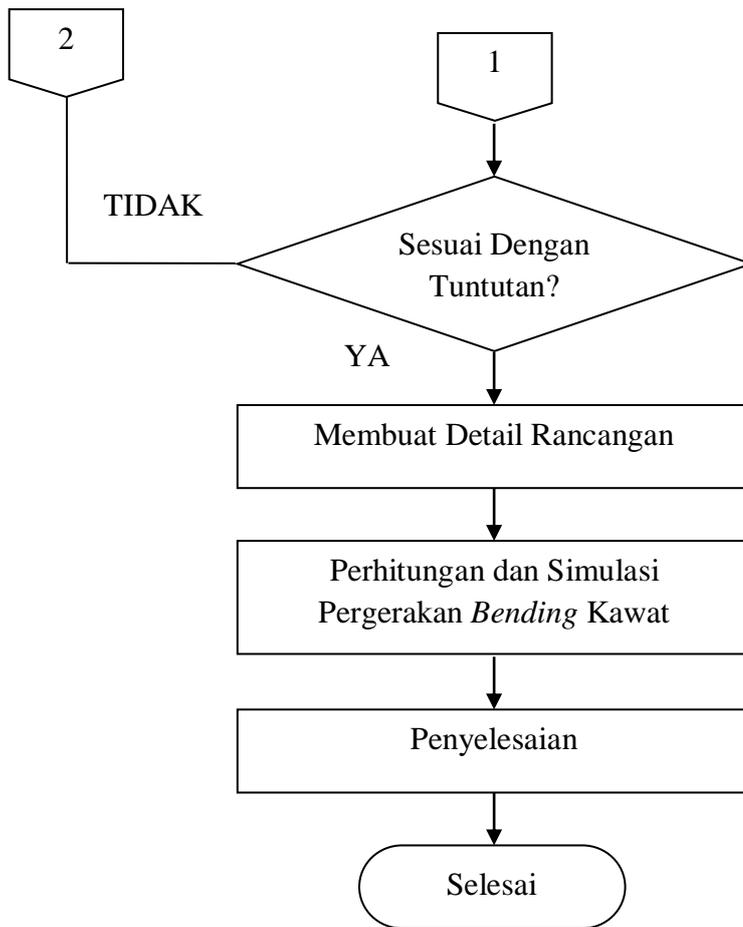
t = Tebal material (mm)

### BAB III

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu proses tahapan yang perlu dilakukan untuk memecahkan suatu masalah. Secara umum metode ini terbagi menjadi empat kegiatan yaitu, merencana, mekonsep, merancang, dan penyelesaian (Harahap, dkk, 2014). Berikut ini akan diuraikan tahapan-tahapan penelitian menurut *VDI 2222*, sebagai berikut :





**Gambar 3.1** Diagram alir metode pelaksana

Dari diagram alir diatas dapat dijelaskan metode tahapan-tahapan pembuatan proyek akhir ini yaitu :

### 3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode yang bertujuan untuk mendapatkan data-data yang mendukung untuk merancang alat *bending kawat metal jig*. Adapun metode yang digunakan dalam pengumpulan data diantaranya :

1. Melakukan Survei dan Wawancara

Metode pengumpulan data dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan secara umum di bengkel pembuatan *metal jig*, terkait dengan

alat bantu dalam proses *bending* kawat, ukuran, teknik pembengkokan, dan lain-lain.

## 2. Studi Literatur

Pembuatan alat ini dilakukan dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber yang terkait dengan masalah-masalah yang akan dibahas. Sumber tersebut berasal dari buku-buku referensi, laporan proyek akhir sebelumnya dan internet. Data-data yang berhasil dikumpulkan, diolah serta dianalisa untuk menentukan dan menyesuaikan dengan kebutuhan.

## 3. Bimbingan dan konsultasi

Metode pengumpulan data untuk mendukung pemecahan masalah, dari pembimbing dan pihak-pihak lain, agar tujuan yang diharapkan dapat tercapai.

### **3.2 Membuat Daftar Tuntutan**

Dalam tahapan ini, akan diuraikan tuntutan yang ingin dicapai dari rancang alat *bending* kawat *metal jig*. Daftar tuntutan nantinya akan dikelompokkan dalam 2 ( dua ) jenis tuntutan, yaitu tuntutan utama yang berkaitan dengan fungsi dan hal-hal yang bersifat teknis, tuntutan kedua yang bersifat dengan penggunaan alat atau tambahan.

### **3.1 Membuat Alternatif Fungsi Bagian**

Dalam tahapan ini akan dijabarkan fungsi bagian utama alat *bending* kawat *metal jig* dengan menggunakan analisa *black box*. Kemudian dibuat 3 (tiga) alternatif untuk setiap fungsi dari alat *bending* kawat *metal jig* dan analisa keuntungan dan kerugian dari setiap alternatif.

### **3.4 Membuat Variasi Konsep**

Variasi konsep merupakan penggabungan beberapa alternatif yang dibuat sehingga membentuk suatu fungsi bagian. Nantinya akan dibuat 3 ( tiga ) jenis varian konsep agar terdapat perbandingan dalam proses pemilihan dan diharapkan dapat dipilih varian konsep yang benar – benar dapat memenuhi tuntutan yang diinginkan..

### **3.5 Melakukan Penilaian**

Dalam tahapan ini, konsep-konsep tersebut akan dinilai dengan menetapkan skala penilaian antara 1 (satu) sampai dengan 4 (empat). Konsep yang mendapatkan nilai paling optimal yang diukur sesuai dengan daftar tuntutan maka akan ditetapkan sebagai konsep rancangan dari alat *bending* kawat ini.

### **3.6 Sesuai Dengan Tuntutan**

Jika hasil yang diperoleh sesuai dengan daftar tuntutan maka proses dapat dilakukan ke tahap membuat detail rancangan, jika tidak maka akan kembali ke tahapan membuat alternative fungsi bagian untuk kemudian dilanjutkan ke tahapan selanjutnya hingga didapat hasil yang sesuai dengan tuntutan.

### **3.7 Membuat Detail Rancangan**

Berdasarkan konsep pemecahan, dilakukan perancangan konstruksi dengan memperhatikan beberapa faktor, yaitu fungsi (*function*), Pembuatan (*manufacture*), Penanganan (*handling*), Perakitan (*assembling*), Perawatan (*maintenance*), Biaya (*cost*). Hasil rancangan ditampilkan berupa gambar *draft* alat *bending* kawat serta dilakukan optimasi rancangan beberapa komponen sehingga mendapatkan detail konstruksi yang ringkas dan mudah dalam proses permesinannya.

### **3.8 Perhitungan dan Simulasi Pergerakan**

Dalam tahapan ini dilakukan analisa perhitungan gaya untuk pembengkokan kawat. Serta dibuatkan simulasi pergerakan alat *bending* kawat *metal jig*.

### **3.9 Penyelesaian**

Pada tahap penyelesaian merupakan tahap akhir dari kegiatan penelitian ini. Gambar susunan dan gambar kerja, simulasi pergerakan *bending* kawat *metal jig* menggunakan *software solidwork* dan perhitungan. Dari tahapan penyelesaian diharapkan dapat memberikan informasi tentang fungsi dan kegunaan alat *bending* kawat ini

## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pendahuluan**

Dalam bab ini akan diuraikan langkah-langkah yang dilakukan dalam penyelesaian rancangan alat bending kawat *metal jig*. Metodologi perancangan yang digunakan mengacu pada tahapan perancangan *VDI 2222*.

#### **4.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya *study literature* baik melalui referensi buku, jurnal dan penelusuran di internet, melakukan *survey* lapangan dan diskusi dengan dosen pembimbing. Data yang didapatkan dari kegiatan tersebut antara lain :

- Untuk diameter kawat yang digunakan adalah 1 mm.
- Dimensi kawat yang harus dicapai adalah  $\varnothing$  3 mm dan  $\varnothing$  3,5 mm untuk diameter dalam lingkaran dan panjang nya adalah 73 mm.
- Untuk jenis kawat yang digunakan adalah *nickel*.
- Metode *bending* kawat menggunakan silinder dan *wire forming*.
- Perhitungan yang dibutuhkan untuk proses dalam rancangan alat, dll.

#### **4.3 Mengkonsep**

Dalam mengkonsep alat *bending* kawat *metal jig* ini, beberapa langkah yang dikerjakan adalah sebagai berikut :

##### **4.3.1 Daftar Tuntutan**

Dalam tuntutan merupakan hal-hal yang mencakup tuntutan dari penelitian yang harus dicapai atau menjadi batasan maupun acuan dalam merancang. Adapun tuntutan yang diinginkan dalam rancang alat *bending* kawat ini terdiri dari dua macam, yaitu tuntutan utama dan tuntutan tambahan. Berikut ini

merupakan beberapa tuntutan yang diinginkan untuk dapat diterapkan pada rancang alat *bending* kawat *metal jig*.

**Table 4.1** Daftar tuntutan

No	Tuntutan Utama	Deskripsi
1	Dimensi akhir kawat seragam	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Untuk dimensi lubang 3 mm dan 3,5 mm</li> <li>- Untuk panjang akhir kawat adalah 73 mm</li> <li>- Toleransi dari hasil kawat adalah <math>\pm 0.05</math></li> </ul>
2	Waktu	Untuk sekali proses <i>bending</i> kurang dari 40 detik
3	Lebih dari 1 ukuran kawat	<i>Dies</i> bisa di ganti sesuai dengan kebutuhan
4	Kapasitas	Untuk 1 kali proses lebih dari 1 kawat
5	Pengoperasian	Mudah dioperasikan tanpa keahlian khusus
No	Tuntutan Tambahan	Deskripsi
1	Perawatan	Tidak memerlukan perawatan khusus
2	Biaya	Biaya max. 5 juta
3	<i>Assembly</i> mudah	Untuk pemasangan dan pembongkaran alat tidak perlu menggunakan <i>tool</i> khusus
4	Konstruksi alat	Sederhana dan mudah dipindahkan

#### 4.3.2 Metode Penguraian Fungsi

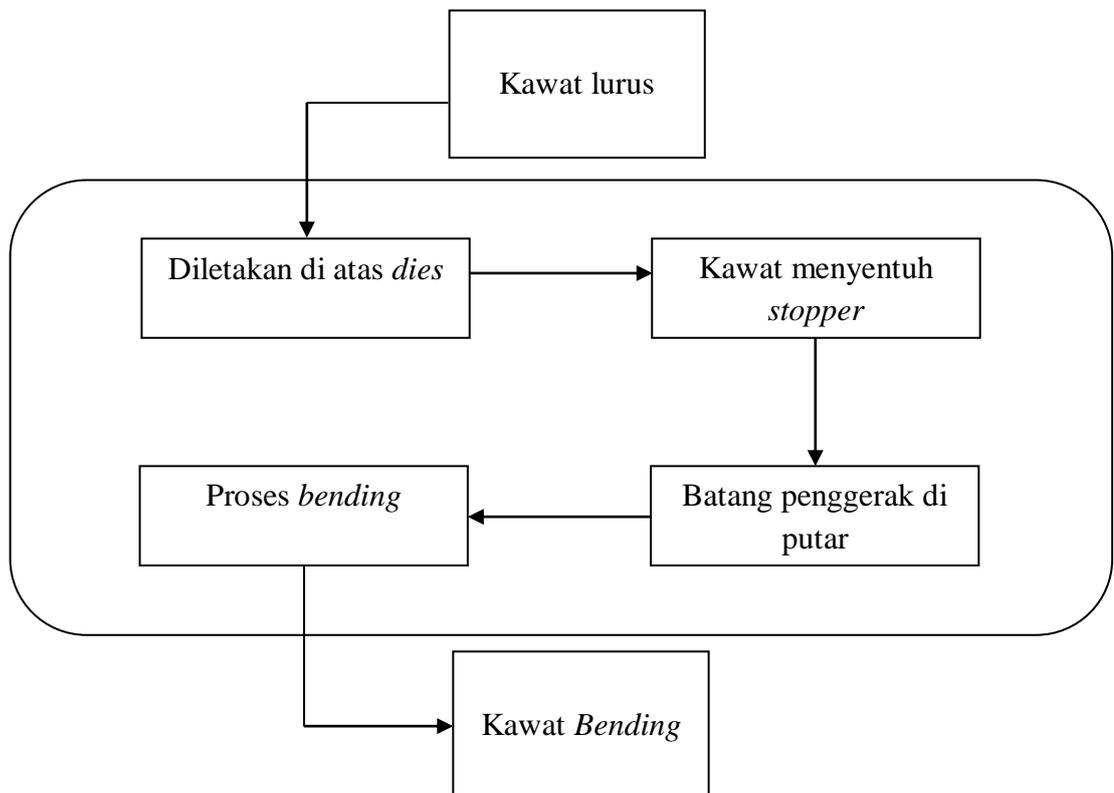
Pada tahapan ini dilakukan proses pemecahan masalah dengan menggunakan diagram blok fungsi atau *black box* untuk menentukan fungsi bagian utama pada alat *bending* kawat *metal jig*. Diagram blok fungsi atau *black*

*box* merupakan uraian tentang *input*, *process*, dan *output* yang dilakukan dalam penelitian. Berikut ini adalah analisa *black box* pada rancang alat *bending* kawat *metal jig*.



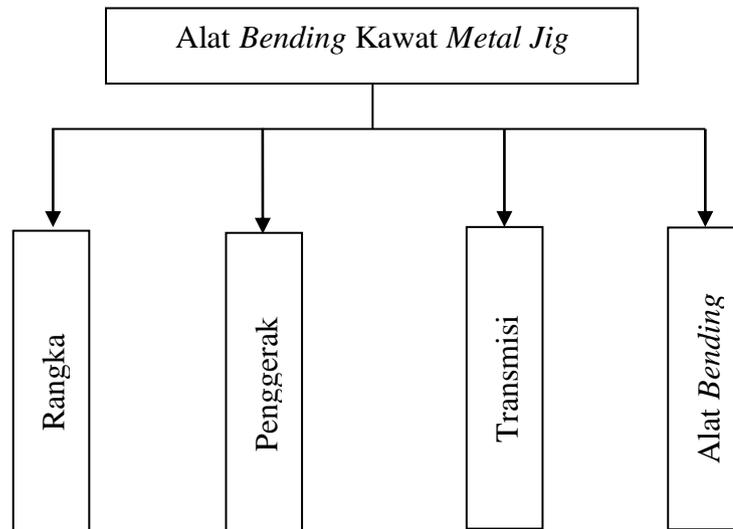
**Gambar 4.1** Blok fungsi (*black box*)

Jangkauan rancang alat *bending* kawat *metal jig*, menerangkan tentang bagian yang dirancang. Adapun sebelum membuat analisa fungsi bagian, dibuat terlebih dahulu diagram struktur fungsi bagian. Berikut diagram struktur fungsi bagian alat *bending* kawat *metal jig*.



**Gambar 4.2** Struktur fungsi bagian alat *bending* kawat *metal jig*

Berdasarkan diagram struktur fungsi bagian diatas, selanjutnya dibuat analisa fungsi bagian alat *bending* kawat *metal jig*. Adapun diagram analisa fungsi bagian ditunjukkan pada diagram dibawah ini.



**Gambar 4.3** Pembagian fungsi bagian

### 4.3.3 Tuntutan Fungsi Bagian

Pada tahapan ini mendiskripsikan tuntutan yang di inginkan dari masing-masing fungsi bagian . Sehingga dalam pembuatan alternatif dari fungsi bagian alat *bending* kawat *metal jig* sesuai dengan keinginan. Berikut ini merupakan deskripsi sub fungsi bagian alat *bending* kawat *metal jig*.

**Table 4.2** Deskripsi sub fungsi bagian

No	Fungsi Bagian	Deskripsi
1	Fungsi Rangka	Sebagai dudukan komponen-komponen yang ada dan rangka harus mampu menompang keseluruhan berat subsistem pada alat <i>bending</i> kawat <i>metal jig</i> agar kondisi tetap stabil saat dioperasikan.
2	Fungsi Penggerak	Sistem yang berfungsi untuk menggerakkan subsistem agar proses <i>bending</i> bisa terjadi.

No	Fungsi Bagian	Deskripsi
3	Fungsi Transmisi	Sistem transmisi dalam hal ini berfungsi sebagai penerus energi untuk menggerakkan subsistem yang berhubungan, untuk sistem transmisi sendiri biasanya juga digunakan untuk memperkecil atau mengontrol gaya yang akan di berikan.
4	Fungsi Alat <i>Bending</i>	Sistem alat <i>bending</i> berfungsi untuk membengkokkan kawat yang awalnya lurus menjadi bentuk yang diinginkan. Untuk proses <i>bending</i> sendiri bisa lebih dari 1 kali proses tergantung dengan konstruksi yang dibuat.

#### 4.3.4 Alternatif Fungsi Bagian

Pada tahapan ini disusun alternatif masing-masing fungsi bagian dari alat *bending* kawat yang akan dirancang. Pengelompokan alternatif disesuaikan dengan deskripsi sub fungsi bagian dengan dilengkapi gambar rancangan beserta kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif.

##### A. Alternatif Fungsi Rangka

Alternatif fungsi rangka merupakan alternatif untuk penyerdehanaan pembuatan rangka dan menentukan material yang cocok untuk pembuatan alat *bending* kawat *metal jig*. Untuk alternatif fungsi rangka terdapat pada tabel berikut.

**Table 4.3** Alternatif fungsi rangka

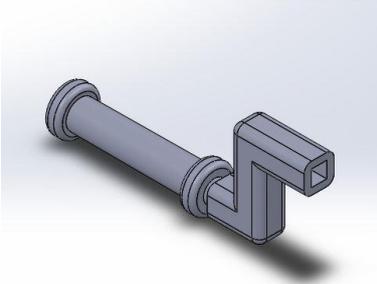
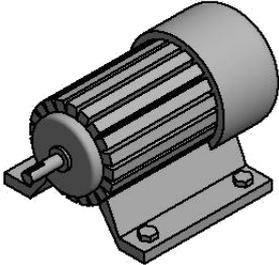
No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
A.1	Rangka <i>Plate</i>	- Mudah dibuat - Tidak	- Tidak meredam getaran.

No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- memerlukan banyak proses pembuatan</li> <li>- Harga lebih murah</li> <li>- Mudah di dapatkan di pasaran</li> <li>- Kontruksi cukup ringan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sulit di bongkar karena di lakukan proses pengelasan dibagian tertentu</li> </ul>
A.2	Rangka Cor dan <i>Plate L</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Komponen yang digunakan sedikit</li> <li>- <i>Rigiditas</i> sangat tinggi</li> <li>- Mampu meredam getaran</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Konstruksi berat</li> <li>- Biaya pembuatan mahal</li> <li>- Proses rumit membutuhkan tenaga ahli</li> </ul>
A.3	Rangka <i>Plate</i> dan <i>Hollow</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mudah didapatkan di pasaran</li> <li>- Konstruksi cukup ringan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sulit di bongkar karena dilakukan proses pengelasan</li> </ul>

## B. Alternatif Fungsi Penggerak

Alternatif fungsi penggerak merupakan alternatif yang digunakan sebagai sumber penggerak yang kemudian diteruskan oleh sistem transmisi dan menentukan jenis penggerak cocok untuk pembuatan alat *bending* kawat *metal jig*. Untuk alternatif fungsi rangka terdapat pada tabel berikut.

**Table 4.4** Alternatif fungsi penggerak

No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
B.1	<p><i>Hand Wheel</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dioperasikan oleh tangan sebagai beban pemberat agar putaran lebih tahan lama</li> <li>- Harga cukup murah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dioperasikan secara manual menggunakan tenaga manusia sehingga memerlukan tenaga yang cukup besar</li> </ul>
B.2	<p>Engkol Pemutar</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontruksi ringan</li> <li>- Harga murah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dioperasikan secara manual menggunakan tenaga manusia sehingga memerlukan tenaga yang cukup besar</li> </ul>
B.3	<p>Motor AC</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengerjaan dilakukan secara otomatis karena menggunakan listrik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan putaran harus pas</li> <li>- Peletakan kawat tidak bisa dilakukan secara manual</li> </ul>

### C. Alternatif Fungsi Transmisi

Alternatif fungsi transmisi merupakan alternatif untuk meneruskan gaya ataupun memperkecil gaya yang dikeluarkan oleh sumber energi. Untuk

pemilihan sistem transmisi tergantung dengan konstruksi alat yang akan dibuat dan fungsi penggerakannya. Untuk alternatif fungsi rangka terdapat pada tabel berikut.

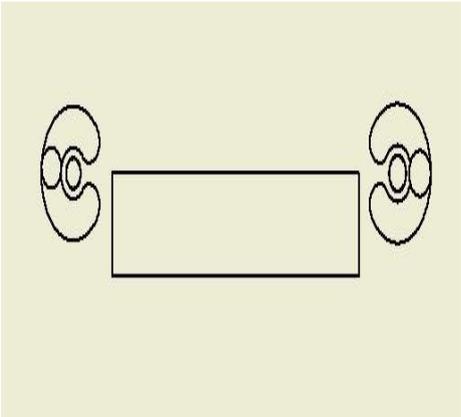
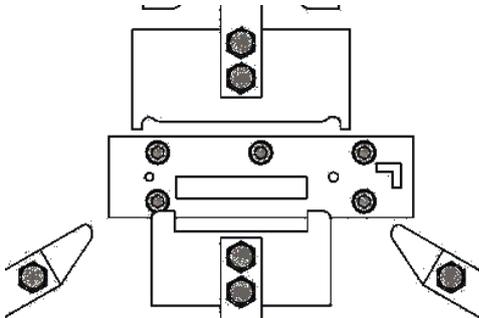
**Table 4.5** Alternatif fungsi transmisi

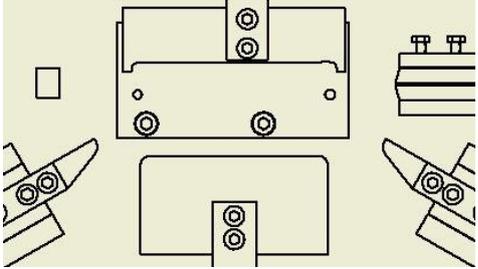
No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
C.1	<p>Batang Penggerak</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biaya murah</li> <li>- Kontruksi alat sederhana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Energy</i> yang dihasilkan langsung menuju step untuk proses penekanan tanpa ada gaya yang dicecilkan</li> </ul>
C.2	<p><i>Pulley Belt</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mudah diganti jika terjadi kerusakan</li> <li>- Tidak memerlukan perawatan yang khusus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mudah terjadi slip jika beban terlalu besar</li> <li>- <i>Belt</i> mudah putus</li> <li>- Mudah terjadi slip</li> </ul>
C.3	<p>Roda Gigi</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mampu bekerja pada torsi tinggi</li> <li>- Perpindahan tanpa terjadi slip</li> <li>- Bisa di operasikan oleh tenaga manusia maupun mesin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sulit dibongkar</li> <li>- Jarak antar poros terbatas</li> <li>- Perawatan poros termasuk sulit</li> </ul>

D. Alternatif Fungsi Alat *Bending*

Alternatif fungsi alat *bending* merupakan alternatif untuk pembentukan kawat dan menentukan jenis pembentukan yang cocok untuk pembuatan alat *bending* kawat *metal jig*. Untuk alternatif fungsi *bending* terdapat pada tabel berikut.

**Table 4.6** Alternatif fungsi alat *bending*

No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
E.1	<p>Silinder</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontruksi lebih simple</li> <li>- Proses pembuatan lebih mudah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masih memerlukan proses lanjutan karena hasil akhir kawat kurang rapat</li> <li>- Hanya untuk 1 ukuran kawat dan tidak bisa diganti</li> </ul>
E.2	<p>4 <i>Punch</i> dan 3 <i>Dies</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanpa perlu tambahan</li> <li>- <i>Punch</i> dan <i>die</i> bisa diganti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lebih dari 1 kali proses <i>bending</i></li> <li>- Kontruksi lumayan kompleks</li> </ul>

No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
E.3	<p>4 <i>Punch</i> dan 2 <i>Dies</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capaian ukuran cukup</li> <li>- <i>Punch</i> dan <i>dies</i> bisa diganti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memerlukan proses tambahan</li> <li>- Kontruksi kompleks</li> </ul>

#### 4.3.5 Pembuatan Alternatif Keseluruhan

Pada tahapan ini, alternatif dari masing-masing fungsi bagian dipilih dan digabungkan satu sama lain sehingga terbentuk sebuah varian konsep alat *bending* kawat *metal jig* dengan jumlah varian konsep yang dapat memenuhi tuntutan yang diinginkan.

**Table 4.7** Varian konsep

No	Fungsi Bagian	Varian (V)
		Alternatif Fungsi Bagian
1	Fungsi Rangka	
2	Fungsi Penggerak	
3	Fungsi Transmisi	
4	Fungsi Alat <i>Bending</i>	
		

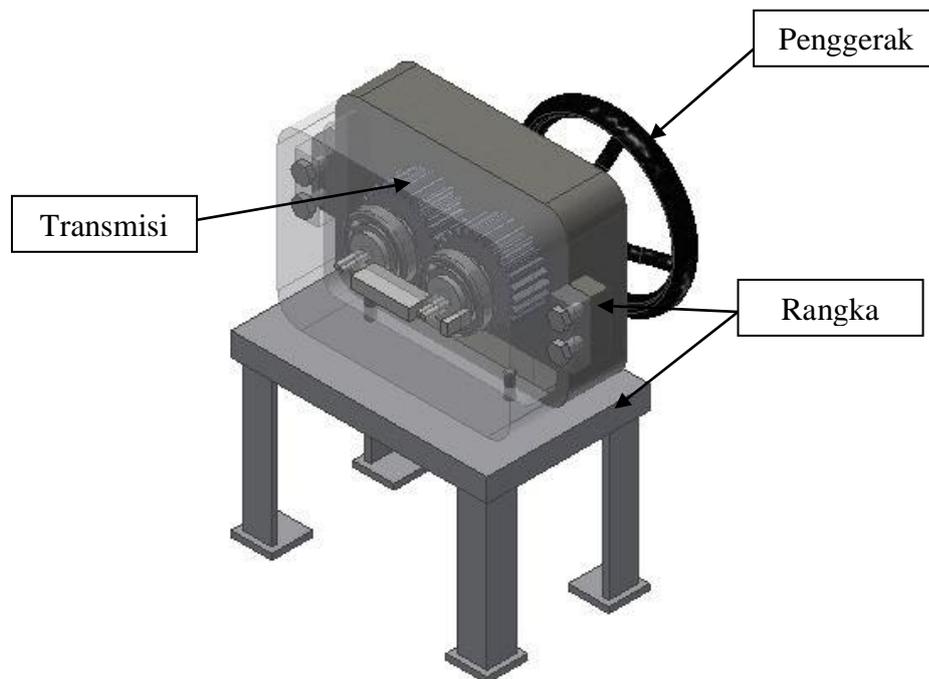
Dengan menggunakan kotak morfologi, alternatif-alternatif fungsi bagian tersebut dikombinasikan alternatif fungsi keseluruhan. Untuk mempermudah dalam membedakan varian konsep yang telah disusun disimbolkan dengan huruf “V” yang berarti varian.

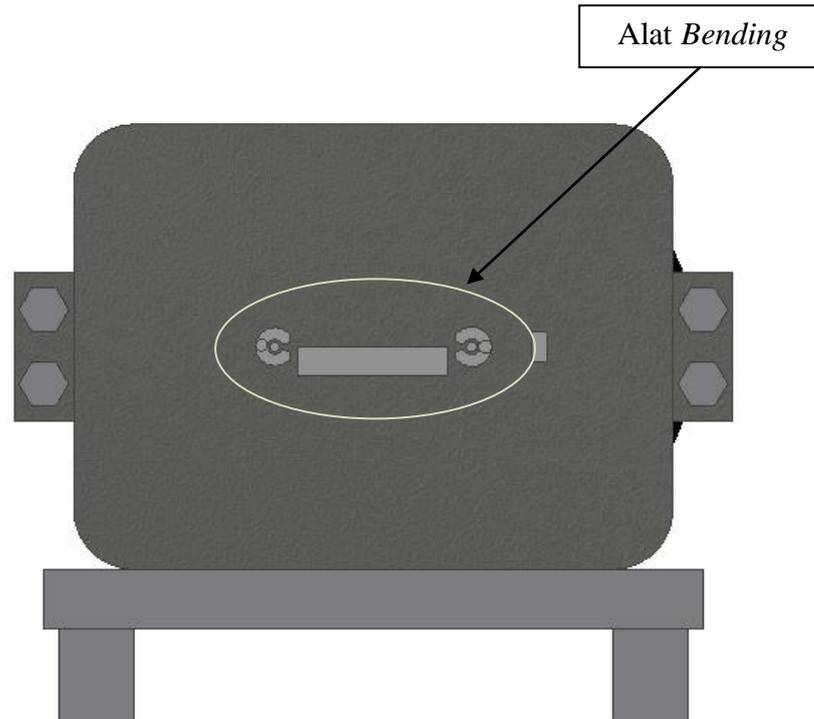
#### 4.3.6 Varian Konsep

Dari hasil penentuan varian konsep menggunakan kotak morfologi, diperoleh tiga varian konsep yang ditampilkan dalam model *3D design*. Setiap kombinasi varian konsep tersebut dideskripsikan sesuai fungsi bagian yang digunakan disertai kelebihan dan kekurangan dari setiap varian konsep tersebut.

Berikut ini adalah varian konsep alat *bending kawat metal jig* yang telah dikombinasikan dengan kotak morfologi. Adapun ketiga konsep tersebut diuraikan pada keterangan dibawah ini.

##### A. Varian Konsep 1





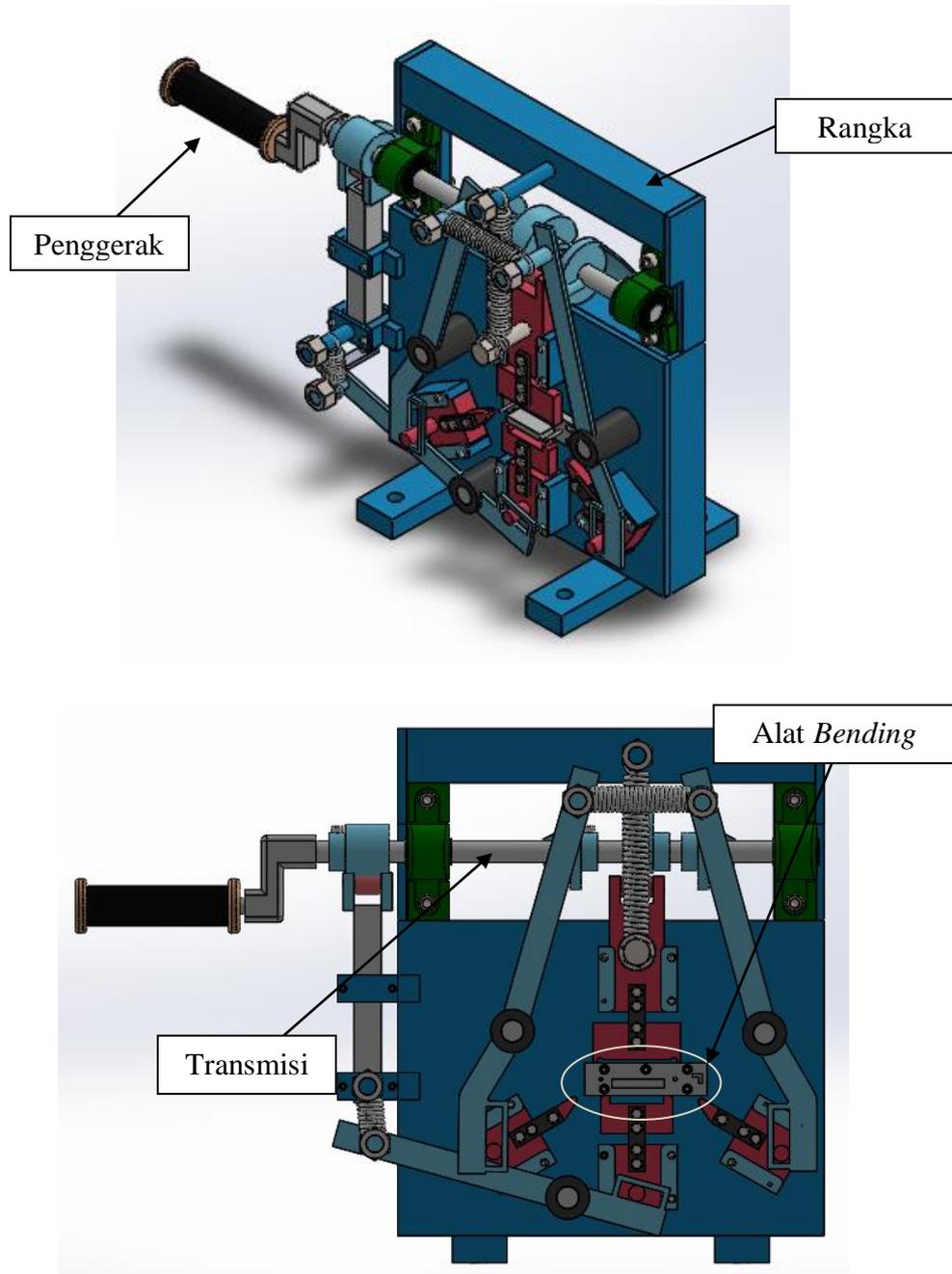
**Gambar 4.4** Varian konsep 1

Varian konsep 1 merupakan konsep dengan mekanisme *bending* menggunakan silinder. Dan untuk transmisi yang digunakan adalah roda gigi serta untuk sistem penggerak menggunakan *hand wheel* dengan memanfaatkan tenaga manusia. Dan untuk cara kerja varian konsep 1, kawat diletakkan di atas *dies* yang berbentuk silinder dan pastikan jika silinder untuk penekan kawat berada di atas. *Hand wheel* diputar ke arah kiri dan roda gigi memutar silinder sesuai dengan konstruksi yang ada

**Keuntungan** : Konstruksi alat sederhana dan mudah dipindahkan.

**Kekurangan** : Pada saat proses *bending* terjadi silinder yang menekan kawat tidak terlalu kuat sehingga menyebabkan kawat memerlukan proses tambahan menggunakan tang agar kawat bisa rapat dengan baik, dan untuk pengecoran rangka memerlukan keahlian khusus.

B. Varian Konsep 2



**Gambar 4.5** Varian konsep 2

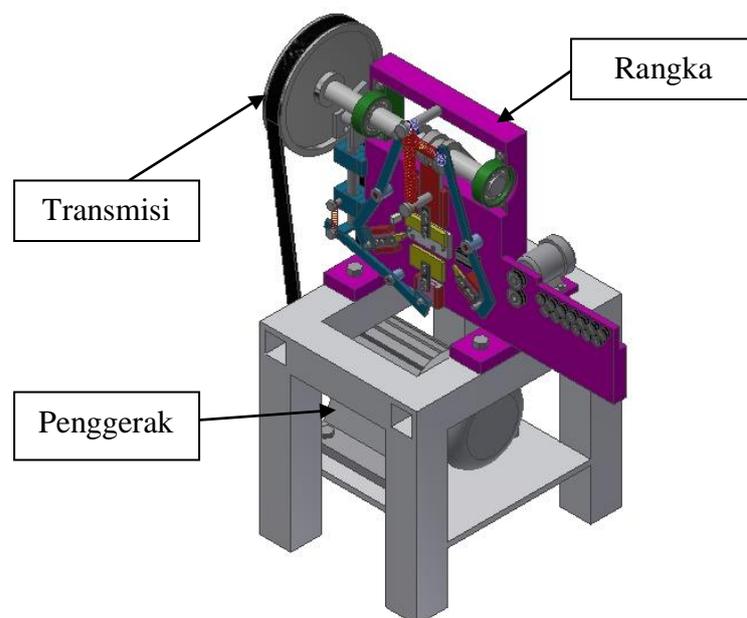
Varian konsep 2 merupakan konsep dengan mekanisme *bending* menggunakan *punch* dan *dies*. Dan untuk sistem transmisi menggunakan batang

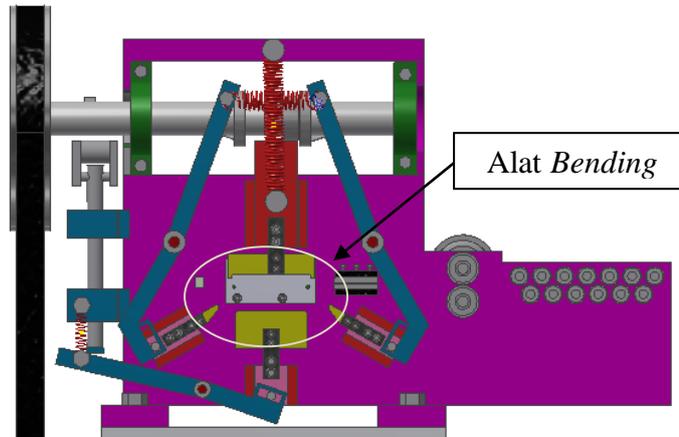
penggerak, serta untuk sistem penggerak menggunakan engkol pemutar dengan memanfaatkan tenaga manusia. Dan untuk cara kerja varian konsep 1, kawat diletakkan di atas *dies* secara *horizontal*, pastikan kawat tidak ada yang bertumpukan dan ujung kawat menyentuh *stopper*. Engkol pemutar menggerakkan batang penggerak dan menggerakkan step yang ada pada setiap punch. Step menekan *punch* sesuai dengan urutan *bending*. Jika telah selesai kawat di keluarkan dari *dies*.

**Keuntungan** : Untuk sekali proses *bending* bisa 10 kawat sekaligus dan capaian dimensi yang diinginkan tercapai tanpa perlu proses tambahan.

**Kekurangan** : Kawat lurus sebelum dilakukan proses *bending* harus dipotong secara manual menggunakan tang, usahakan panjang kawat lurus antara satu dengan yang lain seragam agar hasil akhir yang didapatkan sesuai keinginan. Dan untuk peletakan kawat di *dies* dilakukan secara manual.

### C. Varian Konsep 3





**Gambar 4.6** Varian konsep 3

Varian Konsep 3 merupakan varian konsep dengan mekanisme *bending* menggunakan *punch* dan *dies*. Dan untuk transmisi menggunakan *pulley belt* serta untuk sistem penggerak menggunakan motor AC. Dan untuk cara kerja varian konsep 3, kawat akan di masukkan ke antara *roll straightening* kemudian motor AC akan menggerakkan *roll straightening* agar kawat bisa bergerak menuju *dies*. Dan *pully belt* akan menggerakkan poros agar step menekan *punch* dan proses *bending* dapat dilakukan.

**Keuntungan** : Untuk proses awal dari mulai kawat lurus hingga terbentuk dan dikeluarkan dilakukan secara otomatis oleh alat tersebut tanpa perlu proses tambahan lainnya. Hanya pada saat kawat gulungan udah habis maka perlu diisi kembali.

**Kekurangan** : Konstruksi alat cukup besar dan kompleks, banyaknya komponen-komponen yang terdapat pada alat menyebabkan harga pembuatan mahal.

#### 4.3.7 Penilaian Varian Konsep

Setelah menyusun alternatif fungsi keseluruhan, penilaian varian konsep dilakukan untuk memutuskan alternatif yang akan ditindak lanjuti ke proses pembuatan *draft*. Kriteria aspek penilaian dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu penilaian aspek teknis, aspek ekonomis dan penilaian aspek pengujian (Harahap dkk, 2014) . Karena pada rancangan ini hanya sebatas simulasi jadi untuk penilaian aspek hanya sampai aspek ekonomis saja. Skala penilaian yang diberikan untuk menilai setiap varian terdapat pada tabel dibawah ini. Daftar table standar kriteria penilaian terlampir.

**Table 4.8** Skala penilaian varian konsep

4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Cukup Baik	Kurang Baik

##### A. Penilaian Aspek Teknis

Kriteria dari penilaian aspek teknis dilihat dari segi kemudahan perawatan dan perakitan dari setiap varian konsep. Berikut adalah penilaian aspek teknis setiap varian konsep dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Table 4.9** Penilaian aspek teknis

No	Kriteria Penilaian Teknis	Bobot	Varian Konsep 1	Varian Konsep 2	Varian Konsep 3	Total Nilai Ideal
1	Pencapaian Fungsi	5	2	4	3	20
2	Konstruksi Alat	1	2	4	3	4
3	Kapasitas Alat	3	9	12	6	12
4	Perawatan	2	4	6	4	8
5	<i>Assembly</i>	1	4	3	2	4
6	Pengoperasian	4	16	16	12	16
Total			45	61	42	64
Nilai (%)			70%	95%	66%%	100%

## B. Penilaian Aspek Ekonomis

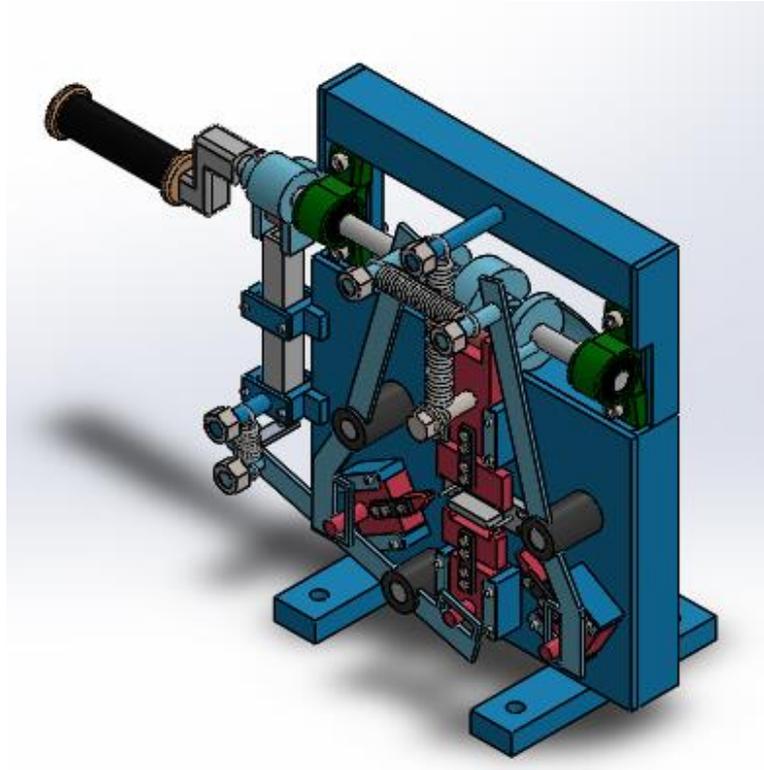
Kriteria dari penilai aspek ekonomis dilihat dari segi material yang digunakan, jumlah komponen yang terdapat pada konstruksi dan pengerjaan konstruksi alat dari setiap varian konsep. Berikut adalah penilaian aspek teknis setiap varian konsep dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Table 4.10** Penilaian aspek ekonomis

No	Kriteria Penilaian Ekonomis	Bobot	Varian Konsep 1		Varian Konsep 2		Varian Konsep 3		Total Nilai Ideal	
1	Biaya Perawatan	4	2	8	4	16	3	12	4	16
2	Biaya Pembuatan	11	3	33	3	33	2	22	4	44
Total			41		49		34		60	
Nilai (%)			68%		82%		57%		100%	

### 4.3.8 Keputusan

Dari penilaian yang telah dilakukan, varian konsep yang dipilih adalah varian dengan nilai mendekati 100%. Varian konsep yang dipillih adalah varian konsep 2 dengan nilai aspek teknis 89% dan aspek ekonomis 82%. Adapun gambar rancangan 3D varian konsep yang terpilih dapat dilihat pada gambar berikut ini.

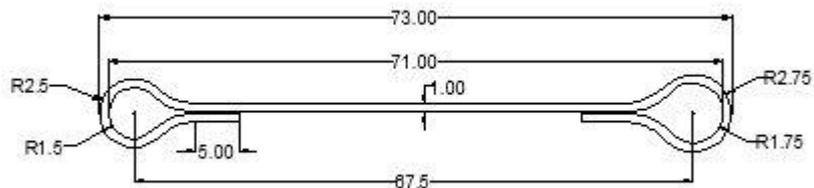


**Gambar 4.7** Varian konsep terpilih

## 4.4 Perhitungan

### 4.4.1 Geometri Kawat *Metal Jig*

Adapun geometri kawat *metal jig* dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.

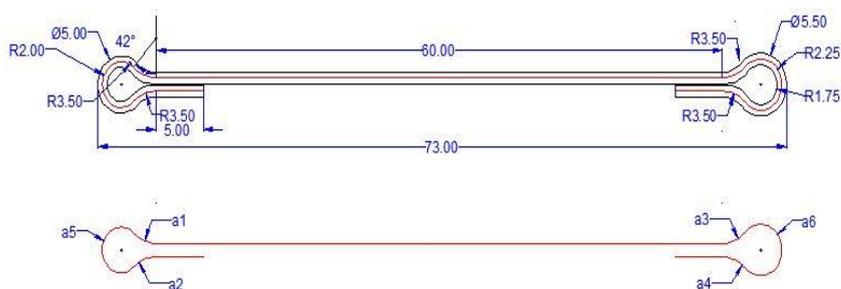


**Gambar 4.8** Geometri kawat *metal jig*

Material yang digunakan untuk kawat kawat *metal jig* adalah *Nickel Alloy* (dengan minimum *nickel* sebanyak 99,2%) dengan sifat material sebagai berikut : (*KANTHAL Datasheet. 2017*)

- *Yield Strength* = 250 Mpa
- *Tensile Strength* = 450 Mpa
- *Elongation* = 30 %
- *Hardeness* = 100 Hv

Material ini sudah sesuai dengan standar yang biasa dipakai dalam pembuatan kawat metal jig dengan spesifikasi sebagai berikut :



**Gambar 4.9** Dimensi material kawat

Untuk mencari panjang awal kawat, kita menggunakan rumus dari *Herman W. Pollack* (1988), tentang mencari panjang awal pipa dengan menggunakan persamaan (2.10)

$$a = \frac{\theta\pi}{180} (Kt + r)$$

$$a_1 = a_2 = a_3 = a_4$$

$$a_1 = 3,5 + 0,33 \frac{2 \times 3,14 \times 42}{360} = 2,81 \text{ mm}$$

$$a_5 = (2 \times 3,14 \times 2) - (2,81 + 2,81) = 6,94 \text{ mm}$$

$$a_6 = (2 \times 3,14 \times 2,25) - (2,81 + 2,81) = 8,51 \text{ mm}$$

$$L_{\text{total}} = 60 + 5 + 5 + 2,81 + 2,81 + 2,81 + 2,81 + 6,94 + 8,51$$

$$= 112,75 \text{ mm} \approx 113 \text{ mm}$$

#### 4.4.2 Perhitungan Gaya Pembentukan

Untuk mengetahui besarnya gaya *bending* yang terjadi pada material supaya kawat bisa dibentuk dan tidak patah, maka  $\sigma_{\text{bending}}$  diambil rata-rata dari  $\sigma_{\text{UTS}}$  dan  $\sigma_{\text{yield}}$  sebesar  $350 \text{ N/mm}^2$ . Diamsusikan  $\sigma_{\text{tarik}}$  sama dengan  $\sigma_{\text{bending}}$  yang terjadi pada kawat. Sehingga besarnya gaya bending ( $F_{\text{bending}}$ ) dapat dicari dengan persamaan (2.9) sebagai berikut :

- Pembentukan 1

$$F_{\text{bending}} = \frac{\sigma_{\text{bending}} \times I \times 8}{W}$$

Dimana :

$$d = 1 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3,14 \times 1^4}{32} = 0,098 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{\text{bending}} = 350 \text{ N/mm}^2$$

$$L = 15,13 \text{ mm}$$

$$c = 7,565 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$F_{bending} = \frac{350 \times 0,098 \times 8}{15,13 \times 7,565} = 2,4 \text{ N atau } 0,245 \text{ kg (1 kawat)}$$

$$= 24 \text{ N atau } 2,45 \text{ kg (10 kawat)}$$

- Pembentukan 2

Dimana :

$$d = 1 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3,14 \times 1^4}{32} = 0,098 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{bending} = 350 \text{ N/mm}^2$$

$$L = 26,94 \text{ mm}$$

$$c = 13,47 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$F_{bending} = \frac{350 \times 0,098 \times 8}{26,94 \times 13,47} = 0,756 \text{ N atau } 0,077 \text{ kg (2 sisi) (1 kawat)}$$

$$= 7,56 \text{ N atau } 0,77 \text{ kg (10 kawat)}$$

$$s = 0,378 \text{ N atau } 0,0385 \text{ kg (1 sisi) (1 kawat)}$$

$$= 3,78 \text{ N atau } 0,385 \text{ kg (10 kawat)}$$

- Pembentukan 3

Dimana :

$$d = 1 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3,14 \times 1^4}{32} = 0,098 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{bending} = 350 \text{ N/mm}^2$$

$$L = 15,62 \text{ mm}$$

$$c = 7,81 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$F_{bending} = \frac{350 \times 0,098 \times 8}{15,62 \times 7,81} = 2,25 \text{ N atau } 0,23 \text{ kg (1 kawat)}$$

$$= 22,2 \text{ N atau } 2,3 \text{ kg (10 kawat)}$$

$$F_{total} = 2,4 + 0,077 + 2,25$$

$$= 4,727 \text{ N (1 kawat)}$$

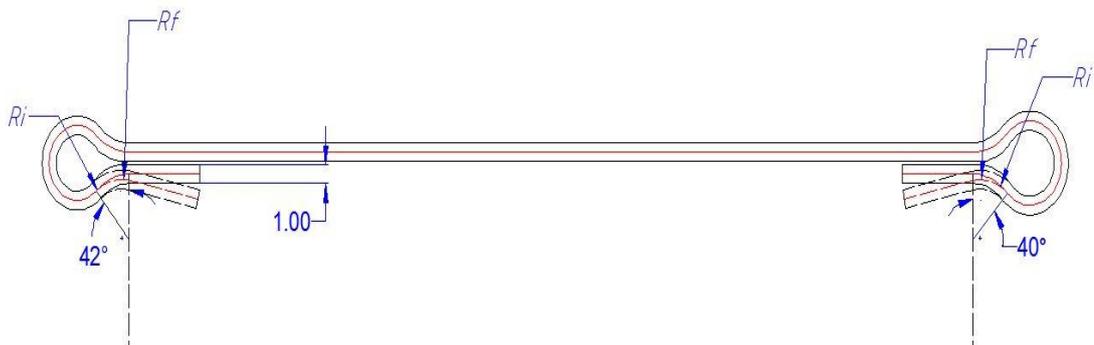
$$= 0,482 \text{ kg}$$

$$F_{10 \text{ kawat}} = 4,727 \times 10$$

$$= 47,27 \text{ N}$$

$$= 4,82 \text{ kg}$$

#### 4.4.3 Prediksi Rumus *Springback*



**Gambar 4.10** Geometri *springback*

Dimana :

$$Ri = 3,5 \text{ mm}$$

$$Y = 250 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 198000 \text{ N/mm}^2$$

$$t = 1 \text{ mm}$$

$$\frac{Ri}{Rf} = 4 \left( \frac{Ri \times Y}{E \times t} \right)^3 - 3 \left( \frac{Ri \times Y}{E \times t} \right) + 1$$

$$\frac{3,5}{Rf} = 4 \left( \frac{3,5 \times 250}{198000 \times 1} \right)^3 - 3 \left( \frac{3,5 \times 250}{198000 \times 1} \right) + 1$$

$$\frac{3,5}{Rf} = 0,99$$

$$Rf = 3,53 \text{ mm}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung besar *springback* menggunakan rumus persamaan *k factor springback*. Dimana diketahui besar *bend angle* awal ( $\alpha_i$ ) yaitu  $180^\circ$  dikurangi sudut tekuk ( $42^\circ$ ) sehingga besar *bend angle* awal ( $\alpha_i$ ) adalah  $138^\circ$  atau 2,4 radian, sehingga perhitungannya sebagai berikut.

$$K_s = \frac{\alpha_f}{\alpha_i} = \frac{\left(\frac{2 R_i}{t}\right) + 1}{\left(\frac{2 R_f}{t}\right) + 1}$$

$$\alpha_f = \frac{\left(\frac{2 \times 3,5}{1}\right) + 1}{\left(\frac{2 \times 3,53}{1}\right) + 1}$$

$$\alpha_f = 2,38 \text{ rad} \quad \text{atau} \quad 136^\circ$$

Sehingga besarnya prediksi *springback* yaitu selisih antara  $\alpha_i$  dan  $\alpha_f$ .

$$\begin{aligned} \text{Springback} &= \alpha_i - \alpha_f \\ &= 138^\circ - 136^\circ \\ &= 2^\circ \end{aligned}$$

Radius awal dan radius akhir serta besarnya *bend angle* awal ( $\alpha_i$ ) dan *bend angle* akhir ( $\alpha_f$ ) yang sudah diketahui, dapat digunakan untuk menghitung besarnya *k factor springback*. Berikut perhitungan *k factor springback*.

$$K_s = \frac{\alpha_f}{\alpha_i} = \frac{\left(\frac{2 R_i}{t}\right) + 1}{\left(\frac{2 R_f}{t}\right) + 1}$$

$$K_s = \frac{\alpha_f}{\alpha_i} = \frac{2,38}{2,4} = 0,99$$

#### 4.4.4 Pemilihan Material *Punch* dan *Dies*

Kriteria pemilihan material yang akan digunakan sebagai dasar atas pertimbangan sebagai berikut :

1. Material yang digunakan adalah material yang umum dipasaran.
2. Material kuat sesuai dengan kondisi beban yang diterima dan perhatikan pada saat memilih material agar tidak mudah rusak.
3. Material mudah dilakukan proses manufaktur .

4. Harga dari material tersebut, karena harga merupakan salah satu faktor dari biaya produksi.

Berdasarkan kriteria pertimbangan di atas maka dilakukan pemilihan material untuk *punch* dan *dies* yang akan digunakan adalah *S45C*. Hal ini disebabkan *S45C* memenuhi persyaratan diatas spesifikasi *S45C* terdapat pada lampiran.

Dimana kekuatan luluh maksimal (*yield strength*) *S45C* adalah 71100 psi = 49,98 kg/mm<sup>2</sup> lebih besar dari pada material (*Nickel Alloy*). Dan untuk sistem power yang digunakan adalah dengan menggunakan tenaga manusia yang mana rata-rata tenaga yang mampu di lakukan oleh manusia adalah 25 kg.

#### 4.4.5 Perhitungan *Dies*

##### A. Perhitungan Ketebalan *Dies*

Perhitungan ketebalan *dies* ditinjau dari tekanan *bending* maksimum yang bekerja pada *dies*. Menurut *Vukota Buljanovic*, ketebalan minimal *dies* dapat dihitung dengan langkah-langkah berikut :

- Ketebalan material yang diperoses 1 mm
- Lebar *dies* yang direncanakan = 15 mm
- Dari tabel 2.3 nilai  $C_m$  untuk *UTS* material *Nickel Alloy* dengan 450 N/mm<sup>2</sup> adalah 1,0.

Dari persamaan (2.13) maka dilakukan perhitungan ketebalan *dies* H sebagai berikut:

$$H = (10 + 5 \times 1 + 0,7 \sqrt{15 + 15}) \times 1,0$$

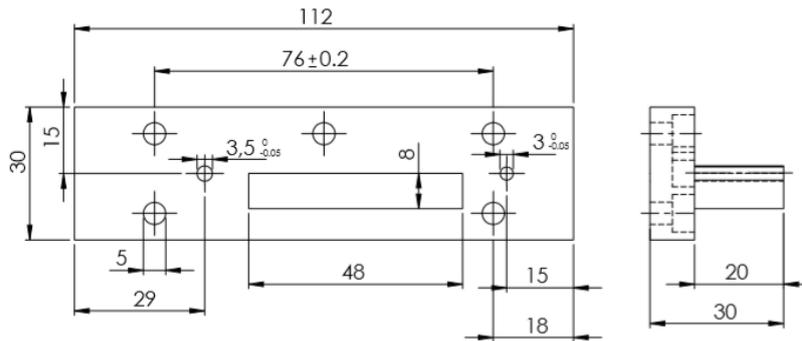
$$H = 21,18 \text{ mm} \approx 22 \text{ mm}$$

Lebar minimal dinding *dies* dapat dihitung dari persamaan (2.14) dimana

$$e = \frac{10}{12} + 0,8 \times 22 = 18,4 \text{ mm (untuk kedua sisi)}$$

= 9,2 mm (satu sisi)

Dari perhitungan didapatkan ketebalan dan lebar *dies* dalam rancangan ini memenuhi persyaratan (aman). Perencanaan geometri dan dimensi *dies* direncanakan seperti gambar di bawah ini.

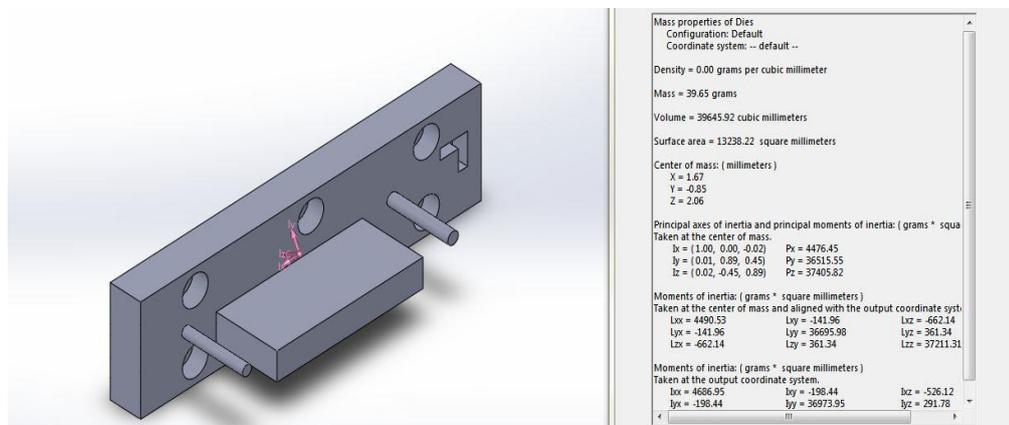


**Gambar 4.11** Geometri dan dimensi *dies*

## B. Perhitungan Manual Analisa Tegangan pada Material *Dies*

Material yang dipilih untuk *dies* adalah *S45C* dengan tegangan tarik  $\sigma_{UTS} = 265,5 \text{ N/mm}^2$ . Untuk mencari tegangan yang terjadi pada material *dies*, maka dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\sigma_{dies} = \frac{F_{bending}}{A_{dies}}$$



**Gambar 4.12** Luas penampang (A) *dies* yang ditunjukkan pada *solidworks*

Dari perhitungan *solidworks* didapatkan luas penampang *dies* adalah  $\text{mm}^2$ . Besar gaya yang harus diterima oleh *dies* sebesar N sehingga,

$$\sigma_{\text{dies}} = \frac{47,27 \text{ N}}{13238,22 \text{ mm}^2} = 0,00357 \text{ N/mm}^2$$

Dari perhitungan manual didapatkan besarnya  $\sigma_{\text{dies}}$  lebih kecil dari  $\sigma_{\text{UTS}}$ , sehingga rancangan *dies* aman.

#### 4.4.6 Perhitungan *Punch*

Pada perancangan *punch* ini akan dihitung gaya *bending* yang terjadi. Tegangan tersebut digunakan untuk mencari panjang *punch*. Untuk mendapatkan panjang *punch* maksimal dapat digunakan persamaan (2.15).

$$L_{\text{punch}} = \frac{l_k}{8} \sqrt{\frac{E \times (w)}{t_s \times \sigma_{\text{UTS}}}}$$

- *Punch 1*

Dimana :

$$l_k = 4 (80 \times 35 \times 12) = 508 \text{ mm}$$

$$t_s = 12 \text{ mm}$$

$$E \text{ S45C} = 29700 \text{ ksi} = 20886,94 \text{ kg/mm}^2$$

$$w = 71 \text{ mm}$$

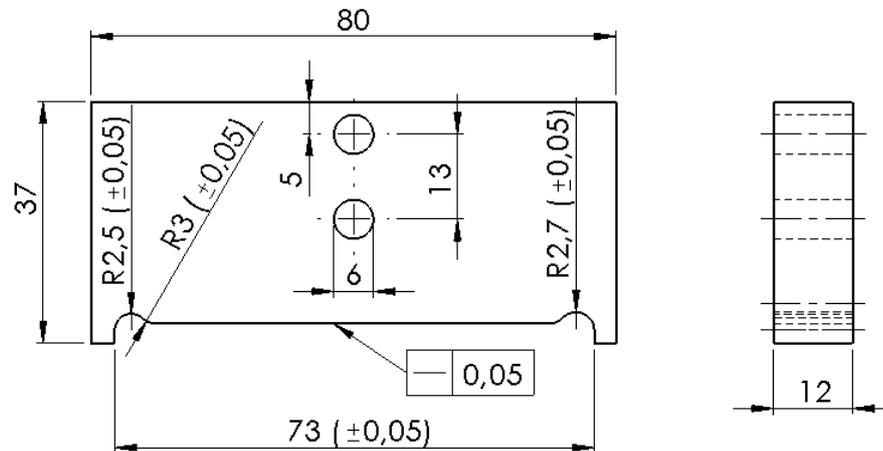
$$\sigma_{\text{UTS}} \text{ S45C} = 99600 \text{ psi} = 70,045 \text{ kg/mm}^2$$

Sehingga,

$$L_{\text{punch}} = \frac{508}{8} \sqrt{\frac{20886,94 \times (71)}{12 \times 70,045}} = 88,265 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan panjang *punch* maksimal diketahui 88,265 mm sedangkan yang akan kita rancang adalah sebesar 80 mm, maka panjang *punch*

tersebut memenuhi persyaratan. Berikut adalah perencanaan geometri dan dimensi *punch* 1.



**Gambar 4.13** Geometri dan dimensi *punch* 1

- *Punch* 2

Dimana :

$$l_k = 4 (20 \times 35 \times 12) = 268 \text{ mm}$$

$$t_s = 12 \text{ mm}$$

$$E_{S45C} = 29700 \text{ ksi} = 20886,94 \text{ kg/mm}^2$$

$$w = 35 \text{ mm}$$

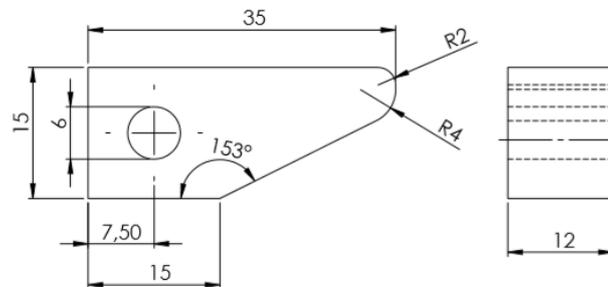
$$\sigma_{UTS \text{ S45C}} = 99600 \text{ psi} = 70,045 \text{ kg/mm}^2$$

Sehingga,

$$L_{\text{punch}} = \frac{268}{8} \sqrt{\frac{20886,94 \times (35)}{12 \times 70,045}} = 36,069 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan panjang *punch* maksimal diketahui 36,069 mm sedangkan yang akan kita rancang adalah sebesar 35 mm, maka panjang *punch*

tersebut memenuhi persyaratan. Berikut adalah perencanaan geometri dan dimensi *punch 2*.



**Gambar 4.14** Geometri dan dimensi *punch 2*

- *Punch 3*

Dimana :

$$l_k = 4 (80 \times 40 \times 12) = 528 \text{ mm}$$

$$t_s = 12 \text{ mm}$$

$$E_{S45C} = 29700 \text{ ksi} = 20886,94 \text{ kg/mm}^2$$

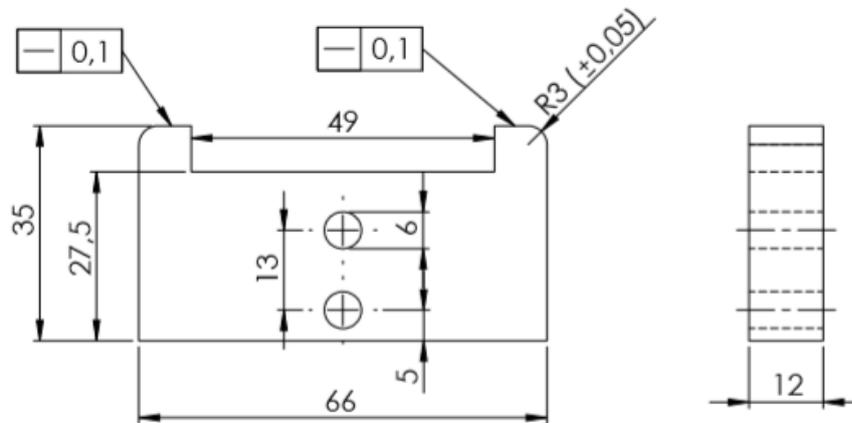
$$w = 40 \text{ mm}$$

$$\sigma_{UTS \text{ S45C}} = 99600 \text{ psi} = 70,045 \text{ kg/mm}^2$$

Sehingga,

$$L_{punch} = \frac{528}{8} \sqrt{\frac{20886,94 \times (40)}{12 \times 70,045}} = 91,74 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan panjang *punch* maksimal diketahui 91,74 mm sedangkan yang akan kita rancang adalah sebesar 80 mm, maka panjang *punch* tersebut memenuhi persyaratan. Berikut adalah perencanaan geometri dan dimensi *punch 3*.



**Gambar 4.15** Geometri dan dimensi *punch 3*

#### 4.4.7 Perhitungan *Clearance*

Untuk menghitung *clearance bending* dapat digunakan persamaan 2.16.

Dimana :

$$\delta = S \max + 0,1 \times S$$

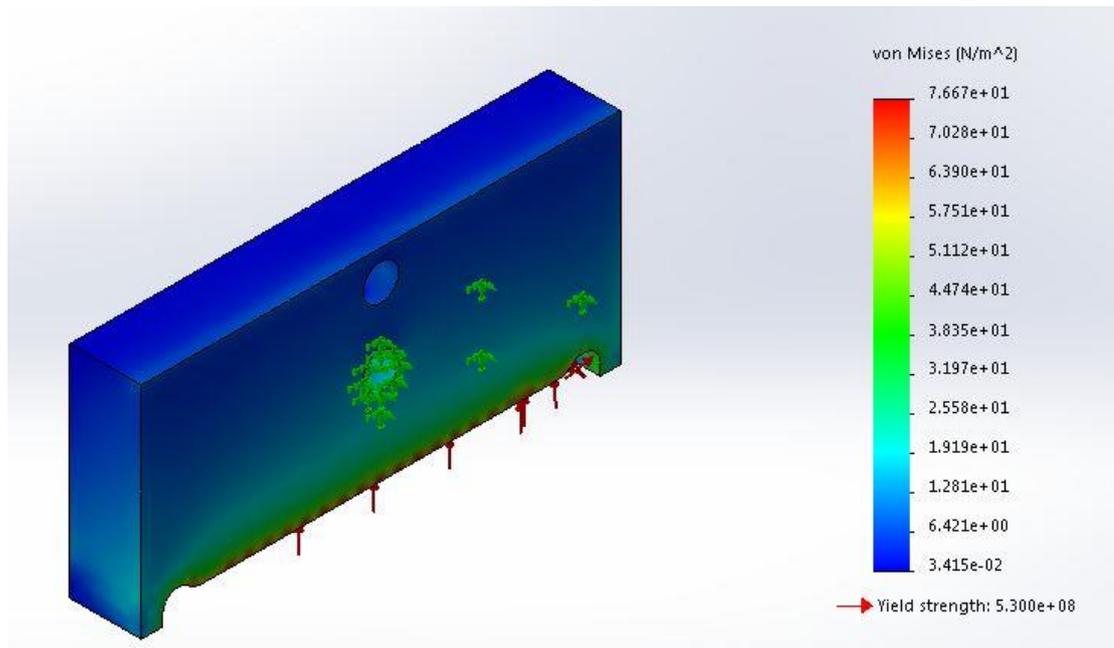
$$\delta = 1 + 0,1 \times 1$$

$$\delta = 1,1 \text{ mm}$$

#### 4.4.8 Perhitungan Tegangan Material *Punch* dan *Dies* Menggunakan *Software Solidworks*

##### A. *Punch 1*

*Pressure* yang dipilih untuk pembebanan terhadap *punch* yaitu 24 N sehingga didapatkan hasil analisa kekuatan seperti gambar dibawah ini

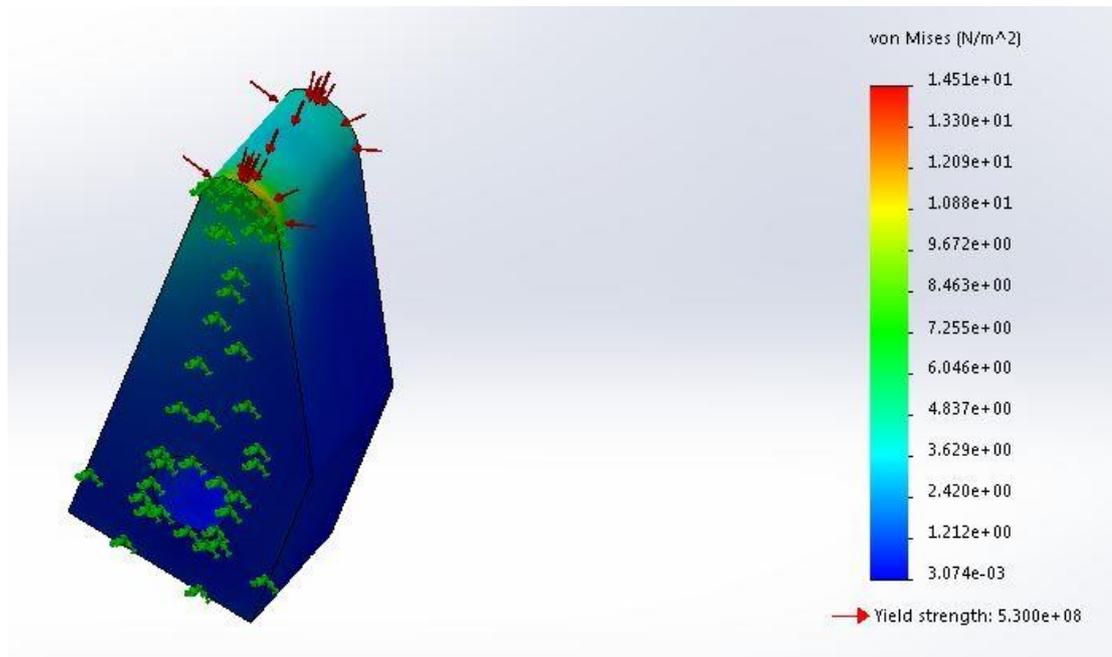


**Gambar 4.16** Hasil analisa tegangan material *punch* 1 dengan menggunakan *software solidworks*

Dari hasil analisa kekuatan material dengan menggunakan *software solidworks* didapatkan kekuatan luluh maksimal yang terjadi akibat pembentukan kawat sebesar  $7,667 \times 10^1 \text{ N/m}^2$  dimana hasil tersebut lebih kecil daripada kekuatan luluh maksimal yang ditunjukkan oleh material *S45C*  $5,3 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  dengan demikian perencanaan *punch* aman, karena tegangan luluh yang terjadi lebih kecil dari tegangan luluh yang diijinkan.

#### B. *Punch* 2

*Pressure* yang dipilih untuk pembebanan terhadap *punch* yaitu 3,78 N sehingga didapatkan hasil analisa kekuatan seperti gambar dibawah ini.

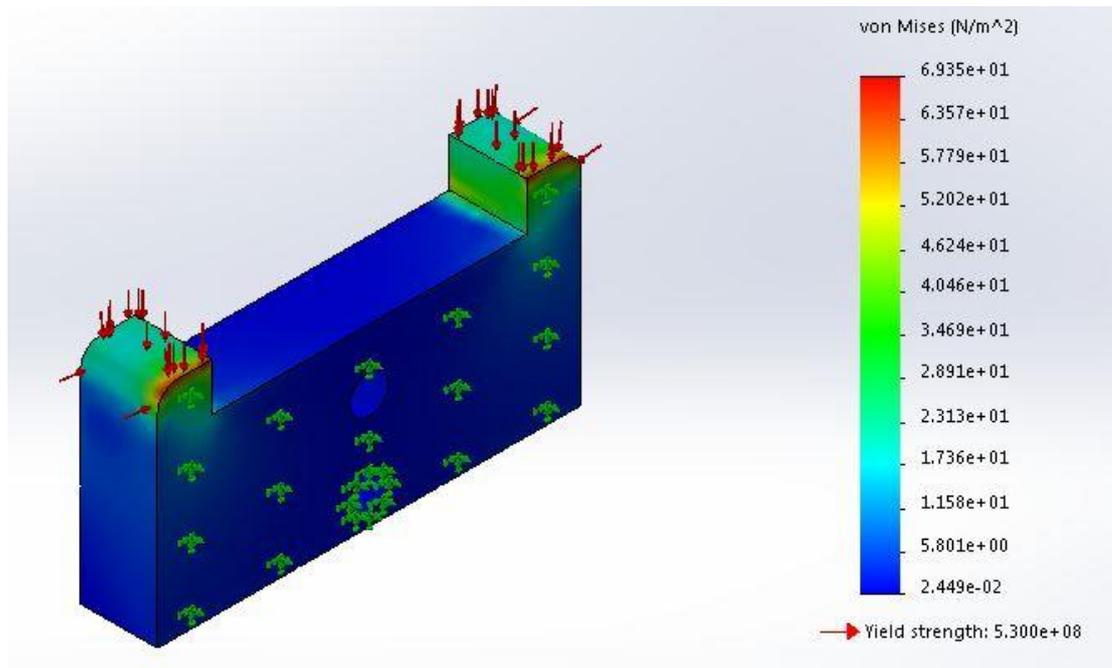


**Gambar 4.17** Hasil analisa tegangan material *punch 2* dengan menggunakan *software solidworks*

Dari hasil analisa kekuatan material dengan menggunakan *software solidworks* didapatkan kekuatan luluh maksimal yang terjadi akibat pembentukan kawat sebesar  $1,451 \times 10^1 \text{ N/m}^2$  dimana hasil tersebut lebih kecil daripada kekuatan luluh maksimal yang ditunjukkan oleh material *S45C* yaitu  $5,3 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  dengan demikian perencanaan *punch* aman, karena tegangan luluh yang terjadi lebih kecil dari tegangan luluh yang diijinkan.

### C. *Punch 3*

*Pressure* yang dipilih untuk pembebanan terhadap *punch* yaitu 22,2 N sehingga didapatkan hasil analisa kekuatan seperti gambar dibawah ini.

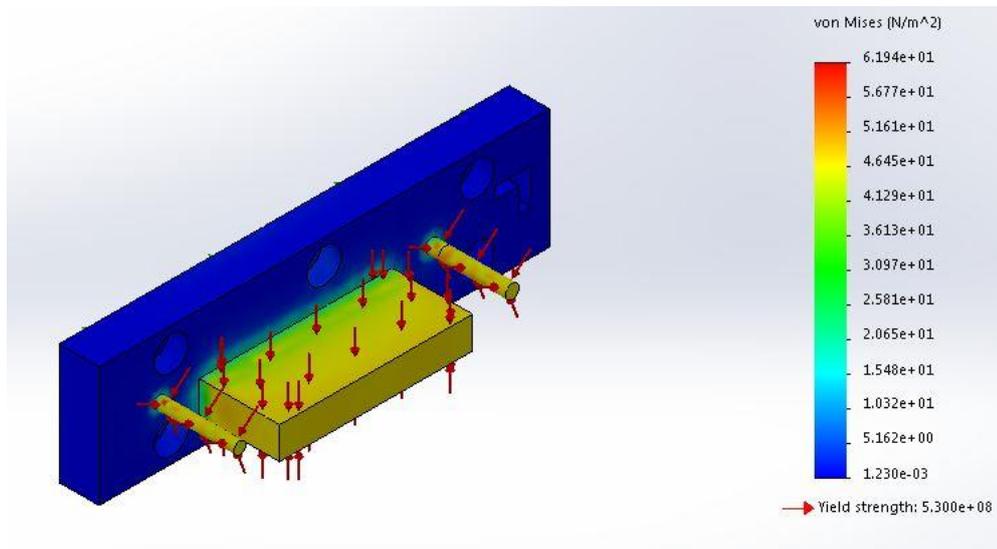


**Gambar 4.18** Hasil analisa tegangan material *punch* 3 dengan menggunakan *software solidworks*

Dari hasil analisa kekuatan material dengan menggunakan *software solidworks* didapatkan kekuatan luluh maksimal yang terjadi akibat pembentukan kawat sebesar  $6,935 \times 10^1 \text{ N/m}^2$  dimana hasil tersebut lebih kecil daripada kekuatan luluh maksimal yang ditunjukkan oleh material *S45C* yaitu  $5,3 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  dengan demikian perencanaan *punch* aman, karena tegangan luluh yang terjadi lebih kecil dari tegangan luluh yang diijinkan.

#### 4.4.9 Dies

Karena *pressure* yang dipilih 47,27 N maka didapatkan hasil analisa kekuatan seperti pada gambar dibawah ini.



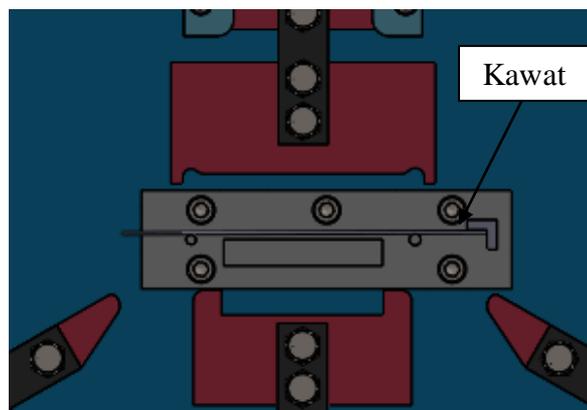
**Gambar 4.19** Hasil analisa tegangan material *dies* dengan menggunakan *software solidworks*

Dari hasil analisa kekuatan material dengan menggunakan *software solidworks* didapatkan kekuatan luluh maksimal yang terjadi akibat pembentukan kawat sebesar  $6,194 \times 10^1 \text{ N/m}^2$  dimana hasil tersebut lebih kecil daripada kekuatan luluh maksimal yang ditunjukkan oleh material *S45C* yaitu  $5,3 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  dengan demikian perencanaan *dies* aman, karena tegangan luluh yang terjadi lebih kecil dari tegangan luluh yang diijinkan.

#### 4.5 Penyelesaian

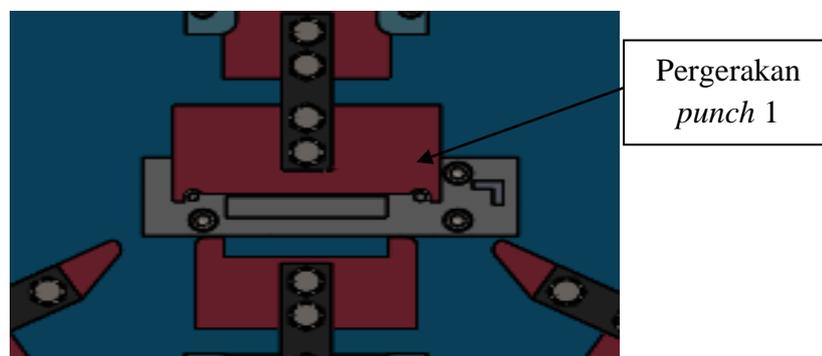
Untuk waktu yang diperlukan untuk proses pembentukan *bending* kawat yaitu 35 detik sesuai dengan waktu yang didapatkan dari hasil simulasi pergerakan yang telah dibuat, berikut uraian waktu proses *bending* kawat :

1. Untuk proses peletakan kawat di *dies* memerlukan waktu 5 detik. Untuk peletakkan kawat dapat dilihat pada Gambar 4.20.

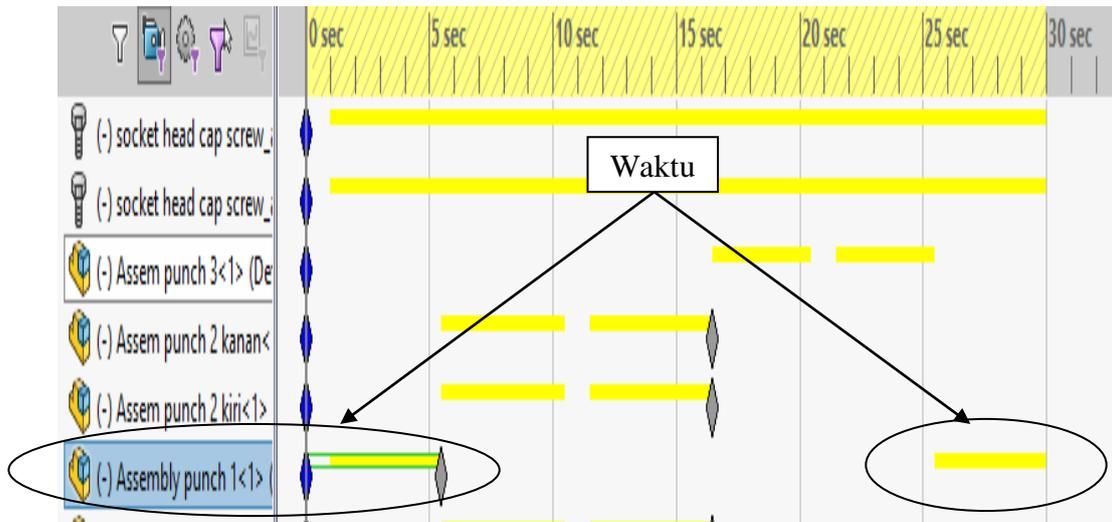


**Gambar 4.20** Peletakkan kawat di *dies*

2. Untuk proses *bending* yang pertama yaitu engkol pemutar akan menggerakkan poros yang terdapat step 1 dan step 1 akan menekan *punch* 1 setelah itu terjadilah proses *bending* pertama dengan waktu 9 detik. Waktu ini dihitung berdasarkan pada saat *punch* turun hingga kembali ke posisi awal. Untuk proses *bending* 1 dijelaskan pada Gambar 4.21 dan untuk waktu proses *bending* 1 dijelaskan pada gambar 4.22.

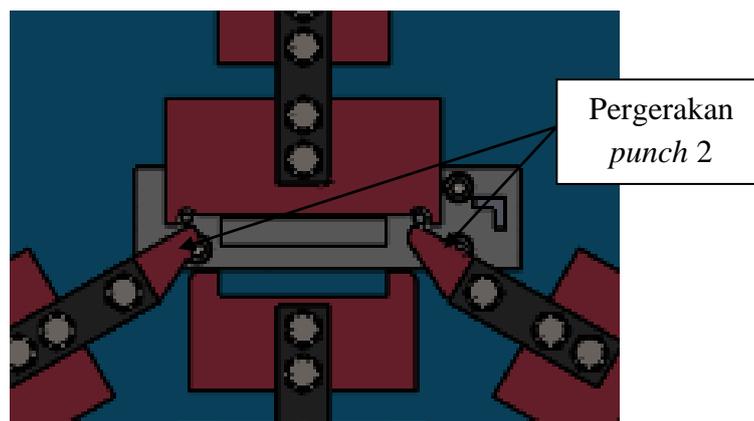


**Gambar 4.21** Proses *bending* 1

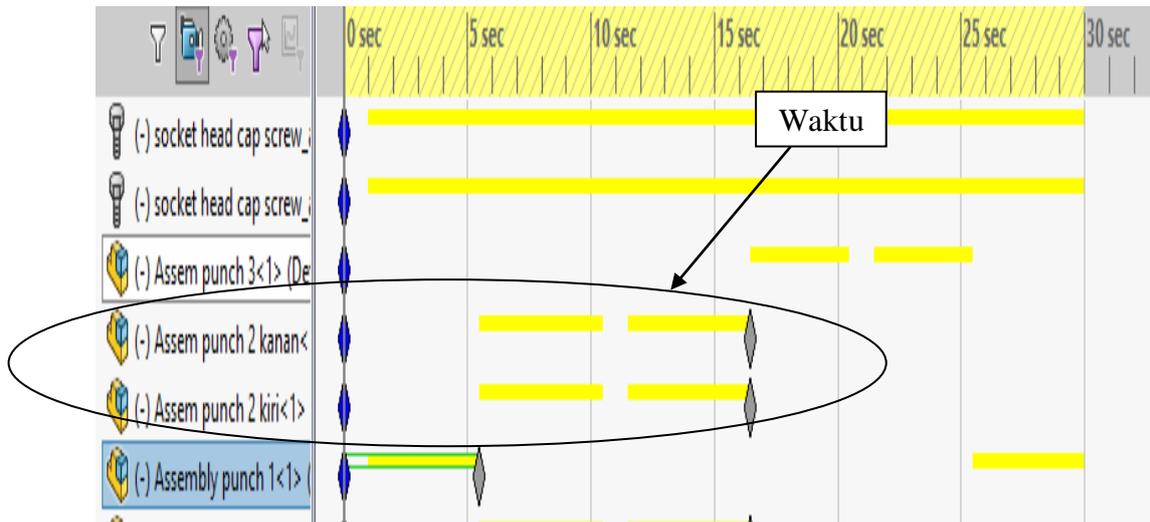


**Gambar 4.22** Waktu proses *bending* 1

3. Untuk proses *bending* yang kedua step 2 yang berputar akan mendorong lengan kiri dan kanan kemudian *punch* 2 akan bergerak menuju kawat dan terjadilah proses *bending* 2 dengan waktu 10 detik. Waktu ini dihitung berdasarkan pada saat *punch* turun hingga kembali ke posisi awal. Untuk proses *bending* 2 dijelaskan pada Gambar 4.23 dan untuk waktu proses *bending* 2 dijelaskan pada gambar 4.24.

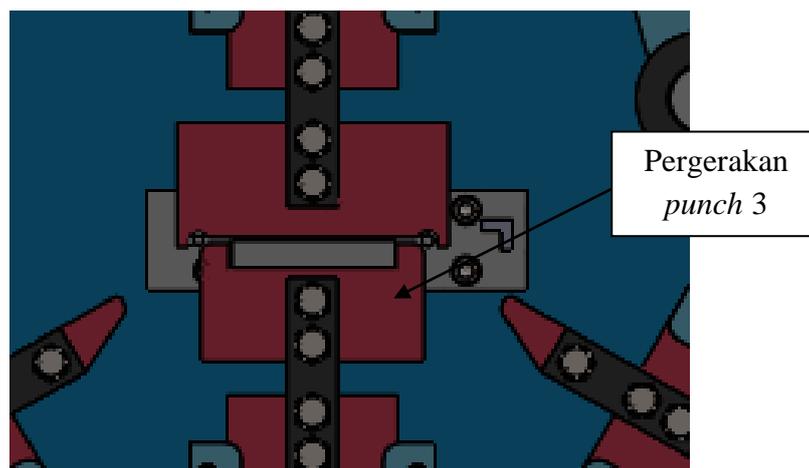


**Gambar 4.23** Proses *bending* 2

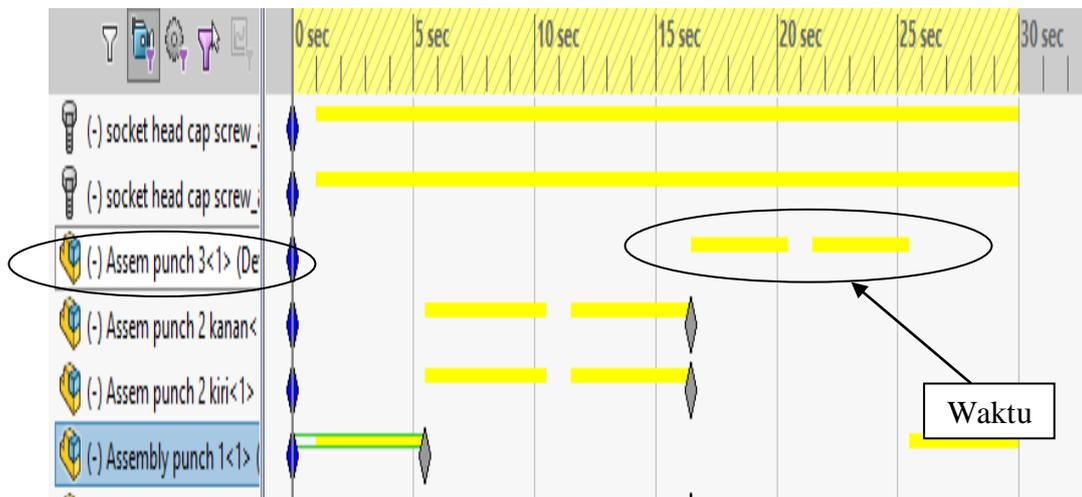


**Gambar 4.24** Waktu proses *bending* 2

4. Untuk proses *bending* yang ketiga step 3 yang berputar akan mendorong lengan bawah kemudian *punch* 3 akan bergerak menuju kawat dan terjadilah proses *bending* 3 dengan waktu 8 detik. Waktu ini dihitung berdasarkan pada saat *punch* turun hingga kembali ke posisi awal. Untuk proses *bending* 3 dijelaskan pada Gambar 4.25 dan untuk waktu proses *bending* 3 dijelaskan pada gambar 4.26.



**Gambar 4.25** Proses *bending* 3



**Gambar 4.26** Waktu proses *bending* 3

5. Setelah proses *bending* selesai dilakukan, kawat akan dikeluarkan dari *dies* menggunakan tangan dengan waktu 3 detik.
6. Untuk keseluruhan proses *bending* adalah 5 detik untuk peletakan kawat, 27 detik untuk proses *bending* 1-3 dan 3 detik untuk proses pengeluaran kawat *bending*. Jadi untuk total waktu adalah 35 detik. Untuk *punch* 1 sendiri pada saat proses *bending* 2 dan 3 tetap pada posisi *bending* agar kawat tetap pada posisi awal dan tidak bergerak agar hasil yang didapatkan tercapai.

Untuk keseragaman bentuk dapat tercapai dilihat dari analisa yang telah dilakukan dimana untuk analisa tegangan *punch* dan *dies* terhadap kawat yang akan di-*bending* menunjukkan bahwa material *punch* dan *dies* aman jika digunakan. Sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada *punch* maupun *dies*, karena jika terdapat kerusakan pada *punch* maupun *dies* akan menyebabkan ketidakseragaman terhadap bentuk maupun ukuran hasil *bending*.

Selain itu pada saat proses *bending* terjadi *punch* 1 tidak hanya melakukan proses *bending* tetapi *punch* 1 juga berfungsi sebagai penahan kawat pada saat terjadinya proses *bending* 2 dan 3. Tujuan dari penahanan kawat ini adalah agar kawat dapat tetap pada posisinya hingga proses *bending* selesai dilakukan, agar mendapatkan hasil yang seragam.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan yang diperoleh dari kegiatan rancang alat *bending* kawat *metal jig*, sebagai berikut :

1. Untuk mekanisme *bending* kawat menggunakan prinsip kerja *press tool*, dengan diameter kawat yang digunakan adalah 1 mm. Berdasarkan rancangan dan simulasi pergerakan di dapatkan hasil yang seragam yaitu ukuran diameter dalam 3 mm dan 3,5 mm dengan panjang 73 mm.
2. Untuk sistem penggerak menggunakan engkol pemutar dengan memanfaatkan tenaga manusia dengan waktu  $\pm 3$  detik per kawat dan untuk satu kali proses kawat bisa untuk 10 kawat, *punch* dan *dies* bisa diganti sesuai kebutuhan kawat yang akan kita *bending*.
3. Untuk pengoperasian tanpa keahlian khusus dan biaya pembuatan Rp. 3.000.000 – Rp. 5.000.000.

#### 5.2 Saran

1. Untuk kedepannya mungkin alat ini bisa dibuatkan agar bisa dimanfaatkan bagi orang membutuhkan.
2. Penambahan sistem transmisi pada alat agar dapat meningkatkan fungsi alat menjadi lebih baik.
3. Penyederhanaan pada proses *bending* untuk meminimalkan biaya pembuatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amazon. (2020). *Stainless steel wire*. Retrieved May 15, 2020, from Amazon Web site: [https://www.amazon.com/s/ref=lp\\_6469703011\\_nr\\_n\\_5?fst=as%3Aoff&rh=n%3A16310091%2Cn%3A%2116310161%2Cn%3A16310191%2Cn%3A16414131%2Cn%3A6469703011%2Cn%3A11260364011&bbn=6469703011&ie=UTF8&qid=1597218530&rnid=6469703011](https://www.amazon.com/s/ref=lp_6469703011_nr_n_5?fst=as%3Aoff&rh=n%3A16310091%2Cn%3A%2116310161%2Cn%3A16310191%2Cn%3A16414131%2Cn%3A6469703011%2Cn%3A11260364011&bbn=6469703011&ie=UTF8&qid=1597218530&rnid=6469703011)
- Batan, I. M. (2012). *Pengembangan Produk*. Surabaya: Diktat Kuliah Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- Boljanovic, V. (2004). *Sheet metal forming processes and die design*. New York: Industrial press.
- Deutshman, A. D. (1975). *Machine design theory and practice*. New York: Machimillan Publishing Co. Inc.
- Harahap, D. R. (2014). Perancangan prototype alat bantu pengelasan TIG untuk pembuatan elbow 90 derajat. *Jurnal Manutech*, 25-30.
- Huo, K. C. (2017). *Wire forming device*. Jakarta: Perpustakaan Nasional RI.
- Kanthal. (2017, Januari 2017). *Nickel DG*. Retrieved Mei 15, 2020, from Kanthal Web site: <https://www.kanthal.com/en/products/material-datasheets/wire/resistance-heating-wire-and-resistance-wire/100-nickel/>
- Kazan, R. D. (2008). Prediction of springback in wipe-bending process of sheet metal using neural network. *Science Direct*, Vol 30.
- Kuang, S. (1996). *Geodetic network analysis and optimal design*. Michigan.
- Mustaqim, A. (2012). *Perancangan alat/mesin pengerol pipa*. Yogyakarta: D3 Teknik Mesin UNY.

- Noriega, Z. D. (2008). A new equation to determine the springback in the bending process of metallic sheet. *Kalpakjian Equation*, Vol. 8, no. 1, pp. 25-30.
- Pollack, H. W. (1988). Tool design second edition. *Prentice-Hall*, New Jersey.
- Pranandita, N. d. (2020). Pembuat cetakan metal jig dan alat pembengkok kawat untuk usaha pembuatan metal jig di Pangkalpinang. *Proposal pengabdian masyarakat*.
- Prasetyo, M. (2016, May 16). Retrieved Juni 20, 2020, from <http://muslimbudiprasetyo.blogspot.com/2016/05/pliers-tang-suatu-alat-yang-terdapat-2.html>
- Rahmanto, R. H. (2013). *Simulasi V-bending dengan variasi kecepatan pembebanan terhadap keausan dies menggunakan software finite element metode*. Bekasi: Dosen program studi Teknik Mesin Universitas Islam 45.
- Reivax Maquinas. (2017, May 2017). *CN bending machine*. Retrieved Juni 19, 2020, from Reivax Maquinas, SL: <http://www.reivaxmaquinas.net/en/cnc-bending-machines/>
- Ruswadi, A. (2004). *Metode perancangan*. Bandung: Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- Syah, R. Y. (2016). *Perancangan punch & dies untuk pembuatan rangka utama sepeda ITS*. Surabaya: S1 Teknik Mesin ITS.
- Ulbrich. (2015, May 1). *304 Stainless steel UNS S30400*. Retrieved May 15, 2020, from Ulbrich Datasheet: <https://www.ulbrich.com/alloys/304-stainless-steel-wire-uns-s30400/>





## **LAMPIRAN 1**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Data Pribadi

Nama lengkap : Andri  
Tempat & tanggal lahir : Kotawaringin, 20 Oktober 1998  
Alamat rumah : Desa Kotawaringin, RT 08 RW 02  
Hp : 085709100626  
Email : [andryandry988@gmail.com](mailto:andryandry988@gmail.com)  
Jenis kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam



### 2. Riwayat Pendidikan

SDN 9 Puding Besar	Tahun	2005 – 2011
SMPN 2 Puding Besar	Tahun	2011 – 2014
SMKN 2 Simpang Katis	Tahun	2014 – 2017
D-III POLMAN BABEL	Tahun	2017 – 2020

### 3. Pendidikan Non Formal

.....  
.....

Sungailiat, 7 September 2020

Andri

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Data Pribadi

Nama lengkap : Ghina Salsabila  
Tempat & tanggal lahir : Pangkalpinang, 23 Februari 2000  
Alamat rumah : Gang Air Mangkok RT 4, Balunijuk  
Hp : 083175161818  
Email : [gsalsabila232@gmail.com](mailto:gsalsabila232@gmail.com)  
Jenis kelamin : Perempuan  
Agama : Islam



### 2. Riwayat Pendidikan

SDN 15 Balunijuk	Tahun	2005 – 2011
SMPN 2 Merawang	Tahun	2011 – 2014
SMKN 2 Pangkalpinang	Tahun	2014 – 2017
D-III POLMAN BABEL	Tahun	2017 – 2020

### 3. Pendidikan Non Formal

.....  
.....

Sungailiat, 7 September 2020



Ghina Salsabila



## **LAMPIRAN 2**

## ***Property S45C***

<b><i>JIS S45C steel, Tempered</i></b>		
	<b><i>Metric</i></b>	<b><i>English</i></b>
<b><i>Physical Properties</i></b>		
<i>Density</i>	7,85 g/cc	0,284 lb/in <sup>2</sup>
<b><i>Mechanical Properties</i></b>		
<i>Hardness, Brinell</i>	201 – 269	201 – 269
<i>Hardness, Rockwell C</i>	13,8 – 27,6	13,8 – 27,6
<i>Tensile Strength, Ultimate</i>	686 Mpa	99600 psi
<i>Tensile Strength, Yield</i>	490 Mpa	71100 psi
<i>Elongation of Break</i>	17,0 %	17,0 %
<i>Reduction of Area</i>	45,0 %	45,0 %
<i>Modulus of Elasticity</i>	205 Gpa	29700 ksi
<i>Poissons Ratio</i>	0,290	0,290
<i>Machinability</i>	55 %	55 %
<i>Shear Modulus</i>	80,0 Gpa	11600 ksi
<i>Impact</i>	8,00	8,00

*Note* : MatWeb (Material Property Data), Similar to AISI and DIN CK 45  
<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=6b29957fc95e426d87dff64d67c59f6c&ckck=1>



**LAMPIRAN 3**

## Kriteria Penilaian

### 1. Perbandingan Bobot Kerja Teknis

Perbandingan Bobot Kinerja Teknis 1	Jumlah
Pencapaian Fungsi	1 1 1 1 1
Konstruksi Alat	0
Kapasitas Alat	0
Perawatan	0
<i>Assembly</i>	0
Pengoperasian	0
	<b>5</b>

Perbandingan Bobot Kinerja Teknis 2	Jumlah
Pencapaian Fungsi	1
Konstruksi Alat	0 0 0 1 0
Kapasitas Alat	1
Perawatan	1
<i>Assembly</i>	0
Pengoperasian	1
	<b>1</b>

Perbandingan Bobot Kinerja Teknis 3	Jumlah
Pencapaian Fungsi	1
Konstruksi Alat	0
Kapasitas Alat	0 1 1 1 0
Perawatan	0
<i>Assembly</i>	0
Pengoperasian	1
	<b>3</b>

Perbandingan Bobot Kinerja Teknis 4						Jumlah
Pencapaian Fungsi	1					<b>2</b>
Konstruksi Alat	0					
Kapasitas Alat	1					
Perawatan	0	1	0	1	0	
Assembly	0					
Pengoperasian	1					

Perbandingan Bobot Kinerja Teknis 5						Jumlah
Pencapaian Fungsi	1					<b>1</b>
Konstruksi Alat	0					
Kapasitas Alat	1					
Perawatan	1					
Assembly	0	1	0	0	0	
Pengoperasian	1					

Perbandingan Bobot Kinerja Teknis 6						Jumlah
Pencapaian Fungsi	1					<b>4</b>
Konstruksi Alat	0					
Kapasitas Alat	0					
Perawatan	0					
Assembly	0					
Pengoperasian	0	1	1	1	1	

Bobot Evaluasi Kinerja Teknis		
Kinerja Teknis	Poin	%
Pencapaian Fungsi	5	31,25
Konstruksi Alat	1	6,25
Kapasitas Alat	3	18,75
Perawatan	2	12,5
Assembly	1	6,25
Pengoperasian	4	25
Jumlah	16	100

## 2. Perbandingan Bobot Kerja Ekonomis

Perbandingan Bobot Kinerja Ekonomis 1						Jumlah
<b>Biaya Perawatan</b>						
Material	1	1	0	0	0	2
SDM	0					
Waktu		0				
<b>Biaya Pembuatan</b>						
Material			1			1
SDM				1		
Waktu					1	

Perbandingan Bobot Kinerja Ekonomis 2						Jumlah
<b>Biaya Perawatan</b>						
Material	1					1
SDM	0	1	0	0	0	
Waktu		0				
<b>Biaya Pembuatan</b>						
Material			1			1
SDM				1		
Waktu					1	

Perbandingan Bobot Kinerja Ekonomis 3						Jumlah
<b>Biaya Perawatan</b>						
Material	1					1
SDM		1				
Waktu	0	0	0	1	0	
<b>Biaya Pembuatan</b>						
Material			1			1
SDM				0		
Waktu					1	

Perbandingan Bobot Kinerja Ekonomis 4					Jumlah	
<b>Biaya Perawatan</b>						
Material	0					
SDM	0					
Waktu	0					<b>4</b>
<b>Biaya Pembuatan</b>						
Material	1	1	1	0	1	
SDM					1	
Waktu					0	

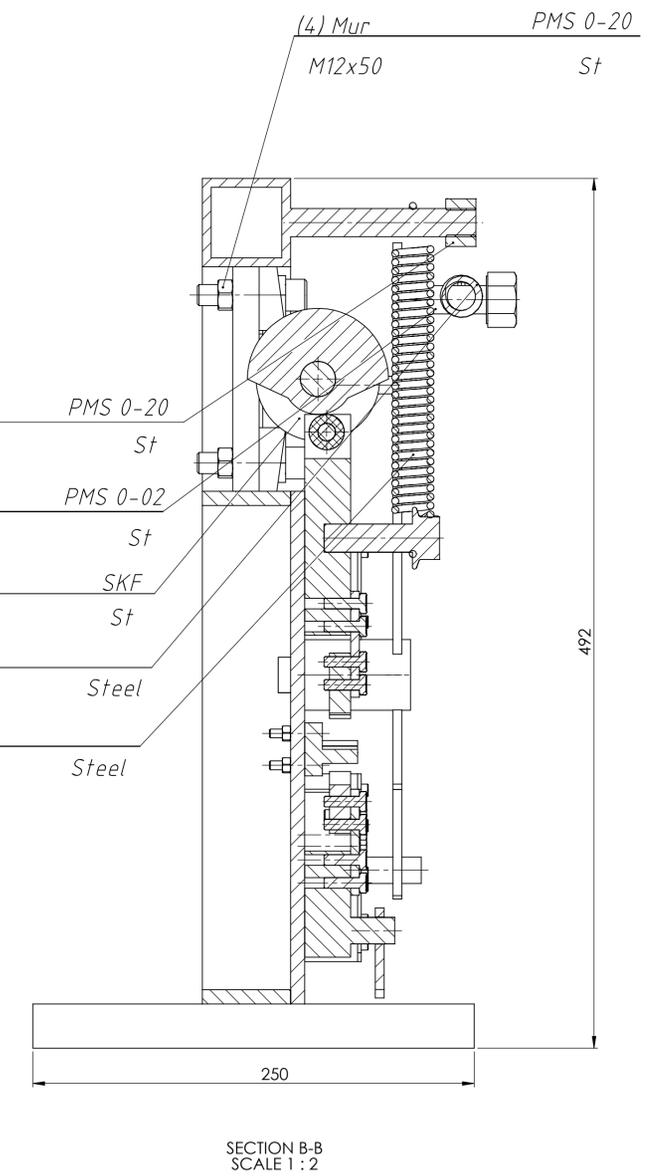
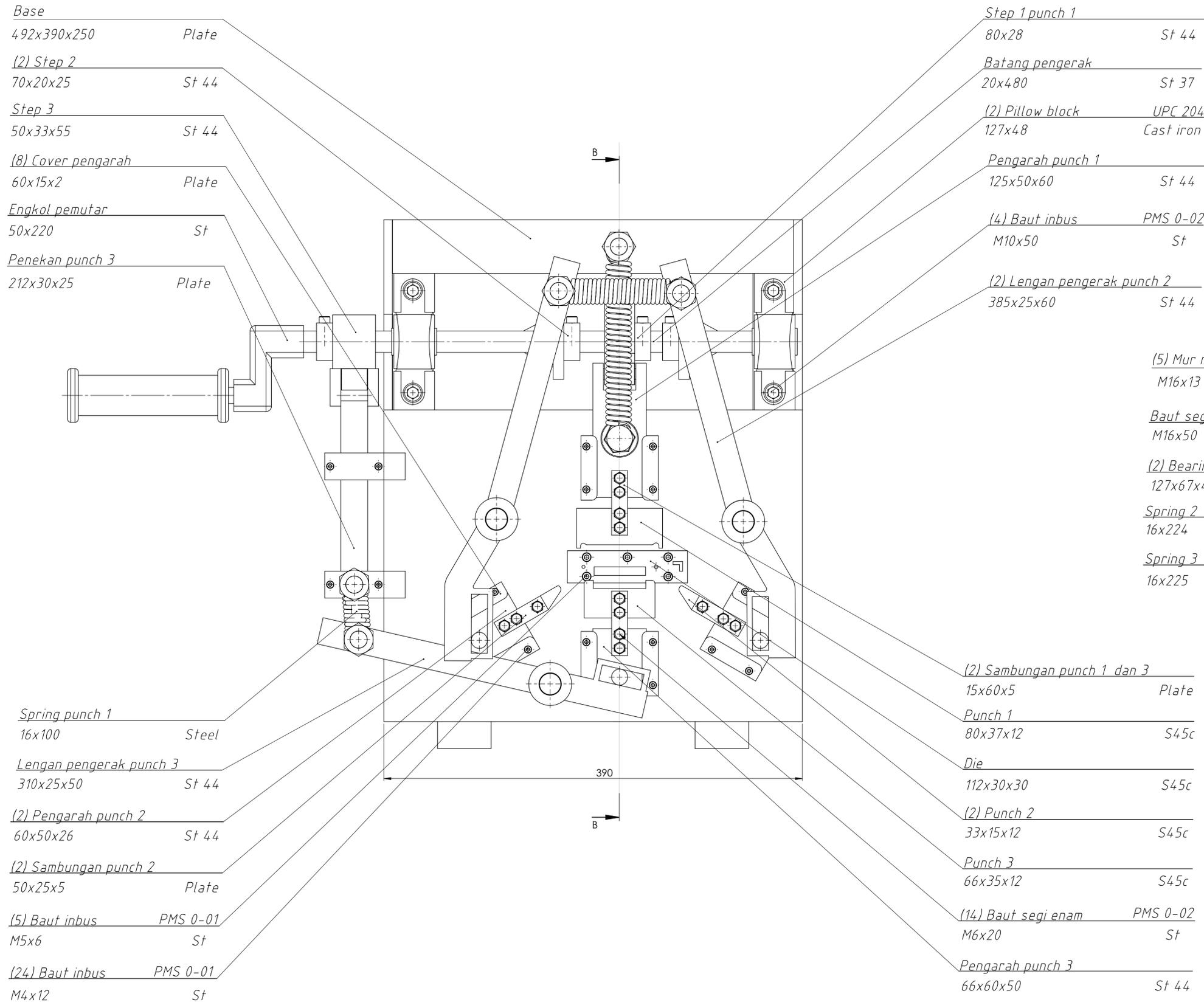
Perbandingan Bobot Kinerja Ekonomis 5					Jumlah	
<b>Biaya Perawatan</b>						
Material	0					
SDM		0				
Waktu			1			<b>4</b>
<b>Biaya Pembuatan</b>						
Material				0		
SDM	1	1	0	1	1	
Waktu					0	

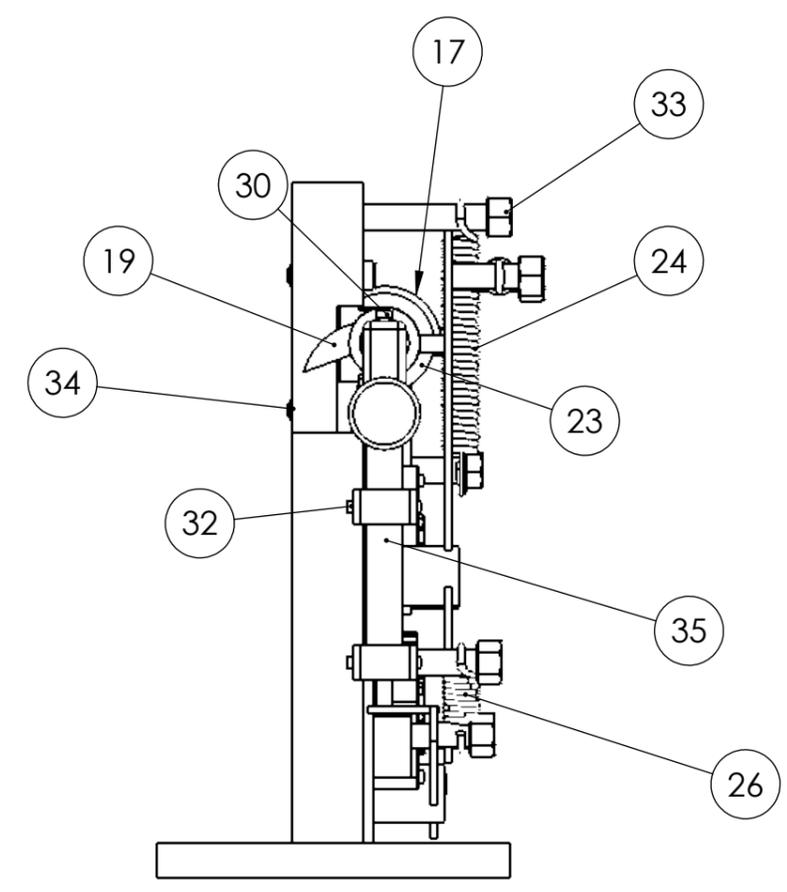
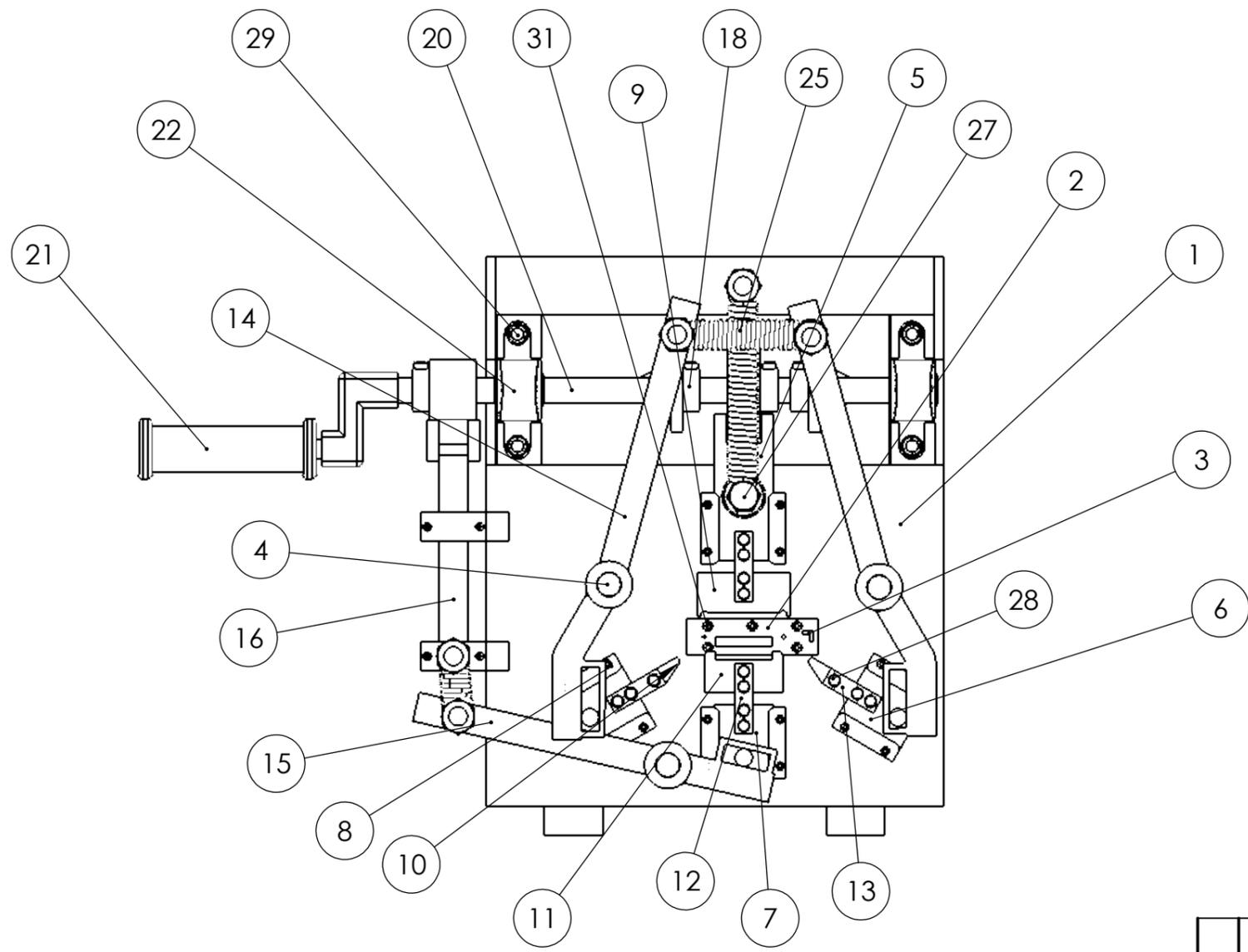
Perbandingan Bobot Kinerja Ekonomis 6					Jumlah	
<b>Biaya Perawatan</b>						
Material	0					
SDM	0					
Waktu	0					<b>3</b>
<b>Biaya Pembuatan</b>						
Material					1	
SDM					1	
Waktu	1	1	1	0	0	

Bobot Evaluasi Kinerja Ekonomis		
Kinerja Ekonomis	Poin	%
<b>Biaya Perawatan</b>	4	26,67
Material		
SDM		
Waktu		
<b>Biaya Pembuatan</b>	11	73,33
Material		
SDM		
Waktu		
<b>Total</b>	15	100



**LAMPIRAN 4**





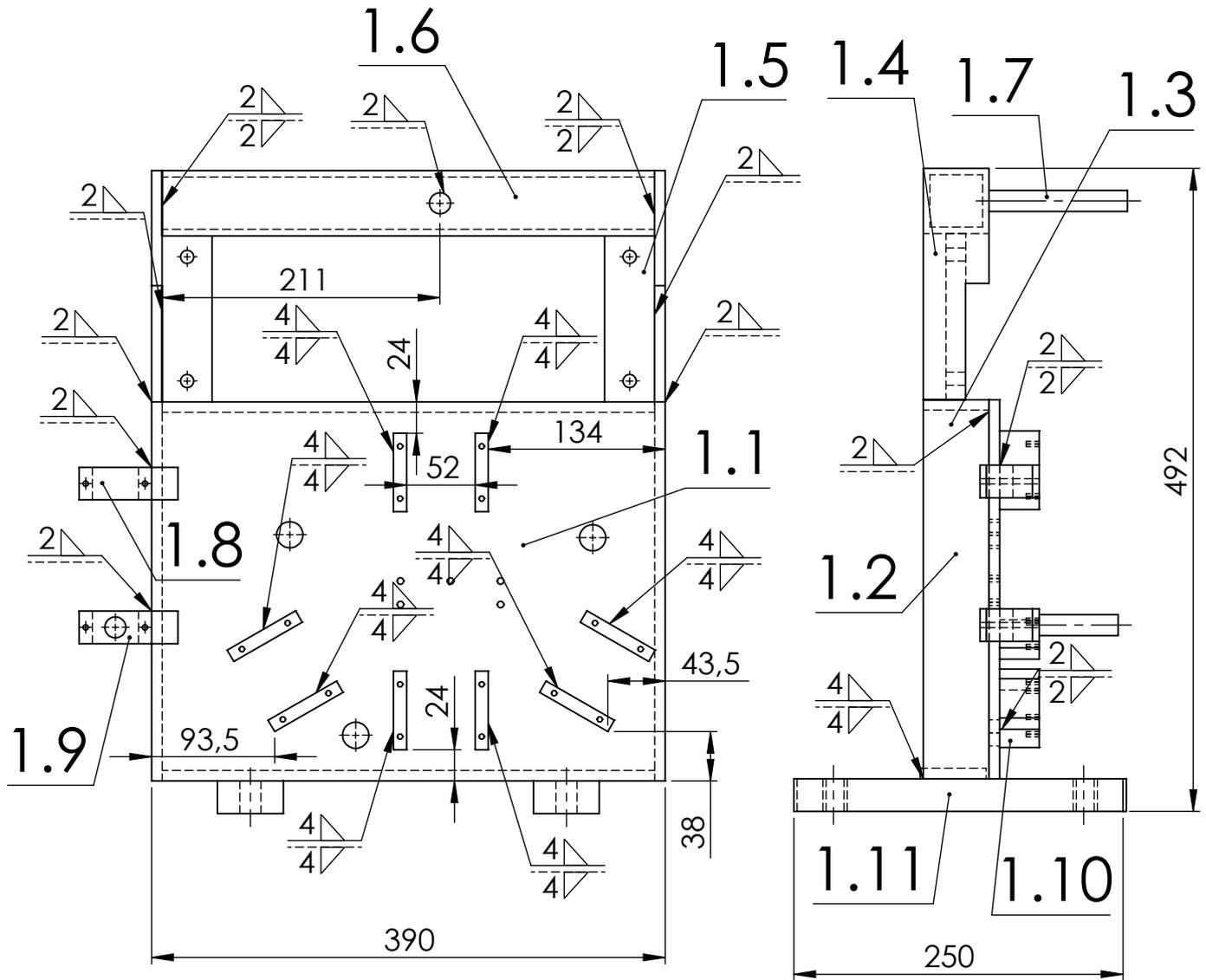
		1	Stopper	3	Plate L	9x9x25				
		1	Dies	2	S45C	112x30x30				
		1	Base	1	Plate	492x390x250				
		<b>Jumlah</b>	<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag.</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Ket.</b>			
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :			
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>			Skala	Digambar	24.8.20	A & G	
						1 : 5	Dilihat			
							Diperiksa			
<b>POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG</b>						<b>PA/A3/2020</b>				

		5	Mur	35	ST	M5X4	PMS 0-20
		4	Mur	34	ST	M12X8	PMS 0-20
		5	Mur	33	ST	M16X13	PMS 0-20
		24	Baut inbus	32	ST	M4X12	PMS 0-02
		5	Baut inbus	31	ST	M5X25	PMS 0-02
		4	Baut inbus	30	ST	M6X25	PMS 0-02
		4	Baut inbus	29	ST	M10X50	PMS 0-02
		14	Baut segi enam	28	ST	M6x20	PMS 0-01
		1	Baut segi enam	27	ST	M16X70	PMS 0-01
		1	Spring punch 3	26	Steel	∅ 16x255	Non stan.
		1	Spring punch 2	25	Steel	∅ 16x224	Non stan.
		1	Spring punch 1	24	Steel	∅ 16x100	Non stan.
		2	Bearing	23	ST	127x67x48	SKF
		2	Pillow block	22	Cast Iron	∅ 50x220	UCP 204
		1	Engkol pemutar	21	ST	50x60x66	Standar
		1	Batang Penggerak	20	ST 37	∅ 20x480	
		1	Step punch 3	19	ST 44	∅ 50x55	
		2	Step punch 2	18	ST 44	∅ 70x72	
		1	Step punch 1	17	ST 44	∅ 80x28	
		1	Penekan punch 3	16	Plate	45x212x30	
		1	Lengan penggerak punch 3	15	ST 44	310x25x50	
		2	Lengan penggerak punch 2	14	ST 44	385x25x60	
		2	Sambungan punch 2	13	Plate	25x50x5	
		2	Sambungan punch 1 dan 3	12	Plate	15x60x5	
		1	Punch 3	11	S45C	66x35x12	
		2	Punch 2	10	S45C	33x15x12	
		1	Punch 1	9	S45C	80x37x12	
		8	Cover pengarah	8	Plate	15x60x2	
		1	Pengarah punch 3	7	ST 44	50x60x66	
		2	Pengarah punch 2	6	ST 44	50x60x51	
		1	Pengarah punch 1	5	ST 44	50x125x76	
		3	Poros lengan penggerak	4	ST 37	∅ 20x70	

Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.											
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>					Pengganti dari :										
								<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>					Diganti dengan :					
													<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>					Skala
																		<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>															
								<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>										
													<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>					
																		<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>															
								<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>										
POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG													PA/A4/2020					

1. ✓

Tol. sedang



		2	Rangka 2	1.2	Plate	290x50x8				
		1	Rangka 1	1.1	Plate	390x290x8				
		1	Base	1	Plate	445x250x492				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Skala	Digambar	10.8.20	A & G
							Dilihat			
							Diperiksa			

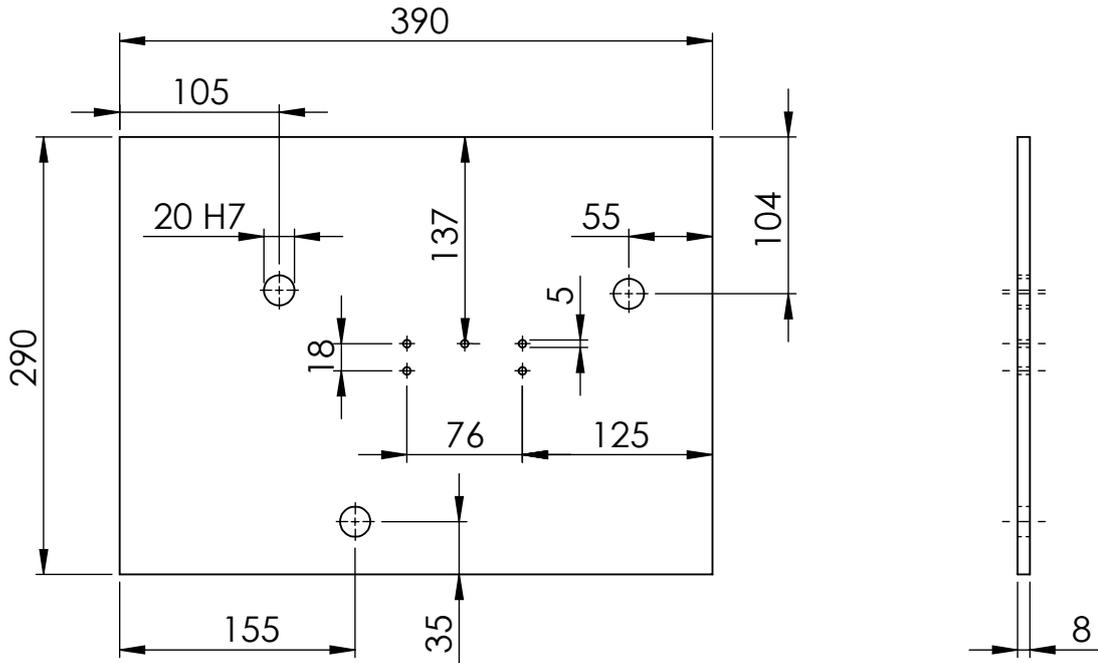
POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

		2	Kaki base	1.11	ST 44	50x250x25		
		8	Dudukan pengarah	1.10	ST 37	10x60x30		
		1	Pengarah 2 pendorong lengan	1.9	ST	75x25x105		
		1	Pengarah 1 pendorong lengan	1.8	ST	75x45x25		
		1	Poros pemegang spring 1	1.7	ST 37	∅ 16x105		
		1	Hollow atas	1.6	Plate	374x50x50		
		2	Dudukan pillow block	1.5	Plate	127x38x15		
		2	Rangka 4	1.4	Plate	177x50x8		
		2	Rangka 3	1.3	Plate	374x50x8		
<i>Jumlah</i>			<i>Nama Bagian</i>	<i>No. Bag.</i>	<i>Bahan</i>	<i>Ukuran</i>	<i>Ket.</i>	
III	II	I					Pengganti dari :	
							Diganti dengan :	
<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>					<i>Skala</i>	<i>Digambar</i>	10.8.20	A & G
						<i>Dilihat</i>		
						<i>Diperiksa</i>		
<b>POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG</b>					<b>PA/A4/2020</b>			

1.1  $\nabla$  N8/

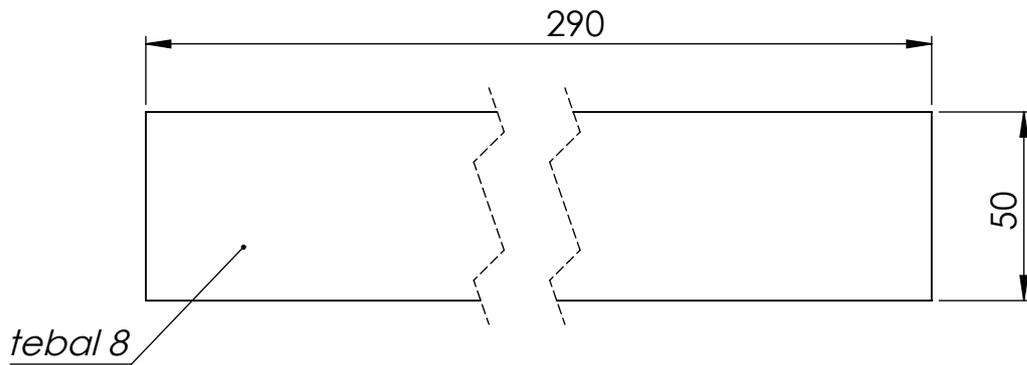
Tol. sedang



		1	Rangka 1	1.1	Plate	374X50X8		
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.	
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :	
<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>					Skala 1:5	Digambar	10.8.20	A & G
						Dilihat		
						Diperiksa		
<b>POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG</b>					<b>PA/A4/2020</b>			

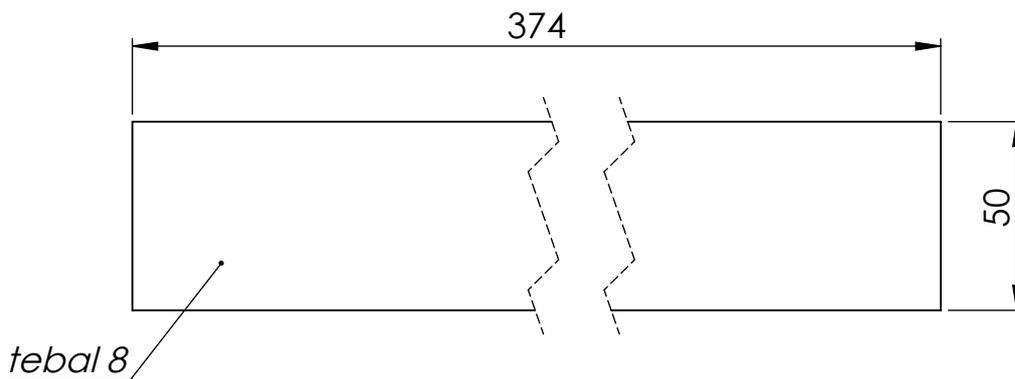
1.2  $\nabla \frac{N8}{}$

Tol. sedang



1.3  $\nabla \frac{N8}{}$

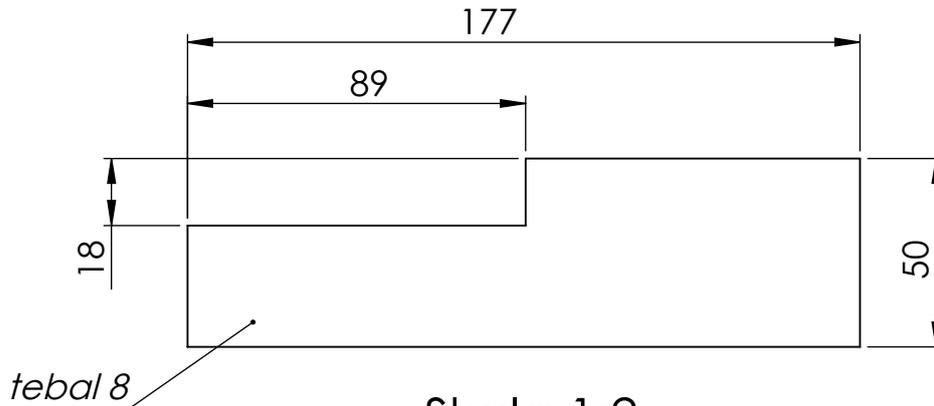
Tol. sedang



		1	Rangka 3	1.3	Plate	374X50X8				
		1	Rangka 2	1.2	Plate	290X50X8				
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari :			
							Diganti dengan :			
							Skala	Digambar	10.8.20	A & G
							1:5	Dilihat		
				Diperiksa						
POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG						PA/A4/2020				

1.4  $\nabla \frac{N8}{}$

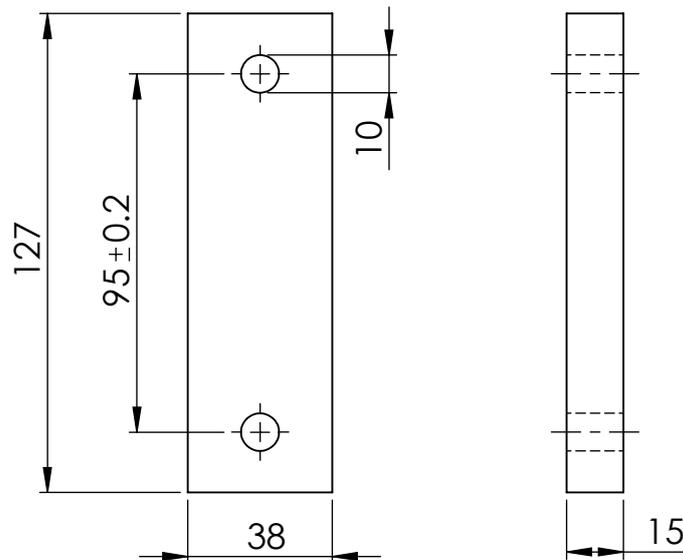
Tol. sedang



Skala 1:2

1.5  $\nabla \frac{N8}{}$

Tol. sedang



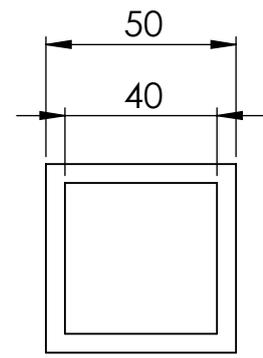
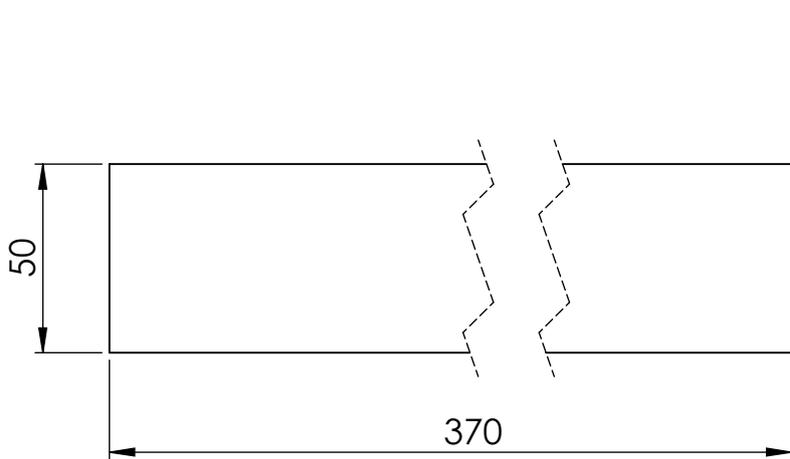
		1	Dudukan pillow block	1.5	ST 37	127x38x15			
		1	Rangka 4	1.4	Plate	177x50x8			
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.		
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :		
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>			Skala	Digambar	10.8.20	A & G
						1:5	Dilihat		
							Diperiksa		

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

1.6 ✓

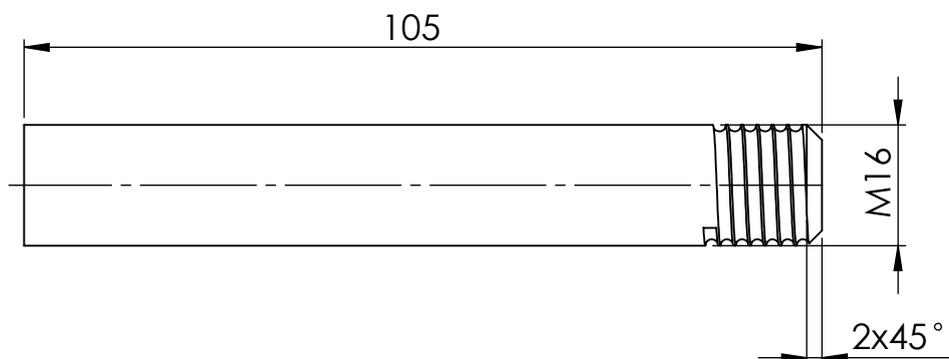
Tol. sedang



Skala 1:2

1.7 N8/

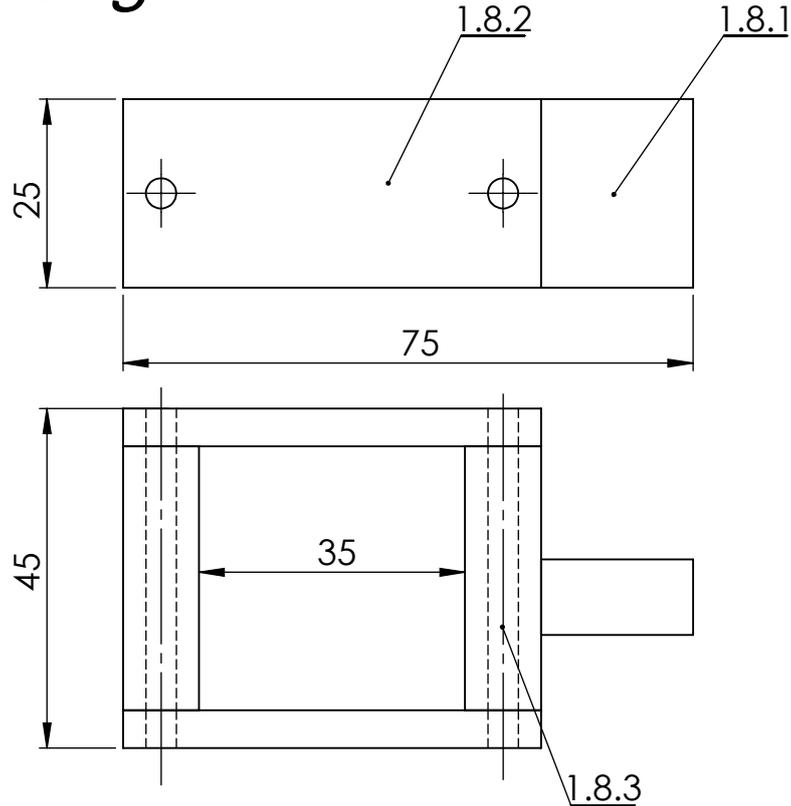
Tol. sedang



		1	Poros pemegang spring 1	1.7	ST 37	$\phi$ 16x105		
		1	Hollow atas	1.6	Plate	374x50x50		
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.	
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :	
<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>					Skala 1:1	Digambar	10.8.20	A & G
						Dilihat		
						Diperiksa		

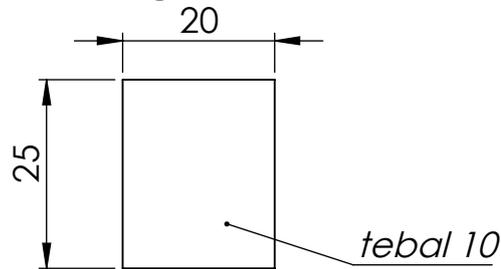
1.8  $\nabla$  N8/

*Tol. sedang*



1.8.1  $\nabla$

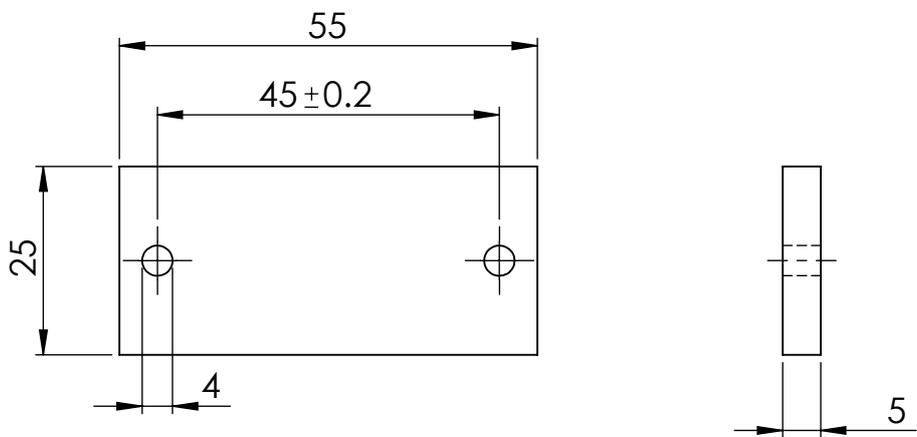
*Tol. sedang*



		4	Sambungan 3	1.8.3	ST 37	10x35x25			
		3	Sambungan 2	1.8.2	Plate	55x25x5			
		2	Sambungan 1	1.8.1	ST 37	25x20x10			
		1	Pengarah 1 pendorong lengan	1.8	ST	75x45x25			
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.		
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :		
<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>						Skala 1:1	Digambar	10.8.20	A & G
							Dilihat		
							Diperiksa		

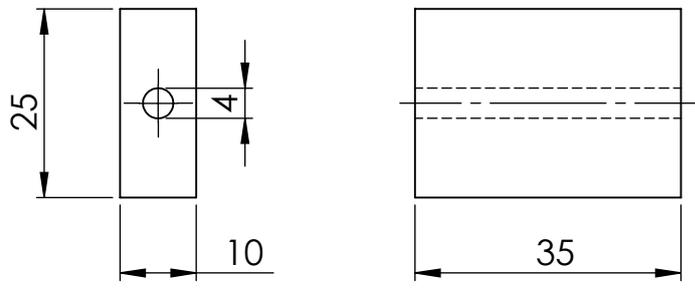
1.8.2  $\nabla \frac{N8}{}$

Tol. sedang



1.8.3  $\nabla \frac{N8}{}$

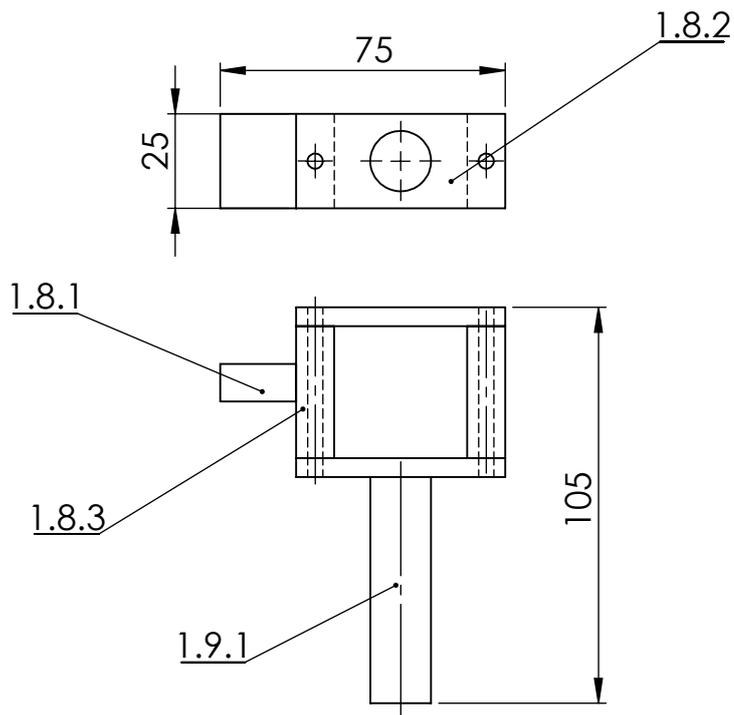
Tol. sedang



		4	Sambungan 3	1.8.3	ST 37	10x35x25				
		3	Sambungan 2	1.8.2	Plate	55x25x5				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari :			
							Diganti dengan :			
							Skala	Digambar	10.8.20	A & G
							1:1	Dilihat		
					Diperiksa					

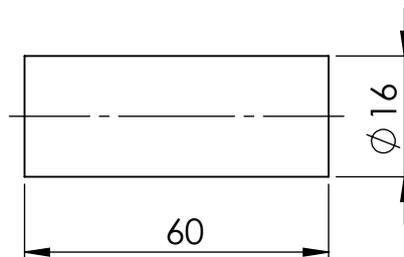
1.9  $\nabla \text{N8}$

Tol. sedang



1.9.1  $\nabla \text{N8}$

Tol. sedang



Skala 1:1

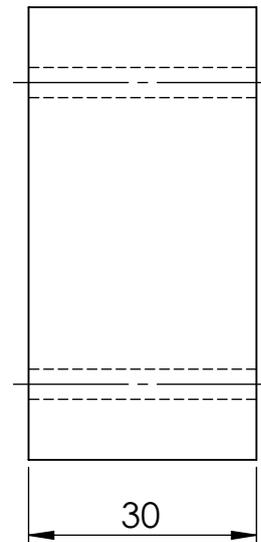
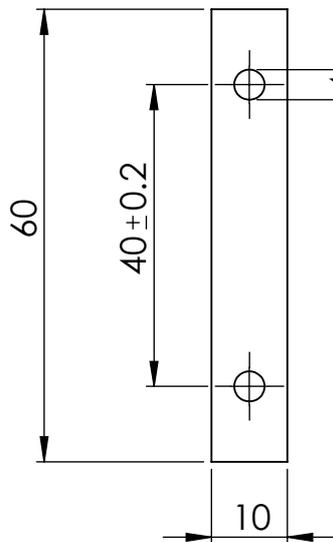
		1	Poros spring 3	1.9.1	ST 37	$\phi$ 16x60				
		1	Pengarah 2 pendorong lengan	1.9	Plate	75x25x105				
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari :			
							Diganti dengan :			
							Skala	Digambar	10.8.20	A & G
							1:2	Dilihat		
				Diperiksa						

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

1.10  $\nabla^{N8/}$

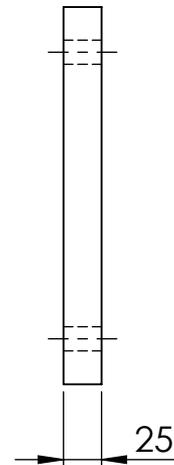
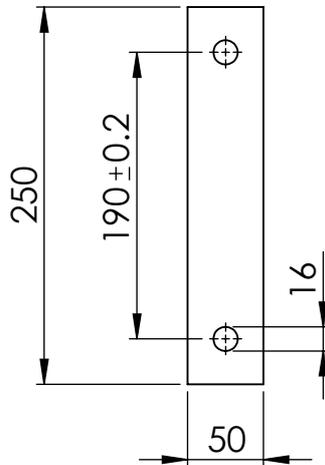
Tol. sedang



Skala 1:1

1.11  $\nabla^{N8/}$

Tol. sedang



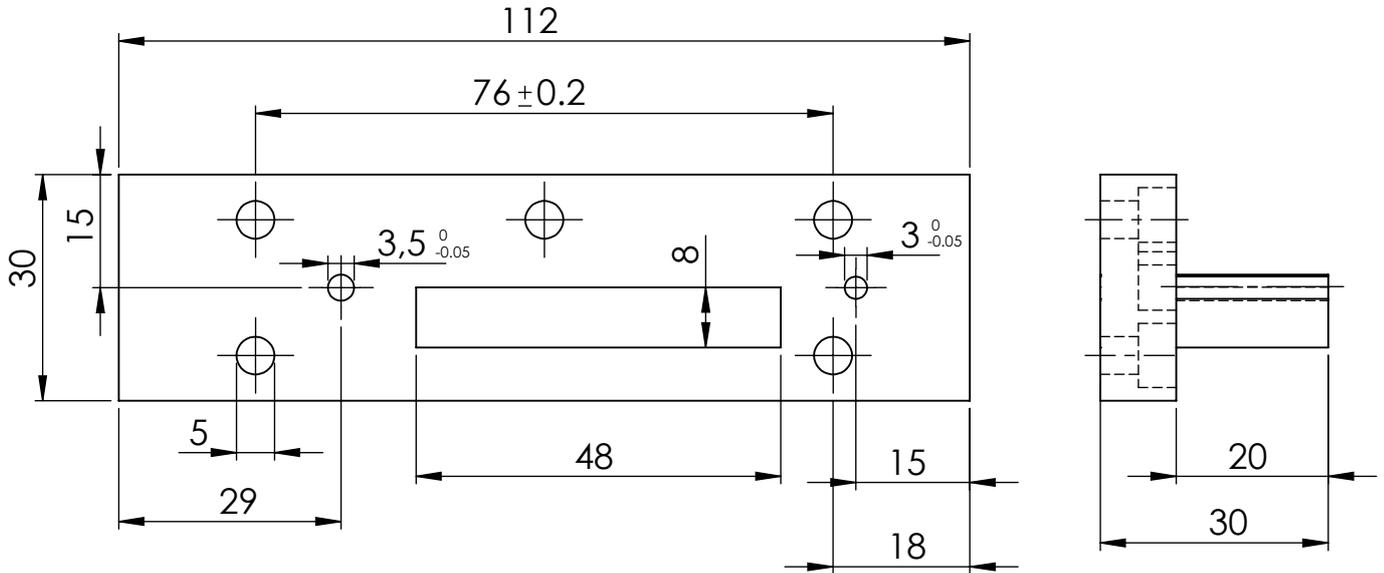
		2	Kaki base	1.11	ST 44	50x250x25		
		8	Dudukan pengarah	1.10	ST 37	10x60x10		
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.	
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :	
<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>					Skala 1:5	Digambar	10.8.20	A & G
						Dilihat		
						Diperiksa		

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

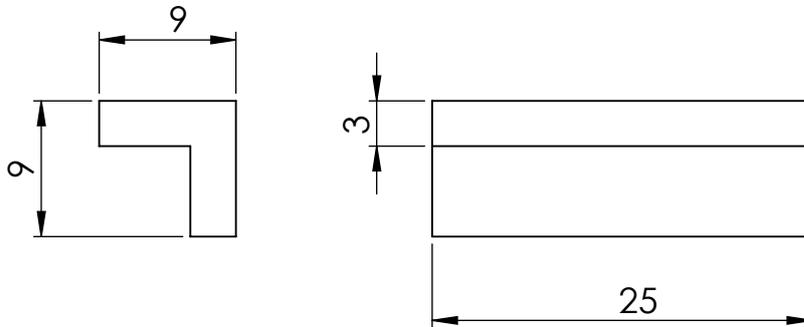
2.  $\frac{N8}{\nabla}$

Tol. sedang



3.  $\frac{N8}{\nabla}$

Tol. sedang



Skala 2:1

		1	Stopper	3	Plate L	9x9x25			
		1	Dies	2	S45C	112x30x30			
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.		
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :		
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>			Skala	Digambar	10.8.20	A & G
						1:1	Dilihat		
							Diperiksa		

4.  $\nabla \frac{N8}{}$

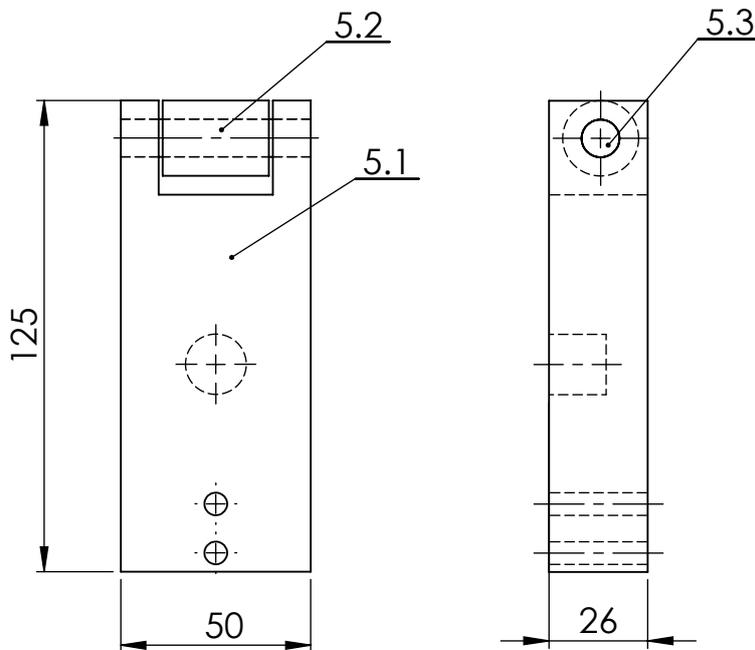
Tol. sedang



Skala 1:1

5.  $\nabla \frac{N8}{}$

Tol. sedang



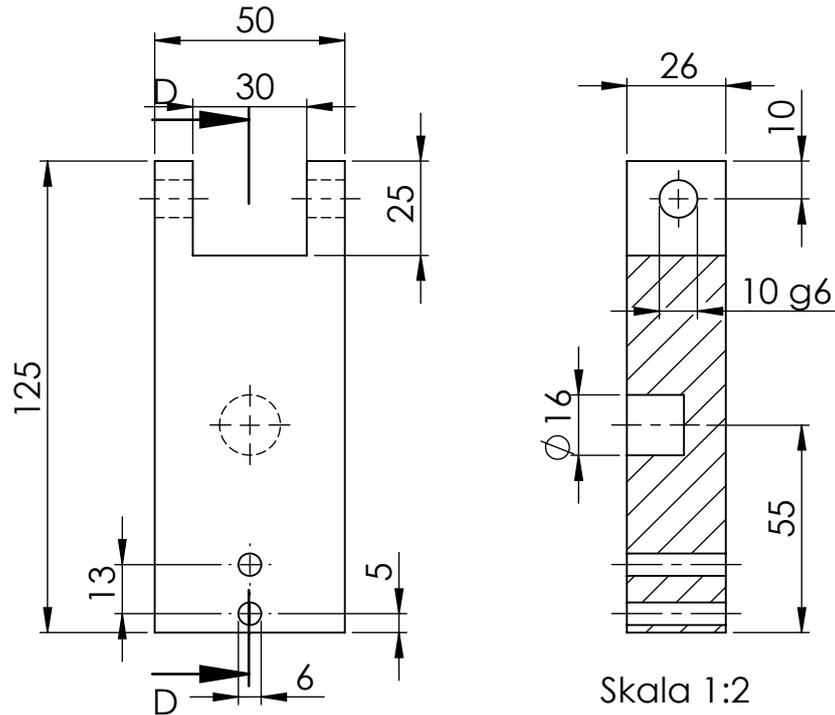
		1	Pengaruh punch 1	5	ST 44	50x125x26			
		3	Poros lengan penggerak	4	ST 37	$\phi$ 20x75			
		Jumlah	Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.		
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :		
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>			Skala	Digambar	10.8.20	A & G
						1:2	Dilihat		
							Diperiksa		

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

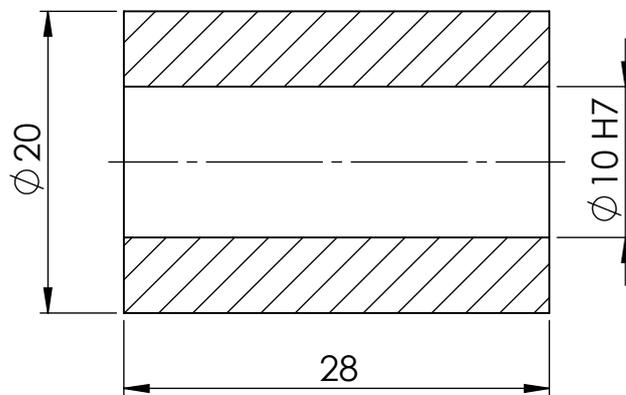
5.1  $\nabla \frac{N8}{}$

Tol. sedang



5.2  $\nabla \frac{N8}{}$

Tol. sedang



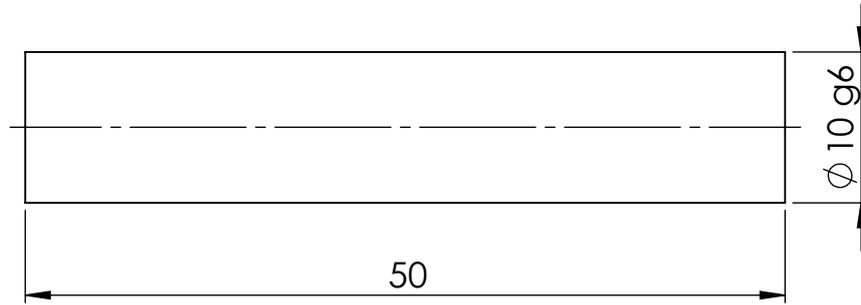
		1	Poros luar pengarah punch 1	5.2	ST 37	$\phi$ 20x28				
		1	Base pengarah punch 1	5.1	ST 44	50x125x26				
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Skala	Pengganti dari :		
							2:1	Digambar	10.8.20	A & G
								Diperiksa		

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

5.3  $\nabla \frac{N8}{}$

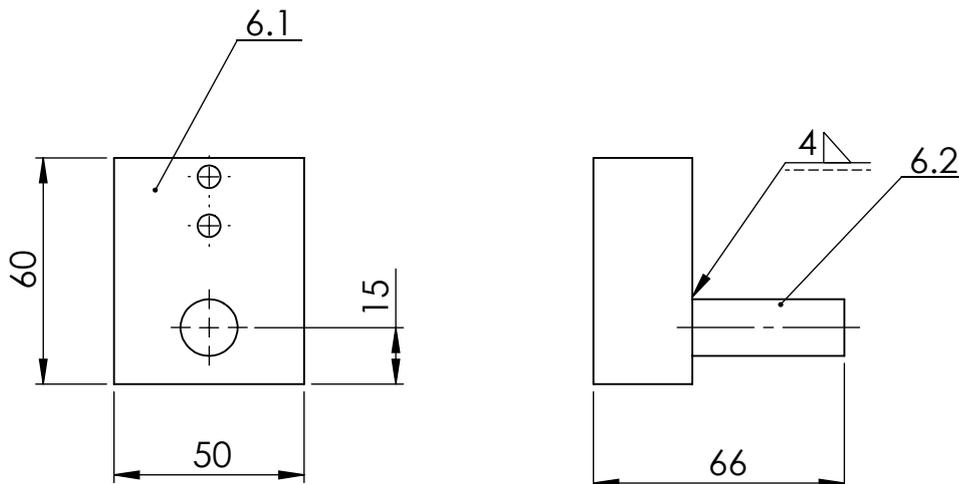
Tol. sedang



Skala 2:1

6.  $\nabla \frac{N8}{}$

Tol. sedang



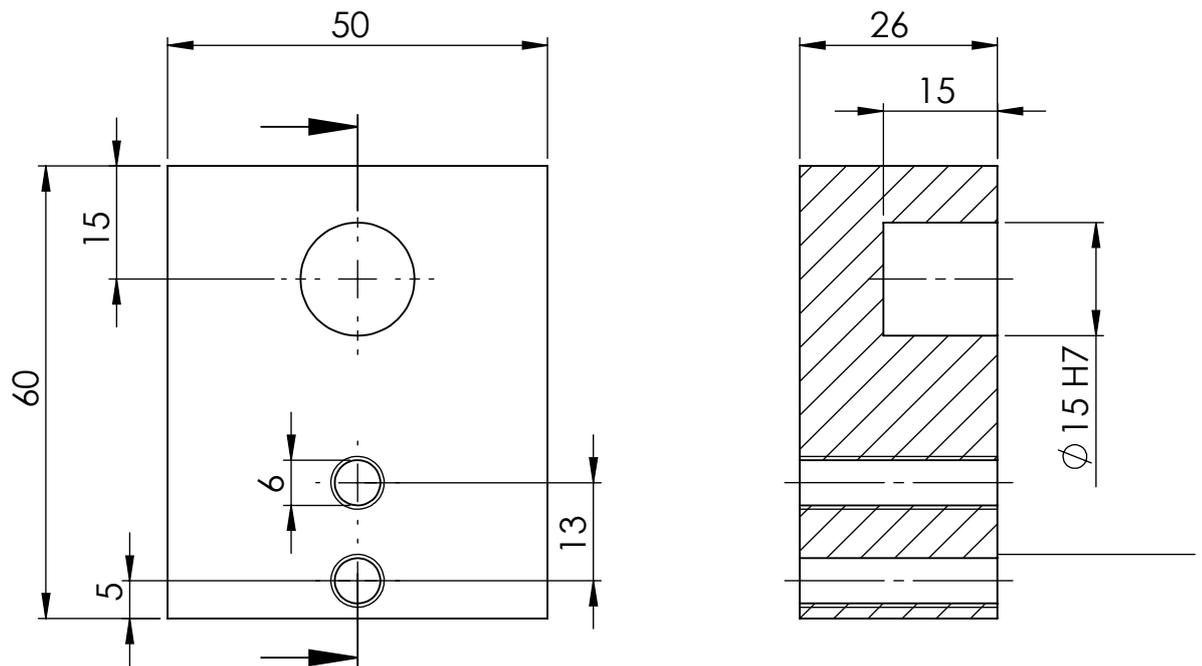
		2	Pengarah punch 2	6	ST 44	50x60x66		
		1	Poros dalam pengarah punch	5.3	ST 37	$\phi$ 10x50		
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.	
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :	
<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>					Skala 1:2	Digambar	10.8.20	A & G
						Dilihat		
						Diperiksa		

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

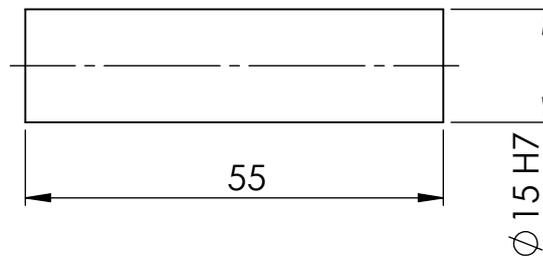
6.1  $\nabla \frac{N8}{}$

Tol. sedang



6.2  $\nabla \frac{N8}{}$

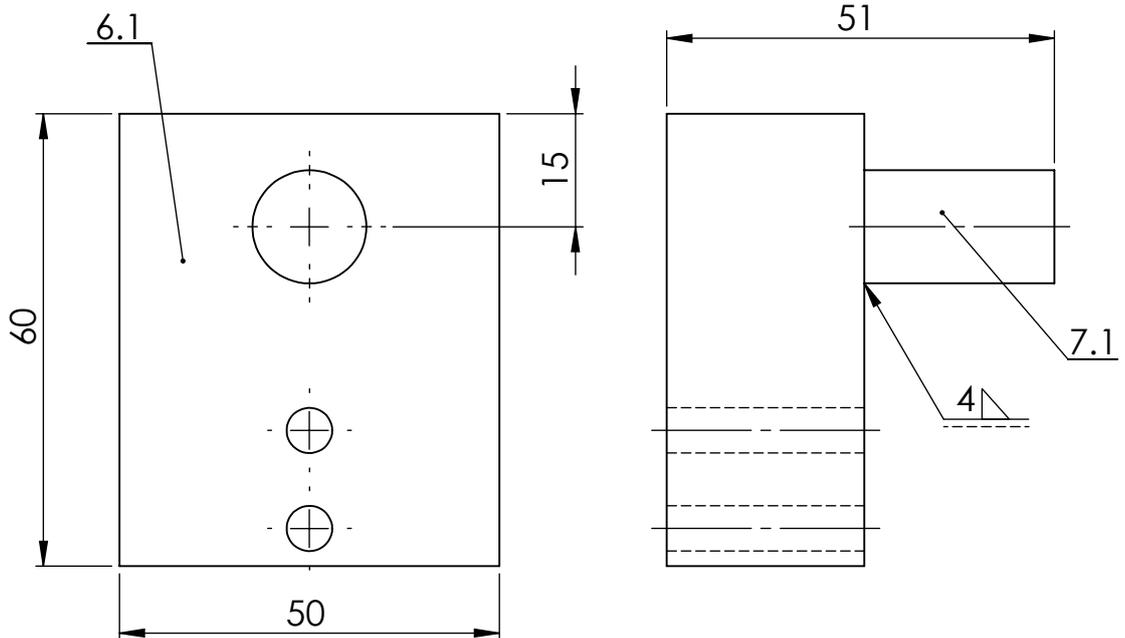
Tol. sedang



		1	Poros pengarah 2	6.2	ST 37	$\phi$ 15x55				
		2	Base pengarah 2 & 3	6.1	ST 44	50x60x26				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari : Diganti dengan :			
							Skala	Digambar	10.8.20	A & G
							1:1	Dilihat		
								Diperiksa		

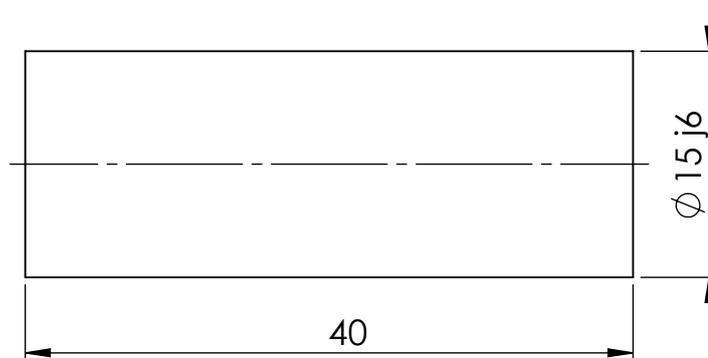
7.  $\frac{N8}{\nabla}$

Tol. sedang



7.1  $\frac{N8}{\nabla}$

Tol. sedang



Skala 2:1

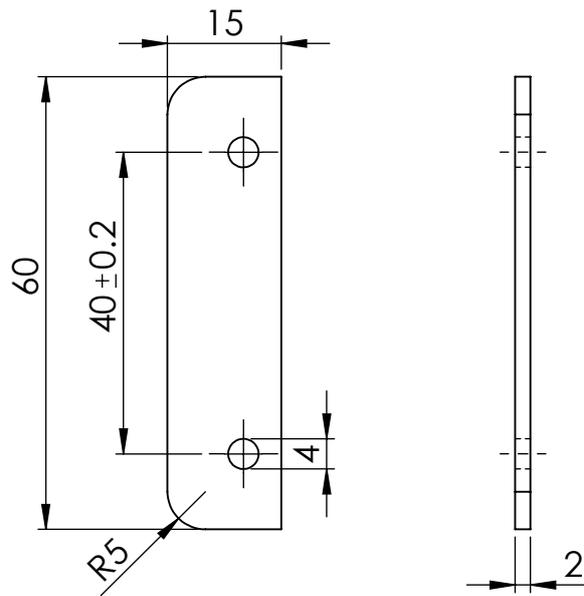
		1	Poros pengarah 3	7.1	ST 37	$\phi$ 15x40				
		1	Pengarah punch 3	7	ST 44	50x60x51				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :			
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>			Skala	Digambar	10.8.20	A & G	
						1:1	Dilihat			
						Diperiksa				

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

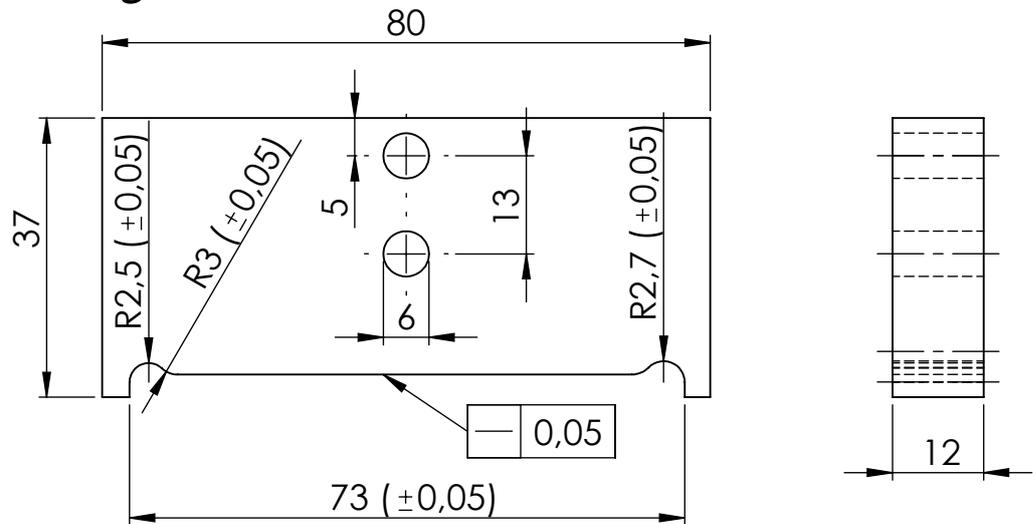
8.  $\nabla_{N8}$

Tol. sedang



9.  $\nabla_{N8}$

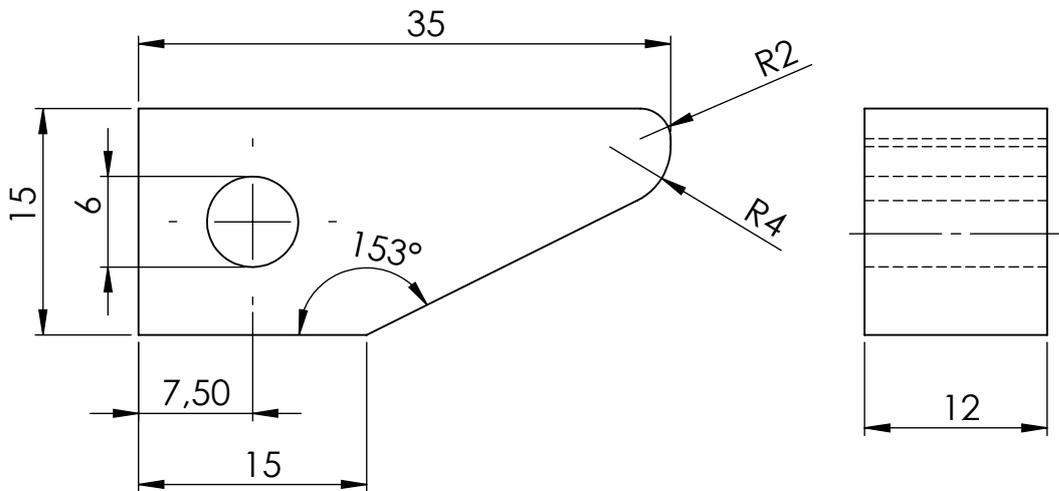
Tol. sedang



	1	Punch 1	9	S45C	80x37x12			
	8	Cover pengarah	8	Plate	15x60x2			
	Jumlah	Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.		
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>			Pengganti dari :		
						Digambar	10.8.20	A & G
						Dilihat		
						Diperiksa		

10.  $\nabla_{N8}$

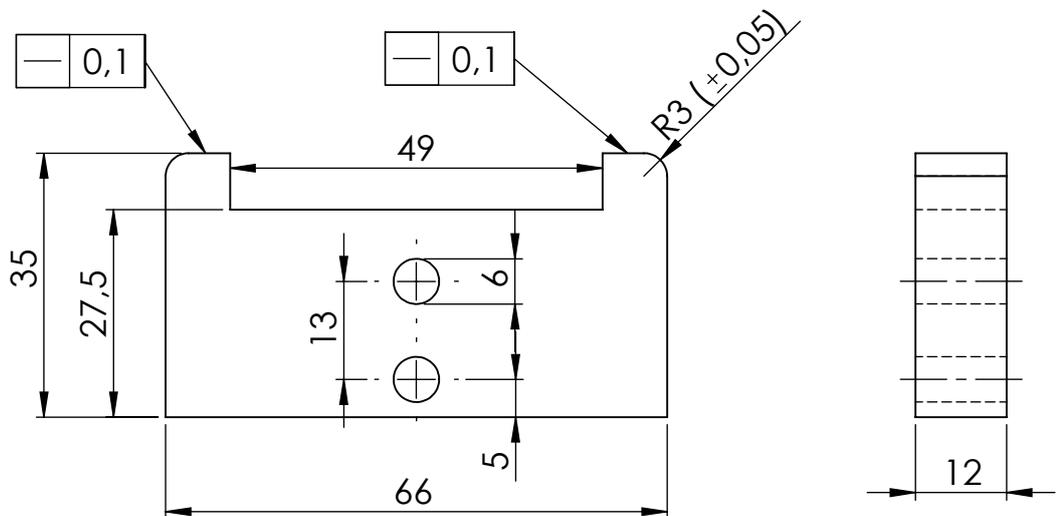
Tol. sedang



Skala 2:1

11.  $\nabla_{N8}$

Tol. sedang



Skala  
1:1

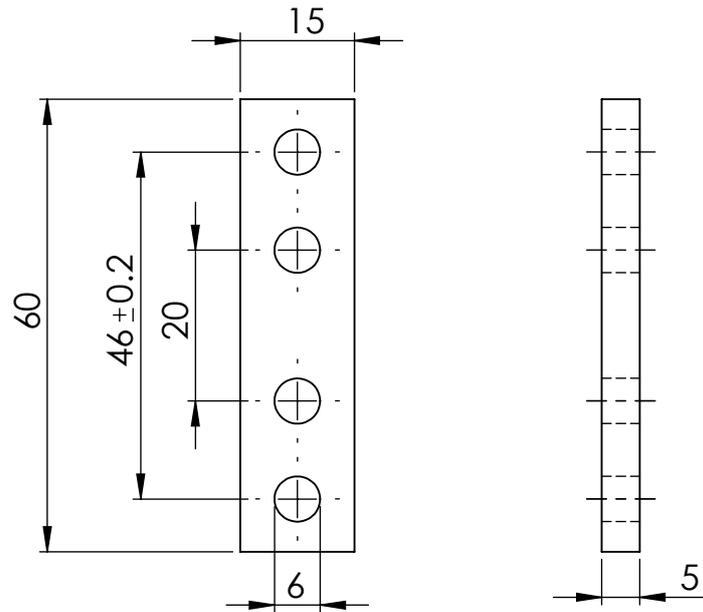
		1	Punch 3	11	S45C	66x35x12			
		2	Punch 2	10	S45C	15x35x12			
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.		
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari :		
							Digambar	10.8.20	A & G
							Diperiksa		

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

12.  $\nabla \frac{N8}{}$

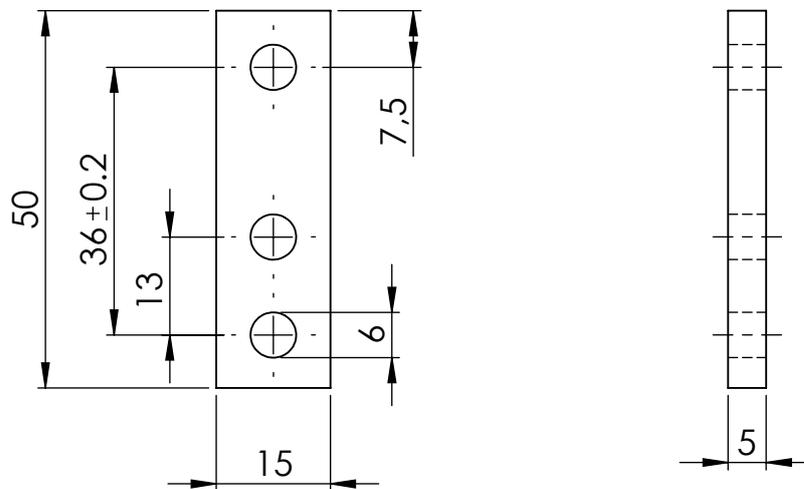
Tol. sedang



Skala 1:1

13.  $\nabla \frac{N8}{}$

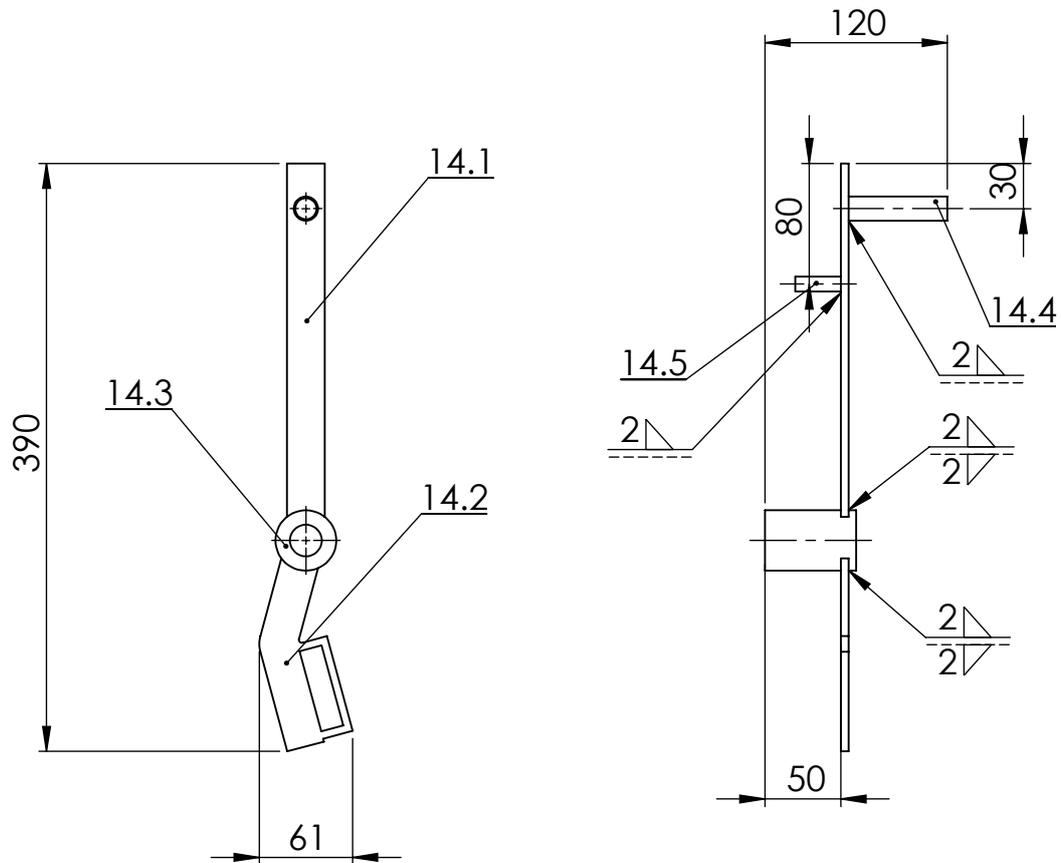
Tol. sedang



		2	Sambungan punch 2	13	Plate	15X50X5				
		2	Sambungan punch 1 dan 3	12	Plate	15X60X5				
		<b>Jumlah</b>	<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag.</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Ket.</b>			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari : Diganti dengan :			
							Skala 1:2	Digambar	10.8.20	A & G
								Dilihat		
					Diperiksa					

14.  $\nabla_{N8}$

Tol. sedang



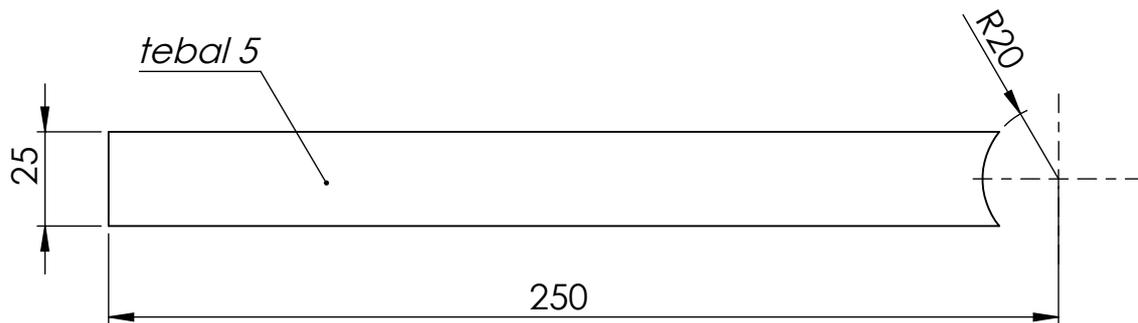
		2	Poros pendorong lengan	14.5	ST 37	$\phi$ 10x30			
		2	Poros pemegang spring	14.4	ST 37	$\phi$ 16x65			
		2	Poros lengan penggerak	14.3	ST 44	$\phi$ 40x60			
		2	Rangka lengan 2	14.2	Plate	61x128x5			
		2	Rangka lengan 1	14.1	Plate	25x250x5			
		2	Lengan penggerak punch 2	14	ST	61x390x120			
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.		
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :		
<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>						Skala	Digambar	10.8.20	A & G
						1:5	Dilihat		
							Diperiksa		

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

14.1  $\nabla \frac{N8}{}$

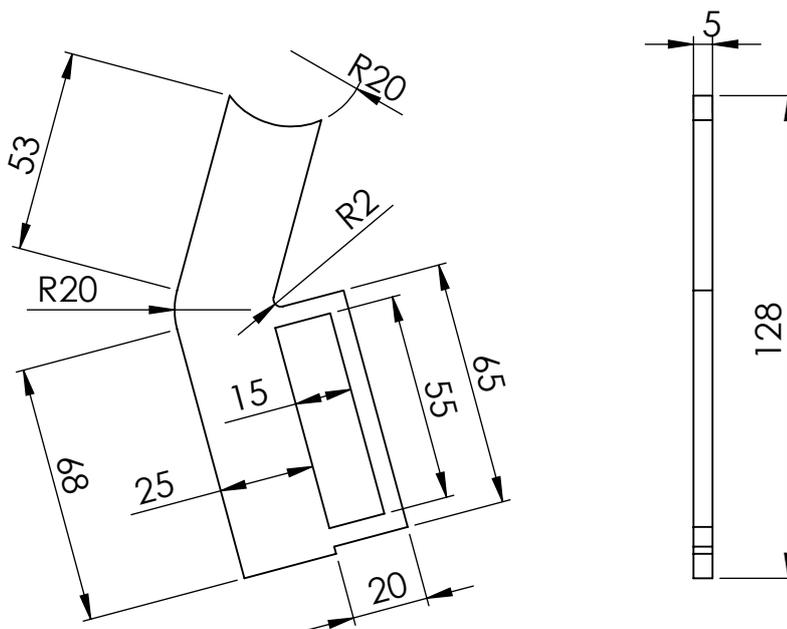
Tol. sedang



Skala 1:2

14.2  $\nabla \frac{N8}{}$

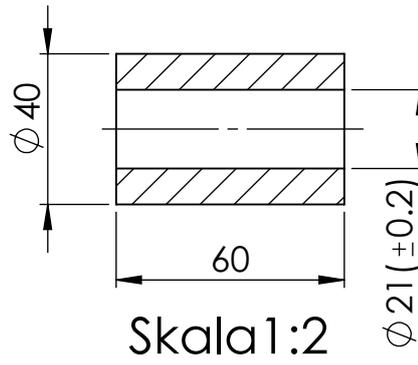
Tol. sedang



		2	Rangka lengan 2	14.2	Plate	61x128x5				
		2	Rangka lengan 1	14.1	Plate	25x250x5				
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari :			
							Diganti dengan :			
							Skala	Digambar	10.8.20	A & G
							1:5	Dilihat		
				Diperiksa						

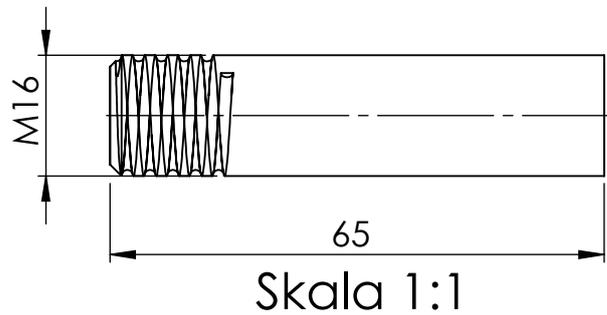
14.3  $\nabla^{N8/}$

Tol. sedang



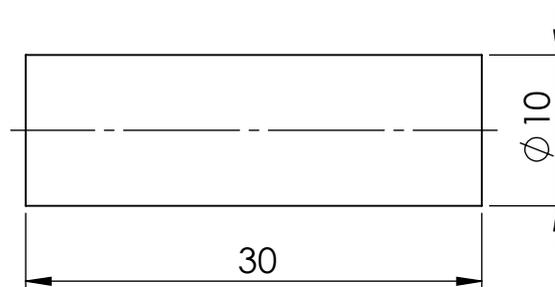
14.4  $\nabla^{N8/}$

Tol. sedang



14.5  $\nabla^{N8/}$

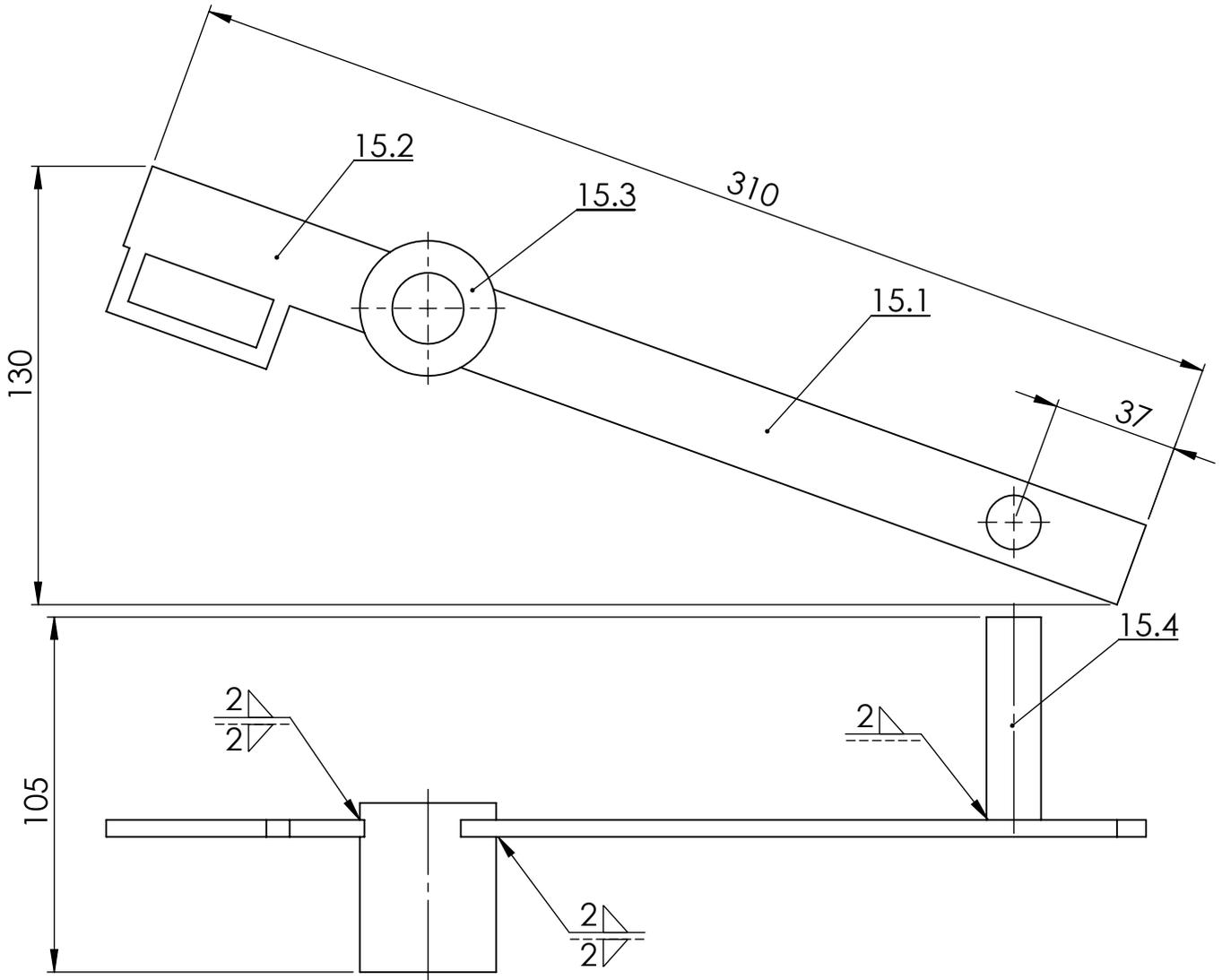
Tol. sedang



		2	Poros pendorong lengan	14.5	ST37	$\phi 10 \times 30$				
		2	Poros pemegang spring	14.4	ST 37	$\phi 16 \times 65$				
		2	Poros lengan penggerak	14.3	ST 44	$\phi 40 \times 60$				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari : Diganti dengan :			
							Skala	Digambar	10.8.20	A & G
							2:1	Dilihat		
								Diperiksa		

15. <sup>N8</sup>▽

Tol. sedang



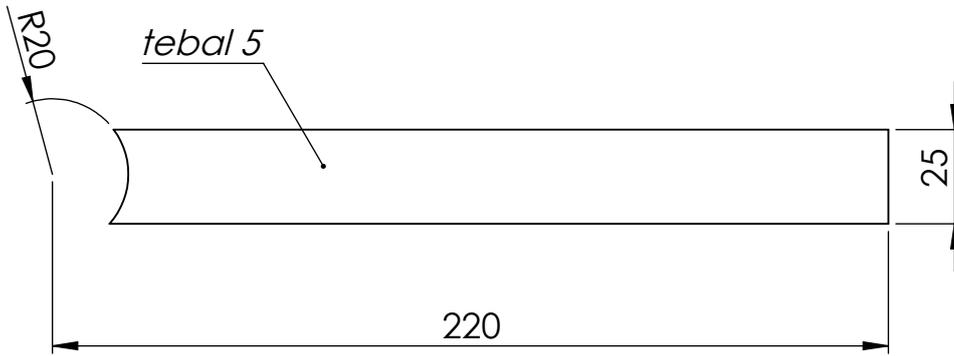
		1	Poros pemegang spring 3	15.4	ST 37	φ 16x40		
		1	Poros lengan 3	15.3	ST 44	φ 40x50		
		1	Rangka lengan 2	15.2	Plate	45x90,5x5		
		1	Rangka lengan 1	15.1	Plate	25x220x5		
		1	Lengan penggerak punch 3	15	ST	310x130x85		
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.	
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :	
<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>					Skala 1:2	Digambar	10.8.20	A & G
						Dilihat		
						Diperiksa		

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

15.1  $\nabla_{N8}$

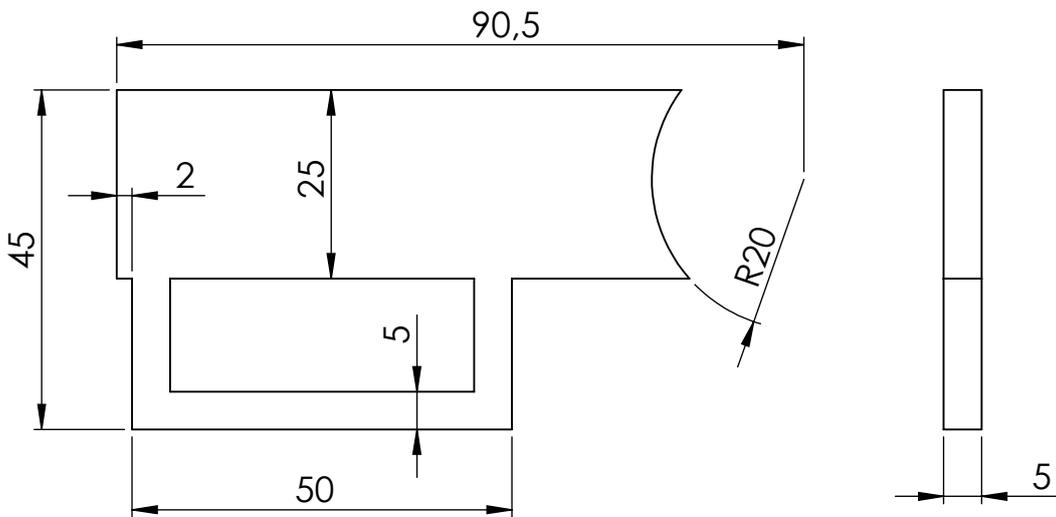
Tol. sedang



Skala 1:2

15.2  $\nabla_{N8}$

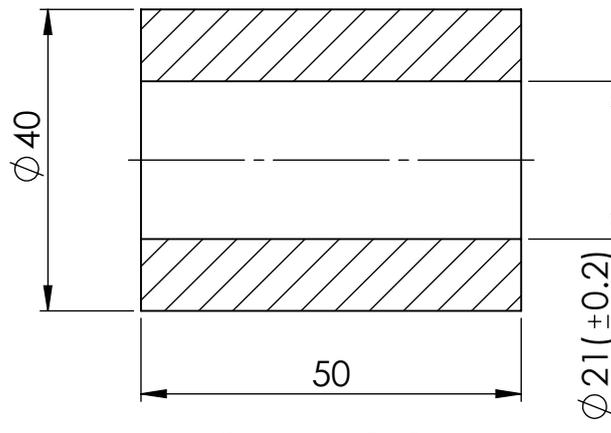
Tol. sedang



		1	Rangka lengan 2	15.2	Plate	45x90,5x5				
		1	Rangka lengan 1	15.1	Plate	25x220x5				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari :			
							Diganti dengan :			
							Skala	Digambar	10.8.20	A & G
							1:1	Dilihat		
					Diperiksa					

15.3  $\nabla \frac{N8}{\phantom{\nabla}}$

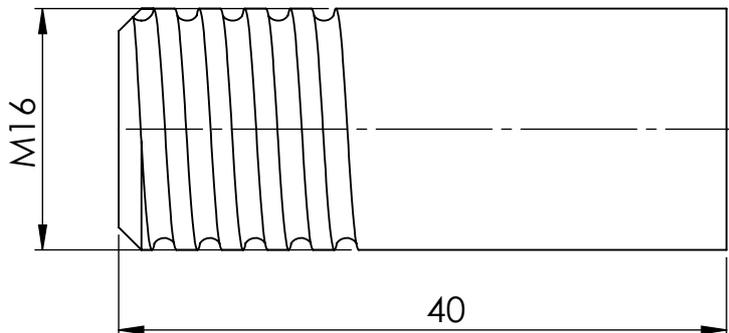
Tol. sedang



Skala 1:1

15.4  $\nabla \frac{N8}{\phantom{\nabla}}$

Tol. sedang



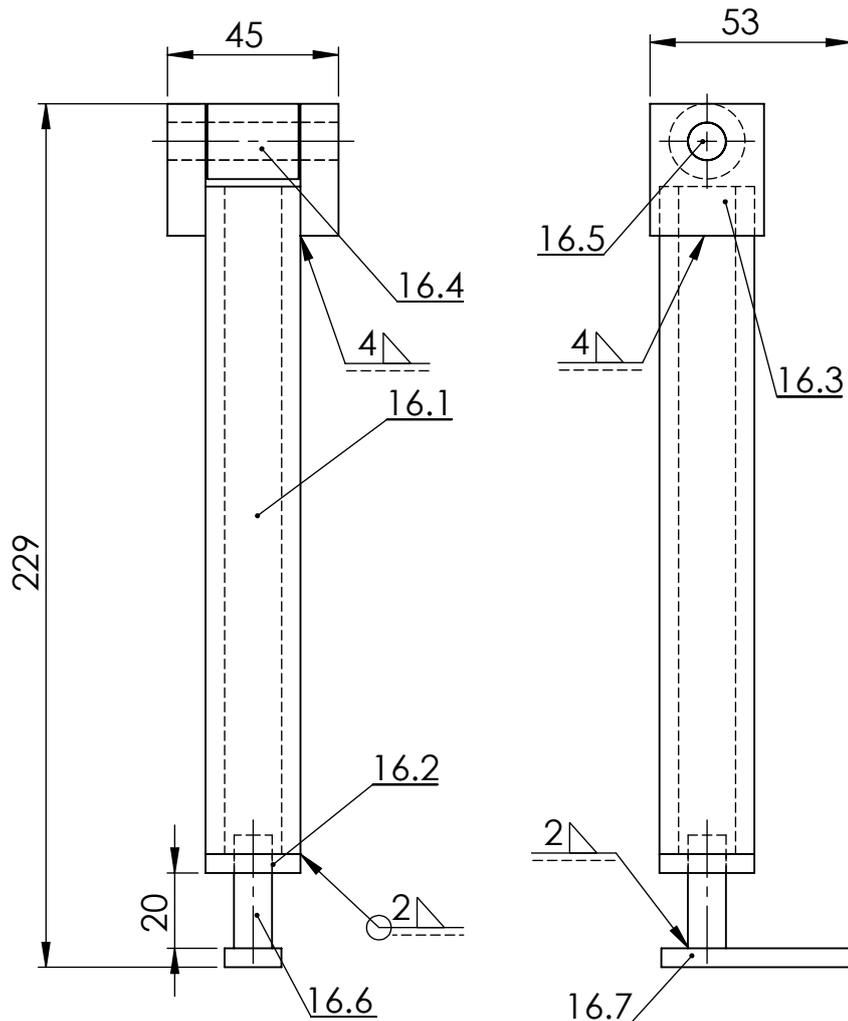
		1	Poros pemegang spring 3	15.4	ST 37	Ø 16x40			
		1	Poros lengan 3	15.3	ST 44	Ø 40x50			
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.		
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :		
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>			Skala	Digambar	10.8.20	A & G
						2:1	Dilihat		
						Diperiksa			

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

16. <sup>N8</sup> / ▽

Tol. sedang



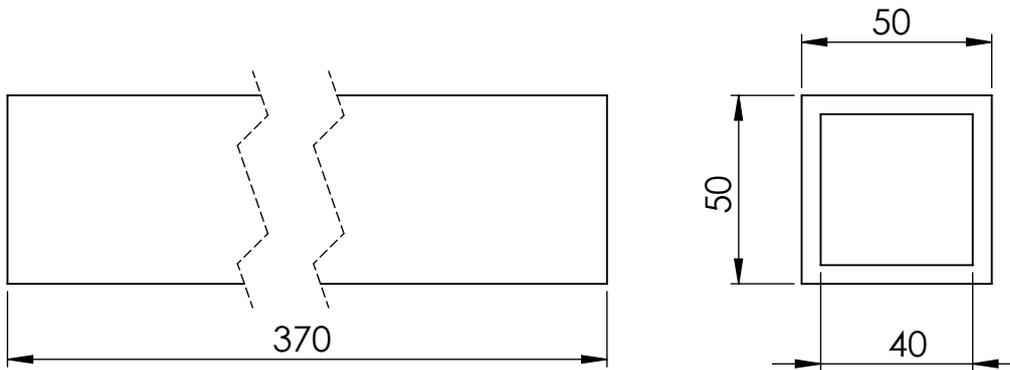
		1	Plate penekan bawah	16.7	Plate	15x5x50				
		1	Poros penekan bawah	16.6	ST 37	∅ 10x30				
		1	Poros penekan dalam	16.5	ST 37	∅ 10x45				
		1	Poros penekan luar	16.4	ST 44	∅ 20x24				
		1	Penutup hollow	16.3	Plate	10x35x30				
		2	Penyanggah hollow	16.2	ST 44	25x5x25				
		1	Hollow penekan	16.1	Hollow	177x25x25				
		1	Penekan punch 3	16	ST	237x45x35				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Skala	Pengganti dari :		
							1:2	Digambar	10.8.20	A & G
								Dilihat		
					Diperiksa					

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

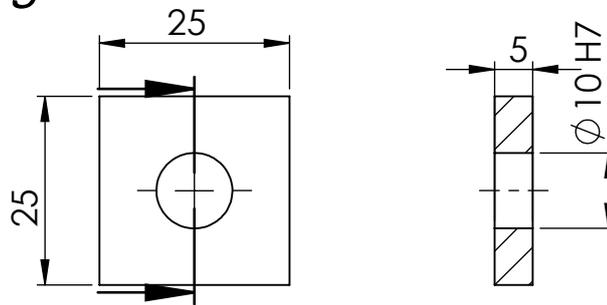
16.1 ✓

Tol. sedang



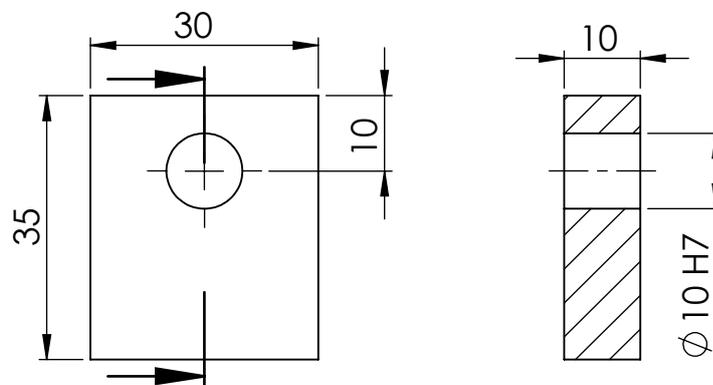
16.2 <sup>N8</sup> ✓

Tol. sedang



16.3 <sup>N8</sup> ✓

Tol. sedang

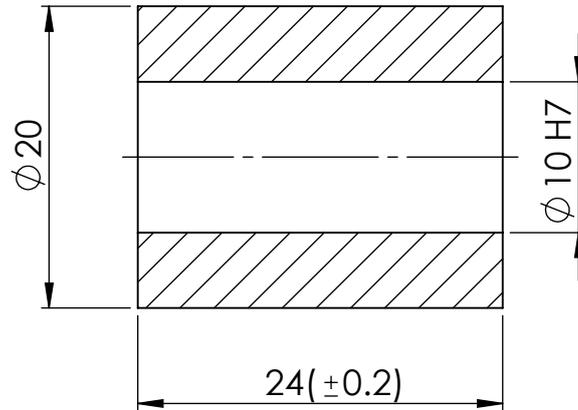


Skala 1:1

		2	Penyanggah hollow	16.3	ST 44	10x35x30				
		1	Penutup hollow	16.2	Plate	25x5x25				
		1	Hollow penekan	16.1	Plate	177x25x25				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari :			
							Diganti dengan :			
							Skala	Digambar	10.8.20	A & G
							1:2	Dilihat		
				Diperiksa						

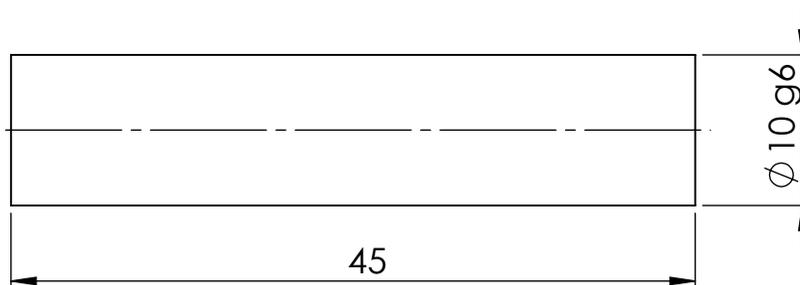
16.4  $\nabla_{N8}$

Tol. sedang



16.5  $\nabla_{N8}$

Tol. sedang

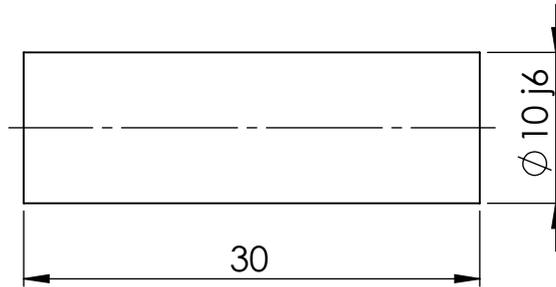


		1	Poros penekan dalam	16.5	ST 37	$\phi 10 \times 45$			
		1	Poros penekan luar	16.4	ST 44	$\phi 20 \times 24$			
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.		
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :		
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>			Skala 2:1	Digambar	10.8.20	A & G
							Dilihat		
							Diperiksa		

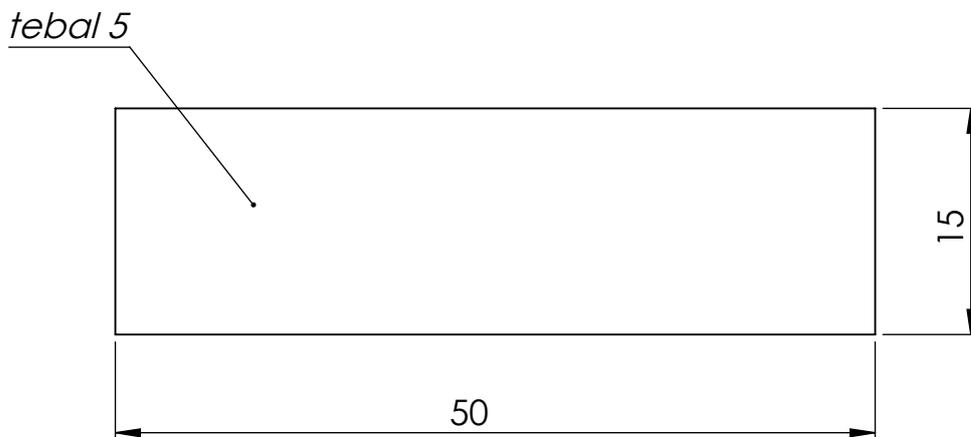
POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

16.6  $\nabla \frac{N8}{\phantom{N8}}$   
Tol. sedang



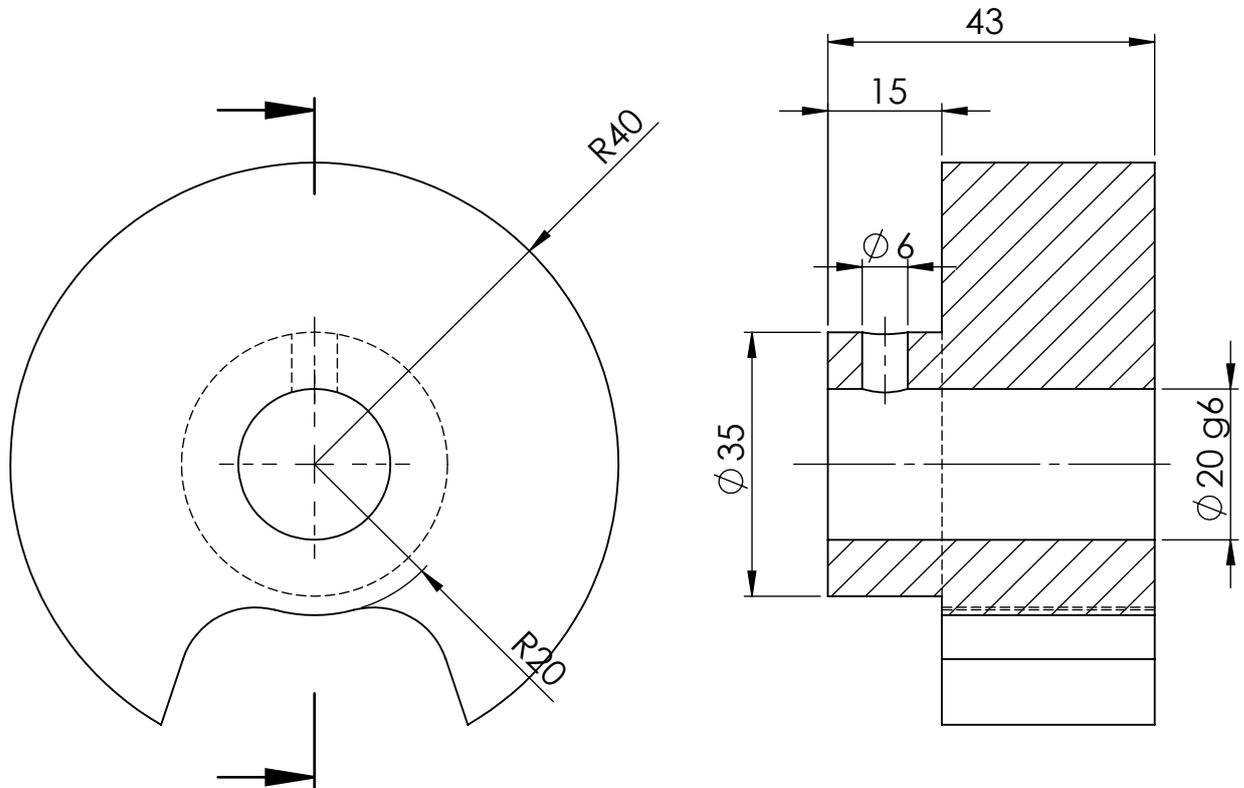
16.7  $\nabla$   
Tol. sedang



		1	Plate penekan bawah	16.7	Plate	15x5x50				
		1	Poros penekan bawah	16.6	ST 37	$\phi$ 10x30				
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari : Diganti dengan :			
							Skala	Digambar	10.8.20	A & G
							2:1	Dilihat		
								Diperiksa		

17.  $\nabla \text{N8}$

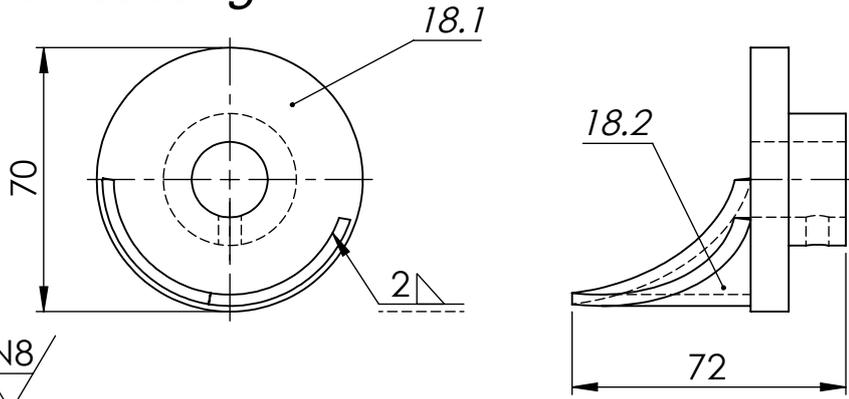
Tol. sedang



		1	Step 1	17	ST 44	$\phi 40 \times 43$			
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.		
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :		
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>			Skala 1:2	Digambar	10.8.20	A & G
							Dilihat		
							Diperiksa		
POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG						PA/A4/2020			

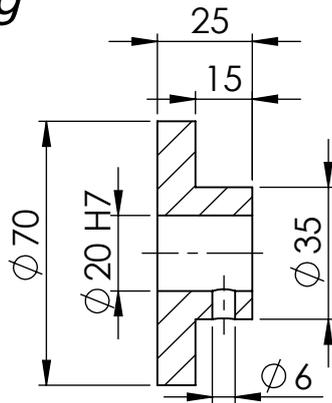
18.  $\nabla \frac{N8}{}$

Tol. sedang



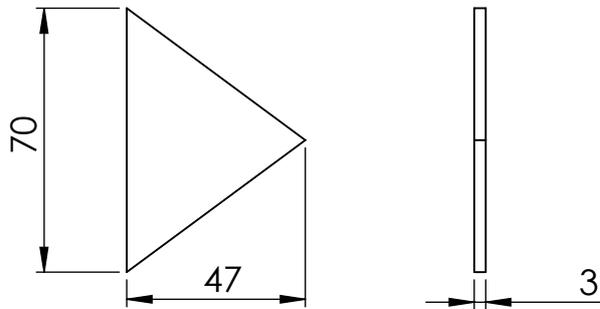
18.1  $\nabla \frac{N8}{}$

Tol. sedang



18.2  $\nabla \frac{N8}{}$

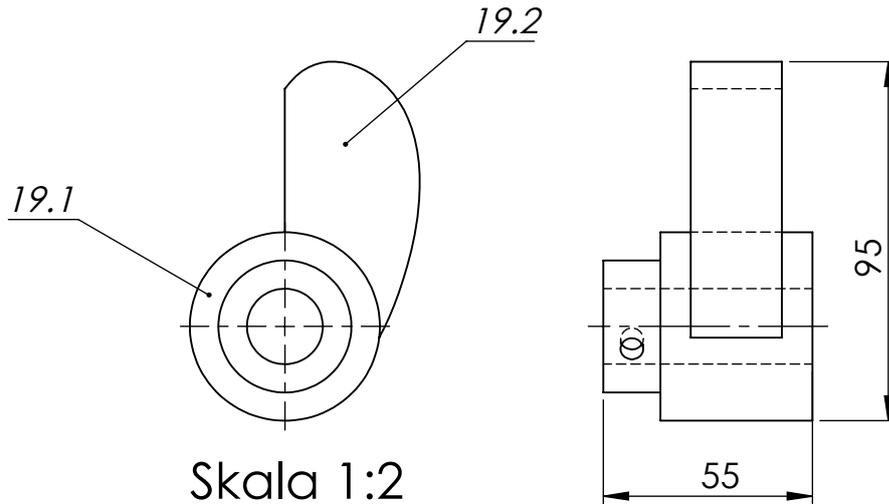
Tol. sedang



		2	Step 2 utama	18.2	Plate	70x47x3				
		2	Pengunci step 2	18.1	ST 44	$\phi$ 70x25				
		2	Step 2	18	ST 44	$\phi$ 70x72				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I	<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>				Pengganti dari : Diganti dengan :			
							Skala	Digambar	10.8.20	A & G
							1:2	Dilihat		
								Diperiksa		

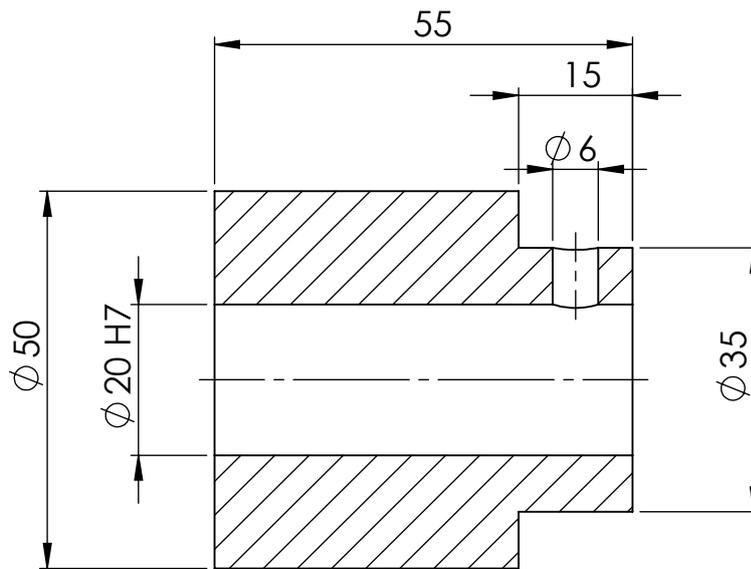
19.  $\nabla \frac{N8}{}$

Tol. sedang



19.1  $\nabla \frac{N8}{}$

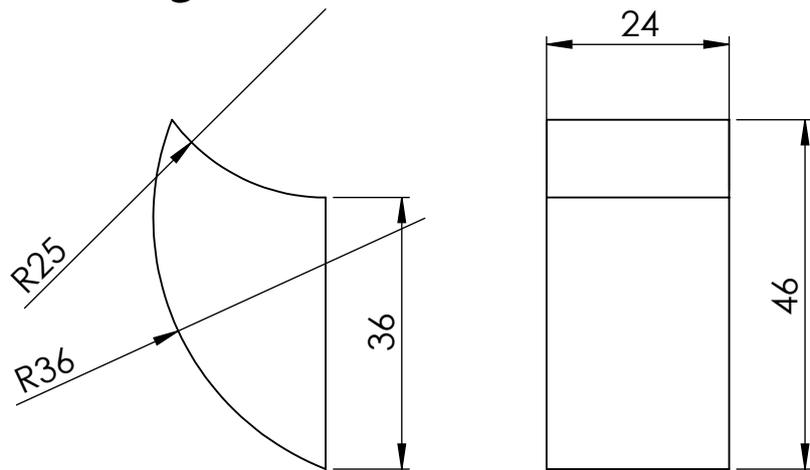
Tol. sedang



		1	Pengunci step 3	19.1	ST 44	$\phi 50 \times 25$				
		1	Step 3	19	ST 44	86x55				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :			
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>			Skala	Digambar	10.8.20	A & G	
						1:1	Dilihat			
						Diperiksa				

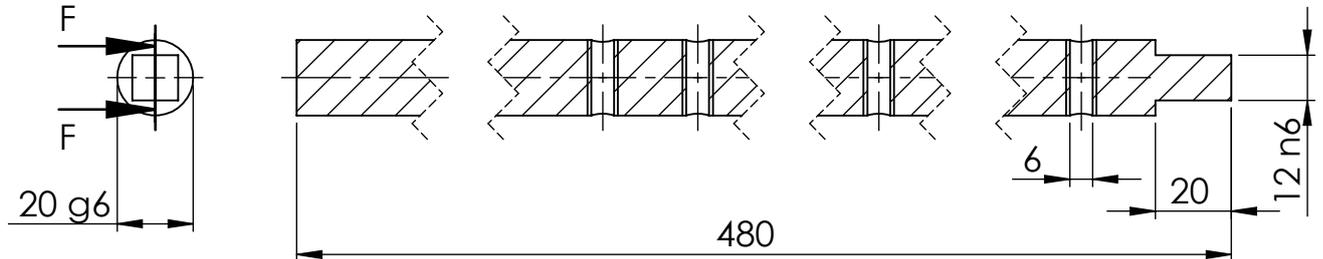
19.2  $\nabla$ <sup>N8/</sup>

Tol. sedang



20.  $\nabla$ <sup>N8/</sup>

Tol. sedang



SECTION F-F  
SCALE 1 : 2

		1	Batang penggerak	20	ST 37	$\phi$ 20x480				
		1	Step 3 utama	19.2	ST 44	46x36x24				
		Jumlah	Nama Bagian	No. Bag.	Bahan	Ukuran	Ket.			
III	II	I					Pengganti dari : Diganti dengan :			
			<b>ALAT BENDING KAWAT METAL JIG</b>			Skala	Digambar	10.8.20	A & G	
						1:1	Dilihat			
							Diperiksa			

POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG

PA/A4/2020

# NEW PROJECT

SPELIAL KEMERDEKAAN



## PROYEK AKHIR TAHUN 2020

### RANCANG ALAT BENDING KAWAT METAL JIG

Perancangan menggunakan metode menurut VDI 2222

#### LATAR BELAKANG:

Metal Jig merupakan salah satu jenis umpan tiruan yang digunakan dalam memancing ikan. Perbedaan Metal Jig dengan umpan tiruan lainnya adalah jenis material yang digunakan, bahan bakun dan pembuatan Metal Jig adalah logam, dan logam yang sering digunakan adalah timah.

#### Spesifikasi Alat:

Alat mampu menghasilkan bending kawat dengan kapasitas 10 kawat/30 detik dan mudah dioperasikan tanpa keahlian khusus



#### Kelompok Proyek Akhir:

Andri (0021704)

Ghina Salsabila (0021716)

Pembimbing I: Muhammad Yunus, M.T

Pembimbing II: Yuli Dharta, M.T

Karya Anak Bangsa