



TUGAS AKHIR -TM141585

**RANCANG BANGUN IRONING DIES DENGAN
BANTUAN CAD/CAM TOPSOLID7 UNTUK
MEMBUAT SELONGSONG PELURU KALIBER 20
MILIMETER**

I Gusti Agung Ngurah Wiana Baskara
NRP. 0211164500064

Dosen Pembimbing
Prof. Dr.Ing. I Made Londen Batan, M.Eng.

LAB. PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT -TM141585

***DESIGN AND BUILD IRONING DIES WITH
CAD/CAM TOPSOLID7 ASSISTANCE TO MAKE
20 MILIMETER CALIBER BULLET CASE***

I Gusti Agung Ngurah Wiana Baskara
NRP. 0211164500064

Supervisor
Prof. Dr.Ing. I Made Londen Batan, M.Eng.

PRODUCT DESIGN AND DEVELOPMENT LABORATORY
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty Of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**RANCANG BANGUN *IRONING DIES* DENGAN
BANTUAN CAD/CAM TOPSOLID7 UNTUK MEMBUAT
SELONGSONG PELURU KALIBER 20 MILIMETER**

Nama Mahasiswa : I Gusti Agung Ngurah Wiana Baskara
NRP : 02111645000064
Departemen : Teknik Mesin FTI-ITS
Pembimbing : Prof. Dr. Ing. I Made Londen B.,
M.Eng.

ABSTRAK

Peluru merupakan proyektil padat terbuat dari logam yang ditembakkan dari senjata api atau senapan angin. Pada pembuatan selongsong peluru, diawali dengan pemotongan pelat melalui proses *blanking* atau *piercing*. Kemudian dilanjutkan dengan proses *deep drawing*, lalu dilakukan proses *ironing* untuk membentuk selongsong dengan ketebalan serta ketinggian yang diinginkan. Di Teknik Mesin ITS terdapat *press tool* yang dirancang khusus untuk melakukan proses pembuatan selongsong peluru, dari mulai proses *deep drawing* hingga proses *ironing*. Namun belum terdapat *dies ironing* yang bisa digunakan pada *press tool* tersebut. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk membantu perancangan *dies ironing* dan merencanakan proses manufaktur *dies* tersebut adalah dengan bantuan *Computer Aided Design* (CAD) dan *Computer Aided Manufacturing* (CAM).

Dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan *dies ironing* yang sesuai dengan *press tool* yang tersedia, untuk kemudian dilakukan proses manufaktur dengan menggunakan bantuan CAD/CAM. Langkah penelitian yang dilakukan adalah: (1) studi literatur dan studi lapangan (2) pengukuran hasil *cup* dari proses *deep drawing* dan *press tool* yang tersedia (3) perancangan *dies ironing* (4) penggambaran *dies ironing* dengan *software*

II

TopSolid7 (5) pembuatan *die ironing* (6) pengukuran *dies ironing* hasil proses manufaktur.

Dies ironing untuk pembuatan selongsong peluru kaliber 20 mm dirancang sebanyak 4 tahapan, dengan dimensi masing-masing dies yang berbeda-beda. Keempat tahapan proses *ironing* tersebut menghasilkan *cup* dengan diameter luar sebesar $\varnothing 33,89$ dengan tinggi cup 115,61 mm. Dari proses *ironing* tersebut gaya *ironing* yang dibutuhkan masing - masing tahapan proses adalah gaya *ironing* tahap 1 sebesar 8,2 *Tonf*, gaya *ironing* tahap 2 sebesar 7,9 *Tonf*, gaya *ironing* tahap 3 sebesar 5,6 *Tonf* dan gaya *ironing* tahap 4 sebesar 4 *Tonf*. Pembuatan *dies* yang dilakukan adalah pembuatan *dies ironing* tahap 1 dengan menggunakan bantuan *software* CAD/CAM TopSolid 7. Proses yang dilakukan adalah penggambaran gambar 3D, penambahan bahan baku (*stock*), penentuan referensi, pembuatan *toolpath*, verifikasi dan pembuatan *G - Code*. Dari hasil *G - Code* yang digunakan pada mesin CNC *Turning*, *dies ironing* yang dibuat mampu memenuhi dimensi yang direncanakan sebelumnya. Pada *ironing dies* yang telah dibuat perlu dilakukan pengujian dalam memproses *cup* yang sesungguhnya dan perlu dilakukan kajian terhadap penggunaan *progressive dies* untuk proses *ironing* pada pembuatan selongsong peluru. Sementara untuk *software* TopSolid 7 perlu ditambahkan *software* TopSolid.PpGenerator untuk memproses hasil CAM dari *software* TopSolid 7 langsung menjadi *G - Code* yang sesuai dengan mesin CNC yang ingin digunakan.

Kata kunci: Ironing , Dies, Proses Manufaktur, CAD/CAM.

**DESIGN AND BUILD IRONING DIES WITH CAD/CAM
TOPSOLID7 ASSISTANCE TO MAKE 20 MILIMETER
CALIBER BULLET CASE**

Name : I Gusti Agung Ngurah Wiana Baskara
NRP : 02111645000064
Departement : Teknik Mesin FTI-ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ing. I Made Londen B.,
M.Eng.

ABSTRACT

Bullets are solid projectiles made from metal and fired with a fire gun or an air rifles. In the manufacture of bullet casings, started with cutting the sheet metal through the process called blanking or piercing. Then process continue to deep drawing, after that continue with ironing process to form a bullet case with the desired thickness and height. There is a press tool that is specially designed to help the process of making shell casings at Mechanical Engineering ITS, the press tool is help the process from the deep drawing to the ironing process. But there is no ironing dies that can be used on the press tool. One way that can be used to help design dies ironing and plan the manufacturing process of the dies is using Computer Aided Design (CAD) and Computer Aided Manufacturing (CAM).

In this research will be design a ironing dies in accordance with the available press tool, then it will be continue to manufacture process using CAD / CAM assistance. The research steps are: (1) literature and field study (2) measuring the cup result from the deep drawing process and available press tool (3) designing a ironing dies (4) drawing the ironing dies with TopSolid7 (5) manufacturing the ironing dies (6) measuring the ironing dies result from the manufacture process.

IV

Ironing dies for the manufacturing a 20 mm caliber bullet casings is designed in 4 stages, the dimensions of each dies is different. The four stages of the iris process produce a cup with an outer diameter of $\text{Ø}33,89$ with a cup height of 115.61 mm. From the process of ironing, the ironing forces that is required for each stage of process are a stage 1 ironing force is 8.2 Tonf, a 2nd stage required 7,9 Tonf, a stage 3 ironing force is 5.6 Tonf and a stage 4 ironing force required is 4 Tonf. The ironing dies manufacture is making the first stage of ironing process with the help of CAD / CAM software TopSolid 7. The process is 3D drawing, addition of raw material (stock), reference determination, toolpath making, verification and G - Code creation. From the results of G - Code used on CNC Turning machine, ironing dies made able to meet the previously planned dimensions. In the preparation of dies that have been made it is necessary to test the actual cup processing and need to study the use of progressive dies for the ironing process on the manufacture of bullet casings. For TopSolid 7 software needs to added TopSolid.PpGenerator software to process CAM results from TopSolid 7 software directly into G - Code corresponding to the CNC machine.

Keyword: Ironing, Dies, Manufacturing Process, CAD/CAM

**RANCANG BANGUN *IRONING DIES* DENGAN
BANTUAN CAD/CAM TOPSOLID7 UNTUK MEMBUAT
SELONGSONG PELURU KALIBER 20 MILIMETER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

I GUSTI AGUNG NGURAH WIANA BASKARA
NRP. 02111645000064

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- 1 Prof. Dr. Ing. I Made Londen B., M.Eng.
NIP. 195811061986011002
- 2 Ir. Bambang Pramujati, M.Sc.Eng.
NIP. 196912031994031001
- 3 Ir. Sampurno, MT.
NIP. 196504041989031002
- 4 Dinny Harnany, S.T., M.Sc.
NIP. 2100201405001



SURABAYA
Juli 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Ida Sang Hyang Widhi Wasa Tuhan semesta alam karena atas segala limpahan rahmat, karunia Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **"RANCANG BANGUN IRONING DIES DENGAN BANTUAN TOPSOLID7 UNTUK MEMBUAT SELONGSONG PELURU KALIBER 20 MILIMETER"** dengan baik. Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan program Strata 1 Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak menghadapi kendala. Namun berkat bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak, baik moral maupun spiritual akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan banyak dorongan dan bantuan, baik secara langsung maupun tidak. Diantaranya penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua serta adik penulis yang tidak henti-hentinya berdoa dan mendukung penulis sehingga penulis diberikan kelancaran dalam menyelesaikan laporan akhir ini.
2. Bapak I Made Londen Batan, selaku pembimbing di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, yang telah memberikan bimbingan, dorongan dan semangat kepada penulis selama proses pembuatan tugas akhir.
3. Ibu Vivien Suphadani, selaku dosen wali yang telah membimbing sedari awal masa perkuliahan.
4. Bapak Bambang Pramujati, Bapak Sampurno, dan Ibu Dinny Harnany, selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan , kritik dan saran kepada penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

VIII

5. Bapak Thomas dan Bapak Misdi yang telah membantu proses pengerjaan komponen pada tugas akhir ini.
6. Akbar Al-Amin, Teman seperjuangan dalam mengerjakan tugas akhir, asistensi dan revisi.
7. Seluruh anggota Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk yang selalu memberi semangat dan motivasi dalam mengerjakan tugas akhir.
8. Seluruh teman seperjuangan Lintas Jalur Teknik Mesin angkatan 2016.
9. Teman-Teman Bali Brother 2013 yang selalu memberi motivasi.
10. Dan semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan motivasi dan segala bantuan serta masukan dalam penulisan laporan akhir ini.

Kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi siapa pun yang akan menjadikan referensi dalam pengembangan ilmu dan pengetahuan.

Surabaya, Juli 2018

I Gusti Agung
Ngurah Wiana
Baskara

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	iii
ABSTRAK	I
ABSTRACT	III
LEMBAR PENGESAHAN	V
KATA PENGANTAR	VII
DAFTAR ISI	IX
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL	XVI
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA & DASAR TEORI	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 <i>Ironing</i>	6
2.2.2 <i>Thickness Reduction Ratio</i>	6
2.2.3 <i>Gaya Ironing</i>	7
2.2.4 <i>Dies</i>	8
2.2.5 <i>Punch</i>	10
2.2.6 Spesifikasi Bahan <i>CuZn30</i>	12
2.2.7 CAD dan CAM	13
2.2.8 Proses Pemesinan	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Diagram Alir Penelitian	23
3.2 Langkah – langkah Penelitian	24
3.2.1 Studi Literatur dan Studi Lapangan	24
3.2.2 Pengukuran <i>Cup Hasil Deep Drawing dan Press Tool</i>	24
3.2.3 Perancangan <i>Dies Ironing</i>	26

3.2.4	Penggambaran <i>Dies Ironing</i> Dengan Menggunakan <i>Software</i> TopSolid7	27
3.2.5	Pembuatan <i>Dies Ironing</i>	29
3.2.6	Pengukuran <i>Dies Ironing</i> Hasil dari Proses Manufaktur	33
3.2.7	Kesimpulan dan Saran.....	33
BAB IV	PERANCANGAN <i>DIES IRONING</i>	35
4.1	Perancangan Proses <i>Ironing</i>	35
4.1.1	Ketebalan Dinding <i>Cup</i> Hasil Proses <i>Ironing</i>	36
4.1.2	Ketinggian Dinding <i>Cup</i> Hasil Proses <i>Ironing</i>	39
4.2	Dimensi <i>Dies</i> dan <i>Punch Ironing</i>	44
4.2.1	Dimensi <i>Dies Ironing</i>	44
4.2.2	Dimensi <i>Punch Ironing</i>	46
4.3	Gaya pada Proses <i>Ironing</i>	47
4.3.1	Gaya <i>Ironing</i>	47
4.3.2	Gaya Buckling pada <i>Punch</i>	52
BAB V	PEMBUATAN <i>DIES IRONING</i>	55
5.1	Rancangan <i>Dies Ironing</i>	55
5.1.1	Penggambaran <i>Dies Ironing</i> Dengan <i>Software</i> TopSolid7	56
5.1.2	Penambahan <i>Stock</i> Pada TopSolid 7	57
5.2	Rencana Proses Pemesinan <i>Dies Ironing</i>	58
5.2.1	Rencana Proses Pemesinan.....	59
5.2.2	Parameter Pemotongan.....	61
5.3	Pembuatan <i>Toolpath</i>	66
5.4	Pembuatan <i>G – Code</i>	70
5.5	Pembuatan Komponen	75
5.6	Pengukuran Hasil	78
BAB VI	PENUTUP	81
6.1	Kesimpulan.....	81
6.2	Saran.....	83
DAFTAR	PUSTAKA.....	85
LAMPIRAN	A	87
LAMPIRAN	B	89
BIOGRAFI	PENULIS.....	91

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 (a) Tahapan Proses Pembuatan Selongsong Peluru. (b) <i>Cup</i> Hasil Proses <i>Deep Drawing</i> (Idiar, 2016).....	2
Gambar 2.1 Proses <i>Ironing</i> (Schuler, <i>Handbook Of Metal Forming</i>).....	6
Gambar 2.2 Ilustrasi Gaya Pada Proses <i>Ironing</i>	7
Gambar 2.3 Dimensi <i>dies</i>	10
Gambar 2.4 (a) <i>Flat Punch</i> (b) <i>Concave Punch</i> (c) <i>Bevel Punch</i> (d) <i>Double Bevel Punch</i>	11
(Ivana Suchy, <i>Handbook Of Dies Design</i>)	11
Gambar 2.5 Diagram <i>Flow Stress</i> Material CuZn30 (Heinz, <i>Metal Forming Practise</i>).....	13
Gambar 2.6 Contoh Penggunaan Software CAD dalam Perancangan Komponen (Lecture Solid Works Tutorial : Skecthing and Assembly).....	14
Gambar 2.7 Proses Pembuatan Toolpath pada <i>Software</i> CAM (Missler Software, <i>Top Solid CAM Training Guide Turning</i>)	16
Gambar 2.8 Ilustrasi Perancangan Pahat Potong pada TopSolid7 (Missler Software, <i>Top Solid Training Guide Basics</i>)	18
Gambar 2.9 Ilustrasi Proses Bubut	19
(Kalpakjian, <i>Manufacturing Engineering & Technology</i>)	19
Gambar 2.10 Berbagai Macam Proses Gurdi (Kalpakjian, <i>Manufacturing Engineering & Technology</i>)	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Dimensi Hasil Pengukuran <i>Cup Deep Drawing</i>	25
Gambar 3.3 <i>Press Tool</i> yang ada di Teknik Mesin ITS	26
Gambar 3.4 Ilustrasi Penggambaran Sketsa Menggunakan <i>Software</i> TopSolid7.....	28
Gambar 3.5 Diagram Alir Pembuatan <i>Dies Ironing</i>	29
Gambar 3.6 Warna yang Menunjukkan Hasil Verifikasi Pemesinan.....	32
Gambar 4.1 (a) <i>Cup</i> Bahan Proses <i>Ironing</i> (b) Ilustrasi Hasil <i>Ironing</i> Tahap 1 (c) Ilustrasi Hasil <i>Ironing</i> Tahap 2 (d) Ilustrasi Hasil <i>Ironing</i> Tahap 3 (e) Ilustrasi Hasil <i>Ironing</i> Tahap 4	35

Gambar 4.2 Ilustrasi Bahan Baku Dan Hasil Proses <i>Ironing</i> Tahap 1	36
Gambar 4.3 Ilustrasi Bahan Baku Dan Hasil Proses <i>Ironing</i> Tahap 2	37
Gambar 4.4 Ilustrasi Bahan Baku Dan Hasil Proses <i>Ironing</i> Tahap 3	37
Gambar 4.5 Ilustrasi Bahan Baku Dan Hasil Proses <i>Ironing</i> Tahap 4	38
Gambar 4.6 (a) Dimensi <i>Cup</i> (b) Bagian 1 Dari <i>Cup</i> (c) Bagian 2 Dari <i>Cup</i>	39
Gambar 4.7 Dimensi <i>Cup</i> Hasil Proses <i>Ironing</i> Tahap 1	40
Gambar 4.8 Dimensi <i>Cup</i> Hasil Proses <i>Ironing</i> Tahap 2	41
Gambar 4.9 Dimensi <i>Cup</i> Hasil Proses <i>Ironing</i> Tahap 3	42
Gambar 4.10 Dimensi <i>Cup</i> Hasil Proses <i>Ironing</i> Tahap 4	43
Gambar 4.11 Gaya <i>Buckling</i> Pada Punch Tanpa Pengarah	52
Gambar 5.1 Rancangan <i>Dies Ironing</i> Tahap 1	55
Gambar 5.2 (a) Proses Penggambaran <i>Sketch</i> (b) Pemberian Ketebalan Dengan Metode <i>Revolve</i>	56
Gambar 5.3 (a) Fungsi <i>Repetition</i> Pada Lubang Pemegang (b) Gambar 3D Akhir <i>Dies Ironing</i> Tahap 1.....	57
Gambar 5.4 (a) Memasukkan Ukuran Bahan Baku (b) Peletakan Benda Kerja Pada Bahan Baku.	58
Gambar 5.5 (a) Ilustrasi Urutan Proses Operasi Bagian Depan (b) Ilustrasi urutan Proses Operasi Bagian Belakang (c) Ilustrasi Urutan Proses Operasi Lubang Pemegang	59
Gambar 5.6 Pemilihan Parameter Proses <i>Turning</i>	61
Gambar 5.7 Pemilihan Parameter Proses Gurdi	62
Gambar 5.8 (a) Koordinat X0, Y0 Pada Proses Pengerjaan Bagian Depan (b) Koordinat X0, Y0 Pada Proses Pengerjaan Bagian Belakang.....	67
Gambar 5.9 (a) <i>Toolpath</i> Pada Proses Pengerjaan Bagian Depan (b) Hasil Verifikasi Proses Pengerjaan Bagian Depan	68
Gambar 5.10 (a) <i>Toolpath</i> Pada Proses Pengerjaan Bagian Belakang (b) Hasil Verifikasi Proses Pengerjaan Bagian Belakang	69

Gambar 5.11 (a) Toolpath Pada Proses Pembuatan Lubang Pemegang (b) Hasil Verifikasi Proses Pengerjaan Lubang Pemegang	69
Gambar 5.12 (a) Proses <i>Running Test</i> Pada <i>Software</i> Pembaca <i>G – Code</i> (b) Proses <i>Dry Run</i> Pada Mesin CNC <i>Turning</i>	75
Gambar 5.13 (a) Proses <i>Setting</i> Pahat Pada CNC <i>Turning</i> (b) Proses <i>Setting</i> Pahat pada CNC <i>Milling</i>	76
Gambar 5.14 (a) Proses Pengerjaan Komponen dengan CNC <i>Turning</i> (b) Proses Pengerjaan Komponen dengan CNC <i>Milling</i>	77
5.15 Penggunaan Perbandingan <i>Phytagoras</i> Untuk Mengukur Sudut <i>Dies</i>	78
Gambar 5.16 (a) Dimensi yang diukur (b) Proses Pengukuran Dimensi <i>Dies Ironing</i>	79

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konstanta c Untuk UTS Material	10
Tabel 2.2 <i>Mechanical Properties CuZn30 (LCF behavior and microstructure of alpha-brass CuZn30 under uniaxial, planar-biaxial and tension-torsion loading conditions, S. Hankel)</i>	13
Tabel 2.3 Tabel Rekomendasi Parameter Potong <i>Turning</i> (Fischer Ulrich, <i>Mechanical and Metal Trades Handbook</i>).....	20
Tabel 2.4 Tabel Rekomendasi Parameter Potong Gurdi (Fischer Ulrich, <i>Mechanical and Metal Trades Handbook</i>).....	21
Tabel 3. 1 Daftar Konfigurasi Mesin CNC pada TopSolid7	31
Tabel 5.1 Daftar Proses Pemesinan <i>Turning Dies Ironing</i> Tahap 1	60
Tabel 5.2 Daftar Proses Pemesinan <i>Milling Dies Ironing</i> Tahap 1	61
Tabel 5.3 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan Die <i>Ironing</i>	65
Tabel 5.4 Contoh <i>Editing G – Code</i> yang Dilakukan.....	73
Tabel 5.5 Waktu Proses Pemesinan Dengan Mesin CNC	77
Tabel 5.6 Hasil Pengukuran Dimensi <i>Dies Ironing</i>	79

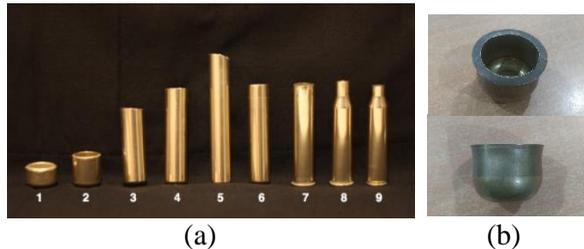
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peluru merupakan proyektil padat yang ditembakkan dari senjata api atau senapan angin, yang terbuat dari logam. Peluru terdiri dari selongsong (*case*) yang berfungsi sebagai tempat menyatukannya proyektil (*bullet*), *primer*, dan mesiu (*powder*). Pada pembuatan selongsong peluru sebagian besar proses pembentukan dilakukan menggunakan *press tool*. Proses pembuatan selongsong peluru diawali dengan pemotongan pelat melalui proses *blanking* atau *piercing*. Kemudian dilanjutkan dengan proses *deep drawing* yaitu proses membentuk lembaran pelat yang telah dipotong menjadi *cup*. Setelah terbentuk *cup* dilakukan proses *ironing* untuk membentuk *cup* menjadi selongsong dengan ketebalan serta ketinggian yang diinginkan seperti ditunjukkan pada gambar 1.1 (a) nomor 1 sampai 5. Proses *ironing* merupakan teknik pembentukan logam dengan cara penipisan dinding, sehingga didapatkan ketebalan dinding produk yang *uniform*.

Di Teknik Mesin ITS terdapat *press tool* yang dirancang khusus untuk melakukan proses pembuatan selongsong peluru, dari mulai proses *deep drawing* hingga proses *ironing*. Dari penelitian Idiar di tahun 2016, telah berhasil dibuat *dies set* yang dapat digunakan untuk proses *deep drawing*. *Dies set* untuk proses *deep drawing* tersebut juga telah berhasil untuk membentuk *cup* dalam pembuatan selongsong peluru seperti terlihat pada gambar 1.1 (b). Untuk melanjutkan proses pembentukan *cup* hingga menjadi selongsong peluru, diperlukan adanya *dies ironing*. Agar *dies ironing* yang di buat mampu melanjutkan proses pembuatan selongsong peluru dari *cup* yang telah tersedia, perlu dilakukan proses perancangan dan pembuatan dari *dies ironing* tersebut.



Gambar 1.1 (a) Tahapan Proses Pembuatan Selongsong Peluru.
 (b) *Cup* Hasil Proses *Deep Drawing* (Idiar, 2016)

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk membantu merencanakan desain *dies ironing* dan merencanakan proses manufaktur *dies* tersebut adalah dengan bantuan *software Computer Aided Design (CAD)* dan *Computer Aided Manufacturing (CAM)*. Dari proses perencanaan dengan menggunakan *software CAD/CAM* nantinya akan di hasilkan *G – Code* yang dengan bantuan *Computer Numerical Control (CNC)* dapat digunakan untuk proses manufaktur dari benda kerja yang telah dirancang. Untuk dapat menghasilkan *G – Code* untuk proses manufaktur, perlu dilakukan proses perancangan secara 3D dengan *software* kemudian menentukan parameter proses manufaktur yang akan dilakukan, dan dilakukan penyesuaian terhadap proses manufaktur yang diinginkan.

Sebelumnya Teknik Mesin ITS sebagai salah satu institusi dari Indonesia mendapat kesempatan untuk bekerjasama dengan *Kodama Corporation* sebagai perwakilan dari *Japan International Cooperation Agency (JICA)* dalam pengembangan sumber daya manusia di bidang *CAD/CAM*. *Kodama Corporation* adalah pengembang dari *software CAD/CAM TopSolid7*, dan dalam kerjasama tersebut Teknik Mesin ITS diperbolehkan menggunakan *software TopSolid7* sebagai bahan ajar dalam perkuliahan dan alat pembantu dalam riset. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai proses perancangan dan manufaktur *dies ironing* yang

sesuai dengan alat *press tool* yang tersedia menggunakan bantuan CAD/CAM dari TopSolid7.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang *dies ironing* sesuai dengan alat *press tool* yang tersedia yang meliputi :
 - a. Perhitungan hasil proses *ironing* yang dapat dicapai.
 - b. Perancangan komponen *dies ironing* .
2. Bagaimana proses manufaktur *dies ironing* menggunakan CAD/CAM yang meliputi :
 - a. Perencanaan desain dan proses pemesinan *dies* dengan *software* CAD/CAM.
 - b. Evaluasi kesesuaian hasil proses CAM dengan rancangan sebelumnya.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah

1. Merancang komponen *dies ironing* yang sesuai dengan alat *press tool* yang telah tersedia.
2. Membuat *dies ironing* yang sesuai dengan *press tool* menggunakan *software* CAD/CAM TopSolid7.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. *Press tool* yang dimaksud adalah *press tool* yang terdapat di Teknik Mesin ITS.
2. Perancangan komponen yang dilakukan adalah *dies* dan *punch*.
3. Komponen *dies shoe*, *punch holder* dan *shank* pada *dies set* tidak dibahas.

4. *Software* CAD/CAM yang digunakan adalah Topsolid7 yang terdapat di Lab. CAE Teknik Mesin ITS.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini adalah :

1. Melengkapi penelitian penelitian terdahulu mengenai proses pembuatan peluru dengan mesin *press tool*.
2. Menjadi referensi penelitian sejenis, terutama dalam perancangan dan manufaktur *dies ironing* .

BAB II KAJIAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Pada Tahun 2015, Gandhi Widi Artha telah berhasil merancang *dies ironing* dengan proses pembentukan selongsong peluru kaliber 20 mm terdiri dari empat tahapan proses *ironing*. *Tool* yang digunakan dalam proses pembentukan terdiri dari 1 buah tandem *dies-set* untuk proses reduksi *cup* bertahap dari $\text{Ø}33.5$ menjadi $\text{Ø}31.7$ kemudian menjadi $\text{Ø}30.8$, 1 buah *single dies-set* untuk proses reduksi *cup* bertahap dari $\text{Ø}30.8$ menjadi $\text{Ø}30.05$, 1 buah *single dies-set* untuk proses reduksi *cup* bertahap dari $\text{Ø}30.8$ menjadi $\text{Ø}30.05$.

Idiar pada tahun 2016 telah berhasil merencanakan *dies* untuk proses deep drawing untuk membuat selongsong peluru. Rancangan *dies deep drawing* tersebut juga telah di manufaktur dan *dies deep drawing* tersebut telah berhasil membentuk *cup* dari lembaran material CuZn 30.

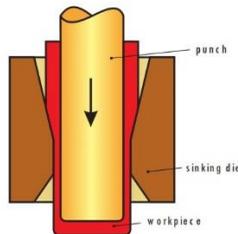
Pada tahun yang sama, M. Nusron Ali juga telah melakukan simulasi terhadap proses *Ironing* pada pembuatan selongsong peluru. Dari hasil simulasi tersebut didapatkan bahwa *Thickness Reduction Ratio* yang diijinkan pada proses *ironing* selongsong peluru tersebut adalah sebesar 26,7%. Proses *Ironing* yang terjadi dapat berhasil dengan gaya sebesar 138 kN pada sudut pembentukan *dies* 5° dan 148 kN pada sudut pembentukan *dies* 10° .

Tahun 2017, Dicky Rachmat Riyanto telah melakukan penelitian mengenai penggunaan *software* TopSolid 7 untuk proses CAD dan CAM dari beberapa komponen. Komponen yang dimanufaktur dengan bantuan TopSolid 7 adalah *Dies Ironing*, *Head Cylinder* dan *Impeller*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Ironing

Ironing adalah salah satu proses deep drawing yaitu *sheet metal forming* yang dilakukan untuk menipiskan bagian dinding dari benda kerja. Benda kerja ditekan dengan menggunakan *punch* berukuran tertentu kemudian melewati *dies* dengan permukaan yang mengencil sehingga dinding benda kerja terdeformasi dan mengalami penipisan.



Gambar 2.1 Proses *Ironing* (Schuler, *Handbook Of Metal Forming*)

Hasil dari proses *ironing* adalah *cup* berbentuk silinder dengan dinding lebih tipis namun lebih tinggi dari sebelumnya. Benda kerja dari proses *ironing* berupa *cup* berbentuk silinder, yang biasanya hasil dari proses *deep drawing*. Salah satu contoh proses *ironing* di dunia industri adalah proses pembentukan kaleng minuman.

2.2.2 Thickness Reduction Ratio

Dalam proses *ironing*, salah satu faktor penting yang harus di ketahui adalah *Thickness Reduction Ratio* ($R_{t\%}$). *Thickness Reduction Ratio* adalah presentase yang menyatakan besar penipisan yang terjadi dalam proses *ironing* tersebut. *Thickness reduction ratio* dapat dihitung dengan :

$$R_{t\%} = \frac{100(t_0 - t_1)}{t_0} \quad (2.1)$$

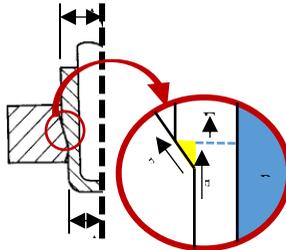
Dimana :

- $R_{t\%}$: Thickness Reduction Ratio (%)
 t_0 : Ketebalan sebelum proses (mm)
 t_1 : Ketebalan setelah proses (mm)

Dari penelitian oleh M. Nusron Ali, melalui proses simulasi terhadap proses *ironing* dengan menggunakan *software* komputer. Disimpulkan bahwa *thickness reduction ratio* maksimal yang dapat terjadi agar benda kerja tidak robek adalah sebesar 26 % dengan menggunakan *dies* dengan kemiringan sudut sebesar 10° .

2.2.3 Gaya Ironing

Menurut *Kurt Lange* gaya pembentukan yang dibutuhkan untuk proses *ironing* dihitung berdasarkan persamaan :



Gambar 2.2 Ilustrasi Gaya Pada Proses *Ironing*

$$F_{tot} = F_{id} + F_{Fr,S} + F_{Sh} \quad (2.2)$$

Dimana,

$$F_{id} = A_1 \times \sigma_{f,m} \times \varphi_{max} \quad (2.3)$$

$$F_{Fr,S} = \frac{2 \cdot \sigma_{f,m} \cdot \varphi_{max} \cdot \mu_s \cdot A_1}{\sin 2\alpha} \quad (2.4)$$

$$F_{Sh} = \frac{1}{2} \tan \alpha \cdot \sigma_{f,m} \cdot A_1 \quad (2.5)$$

$$\varphi_{max} = \ln A_0 / A_1 \quad (2.6)$$

Dimana :

- F_{id} : gaya ideal (N)
- $F_{Fr,S}$: gaya gesek pada *dies shoulder* (N)
- F_{sh} : gaya *shear* (N)
- $\sigma_{f,m}$: *average flow stress* (N/mm²)
- φ_{max} : *true strain*
- μ_s : koefisien gesek pada *dies shoulder*
(0,02 - 0,07)
- α : sudut *dies* (°)
- A_0 : luas penampang awal proses (mm²)
- A_1 : luas penampang akhir proses (mm²)

2.2.4 Dies

Dies adalah alat khusus yang digunakan di dunia industri untuk membentuk atau memotong material menggunakan bantuan mesin tekan (*press*). *Dies* dengan kelengkapannya seperti *punch*, *base plate*, *upper plate* dan *ram* biasa disebut *dies set*. Sebelum disusun menjadi *dies set*, kelengkapan pada *dies set* disusun secara paralel menjadi beberapa bagian. *Dies shoe* adalah bagian bawah *dies set* yang terdiri dari *dies* yang terikat pada *base plate* dan jika diperlukan dipasang juga *spacer*. Sedangkan *Upper Shoe* yang terdiri dari *punch* dan *punch holder* yang terikat pada *upper plate*, serta

terdapat *shank* untuk mengikat *upper shoe* sehingga dapat digerakkan dengan *press tool*.

A. Diameter Lubang *Dies Block*

Untuk menentukan diameter yang sesuai pada *dies block*, perlu diketahui diameter benda kerja yang ingin dihasilkan terlebih dahulu. Pada proses *ironing*, diameter *dies* (D_d) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$D_{dies} = D_{punch} + 2t + 0.05\text{mm} \quad (2.7)$$

Dimana :

D_{dies} : Diameter *Dies* yang direncanakan

D_{punch} : Diameter *Punch* (mm)

t : Tebal dinding benda kerja (mm)

B. Ketebalan *Dies Block*

Ketebalan dari *dies block* tergantung pada ketebalan benda kerja yang akan diproses. Semakin tebal benda kerja yang akan diproses maka semakin tebal pula *dies block* yang digunakan. Ketebalan *dies block* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$H = (10 + 5T + 0,7\sqrt{a + b}) c \quad (2.8)$$

Dimana :

H : Tebal *dies* (in)

T : Tebal material (in)

a,b : Dimensi bukaan *dies* (in)

c : Konstanta (tabel 2.1)

Sedangkan lebar dinding e dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$e = (10 \div 20) + 0,8 H \quad (2.9)$$

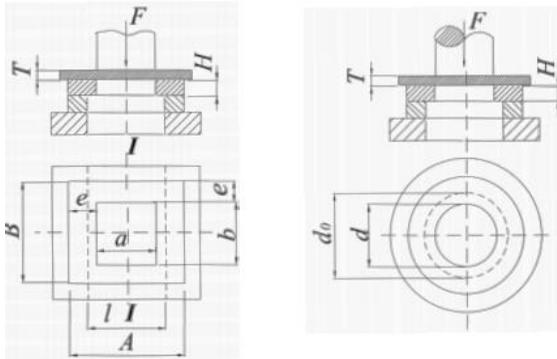
Dimana :

H : tebal *dies* (in)

e : lebar dinding *dies* (in)

Tabel 2.1 Konstanta c Untuk *UTS* Material

UTS (MPa)	117	245	392	784
c	0,6	0,8	1,0	1,3

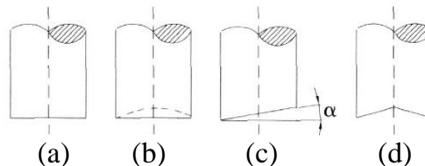


Gambar 2.3 Dimensi *dies*
(Ivana Suchy, *Handbook Of Dies Design*)

2.2.5 Punch

Punch adalah komponen berfungsi sebagai pembentuk benda kerja. *Punch* bekerja dengan mendorong benda kerja

melewati *dies*. Terdapat beberapa jenis ujung dari *punch* diantaranya *flat*, *concave*, *bevel* dan *double bevel*.



Gambar 2.4 (a) *Flat Punch* (b) *Concave Punch* (c) *Bevel Punch* (d) *Double Bevel Punch*
(Ivana Suchy, *Handbook Of Dies Design*)

Penggunaan masing – masing ujung ini berbeda tergantung proses yang ingin dilakukan. *Compressive stress* maksimal yang diizinkan pada *punch* tergantung dari material *punch* yang digunakan. Dimana *compressive stress* yang terjadi pada *punch* dapat dihitung melalui persamaan Vukota Buljanovic berikut :

$$\sigma_d = \frac{F}{A} \leq \sigma_{pd} \quad (2.10)$$

Dimana :

σ_d : *compression stress* (N/mm²)

F : *punching Force* (N)

A : luas *cross section punch* (mm²)

σ_{pd} : *compression stress* yang diijinkan
(N/mm²) untuk *hardened tool steel*
adalah sebesar 98 – 156 MPa

Untuk mengetahui batasan apakah *punch* tersebut akan *buckling* saat digunakan maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus Euler:

$$F_{crit} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2} \quad (2.11)$$

Dimana :

F_{crit} : gaya *buckling* yang dialami *punch*

d : *punch* diameter (mm)

l : panjang *punch* (mm)

E : modulus elastisitas *punch*

I : *second moment of area*

Panjang *punch* memiliki efek yang signifikan terhadap kinerja *dies. punch* yang terlalu panjang menyebabkan tekanan pada *dies* dapat berlebihan, sehingga sering terjadi kerusakan. Panjang maksimum *punch* dapat dihitung dengan :

$$L_{crit} = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{4LT(0,8 \times UTS)}} \quad (2.12)$$

Dimana :

L_{crit} : panjang maksimal *punch* (mm)

L : *punch* diameter (mm)

T : ketebalan material (mm)

E : modulus elastisitas *punch*

I : *second moment of area*

2.2.6 Spesifikasi Bahan CuZn30

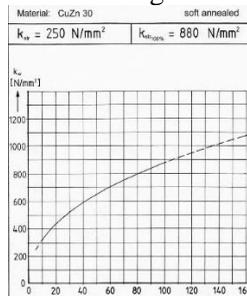
Bahan yang digunakan untuk pembuatan selongsong peluru adalah kuningan CuZn30. CuZn30 merupakan tembaga paduan dengan zinc sebanyak 30%. Penambahan unsur zinc pada paduan memberikan keuntungan pada peningkatan kekuatan material. Detail dari CuZn30 adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2 *Mechanical Properties CuZn30 (LCF behavior and microstructure of alpha-brass CuZn30 under uniaxial, planar-biaxial and tension-torsion loading conditions, S. Hankel)*

UTS [MPa]	YS [MPa]	A ₅ [%]	Young's modulus [GPa]	Poisson ratio	Grain Size [μm]
339	113	65	110	0.345	33

UTS = ultimate tensile strength, YS = yield strength, A₅ = elongation to rupture

Untuk mengetahui tegangan yang diperlukan untuk menghasilkan deformasi plastis material, maka digunakan diagram *flow stress* material sebagai berikut :



Gambar 2.5 Diagram *Flow Stress* Material CuZn30 (Heinz, *Metal Forming Practise*)

2.2.7 CAD dan CAM

A. Computer Aided Design (CAD)

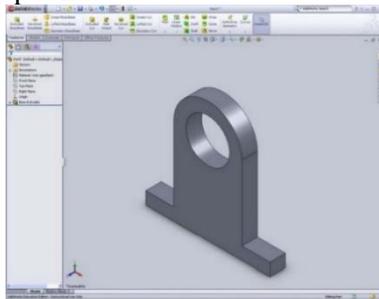
CAD (*Computer Aided Design*) adalah program komputer yang memungkinkan seorang perancang (*designer*) untuk mendesain gambar rekayasa (*design engineering*) dengan mentransformasikan gambar geometris secara cepat.

Kemampuan CAD yang terdiri dari 3 teknologi dasar yaitu :

1. Manajemen Basis Data (Database)
2. Komputer Grafik
3. Model Matematis (Analisis)

Seringkali aplikasi CAD dapat memanfaatkan keempat teknologi dasar dari CAD diatas seperti menyimpan dan memanggil basis data gambar dan atribut suku cadang, menggunakan komputer grafik untuk berkreasi dan display, memanfaatkan simulasi dan model matematis (elemen hingga) dan dapat juga dimanfaatkan untuk mengontrol proses produksi dengan kontrol numerik dan pemrograman robot. Contoh lain adalah *MRP (Material Requirements Planning)* yang hanya memanfaatkan teknologi dasar dari CAD yaitu Manajemen Basis Data. Database alfanumerik yang diciptakan dalam desain dapat menjadi aplikasi Permintaan Bahan Baku (*Bill of Material*) dalam industri manufaktur.

Gambar geometris diterjemahkan dengan proses CAM menjadi spesifikasi manufaktur sehingga dapat mengontrol mesin CNC (*Computer Numerical Control*). Selain itu kemampuan CAD dalam mendesain *Wireframe Modelling* berkembang menjadi *Surface Modelling*, *Solid Modelling* dan terakhir *Parametric Modelling*. Contoh software yang digunakan untuk CAD adalah AutoCAD, Solid Works, Adobe Inventor dan TopSolid7.



Gambar 2.6 Contoh Penggunaan Software CAD dalam Perancangan Komponen (Lecture Solid Works Tutorial : Skechting and Assembly)

B. Computer Aided Manufacturing (CAM)

Computer Aided Manufacturing (CAM) adalah perangkat komputer yang digunakan untuk membantu proses perancangan dan manufaktur suatu produk. Perangkat CAM terbagi menjadi dua kategori yaitu :

1. Perangkat yang digunakan untuk memonitor dan mengendalikan proses manufaktur.

2. Perangkat pendukung proses manufaktur baik sebelum dan sesudah proses manufaktur.

Pada kategori pertama, komputer langsung terhubung dengan peralatan produksi untuk memonitor dan mengendalikan proses manufaktur. Setiap sensor dan mesin terhubung pada suatu perangkat yang digunakan untuk memeriksa produk-produk, dan mengendalikan mesin-mesin produksi untuk memilah dan mengemasnya pada kemasan-kemasan tertentu. Pada kategori kedua, perangkat dapat melakukan setiap fungsi pendukung proses manufaktur yang dilakukan oleh komputer agar proses produksi dapat berjalan sesuai rencana. Fungsi pendukung itu diantaranya adalah :

1. Perencanaan dan Penjadwalan Proses (*Process Planning*)

Pada CAM fungsi perencanaan dan penjadwalan, proses diaplikasikan dalam berbagai fungsi diantaranya adalah :

- a. Menentukan proses pembuatan komponen baik CNC maupun manual.
- b. Menentukan urutan susunan (*assembly*) suatu produk.
- c. Memberi informasi untuk membantu proses NC *programming*, seperti definisi produk, mesin perkakas yang dapat digunakan, pahat potong, dan material komponen yang akan dibuat.

2. Perancangan Perkakas (*Mold, Dies and Tooling Design*)

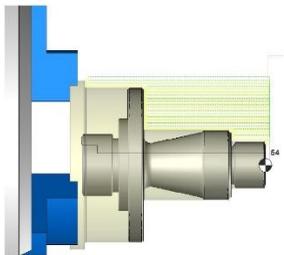
Pada fungsi perancangan perkakas, fungsi perancangan pada CAM berbeda dengan CAD. Pada fungsi perancangan, CAM akan membantu proses-proses yang tidak terdapat pada CAD seperti :

- a. Menentukan dan merekomendasikan *parting line* komponen karet, plastik ataupun coran logam.
- b. Membuat *draft angle* yang sesuai dengan spesifikasi produk.
- c. Menentukan *layout* proses dan menghitung efisiensi material pada *layout* proses *stamping* (*progressive dies*).

3. NC Programming

Pada NC *programming* CAM memiliki beberapa fungsi seperti :

- a. Menentukan proses pemesinan CNC.
- b. Membuat *toolpath* untuk proses pemesinan CNC.
- c. Membuat *G Code* untuk proses pemesinan CNC.

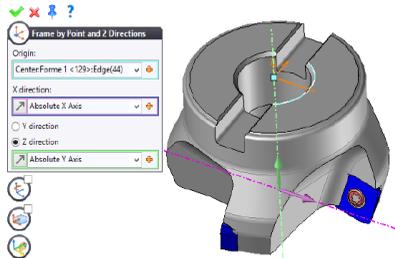


Gambar 2.7 Proses Pembuatan Toolpath pada *Software* CAM (Missler Software, *Top Solid CAM Training Guide Turning*)

C. **Topsolid7**

Topsolid7 merupakan salah satu paket *software* CAD dan CAM. Topsolid7 merupakan salah satu *software* CAD/CAM yang digunakan untuk mendukung persiapan proses produksi/manufaktur. Topsolid7 dapat digunakan untuk merancang komponen mekanik didukung dengan simulasi kinematikanya dan dapat digunakan untuk merancang perkakas seperti *mold* dan *progressive dies*. Topsolid7 dapat digunakan untuk berbagai macam pekerjaan dari mulai merancang dan menggambar komponen, membuat gambar *assembly*, membuat mekanisme *assembly* dan *NC Programming*. Banyak industri yang telah menggunakan Topsolid7 dari mulai dirgantara, otomotif, perkapalan, dan kemasan.

Sebagai *software* CAM, Topsolid7 memiliki beberapa fitur yang digunakan untuk membantu proses produksi. Untuk proses perancangan, fitur CAM Topsolid7 dapat membantu merancang *mold* secara utuh (*core and cavity plates* maupun *mold assembly*) dan merancang susunan pahat potong (*adaptor*, *collet* dan *cutter*) untuk proses pemesinan CNC sebagaimana diilustrasikan pada gambar 2.8. Untuk proses pemesinan CNC, CAM Topsolid7 dapat membuat program NC untuk mesin 2 *axis*, 3 *axis*, 4 *axis*, dan 5 *axis*, melakukan simulasi proses pemesinan, melakukan verifikasi proses pemesinan, dan membuat program untuk mesin CNC *Wire Cut*.



Gambar 2.8 Ilustrasi Perancangan Pahat Potong pada TopSolid7
(Missler Software, Top Solid Training Guide Basics)

Untuk membantu proses pemesinan CNC, TopSolid7 dapat membuat program NC pada *machining model*. Untuk proses pemesinan pada mesin CNC 2 axis, atau bubut TopSolid7 menyediakan menu *turning*. Untuk proses pemesinan frais 2.5 axis dan 3 axis, TopSolid7 menyediakan menu 2D/3D. Untuk proses pemesinan frais 4 axis dan 5 axis, TopSolid7 menyediakan menu 4D/5D.

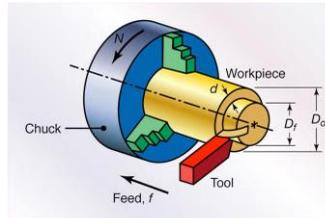
2.2.8 Proses Pemesinan

Proses pemesinan merupakan proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk berbahan logam, plastik dan kayu menggunakan mesin perkakas. Proses pemesinan dipilih karena memiliki tingkat ketelitian dan ketepatan pembuatan yang tinggi. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses pemesinan adalah material benda kerja, material pahat potong, dan kekerasan benda kerja.

A. Proses Bubut

Proses bubut digunakan untuk mengerjakan benda kerja silindris. Pada proses bubut benda kerja terhubung pada poros utama dan diputar. Gerakan pemotongan dilakukan oleh pahat potong dengan gerakan melintang dan memanjang. Gerakan tersebut secara berturut-turut akan mengurangi diameter dan

kedalaman/tinggi benda kerja. Gambar 2.9 menunjukkan ilustrasi proses pemotongan benda kerja pada proses bubut. Dimana benda kerja digambarkan berwarna kuning terhubung pada *chuck* yang berputar, dan pahat potong digambarkan berwarna merah melakukan gerakan memotong.



Gambar 2. 9 Ilustrasi Proses Bubut
(Kalpakjian, *Manufacturing Engineering & Technology*)

Kecepatan potong pada proses bubut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.13)$$

Dimana :

v_c : Kecepatan potong (m/min)

d : Diameter rata-rata (mm)

n : Putaran *spindle* (rpm)

$$d = \frac{d_0 + d_1}{2}$$

d_0 : Diameter awal (mm)

d_1 : Diameter akhir (mm)

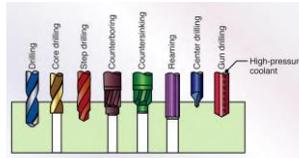
Parameter lain yang digunakan pada proses turning seperti kecepatan pemakanan (*feed*) dan kedalaman pemakanan (*cutting depth*) dapat dilihat dari tabel rekomendasi dari Ulrich Fischer sebagai berikut :

Tabel 2.3 Tabel Rekomendasi Parameter Potong *Turning* (Fischer Ulrich, *Mechanical and Metal Trades Handbook*)

Standard values for turning using coated carbide tools ²⁾					
Material group	Workpiece material		Cutting speed v_c in m/min	Feed f in mm	Cutting depth a_p in mm
	Tensile strength R_m in N/mm ² or Hardness HB				
Steels, low strength	$R_m \leq 800$		200-350	0.1-0.5	0.3-5.0
Steels, high strength	$R_m > 800$		100-200		
Stainless steels	$R_m \geq 800$		80-200		
Cast iron, malleable cast iron	≤ 250 HB		100-300		
Al alloys	$R_m \leq 350$		400-800		
Cu alloys	$R_m \leq 500$		150-300		
Thermoplastics	-		500-2000		
Thermoset plastics	-		400-1000		

B. Proses Gurdi

Pada proses gurdi pahat potong melakukan gerak potong. Hal ini terjadi karena pahat potong terhubung pada poros utama dan melakukan pergerakan mengikuti sumbu putarnya. Sehingga pahat potong berputar dan bergerak naik dan turun menambah kedalaman lubang. Diameter lubang yang dibuat akan sama dengan diameter pahat potong. Proses gurdi memiliki banyak jenis dengan tujuan yang berbeda-beda. Gambar 2.10 mengilustrasikan berbagai macam proses gurdi yang sering digunakan.



Gambar 2.10 Berbagai Macam Proses Gurdi (Kalpakjian, *Manufacturing Engineering & Technology*)

Kecepatan potong pada proses gurdi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.14)$$

Dimana :

v_c : Kecepatan potong (m/min)

d : Diameter gurdi (mm)

n : Putaran *spindle* (rpm)

Parameter lain yang digunakan pada proses gurdi seperti kecepatan pemakanan (*feed*) dapat dilihat dari tabel rekomendasi dari Ulrich Fischer sebagai berikut :

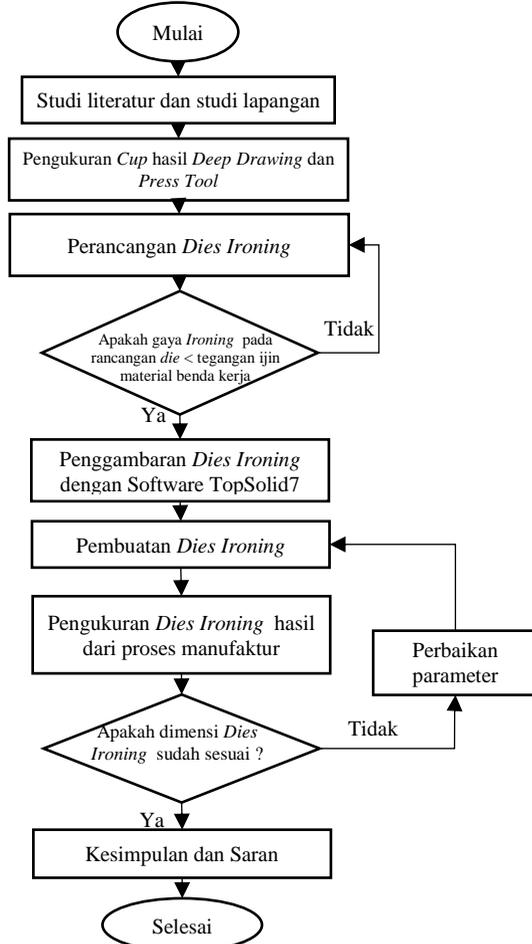
Tabel 2.4 Tabel Rekomendasi Parameter Potong Gurdi (Fischer Ulrich, *Mechanical and Metal Trades Handbook*)

Standard values for drilling with HSS twist drills ¹⁾							
Workpiece material		Cutting speed ²⁾ v_c m/min	Drill diameter d in mm				
Material group	Tensile strength R_m in N/mm ² or Hardness HB		2-3	>3-6	>6-12	>12-25	>25-50
			Feed f in mm/revolution				
Steels, low strength	$R_m \leq 800$	40	0.05	0.10	0.15	0.25	0.35
Steels, high strength	$R_m > 800$	20	0.04	0.08	0.10	0.15	0.20
Stainless steels	$R_m \leq 800$	12	0.03	0.06	0.08	0.12	0.18
Cast iron, malleable cast iron	≤ 250 HB	20	0.10	0.20	0.30	0.40	0.60
Al alloys	$R_m \leq 350$	45	0.10	0.20	0.30	0.40	0.60
Cu alloys	$R_m \leq 500$	60	0.10	0.15	0.30	0.40	0.60
Thermoplastics	-	50	0.10	0.15	0.30	0.40	0.60
Thermoset plastics	-	25	0.05	0.10	0.18	0.27	0.35

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.

3.2 Langkah – langkah Penelitian

3.2.1 Studi Literatur dan Studi Lapangan

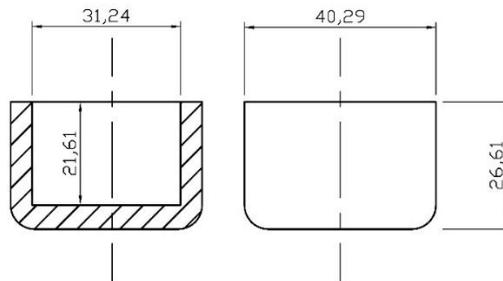
Sebelum melakukan penelitian dilakukan studi literatur dan lapangan sebagai berikut:

- a. Mencari dan mempelajari penelitian penelitian sebelumnya yang terkait.
- b. Mempelajari dasar teori mengenai proses *ironing* .
- c. Mencari *cup* hasil proses *deep drawing* sebelumnya.
- d. Mempelajari spesifikasi *dies* yang sesuai untuk proses *ironing* .
- e. Mempelajari material yang sesuai untuk *dies* proses *ironing* .

3.2.2 Pengukuran Cup Hasil Deep Drawing dan Press Tool

A. Pengukuran Cup Hasil Deep Drawing

Dari penelitian sebelumnya, telah berhasil memproduksi *cup* dari *sheet metal* dengan menggunakan *dies set deep drawing*. Penelitian tersebut berhasil membuat *dies set* yang dapat digunakan untuk proses *deep drawing*. *Dies set* tersebut juga telah berhasil digunakan untuk proses *deep drawing* dari *sheet metal* menjadi *cup*. *Cup* yang dihasilkan tersebut kemudian digunakan untuk bahan baku dari proses *ironing* . Dari hasil pengukuran yang dilakukan, didapatkan dimensi *cup* yang dihasilkan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Dimensi Hasil Pengukuran *Cup Deep Drawing*

Dari hasil pengukuran didapatkan *cup* dengan diameter luar sebesar 40,29 mm, diameter dalam 31,24 mm, dan tinggi *cup* adalah sebesar 26,61 mm.

B. Pengukuran *Press Tool*

Pada proses pembentukan selongsong peluru, *press tool* digunakan sebagai bagian yang mendukung proses pembentukan tersebut. *Press tool* terdiri dari *bed* yang merupakan tempat *dies* dan benda kerja diletakkan, terdapat juga lengan pengarah (*ram*) dan piston hidrolik yang digunakan untuk menggerakkan *punch* ketika proses *ironing* berlangsung. Penelitian sebelumnya telah berhasil merancang *press tool* yang sesuai dengan kegunaannya. Selain itu rancangan tersebut juga telah di manufaktur sehingga *press tool* tersebut dapat digunakan. Pengukuran *press tool* dilakukan untuk mengetahui kesesuaian dimensi *press tool* yang telah dimanufaktur dengan rancangannya, serta hasil pengukuran tersebut digunakan untuk merancang *dies ironing* yang sesuai dengan *press tool* tersebut. Hasil pengukuran yang dilakukan didapatkan dimensi sebagai berikut :

Bed = 45 x 450 x 500 mm

Ram = 20 x 200 x 300 mm

Panjang Stroke Hidrolik = ±400 mm



Gambar 3.3 *Press Tool* yang ada di Teknik Mesin ITS

3.2.3 Perancangan *Dies Ironing*

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan dari *dies* yang yang menyesuaikan dengan ukuran *cup* hasil *deep drawing* dan mesin *press tool* yang tersedia. Adapun tahap tahap yang dilakukan adalah :

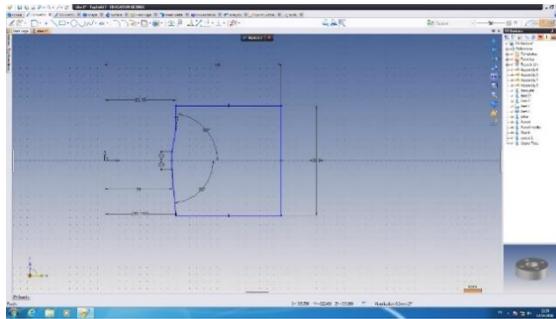
- a. Perhitungan hasil ketebalan yang dicapai setelah proses *ironing* dengan *Thickness Reduction Ratio* (TRR) 26%
- b. Perhitungan ketinggian yang dapat dicapai dari proses *ironing* .
- c. Perhitungan diameter lubang *dies* yang sesuai dengan proses *ironing* .
- d. Perhitungan ketebalan *dies* yang diperlukan untuk proses *ironing* .

- e. Perencanaan bentuk *dies* dan *punch* yang sesuai dengan ukuran *cup* hasil *deep. drawing* dan mesin *press tool* yang tersedia.
- f. Perhitungan panjang maksimal dan gaya *buckling punch*.
- g. Perhitungan gaya *ironing* .

3.2.4 Penggambaran *Dies Ironing* Dengan Menggunakan *Software TopSolid7*

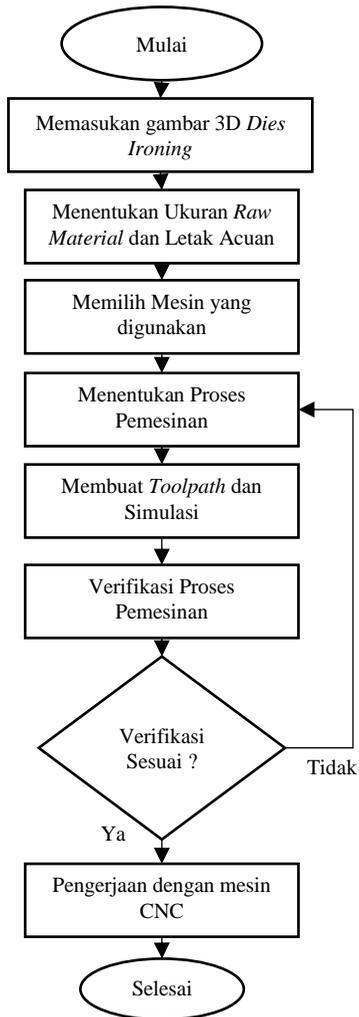
Pada tahapan ini hasil perhitungan *dies ironing* yang telah dilakukan di aplikasikan dalam bentuk gambar. Gambar yang dibuat merupakan gambar 3 dimensi dengan menggunakan ukuran sebenarnya. Gambar 3 dimensi dibuat untuk mengetahui bentuk *Dies Ironing* hasil dari perancangan. Selain itu, tujuan penggambaran *dies ironing* dengan menggunakan *software* CAD TopSolid7 ini adalah untuk mengetahui kesesuaian benda kerja yang direncanakan dengan komponen – komponen pendukungnya. Penggambaran benda kerja secara 3 dimensi juga mempermudah proses pembuatan benda kerja yang menggunakan *software* CAM.

Tahap awal penggambaran *dies ironing* secara 3 dimensi dimulai dengan menggambar sketsa yang diinginkan dalam 2 dimensi, kemudian pada sketsa tersebut diberi ketebalan. Setelah benda kerja berbentuk 3 dimensi, kemudian dilakukan penambahan properties seperti lubang *drilling* dan atau *fillet* sesuai dengan desain yang rencanakan.



Gambar 3.4 Ilustrasi Penggambaran Sketsa Menggunakan *Software* TopSolid7.

3.2.5 Pembuatan *Dies Ironing*



Gambar 3.5 Diagram Alir Pembuatan *Dies Ironing*

Gambar 3.5 merupakan diagram alir pembuatan desain *dies ironing* menggunakan *software* CAD & CAM TopSolid7. Proses yang perlu dilakukan untuk membuat *dies ironing* menggunakan *software* CAD & CAM dijelaskan sebagai berikut :

A. Memasukkan Gambar 3 Dimensi *Dies Ironing*

Hasil dari gambar 3 dimensi *dies ironing* dengan *software* TopSolid7 disiapkan untuk untuk proses *machining*. Proses penyiapan gambar dilakukan dengan pengecekan terhadap dimensi dari gambar 3 dimensi tersebut.

B. Menentukan Ukuran *Raw Material* dan Letak Acuan

Setelah benda kerja yang diinginkan selesai dimasukkan pada proses *machining*. Selanjutnya ditentukan ukuran *raw material*, dan ditentukan pula letak titik acuan. Bentuk dan ukuran *raw material* ditentukan oleh benda kerja yang ingin di manufaktur dan kondisi material sebenarnya yang tersedia. Kemudian letak acuan ditentukan dengan penentuan titik *World Coordinate System* ($X=0$, $Y=0$, dan $Z=0$)

C. Memilih Mesin yang Digunakan

Tahap selanjutnya adalah memilih konfigurasi mesin sesuai dengan mesin yang akan digunakan. Pilihan konfigurasi mesin terdapat pada menu *option*. Konfigurasi mesin CNC yang tersedia pada TopSolid7 adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Daftar Konfigurasi Mesin CNC pada Topsolid7

NC Machine Milling (Head XYZ AB)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ / Table C)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ A)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ B)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ C)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ / Table AB)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ / Table CB)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ A / Table B)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ A / Table C)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ B / Table C)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ CA)	TopSolid Machining
NC Machine Milling (Head XYZ / Table AC)	TopSolid Machining
NC Machine Turning (XZ/C)	TopSolid Machining

D. Menentukan Proses Pemesinan

Pada tahap ini, proses pemesinan menyesuaikan dengan mesin yang digunakan dan pahat potong yang tersedia pada mesin yang akan digunakan. Pada Topsolid7 terdapat tiga pilihan menu untuk tiap proses pada mesin yang berbeda. Menu 2D/3D digunakan untuk proses freis pada mesin 2.5 *axis* dan 3 *axis*. Menu 4D/5D digunakan untuk proses freis pada mesin 4 *axis* dan 5 *axis*. Menu *turning* digunakan untuk proses bubut. Pada tiap menu terdapat pilihan proses yang dapat digunakan seperti *turning*, *roughing*, dan lain-lain. Ketika proses sudah ditentukan, kemudian dilakukan pengaturan parameter lebih lanjut seperti:

Cutting Tool : Material, Geometri, dan *Holder*.

Cutting Condition: Pemilihan putaran mesin, kecepatan makan (*feed rate*), *coolant mode* dan *coolant pressure* (bila diperlukan dan mesin dapat mendukung fitur tersebut).

Setting: Kedalaman pemotongan dan tebal material yang disisakan.

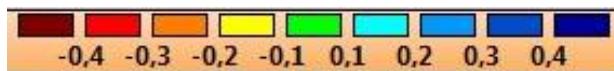
Geometry: Permukaan atau bagian yang akan diproses.

E. Membuat *Toolpath* dan Simulasi

Setelah parameter proses ditentukan, *software* akan membuat jalur jalannya pahat atau *toolpath* untuk proses tersebut. Pengaturan parameter proses sebelumnya sangat berpengaruh pada *toolpath* yang dihasilkan. *Toolpath* yang telah dilakukan pengaturan dan validasi kemudian dapat di simulasikan dengan menggunakan menu *simulate* pada *software* TopSolid7.

F. Verifikasi Proses Pemesinan

Verifikasi proses pemesinan dilakukan untuk memastikan benda kerja mencapai ukuran yang telah ditentukan. Verifikasi proses pemesinan dilakukan dengan menggunakan menu *verify*. Verifikasi dapat memeriksa apakah pergerakan pahat potong melewati bagian yang tidak seharusnya terpotong. Hasil verifikasi ditunjukkan dengan berbagai warna. Bagian yang sudah sesuai dengan spesifikasi akan berwarna hijau. Bagian yang belum terpotong berwarna biru. Bagian yang terpotong lebih dalam dari ukurannya berwarna kuning, coklat, dan merah. Seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.6 Warna yang Menunjukkan Hasil Verifikasi Pemesinan

Jika keseluruhan benda yang diproses sudah berwarna hijau ketika di verifikasi, maka ukuran yang diinginkan sudah tercapai dan pembuatan *toolpath* selesai. Jika hasil verifikasi menunjukkan bahwa spesifikasi produk belum tercapai, maka tahap pembuatan *toolpath* diulangi kembali mulai dari penentuan proses pemesinan.

G. Pengerjaan Dengan Mesin CNC

Setelah proses verifikasi selesai, kemudian dilanjutkan dengan pengerjaan benda kerja dengan mesin CNC. Pada tahap ini, hasil dari proses verifikasi kemudian di *generate ISO* dengan menggunakan software CAD/CAM TopSolid7 yang kemudian menghasilkan *output* berupa *G-Code*. *G-Code* ini memuat data hasil pengaturan *toolpath* yang telah di verifikasi pada proses sebelumnya. *G-Code* tersebut kemudian di masukkan ke mesin CNC untuk proses pengerjaan benda kerja. Mesin CNC akan bekerja sesuai dengan perintah *G-Code*, dimana proses pemesinan yang terjadi sesuai dengan *toolpath* yang direncanakan sebelumnya.

3.2.6 Pengukuran *Dies Ironing* Hasil dari Proses Manufaktur

Setelah benda kerja selesai dibuat dengan menggunakan mesin CNC, kemudian dilakukan pengukuran dimensi dari benda kerja tersebut. Pengukuran yang dilakukan meliputi pengukuran ketepatan dimensi benda kerja. Pengukuran benda kerja hasil proses manufaktur ini dilakukan untuk menjaga benda kerja tetap pada dimensi yang sesuai.

3.2.7 Kesimpulan dan Saran

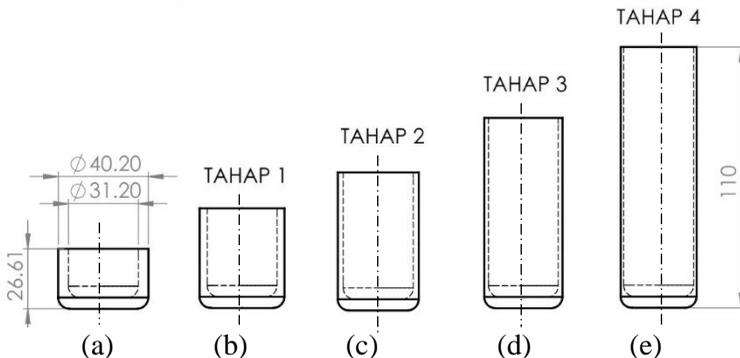
Kesimpulan dan saran dibuat setelah setiap langkah penelitian dilakukan. Kesimpulan dan saran yang di dapatkan diharapkan mampu membantu mengembangkan penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV PERANCANGAN *DIES IRONING*

4.1 Perancangan Proses *Ironing*

Proses *ironing* direncanakan sebanyak 4 tahapan, dimana masing masing proses tersebut dilakukan secara berkesinambungan. Dari bahan baku berupa *cup* dilakukan proses *ironing* tahap 1, hasil dari proses *ironing* tahap 1 kemudian diproses *ironing* tahap 2 dan seterusnya hingga didapat hasil *ironing* tahap 4. Dari keempat tahapan proses *ironing* ini, masing masing menggunakan *dies* dengan dimensi yang berbeda sesuai dengan hasil perhitungan. Pada tiap tahapan proses *ironing*, bahan baku *cup* akan mengalami pengecilan diameter *cup* serta penipisan dinding, seperti ilustrasi sebagai berikut :



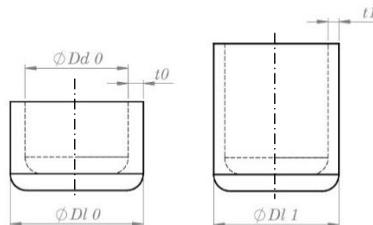
Gambar 4.1 (a) *Cup* Bahan Proses *Ironing* (b) Ilustrasi Hasil *Ironing* Tahap 1 (c) Ilustrasi Hasil *Ironing* Tahap 2 (d) Ilustrasi Hasil *Ironing* Tahap 3 (e) Ilustrasi Hasil *Ironing* Tahap 4

Pada gambar 4.1 (a) *cup* bahan proses *ironing* memiliki diameter luar sebesar 40,2 mm, diameter dalam sebesar 31,2 mm, tebal dinding *cup* sebesar 4,5 mm dan tinggi *cup* sebesar

26,61 mm. Sementara tinggi *cup* yang digunakan untuk selongsong peluru kaliber 20 mm adalah sebesar 110 mm, sehingga diperlukan proses *ironing* untuk memproses bahan baku *cup* agar mencapai ketinggian yang diinginkan.

4.1.1 Ketebalan Dinding *Cup* Hasil Proses *Ironing*

Proses *ironing* yang direncanakan menggunakan *thickness reduction ratio* ($R_{t\%}$) sebesar 26% (M. Nusron Ali, 2016). Dengan menggunakan *cup* yang memiliki diameter luar awal sebesar (Dl_0) 40,2 mm, diameter dalam (Dd_0) 31,2 mm, tebal awal (t_0) = 4,5 mm, dan tinggi *cup* 26,61 mm, maka ketebalan dinding *cup* hasil proses *ironing* digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.2 Ilustrasi Bahan Baku Dan Hasil Proses *Ironing* Tahap 1

Jadi, ketebalan dinding *cup* hasil proses *ironing* tahap 1 (t_1):

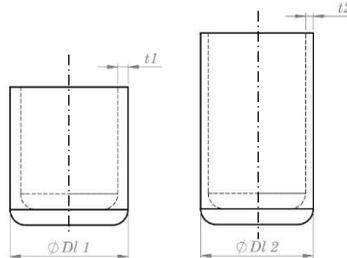
$$R_{t\%} = \frac{100(t_0 - t_1)}{t_0}$$

$$26\% = \frac{100(4,5 - t_1)}{4,5}$$

$$t_1 = 3,33 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan ketebalan dinding *cup* pada proses *ironing* pada tahap 1 didapatkan tebal dinding *cup* setelah proses *ironing* tahap 1 (t_1) adalah 3,33 mm, jadi diameter luar *cup* setelah *ironing* tahap 1 (Dl_1) adalah 37,86

mm. Kemudian proses *ironing* tahap 2 dengan ilustrasi proses sebagai berikut.



Gambar 4.3 Ilustrasi Bahan Baku Dan Hasil Proses *Ironing* Tahap 2

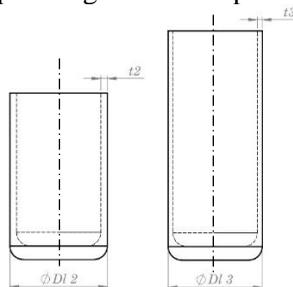
Jadi, ketebalan dinding *cup* hasil proses *ironing* tahap 2 (t_2):

$$R_{t\%} = \frac{100 (t_1 - t_2)}{t_1}$$

$$26 \% = \frac{100 (3,3 - t_2)}{3,3}$$

$$t_2 = 2,46 \text{ mm}$$

Dari perhitungan ketebalan dinding *cup* pada proses *ironing* pada tahap 2 didapatkan tebal dinding *cup* setelah proses *ironing* tahap 2 (t_2) adalah 2,46 mm, jadi diameter luar *cup* setelah ironin tahap 2 adalah (Dl_2) 36,12 mm. Kemudian proses *ironing* tahap 3 dengan ilustrasi proses sebagai berikut.



Gambar 4.4 Ilustrasi Bahan Baku Dan Hasil Proses *Ironing* Tahap 3

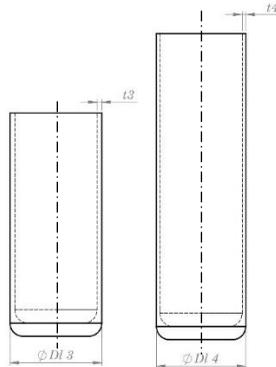
Jadi, ketebalan dinding *cup* hasil proses *ironing* tahap 3 (t_3) :

$$R_{t\%} = \frac{100 (t_2 - t_3)}{t_2}$$

$$26 \% = \frac{100 (2,46 - t_3)}{2,46}$$

$$t_3 = 1,82 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan ketebalan dinding *cup* pada proses *ironing* pada tahap 3 didapatkan tebal dinding *cup* setelah proses *ironing* tahap 3 (t_3) adalah 1,82 mm, jadi diameter luar *cup* setelah *ironing* tahap 3 (Dl_3) adalah 34,84 mm. Kemudian proses *ironing* tahap 4 dengan ilustrasi proses sebagai berikut.



Gambar 4.5 Ilustrasi Bahan Baku Dan Hasil Proses *Ironing* Tahap 4

Jadi, ketebalan dinding *cup* hasil proses *ironing* tahap 4 (t_4) :

$$R_{t\%} = \frac{100 (t_3 - t_4)}{t_3}$$

$$26 \% = \frac{100 (1,82 - t_4)}{1,82}$$

$$t_4 = 1,34 \text{ mm}$$

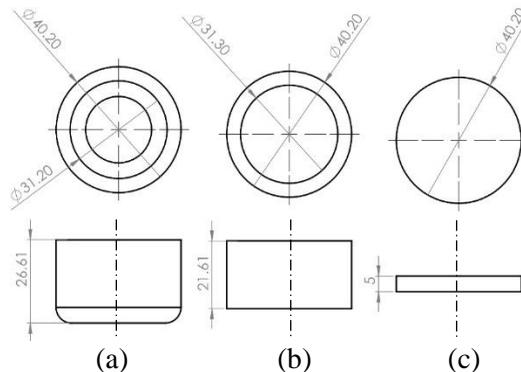
Dari hasil perhitungan ketebalan dinding *cup* pada proses *ironing* pada tahap 4 didapatkan tebal dinding *cup*

setelah proses *ironing* tahap 4 (t_4) adalah 1,34 mm, jadi diameter luar *cup* setelah *ironing* tahap 4 (DL_4) adalah 33,89 mm.

Proses *ironing* tidak dapat dilanjutkan ke tahap 5, hal ini dilakukan karena jika proses *ironing* dengan TRR yang sama dilakukan dari ketebalan 1,34 mm maka ketebalan *cup* hasil *ironing* tahap 5 kurang dari 1 mm. Tebal dinding *cup* yang kurang dari 1 mm tersebut sangat tipis sehingga rawan terjadi kerobekan pada dinding *cup*.

4.1.2 Ketinggian Dinding *Cup* Hasil Proses *Ironing*

Untuk mengetahui ketinggian dinding *cup* dari hasil proses *ironing*, dilakukan perhitungan dengan metode volume konstan. Pada metode volume konstan, volume *cup* awal sebelum mengalami proses dianggap sama dengan volume akhir *cup* setelah proses *ironing*. Untuk menentukan volume awal *cup*, bagian *cup* dibagi menjadi 2 bagian.



Gambar 4.6 (a) Dimensi *Cup* (b) Bagian 1 Dari *Cup* (c) Bagian 2 Dari *Cup*

Dari bagian – bagian tersebut, Untuk menghitung volume *cup* bagian 1 dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_1 = \left(\frac{\pi}{4} \times 40,2^2 \times 26,61\right) - \left(\frac{\pi}{4} \times 31,2^2 \times 26,61\right) = 13423,18 \text{ mm}^3$$

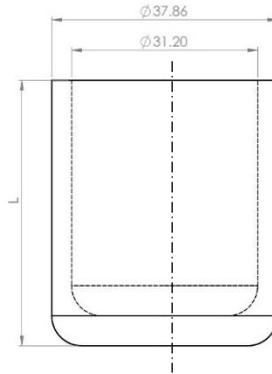
Untuk volume bagian 2 adalah sebagai berikut :

$$V_2 = \left(\frac{\pi}{4} \times 40,2^2 \times 5\right) = 6342,95 \text{ mm}^3$$

Maka, volume total *cup* adalah :

$$\begin{aligned} V_1 + V_2 &= 13423,18 \text{ mm}^3 + 6342,95 \text{ mm}^3 \\ &= 19766,13 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

A. Perhitungan Ketinggian Pada *Ironing* Tahap 1 Dengan Reduksi Ø40,2 mm Menjadi Ø37,8 mm



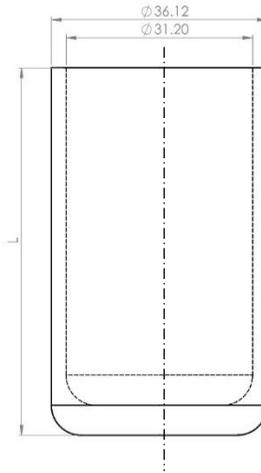
Gambar 4.7 Dimensi *Cup* Hasil Proses *Ironing* Tahap 1

$$\begin{aligned} V_{tot} &= \left(\frac{\pi}{4} \times 40,2^2 \times L\right) - \left(\frac{\pi}{4} \times 31,2^2 \times (L - 5)\right) \\ 19766,13 &= \left(\frac{\pi}{4} \times 40,2^2 \times L\right) - \left(\frac{\pi}{4} \times 31,2^2 \times (L - 5)\right) \\ 19766,13 &= (1125,20L) - (764,15L - 3820,75) \end{aligned}$$

$$19766,13 = 1125,20L - 764,15L + 3820,75$$

$$L = 44,16 \text{ mm}$$

B. Perhitungan Ketinggian Pada *Ironing* Tahap 2 Dengan Reduksi Ø37,8 mm Menjadi Ø36,1 mm



Gambar 4.8 Dimensi *Cup* Hasil Proses *Ironing* Tahap 2

$$V_{tot} = \left(\frac{\pi}{4} \times 36,1^2 \times L \right) - \left(\frac{\pi}{4} \times 31,2^2 \times (L - 5) \right)$$

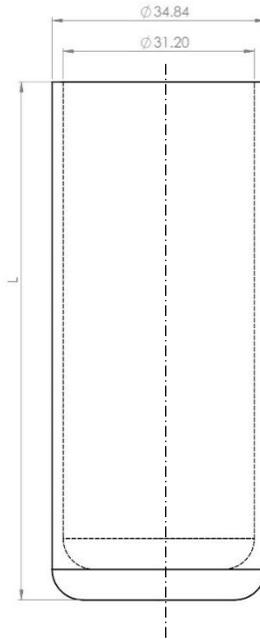
$$19766,13 = \left(\frac{\pi}{4} \times 36,1^2 \times L \right) - \left(\frac{\pi}{4} \times 31,2^2 \times (L - 5) \right)$$

$$19766,13 = (1024,63L) - (764,15L - 3820,75)$$

$$19766,13 = 1024,63L - 764,15L + 3820,75$$

$$L = 61,21 \text{ mm}$$

C. Perhitungan Ketinggian Pada *Ironing* Tahap 3 Dengan Reduksi Ø36,1 mm Menjadi Ø34,8 mm



Gambar 4.9 Dimensi *Cup* Hasil Proses *Ironing* Tahap 3

$$V_{tot} = \left(\frac{\pi}{4} \times 34,8^2 \times L \right) - \left(\frac{\pi}{4} \times 31,2^2 \times (L - 5) \right)$$

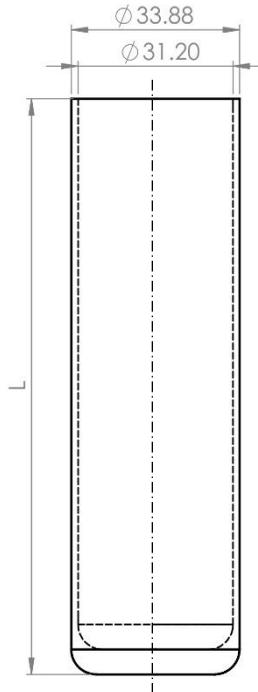
$$19766,13 = \left(\frac{\pi}{4} \times 34,8^2 \times L \right) - \left(\frac{\pi}{4} \times 31,2^2 \times (L - 5) \right)$$

$$19766,13 = (953,23L) - (764,15L - 3820,75)$$

$$19766,13 = 953,23L - 764,15L + 3820,75$$

$$L = 84,32 \text{ mm}$$

D. Perhitungan Ketinggian Pada *Ironing* Tahap 4 Dengan Reduksi Ø34,8 mm Menjadi Ø33,8 mm



Gambar 4.10 Dimensi *Cup* Hasil Proses *Ironing* Tahap 4

$$V_{tot} = \left(\frac{\pi}{4} \times 33,8^2 \times L\right) - \left(\frac{\pi}{4} \times 31,2^2 \times (L - 5)\right)$$

$$19766,13 = \left(\frac{\pi}{4} \times 33,8^2 \times L\right) - \left(\frac{\pi}{4} \times 31,2^2 \times (L - 5)\right)$$

$$19766,13 = (902,06L) - (764,15L - 3820,75)$$

$$19766,13 = 902,06L - 764,15L + 3820,75$$

$$L = 115,61 \text{ mm}$$

4.2 Dimensi Dies dan Punch Ironing

4.2.1 Dimensi Dies Ironing

Dimensi *dies ironing* tahap 1, 2, 3 dan 4 masing - masing berbeda satu dengan yang lain. Hal ini dikarenakan perbedaan ketebalan benda kerja yang diproses. Material yang digunakan untuk *dies ironing* adalah baja SKD 11 dengan modulus elastisitas : 200000 N/mm^2 , *ultimate tensile strength* : 650 MPa, *yield strength* : 350 MPa dan *density* : 7700 kg/ m^3 . Untuk mendapatkan dimensi diameter, tinggi dan ketebalan *dies* yang sesuai untuk masing – masing tahapan, dapat digunakan perhitungan sebagai berikut .

- **Diameter Lubang Dies Ironing Tahap 1 :**

$$\begin{aligned} D_{dies} &= D_{punch} + 2t + 0,05\text{mm} \\ &= 31,24 \text{ mm} + (2 \times 4,5 \text{ mm}) + 0,05 \text{ mm} = 37,91 \\ &\text{mm} \end{aligned}$$

- **Tinggi Dies Ironing Tahap 1 :**

$$\begin{aligned} &\left(10 + 5T + 0,7\sqrt{a + b} \right) c \\ &(10 + (5 \times 4,5 \text{ mm}) + 0,7\sqrt{37,91 \text{ mm} + 37,91 \text{ mm}} . \\ &0,8) = 30,88 \text{ mm} \end{aligned}$$

- **Tebal Dinding Dies Ironing Tahap 1 :**

$$\begin{aligned} &(10 \div 20) + 0,8 H \\ &(10/20) + (0,8 \times 30,8 \text{ mm}) = 25,20 \text{ mm} \end{aligned}$$

- **Diameter Lubang Dies Ironing Tahap 2 :**

$$D_{dies} = D_{punch} + 2t + 0,05 \text{ mm}$$

$$= 31,24 \text{ mm} + (2 \times 3,33 \text{ mm}) + 0,05 \text{ mm} = 36,17 \text{ mm}$$

- **Tinggi Dies Ironing Tahap 2 :**

$$\left(10 + 5T + 0,7\sqrt{a + b} \right) c$$

$$(10 + (5 \times 3,33 \text{ mm}) + 0,7\sqrt{36,17 \text{ mm} + 36,17 \text{ mm}} \cdot 0,8) = 26,08 \text{ mm}$$

- **Tebal Dinding Dies Ironing Tahap 2 :**

$$(10 \div 20) + 0,8 H$$

$$(10/20) + (0,8 \times 26,08 \text{ mm}) = 21,36 \text{ mm}$$

- **Diameter Lubang Dies Ironing Tahap 3 :**

$$D_{dies} = D_{punch} + 2t + 0,05 \text{ mm}$$

$$= 31,24 \text{ mm} + (2 \times 2,46 \text{ mm}) + 0,05 \text{ mm} = 34,89 \text{ mm}$$

- **Tinggi Dies Ironing Tahap 3 :**

$$\left(10 + 5T + 0,7\sqrt{a + b} \right) c$$

$$(10 + (5 \times 2,46 \text{ mm}) + 0,7\sqrt{34,89 \text{ mm} + 34,89 \text{ mm}} \cdot 0,8) = 22,53 \text{ mm}$$

- **Tebal Dinding Dies Ironing Tahap 3 :**

$$(10 \div 20) + 0,8 H$$

$$(10/20) + (0,8 \times 22,53 \text{ mm}) = 18,52 \text{ mm}$$

- **Diameter Lubang Dies Ironing Tahap 4 :**

$$D_{dies} = D_{punch} + 2t + 0,05 \text{ mm} \\ = 31,24 \text{ mm} + (2 \times 1,82 \text{ mm}) + 0,05 \text{ mm} = 33,94 \text{ mm}$$

- **Tinggi Dies Ironing Tahap 4 :**

$$\left(10 + 5T + 0,7 \sqrt{a + b} \right) c \\ (10 + (5 \times 1,82 \text{ mm}) + 0,7 \sqrt{33,94 \text{ mm} + 33,94 \text{ mm}} \cdot 0,8) = 19,91 \text{ mm}$$

- **Tebal Dinding Dies Ironing Tahap 4 :**

$$(10 \div 20) + 0,8 H \\ (10/20) + (0,8 \times 19,91 \text{ mm}) = 16,42 \text{ mm}$$

4.2.2 Dimensi Punch Ironing

Agar proses *ironing* dapat menghasilkan benda kerja yang baik, maka panjang *punch* juga harus diperhatikan. Material untuk *punch* yang digunakan adalah SKD 11 dengan modulus elastisitas sebesar 200000 N/mm². Diameter *punch* yang digunakan, disesuaikan dengan diameter dalam *cup* bahan baku sebesar Ø31,24 mm. Untuk mengetahui panjang maksimal dari *punch* yang sesuai digunakan dalam proses *ironing* yang direncanakan, digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$L_{crit} = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{4LT(0,8 \times UTS)}} \\ L_{crit} = \sqrt{\frac{3,14^2 \times 200000 \text{ N/mm}^2 \times \left(\frac{3,14 \times 31,24^4 \text{ mm}^4}{64} \right)}{4 \times 31,24 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} (0,8 \times 650)}} \\ L_{crit} = \sqrt{90325,22} \\ L_{crit} = 300,54 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan panjang maksimal *punch* yang direkomendasikan adalah 300,54 mm. Sedangkan pada proses perancangan panjang *punch* yang direncanakan adalah sebesar 125 mm.

4.3 Gaya pada Proses *Ironing*

4.3.1 Gaya *Ironing*

Perhitungan gaya *ironing* dilakukan pada masing – masing tahapan proses. Tiap tahapan proses *ironing* menghasilkan besaran gaya *ironing* sebagai berikut :

A. Gaya *Ironing* Tahap 1

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \times (40,2^2 - 31,2^2) = 504,44 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times (37,86^2 - 31,2^2) = 361,05 \text{ mm}^2$$

$$\varphi_{max} = \ln \frac{504,44}{361,05} = 0,334$$

$$K_{str0} = 250 \frac{N}{\text{mm}^2} \text{ (Gambar 2.5)}$$

$$K_{str1} = 880 \times 0,334^{0.433} = 547,652 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{f,m} = \frac{250 + 547,652}{2} = 398,82 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Sehingga :

$$F_{id} = 361,05 \times 398,82 \times 0,334 = 48156,62 \text{ N}$$

$$F_{shear} = \frac{1}{2} \tan 10 \times 361,05 \times 398,82 = 12671,76 \text{ N}$$

$$F_{Fr,S} = \frac{2 \times 398,82 \times 0,334 \times 0,07 \times 361,05}{\sin(2 \times 10)} = 19713,24 \text{ N}$$

$$F_{tot} = 48156,62 + 12671,76 + 19713,24 = 80541,62 \text{ N} \approx 8,2 \text{ Tonf}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan besar gaya *ironing* pada tahap 1 adalah 80541,62 N. Sedangkan besarnya luasan pada hasil proses *ironing* tahap 1 adalah 361,05 mm². Dari hasil tersebut, dapat dihitung besarnya tegangan yang diterima material benda kerja pada proses *ironing* tahap 1. Dimana tegangan yang diterima pada tahap 1 adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{80541,62 \text{ N}}{361,05 \text{ mm}^2} = 223,07 \text{ N/mm}^2 = 223 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan, tegangan yang diterima benda kerja *ironing* tahap 1 adalah 223 MPa. Jika dibandingkan dengan *ultimate tensile strength* material benda kerja yaitu CuZn30 yaitu sebesar 339 MPa, maka tegangan yang diterima material pada proses *ironing* tahap 1 lebih kecil dibandingkan *ultimate tensile strength* material benda kerja. Dari perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa material benda kerja CuZn30 tidak mengalami robek saat dilakukan proses *ironing* tahap 1.

B. Gaya *Ironing* Tahap 2

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \times (37,86^2 - 31,2^2) = 361,05 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times (36,12^2 - 31,2^2) = 260,47 \text{ mm}^2$$

$$\varphi_{max} = \ln \frac{361,05}{260,47} = 0,326$$

$$K_{str0} = 547 \frac{N}{\text{mm}^2} \text{ (dari } K_{str1} \text{ proses } ironing \text{ sebelumnya)}$$

$$K_{str1} = 880 \times 0,326^{0.433} = 541,99 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{f,m} = \frac{547 + 541,99}{2} = 544,49 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Sehingga :

$$F_{id} = 260,47 \times 544,49 \times 0,326 = 46307,38 \text{ N}$$

$$F_{shear} = \frac{1}{2} \tan 10 \times 260,47 \times 544,49 = 12481,06 \text{ N}$$

$$F_{Fr,S} = \frac{2 \times 544,49 \times 0,326 \times 0,07 \times 260,47}{\sin(2 \times 10)} = 18956,24 \text{ N}$$

$$F_{tot} = 46307,38 + 12481,06 + 18956,24 = 77744,68 \text{ N} \approx 7,9 \text{ Tonf}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan besar gaya *ironing* pada tahap 2 adalah 77744,68 N. Sedangkan besarnya luasan pada hasil proses *ironing* tahap 2 adalah 260,47 mm². Dari hasil tersebut, dapat dihitung besarnya tegangan yang diterima material benda kerja pada proses *ironing* tahap 2. Dimana tegangan yang diterima pada tahap 2 adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{77744,68 \text{ N}}{260,47 \text{ mm}^2} = 298,46 \text{ N/mm}^2 = 298 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan, tegangan yang diterima benda kerja *ironing* tahap 2 adalah 298 MPa. Jika dibandingkan dengan *ultimate tensile strength* material benda kerja yaitu CuZn30 yaitu sebesar 339 MPa, maka tegangan yang diterima material pada proses *ironing* tahap 2 lebih kecil dibandingkan *ultimate tensile strength* material benda kerja. Dari perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa material benda kerja CuZn30 tidak mengalami robek saat dilakukan proses *ironing* tahap 2.

C. Gaya Ironing Tahap 3

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \times (36,12^2 - 31,2^2) = 260,47 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times (34,84^2 - 31,2^2) = 189,08 \text{ mm}^2$$

$$\varphi_{max} = \ln \frac{260,47}{189,08} = 0,320$$

$$K_{str0} = 541 \frac{N}{mm^2} \text{ (dari } K_{str1} \text{ proses ironing sebelumnya)}$$

$$K_{str1} = 880 \times 0,320^{0,433} = 537,52 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{f,m} = \frac{541 + 537,52}{2} = 539,26 \frac{N}{mm^2}$$

Sehingga :

$$F_{id} = 189,08 \times 539,26 \times 0,320 = 32662,27 \text{ N}$$

$$F_{shear} = \frac{1}{2} \tan 10 \times 189,08 \times 539,26 = 8973,14 \text{ N}$$

$$F_{Fr,S} = \frac{2 \times 539,26 \times 0,320 \times 0,07 \times 189,08}{\sin(2 \times 10)} = 13370,52 \text{ N}$$

$$F_{tot} = 32662,27 + 8973,14 + 13370,52 = 55005,93 \text{ N} \approx 5,6 \text{ Tonf}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan besar gaya *ironing* pada tahap 3 adalah 55005,93 N. Sedangkan besarnya luasan pada hasil proses *ironing* tahap 3 adalah 189,08 mm². Dari hasil tersebut, dapat dihitung besarnya tegangan yang diterima material benda kerja pada proses *ironing* tahap 3. Dimana tegangan yang diterima pada tahap 3 adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{55005,93 \text{ N}}{189,08 \text{ mm}^2} = 290,90 \text{ N/mm}^2 = 291 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan, tegangan yang diterima benda kerja *ironing* tahap 3 adalah 291 MPa. Jika dibandingkan dengan *ultimate tensile strength* material benda kerja yaitu CuZn30 yaitu sebesar 339 MPa, maka tegangan yang terima material pada proses *ironing* tahap 3 lebih kecil dibandingkan *ultimate tensile strength* material benda kerja. Dari perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa material

benda kerja CuZn30 tidak mengalami robek saat dilakukan proses *ironing* tahap 3.

D. Gaya *Ironing* Tahap 4

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \times (34,84^2 - 31,2^2) = 189,08 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times (33,89^2 - 31,2^2) = 137,91 \text{ mm}^2$$

$$\varphi_{max} = \ln \frac{189,08}{137,91} = 0,315$$

$$K_{str0} = 537 \frac{N}{\text{mm}^2} \text{ (dari } K_{str1} \text{ proses } ironing \text{ sebelumnya)}$$

$$K_{str1} = 880 \times 0,315^{0.433} = 534,05 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{f,m} = \frac{537 + 534,05}{2} = 535,52 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Sehingga :

$$F_{id} = 137,91 \times 535,52 \times 0,315 = 23306,94 \text{ N}$$

$$F_{shear} = \frac{1}{2} \tan 10 \times 535,52 \times 137,91 = 6499,46 \text{ N}$$

$$F_{Fr,S} = \frac{2 \times 535,52 \times 0,315 \times 0,07 \times 137,91}{\sin(2 \times 10)} = 9540,85 \text{ N}$$

$$F_{tot} = 23306,94 + 6499,46 + 9540,85 = 39347,26 \text{ N} \approx 4 \text{ Tonf}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan besar gaya *ironing* pada tahap 4 adalah 39347,26 N. Sedangkan besarnya luasan pada hasil proses *ironing* tahap 4 adalah 137,91 mm². Dari hasil tersebut, dapat dihitung besarnya tegangan yang diterima material benda kerja pada proses *ironing* tahap 4. Dimana tegangan yang diterima pada tahap 4 adalah sebagai berikut:

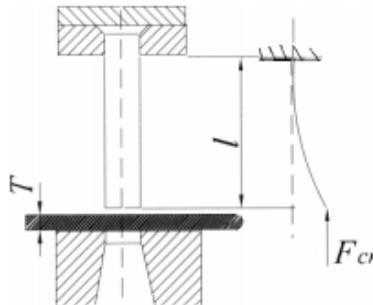
$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{39347,26 \text{ N}}{137,91 \text{ mm}^2} = 69,17 \text{ N/mm}^2 = 69 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan, tegangan yang diterima benda kerja *ironing* tahap 4 adalah 69 MPa. Jika dibandingkan dengan *ultimate tensile strength* material benda kerja yaitu CuZn30 yaitu sebesar 339 MPa, maka tegangan yang diterima material pada proses *ironing* tahap 4 lebih kecil dibandingkan *ultimate tensile strength* material benda kerja. Dari perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa material benda kerja CuZn30 tidak mengalami robek saat dilakukan proses *ironing* tahap 4.

4.3.2 Gaya Buckling pada Punch

Untuk mengetahui apakah saat melakukan proses *ironing*, *punch* mengalami defleksi akibat adanya gaya *buckling*. Maka perlu dilakukan perhitungan gaya *buckling* yang terjadi pada *punch*. Perhitungan gaya *buckling* dilakukan dengan menggunakan rumus Euler. Material *punch* yang digunakan adalah SKD 11 dengan modulus elastisitas sebesar 200000 N/mm².



Gambar 4.11 Gaya *Buckling* Pada Punch Tanpa Pengarah

Perhitungan gaya *buckling* pada *punch*, dilakukan dengan kondisi *punch* tanpa pengaruh seperti pada gambar 4.7. Persamaan gaya *buckling* menurut *Euler* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{crit} &= \frac{\pi^2 EI}{4l^2} \\
 &= \frac{3,14^2 \times 200000 \text{ N/mm}^2 \times \frac{3,14 \times 31,24^4 \text{ mm}^4}{64}}{4 \times 125^2 \text{ mm}^2} \\
 &= 2948716 \text{ N} = 2948,71 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas nilai F_{crit} adalah sebesar 2948716 N, sementara gaya *ironing* terbesar adalah pada tahap 1 yaitu 80541,62 N. Jadi gaya *ironing* terbesar lebih kecil di bandingkan F_{crit} *punch*, sehingga *punch* dikatakan aman. Menurut Vukota Boljanovic pada *punch*, *compression stress* yang terjadi harus kurang dari *compression stress* yang diijinkan pada *hardened tool steel* yaitu sebesar 98 – 156 MPa. Sedangkan *compression stress* yang dialami *punch* adalah sebagai berikut :

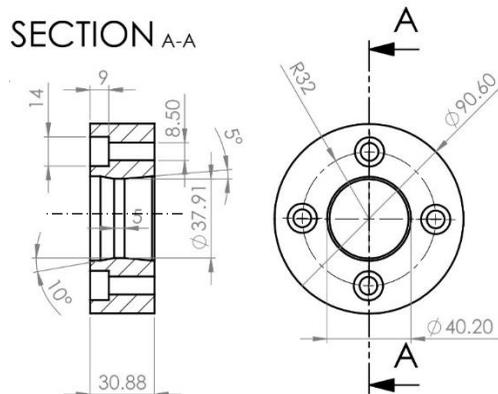
$$\begin{aligned}
 \sigma_d &= \frac{F \text{ ironing}}{\pi r^2} \\
 \sigma_d &= \frac{F \text{ ironing terbesar}}{3,14 \times 15,62^2 \text{ mm}} \\
 \sigma_d &= \frac{80541,62 \text{ N}}{766,15 \text{ mm}^2} \\
 \sigma_d &= 105,12 \text{ MPa} \\
 \sigma_d &< 156 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas, nilai *compression stress* yang dialami *punch* lebih kecil dari nilai *compression stress* material yang diijinkan. Oleh karena itu *punch* dikatakan aman.

BAB V PEMBUATAN *DIES IRONING*

5.1 Rancangan *Dies Ironing*

Dari hasil perhitungan gaya *ironing* pada bab sebelumnya, mekanisme proses keempat tahapan *ironing* yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan sistem *single dies*. Dimana setiap tahapan proses hanya menggunakan 1 jenis *dies*, sehingga setiap pergantian tahap proses dilakukan dengan mengganti *dies ironing* yang digunakan. Sementara *punch* yang digunakan dalam keempat proses *ironing* tersebut adalah sama. Dari hasil perancangan *dies ironing* yang dilakukan kemudian diimplementasikan pada gambar teknik *dies ironing*. *Dies ironing* yang akan dilakukan proses pembuatan adalah *dies ironing* pada tahap 1, sementara gambar rancangan *dies ironing* tahap 2, 3 dan 4 terlampir pada lampiran A. *Dies ironing* tahap 1 memiliki diameter lubang *dies* sebesar 37,91 mm, tinggi *dies* 30,88 mm dan lebar dinding *dies* sebesar 25,20 mm. Dari dimensi – dimensi tersebut dilakukan penggambaran terhadap *ironing dies* tahap 1 sebagai berikut :



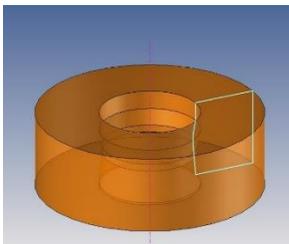
Gambar 5.1 Rancangan *Dies Ironing* Tahap 1

Rancangan *dies ironing* tahap 1 memiliki lubang input benda kerja dengan diameter 40,20 mm serta menggunakan sudut kemiringan *dies* sebesar 10° . Sedangkan pada lubang output dibuat dengan sudut kemiringan 5° . Pada *dies ironing* tersebut juga ditambahkan lubang sebagai tempat pemegang *dies*. Lubang pemegang *dies* berbentuk *counterbore* dengan diameter bagian atas sebesar 14 mm sepanjang 9 mm dan bagian lubang bawah sebesar 8.5 mm hingga tembus. Lubang tersebut dapat dikunci dengan baut *inbus* M8.

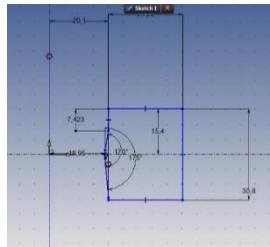
5.1.1 Penggambaran *Dies Ironing* Dengan Software TopSolid7

Proses penggambaran *dies ironing* dengan menggunakan *software* TopSolid7 dimulai dengan menggambar *sketch* dari *dies*. Ukuran dari *sketch* disesuaikan dengan ukuran dari hasil perhitungan sebelumnya. Karena *dies* berbentuk lingkaran, maka pembuatan *sketch* dilakukan dengan menggambar setengah bagian dari *dies* terlebih dahulu. Kemudian dari *sketch* tersebut dilakukan pemberian ketebalan dengan metode *revolve*.

(a)

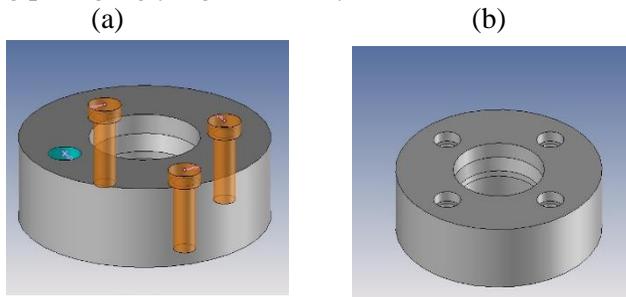


(b)



Gambar 5.2 (a) Proses Penggambaran *Sketch* (b) Pemberian Ketebalan Dengan Metode *Revolve*

Setelah *revolve* dilakukan, *sketch* akan berbentuk 3D dan padat (*solid*). Pada *sketch dies* yang telah berbentuk 3D kemudian dilakukan penambahan lubang untuk lubang pemegang. Penambahan lubang ini dilakukan dengan menggunakan fungsi *drilling*. Jarak lubang dan besarnya lubang *drilling* disesuaikan dengan rancangan yang ada sebelumnya. Kemudian lubang hasil *drilling* tersebut dilakukan fungsi *repetition* untuk menggandakan lubang yang sama dengan jarak tertentu. Fungsi *repetition* dilakukan sebanyak 3 kali sehingga lubang pemegang yang ada sebanyak 4 buah.



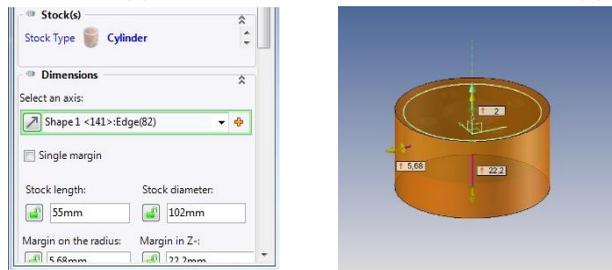
Gambar 5.3 (a) Fungsi *Repetition* Pada Lubang Pemegang (b) Gambar 3D Akhir *Dies Ironing* Tahap 1

5.1.2 Penambahan *Stock* Pada TopSolid 7

Sebelum dilakukan perencanaan proses pemesinan dengan *computer aided machining* (CAM) TopSolid 7, terlebih dahulu dilakukan penambahan bahan baku atau *stock* pada gambar 3D yang telah dibuat. Pada gambar 3D *dies ironing* tahap 1 yang telah selesai kemudian dilakukan fungsi *NC part positioning*. Pada fungsi ini kemudian dimasukkan jenis bahan baku yang akan digunakan. Pembuatan *dies ironing* tahap 1 ini menggunakan bahan baku berbentuk silinder dengan diameter 102 mm dan panjang sebesar 55 mm. Setelah memasukkan ukuran dari bahan baku yang digunakan, kemudian dilakukan penyesuaian peletakan benda kerja pada bahan baku. Peletakan

ini tergantung pada konfigurasi mesin CNC yang digunakan. Pada proses pemesinan *dies ironing* tahap 1 ini, bagian depan *dies ironing* diberi jarak 2 mm dari bagian depan dari bahan baku.

(a) (b)
Gambar 5.4 (a) Memasukkan Ukuran Bahan Baku (b)



Peletakan Benda Kerja Pada Bahan Baku.

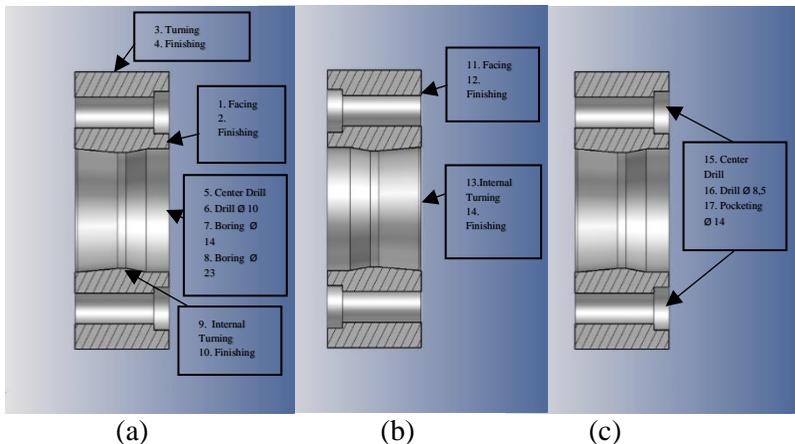
Setelah penambahan ukuran bahan baku dan peletakan posisi benda kerja, kemudian perencanaan proses pemesinan dapat dilakukan dengan fungsi *machining* pada TopSolid7.

5.2 Rencana Proses Pemesinan *Dies Ironing*

Untuk merancang proses pemesinan dengan fungsi *machining* pada *software* TopSolid 7, diperlukan pemilihan jenis mesin yang akan digunakan. Pada benda kerja *dies ironing* tahap 1 jenis mesin yang akan digunakan adalah CNC *Turning 2 Axis*, dan pada *software* TopSolid 7 konfigurasi mesin yang digunakan adalah *NC Machine Turning (XZ/C)*. Pemilihan jenis mesin ini dikarenakan bentuk dari *dies ironing* yang silindris. Sementara untuk membuat lubang pemegang digunakan *NC Machine Milling (XYZ)*. Material yang digunakan untuk pembuatan *dies ironing* adalah baja SKD 11 dengan modulus elastisitas : 200000 N/mm^2 , *ultimate tensile strength* : 650 MPa.

5.2.1 Rencana Proses Pemesinan

Proses yang dilakukan untuk membuat *dies ironing* tahap 1 ini terbagi menjadi 2 proses operasi yaitu bagian depan dan bagian belakang. Tiap proses operasi disesuaikan dengan pahat potong yang tersedia. Proses operasi pada bagian depan adalah proses *facing*, *roughing*, *center drill*, *drilling*, *boring* dan *internal turning*. Kemudian dilanjutkan dengan proses operasi bagian belakang yaitu *facing* dan *internal turning*. Bagian – bagian proses operasi dapat dilihat seperti pada gambar berikut :



Gambar 5.5 (a) Ilustrasi Urutan Proses Operasi Bagian Depan
 (b) Ilustrasi urutan Proses Operasi Bagian Belakang (c)
 Ilustrasi Urutan Proses Operasi Lubang Pemegang

Daftar proses yang akan dilakukan beserta dan pahat potong yang digunakan untuk pembuatan *dies ironing* dengan CNC *Turning* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.1 Daftar Proses Pemesinan *Turning Dies Ironing*
Tahap 1

No.	Bagian	Proses	Pahat Potong	Material
1	Depan	Facing	Pahat Potong Eksternal	Carbide
2		Finishing	Pahat Potong Eksternal	Carbide
3		Eksternal Turning	Pahat Potong Eksternal	Carbide
4		Finishing	Pahat Potong Eksternal	Carbide
5		Center Drill	Center Drill	HSS
6		Drill Ø10	Twist Drill Ø10	HSS
7		Boring Ø14	Twist Drill Ø14	HSS
8		Boring Ø23	Twist Drill Ø23	HSS
9		Internal Turning	Pahat Potong Internal	Carbide
10		Finishing	Pahat Potong Internal	Carbide
11	Belakang	Facing	Pahat Potong Eksternal	Carbide
12		Finishing	Pahat Potong Eksternal	Carbide
13		Internal Turning	Pahat Potong Internal	Carbide
14		Finishing	Pahat Potong Internal	Carbide

Sementara untuk pembuatan pemegang pada dies, digunakan CNC *Milling* dengan proses dan pahat potong sebagai berikut :

Tabel 5.2 Daftar Proses Pemesinan *Milling Dies Ironing*
Tahap 1

No.	Bagian	Proses	Pahat Potong	Material
1	Depan	Center Drill	Center Drill	HSS
2		Drill Ø8,5	Twist Drill Ø8.5	HSS
3		Pocketing Ø14	End Mill Ø8	HSS

5.2.2 Parameter Pemotongan

Parameter pemotongan dipilih berdasarkan material benda kerja dan pahat potong yang digunakan. Parameter potong dapat diambil dari hasil perhitungan atau tabel rekomendasi. Pada penelitian ini, parameter pemotongan yang digunakan diambil dari tabel 2.3. Pemilihan parameter pemotongan pada proses *turning* menggunakan tabel 2.3 ditunjukkan seperti gambar 5.6.

Material group	Workpiece material		Cutting speed v_c in m/min	Feed f in mm	Cutting depth a_p in mm
	Tensile strength R_m in N/mm ² or Hardness HB				
Steels, low strength	$R_m \leq 800$		200-350		
Steels, high strength	$R_m > 800$		100-200		
Stainless steels	$R_m \geq 800$		80-200		
Cast iron, malleable cast iron	≤ 250 HB		100-300		
Al alloys	$R_m \leq 350$		400-800	0.1-0.5	0.3-5.0
Cu alloys	$R_m \leq 500$		150-300		

Gambar 5.6 Pemilihan Parameter Proses *Turning*

Gambar 5.6 menunjukkan rekomendasi parameter pemotongan yang digunakan. Penggunaan material SKD 11 termasuk dalam klasifikasi *steel, high strength* pada tabel

rekomendasi. Dari tabel rekomendasi tersebut *cutting speed* (kecepatan potong) material dengan klasifikasi tersebut adalah 100 m/min – 200 m/min. Batas atas kecepatan potong yaitu 200 m/min digunakan sebagai kecepatan potong saat proses *finishing* dan batas bawah kecepatan potong yaitu 100m/min digunakan sebagai kecepatan potong pada proses *roughing*. Pada kolom *feed* (gerak makan), batas atas *feed* yaitu 0,5 mm digunakan sebagai besarnya gerak makan pada proses *roughing*. Sementara itu batas bawah *feed* yaitu 0,1 mm digunakan sebagai besarnya gerak makan pada proses *finishing*. Kedalaman pemakanan yang digunakan sesuai dengan rekomendasi tabel rekomendasi. Untuk proses *roughing* kedalaman pemakanan yang digunakan sebesar 0,5 mm dan pada proses *finishing* sebesar 0,3 mm. Sementara parameter proses gurdi menggunakan tabel 2.4, dimana pemilihan parameter dilakukan sebagai berikut.

Workpiece material		Cutting speed ^{d)} v_c m/min	Drill diameter d in mm				
Material group	Tensile strength R_m in N/mm ² or Hardness HB		2-3	>3-6	>6-12	>12-25	>25-50
			Feed f in mm/revolution				
Steels, low strength	$R_m \leq 800$	40	0.05	0.10	0.15	0.25	0.35
Steels, high strength	$R_m > 800$	20	0.04	0.08	0.10	0.15	0.20
Stainless steels	$R_m \leq 800$	12	0.03	0.06	0.08	0.12	0.18
Cast iron, malleable cast iron	≤ 250 HB	20	0.10	0.20	0.30	0.40	0.60

Gambar 5.7 Pemilihan Parameter Proses Gurdi

Gambar 5.7 menunjukkan rekomendasi parameter pemotongan yang digunakan. *Cutting speed* yang direkomendasikan adalah sebesar 20 m/min. Pada proses *center drill*, diameter drill yang digunakan adalah 5 mm sehingga *feed* yang direkomendasikan sebesar 0,08 mm/rev. Proses *drilling* dengan menggunakan diameter *drill* 10 mm, sehingga menggunakan *feed* sebesar 0,10 mm/rev. Selanjutnya proses *boring* dengan diameter 14 mm dan 23 mm, menggunakan *feed* sebesar 0,15 mm/rev. Parameter yang sama juga digunakan

pada proses pemesinan lubang pemegang. Dengan menggunakan CNC *Milling*, pendekatan proses yang digunakan adalah proses gurdi, sehingga parameter proses yang digunakan adalah parameter proses gurdi. Pada proses *center drill*, diameter drill yang digunakan adalah 5 mm sehingga *feed* yang direkomendasikan sebesar 0,08 mm/rev. Selanjutnya *drilling* dengan menggunakan diameter *drill* 8,5 mm, sehingga menggunakan *feed* sebesar 0,10 mm/rev. Sementara pada proses *pocketing* Ø14 dengan pahat *end mill* Ø8, parameter yang digunakan disesuaikan yaitu *cutting speed* 100 m/min, *feed* 0,5 mm, *depth of cut* 0,02 mm dan putaran pahat 1500 rpm.

Pada penelitian ini, mesin CNC Turning yang digunakan memiliki kecepatan putaran *spindle* maksimum sebesar 3500 rpm. Saat proses *turning*, untuk mendapatkan kecepatan pemakanan yang konstan maka putaran *spindle* akan mengikuti diameter. Semakin kecil diameter yang dikerjakan maka semakin besar putaran *spindle* yang dihasilkan. Sementara saat melakukan proses gurdi, putaran *spindle* yang digunakan adalah konstan sehingga penggunaan tabel rekomendasi seperti gambar 5.7 di atas digunakan untuk perhitungan putaran *spindle* sebagai berikut.

- *Center Drill* Ø5mm

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$= \frac{20 \times 1000}{\pi \times 5} = 1273 \text{ rpm}$$

- *Center Drill* Ø5mm

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$= \frac{20 \times 1000}{\pi \times 5} = 1273 \text{ rpm}$$

- *Drilling* Ø10mm

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$= \frac{20 \times 1000}{\pi \times 10} = 636 \text{ rpm}$$

- *Drilling* Ø8,5mm

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$= \frac{20 \times 1000}{\pi \times 8,5} = 749 \text{ rpm}$$

- *Boring* Ø14mm

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$= \frac{20 \times 1000}{\pi \times 14} = 454 \text{ rpm}$$

- *Boring* Ø23mm

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$= \frac{20 \times 1000}{\pi \times 5} = 276 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan kecepatan putaran *spindle* untuk masing – masing proses gurdi yang dilakukan. Perhitugan diatas juga digunakan pada proses pembuatan lubang pemegang dengan mesin CNC *Milling*. Pada proses pemesinan *dies ironing* tahap 1 ini parameter yang digunakan ditampilkan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 5.3 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan Die *Ironing*

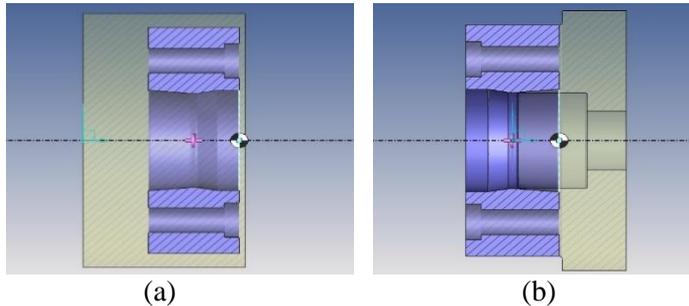
No	Proses	Mesin yang digunakan	Material Pahat Potong	Vc (m/min)	N (rpm)	F (mm/rev)	Depth of cut (mm)	Tool Number
1	Facing	CNC Turning	Carbide	100	-	0,3	0,5	7
2	Finishing	CNC Turning	Carbide	200	-	0,1	0,3	7
3	Eksternal Turning	CNC Turning	Carbide	100	-	0,3	0,5	7
4	Finishing	CNC Turning	Carbide	200	-	0,1	0,3	7
5	Center Drill	CNC Turning	HSS	20	1273	0,08	3	6
6	Drill Ø10	CNC Turning	HSS	20	636	0,10	5	6
7	Boring Ø14	CNC Turning	HSS	20	454	0,15	5	6
8	Boring Ø23	CNC Turning	HSS	20	276	0,15	5	6
9	Internal Turning	CNC Turning	Carbide	100	-	0,3	0,5	2
10	Finishing	CNC Turning	Carbide	200	-	0,1	0,3	2
11	Facing	CNC Turning	Carbide	100	-	0,3	0,5	7
12	Finishing	CNC Turning	Carbide	200	-	0,1	0,3	7

13	Internal Turning	CNC Turning	Carbide	100	-	0,3	0,5	2
14	Finishing	CNC Turning	Carbide	200	-	0,1	0,3	2
15	Center Drill	CNC Milling	HSS	20	1273	0,08	3	8
16	Drilling Ø8,5	CNC Milling	HSS	20	749	0,10	5	9
17	End Mill Ø14	CNC Milling	HSS	100	1500	0,5	0,02	10

5.3 Pembuatan *Toolpath*

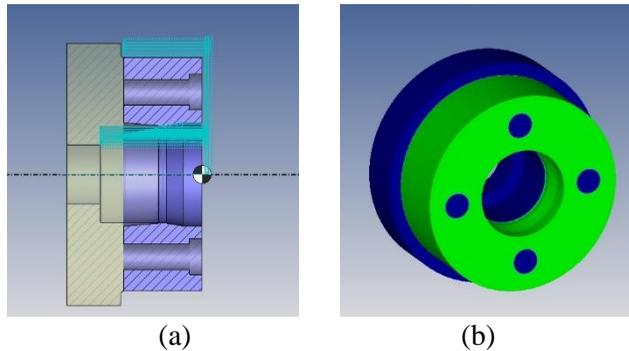
Proses pembuatan *toolpath* dilakukan setelah melakukan pemilihan mesin yang ingin digunakan (NC Machine Turning). Pada *software* Topsolid7 pilihan proses bubut terdapat pada menu tab *turning*. Pada menu *turning* terdapat beberapa pilihan proses diantaranya adalah *roughing*, *finishing*, *grooving* untuk alur, dan *threading* untuk ulir. Selain itu proses *hole machining* dapat dipilih pada tab 2D untuk proses gurdi. Menu – menu inilah yang digunakan untuk membuat *toolpath* untuk proses pemesinan benda kerja.

Sebelum melakukan pembuatan *toolpath*, terlebih dahulu ditentukan posisi dari koordinat referensi (X0, Y0) pada benda kerja. Posisi koordinat referensi diletakkan pada titik tengah bagian depan benda kerja seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.8.



Gambar 5.8 (a) Koordinat X0, Y0 Pada Proses Pengerjaan Bagian Depan (b) Koordinat X0,Y0 Pada Proses Pengerjaan Bagian Belakang

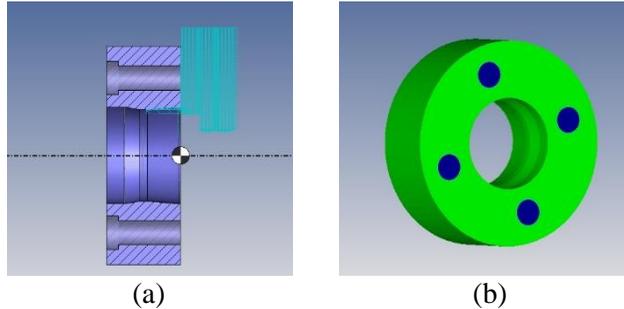
Pada proses pembuatan *dies ironing* tahap 1, *toolpath* yang dibuat berdasarkan pada rencana proses yang dirancang pada sub – bab sebelumnya. *Toolpath* dibuat sesuai dengan rencana proses yang dirancang yaitu pada bagian depan dimulai dengan proses *facing* sedalam 2 mm, kemudian dilakukan *finishing facing*. Proses dilanjutkan dengan *roughing* untuk mengurangi diameter bahan baku, *roughing* dilakukan dengan batas sepanjang 31 mm dari referensi awal yaitu bagian depan *dies* yang dirancang. Selanjutnya proses yang dilakukan adalah *center drill*, *drilling* hingga tembus, dan *boring*. Proses berikutnya adalah *internal turning*, proses *internal turning* dilakukan sepanjang 55 mm. Batasan ini disesuaikan dengan settingan dari mesin yang digunakan. Setelah proses *internal turning* dilakukan kemudian dilanjutkan dengan proses *finishing*. Pada proses pembuatan *toolpath* juga ditampilkan waktu pemesinan yang terjadi, masing – masing proses menghasilkan waktu pemesinan yang berbeda – beda. *Toolpath* yang dihasilkan dari seluruh proses tersebut dapat dilihat pada gambar 5.9 (a). Setelah *toolpath* proses bagian depan selesai, dilakukan verifikasi hasil proses dengan menu *verify* pada *software* TopSolid 7.



Gambar 5.9 (a) *Toolpath* Pada Proses Pengerjaan Bagian Depan (b) Hasil Verifikasi Proses Pengerjaan Bagian Depan

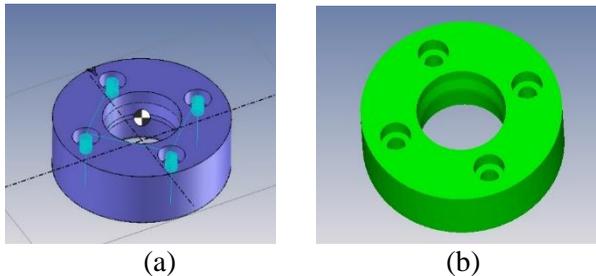
Warna yang dihasilkan dari hasil *verify* menunjukkan ukuran yang nantinya akan dicapai saat proses pemesinan. Pada gambar 5.9 (b) warna hijau menunjukkan bahwa hasil benda kerja memiliki ukuran $\pm 0,1$ mm dari rancangan yang diinginkan. Sementara warna biru menunjukkan bahwa hasil benda kerja memiliki ukuran lebih besar dari 0,4 mm dari rancangan yang ditentukan. Oleh karena itu bagian berwarna biru akan diproses pada tahapan berikutnya.

Proses berikutnya adalah penggantian orientasi dari benda kerja, hal ini dilakukan agar bagian belakang *dies* dapat dilakukan proses pemesinan. Pada proses pemesinan *dies ironing* tahap 1 bagian belakang, pembuatan *toolpath* bagian belakang dimulai dengan proses *facing* selanjutnya dilakukan *finishing facing*, lalu dilanjutkan dengan *internal turning* dan *finishing*. *Toolpath* dan hasil verifikasi hasil proses bagian belakang dapat dilihat pada gambar 5.10.



Gambar 5.10 (a) *Toolpath* Pada Proses Pengerjaan Bagian Belakang (b) Hasil Verifikasi Proses Pengerjaan Bagian Belakang

Pada proses pembuatan lubang pemegang, pengaturan mesin yang digunakan diganti menjadi *NC Machine Milling (XYZ)*. Kemudian dilakukan pembuatan *toolpath* sesuai dengan proses yang telah dirancang sebelumnya. Dari hasil pembuatan *toolpath* kemudian dilakukan verifikasi untuk mengetahui dimensi hasil yang akan dicapai.



Gambar 5.11 (a) *Toolpath* Pada Proses Pembuatan Lubang Pemegang (b) Hasil Verifikasi Proses Pengerjaan Lubang Pemegang

5.4 Pembuatan *G – Code*

Proses pembuatan *G – Code* dilakukan dengan menu *generate ISO* pada rancangan proses pemesinan yang telah diverifikasi sebelumnya. Pada *software* TopSolid7 yang terdapat di Laboratorium CAE Tek. Mesin ITS memiliki *post processor* untuk *generate* G Code dengan format *3 Axis Milling* dengan *control* Fanuc. Sementara Untuk proses pembuatan *dies ironing* tahap 1 menggunakan mesin *2 Axis Turning* dengan *control* Siemens Sinumerik 840D. Oleh karena itu, perlu dilakukan beberapa penyesuaian terhadap *G – Code* yang dihasilkan oleh *software* TopSolid7 dengan *G – Code* yang dapat dibaca oleh mesin. Penyesuaian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

A. Format Keterangan Proses

Keterangan proses berfungsi untuk menunjukkan proses yang akan terjadi dan pahat potong yang digunakan pada proses tersebut. Selain itu pada bagian awal *G – Code* keterangan proses juga menampilkan nama *file* CAM yang digunakan dan waktu ketika melakukan proses *generate G –Code*. Pada *control* Fanuc, keterangan proses diawali dengan tanda “(“ dan diakhiri tanda “)“. Sedangkan keterangan proses pada *control* Siemens diawali dengan tanda “;” tanpa diakhiri dengan tanda apapun. Contoh *editing* keterangan proses dapat dilihat pada tabel 5.4.

B. Home Position

Home position berfungsi untuk menggerakkan pahat potong menuju titik (0,0) mesin. Perintah *home position* perlu ditambahkan sebelum perintah pergantian pahat potong, selain itu perintah *home position* juga digunakan saat seluruh proses pengerjaan selesai. Pada *control* fanuc, perintah *home position* menggunakan

kode “G28”. Sedangkan pada *control* Siemens perintah *home position* yang digunakan adalah “G75”. Contoh *editing* perintah ini terdapat pada tabel 5.4.

C. Tool Change

Tool Change adalah perintah yang digunakan untuk mengganti pahat potong. Kode perintah tool change pada *control* fanuc adalah “M6”, sementara pada *control* siemens kode perintah penggantian pahat potong adalah “D1”. Contoh *editing* perintah ini terdapat pada tabel 5.4.

D. Putaran Spindle

Pada proses bubut untuk mendapatkan kecepatan potong yang konstan sesuai dengan diameter yang dikerjakan, putaran *spindle* berubah – ubah mengikuti perubahan diameter saat proses pemotongan. Pada *G – Code* yang dihasilkan *post processor* Fanuc 3 axis *milling*, Putaran *spindle* yang dihasilkan adalah konstan. Oleh karena itu, pada penggunaan *control* Siemens perlu ditambahkan perintah yang digunakan untuk memvariasikan putaran potong. Kode yang digunakan untuk memvariasikan kecepatan *spindle* sesuai dengan diameter pengerjaannya adalah “G96”. Sementara itu, pada proses gurdi tetap menggunakan putaran *spindle* yang konstan. Oleh karena itu pada setiap proses gurdi ditambahkan kode “G97” pada baris *G –Code* yang dihasilkan. Contoh penambahan perintah ini terdapat pada tabel 5.4.

E. Limitasi Putaran Spindle

Pada perintah sebelumnya, putaran *spindle* berubah mengikuti diameter benda kerja. Semakin kecil diameter, maka putaran *spindle* yang dihasilkan akan

semakin tinggi. Saat diameter mendekati 0 (nol) maka putaran spindle akan mendekati tak terhingga. Oleh karena itu nilai putaran *spindle* harus dibatasi. Pada *control* siemens, perintah limitasi putaran *spindle* adalah “LIMS=(nilai putaran maksimum)”. Contoh *editing* perintah ini terdapat pada tabel 5.4.

F. Tool Height Compensation

Tool Height Compensation adalah perintah aktivasi kompensasi panjang pahat potong. Pada *G – Code* hasil dari post processor Fanuc 3 axis milling terdapat perintah *tool height compensation* yaitu kode “G43”. Sementara pada *control* siemens kode tersebut tidak dapat dikenali, Oleh karena itu kode perintah *tool height compensation* dapat dihapus.

G. Perintah Siklus (Cycle)

Perintah siklus (*cycle*) adalah perintah-perintah yang digunakan untuk melakukan proses-proses yang memiliki siklus tertentu seperti proses gurdi (*drilling*). Pada *G – Code* yang dihasilkan *post processor* Fanuc 3 axis milling perintah siklus drilling yang digunakan adalah “G81”. Sementara pada *control* siemens perintah siklus yang digunakan adalah “CYCLE81” untuk proses *drilling* dan “CYCLE83” untuk proses *boring*. Contoh penambahan perintah ini terdapat pada tabel 5.4.

H. Radius Dimensioning

G – Code yang dihasilkan *post processor* Fanuc 3 axis milling memiliki koordinat dimana nilai *X axis* menunjukkan radius dari benda kerja. Sementara pada mesin CNC *turning* yang digunakan, menggunakan nilai *X axis* adalah diameter dari benda kerja. Hal ini menyebabkan proses pemesinan yang dilakukan lebih

kecil dari dari yang direncanakan. Oleh karena itu, dilakukan penyesuaian pada nilai radius dengan mengalikan 2 (dua) nilai *X axis* sehingga menjadi diameter. Cara lain yang dapat digunakan adalah dengan deaktifasi diameter *dimensioning* menggunakan perintah “DIAMOF”. Contoh *editing* perintah ini terdapat pada tabel 5.4 .

Tabel 5.4 Contoh *Editing G – Code* yang Dilakukan.

<i>G – Code</i> Fanuc 3 Axis Milling	<i>G – Code</i> yang telah disesuaikan dengan <i>control</i> Siemens	Keterangan
(PROGRAM NAME - <i>IRONING DIES</i>)	;PROGRAM NAME - <i>IRONING DIES</i>	Keterangan Program
(DATE=DD-MM-YY 28-06-18 TIME=HH:MM - 22:13)	;DATE=DD-MM-YY 28-06-18 TIME=HH:MM - 22:13	Keterangan Waktu
G21		
G0 G18 G40 G49 G80 G90 G54	G0 G90 G54	
	G75 X0 Z0	
(C80-RHOMBIC R EXTERNAL TURN R0,8 IC 12,7)	;C80-RHOMBIC R EXTERNAL TURN R0,8 IC 12,7	Keterangan Pahat
T1 M6	T1 D1	Penggantian Pahat

	LIMS=3500	<i>Spindle Speed Limit</i>
S150 M3	G96 S150 M3	<i>Constant Velocity of Cutting</i>
X0. F.3 X1.414 Z3.789 Z4.214 F66.667 X53.8 Z1.95 X0. F.3 X1.414 Z3.364	X0. F.3 X2.828 Z3.789 Z4.214 F66.667 X107.6 Z1.95 X0. F.3 X2.828 Z3.364	Contoh Penggantian Nilai X Axis dari <i>Radius</i> <i>Dimensioning</i> ke Format Diameter
(TWISTED DRILL D3 L124 SD3) T2 M6 S800 M3 G1 G90 G54 G17 X0. F1000 Z2.3 M08 G81 Z-3. R2.3 F3 G80 G1 Z2.3 F1000	;TWISTED DRILL D3 L124 SD3 T2 D1 G97 S800 M3 G1 G90 G54 G17 X0. F1000 Z2.3 M08 CYCLE81(5.00000, 0.00000, 1.00000, - 3.00000, 0.0000)	Contoh Penggunaan Perintah Siklus (<i>Cycle</i>) pada Proses <i>Drilling</i>
G91 G28 X0. G28 Z0.	G75 X0 Z0	<i>Home Position</i>

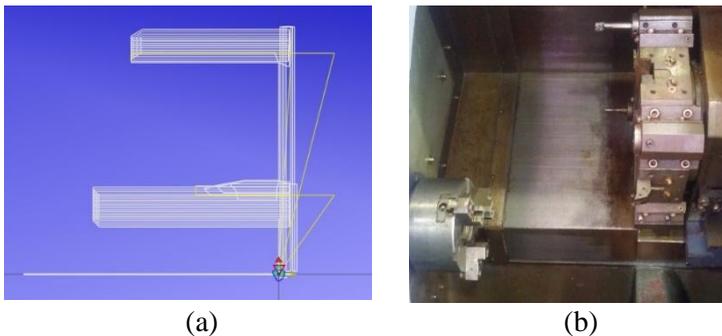
*G – Code yang dihasilkan dilampirkan pada lampiran B

Pada proses pembuatan lubang pemegang dilakukan dengan menggunakan mesin CNC *3 Axis Milling* dengan *control* fanuc. *Control* yang digunakan sesuai dengan *post processor* yang tersedia pada *software* TopSolid 7 yang terdapat

di lab. CAE Teknik Mesin ITS sehingga tidak diperlukan penyesuaian hasil *G – Code* yang diperoleh dari *software* tersebut.

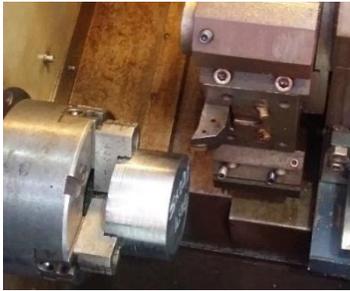
5.5 Pembuatan Komponen

Setelah program *G – Code* disesuaikan dengan *control* pada mesin yang tersedia, benda kerja dibuat dengan menjalankan program tersebut. Sebelum proses pembuatan benda kerja, program *G – Code* terlebih dahulu dibaca dengan menggunakan aplikasi pembaca program. Saat proses pembacaan juga dilakukan *running test* terhadap program. *Running test* bertujuan untuk mensimulasikan gerakan pahat (*toolpath*) yang ada dalam program *G – Code*. Setelah dilakukan proses *running test* di *software* pembaca *G – Code*, program *G – Code* di jalankan pada mesin yang ingin digunakan tanpa menggunakan benda kerja (*dry run*). Hal ini bertujuan untuk memeriksa ulang kesesuaian program *G – Code* dengan mesin yang digunakan. Jika program dapat dijalankan dengan baik pada mesin, maka pembuatan komponen dapat dilakukan.



Gambar 5.12 (a) Proses *Running Test* Pada *Software* Pembaca *G – Code* (b) Proses *Dry Run* Pada Mesin *CNC Turning*

Proses pembuatan komponen dimulai dengan menentukan titik referensi dari benda kerja. Titik referensi ini ditentukan dengan cara menyentuh pahat potong yang ingin digunakan dalam proses pemesinan pada benda kerja. Pada mesin CNC *turning*, ketika pahat potong menyentuh sedikit bagian depan benda kerja, maka koordinat yang terlihat pada mesin akan dimasukkan ke control mesin sebagai referensi benda kerja. Proses ini dilakukan agar mesin mengetahui letak benda kerja.



(a)



(b)

Gambar 5.13 (a) Proses *Setting* Pahat Pada CNC *Turning* (b)
Proses *Setting* Pahat pada CNC *Milling*

Pembuatan komponen dilakukan dengan menjalankan program *G – Code* yang telah dibuat, sebelumnya program *G – Code* tersebut dipisahkan tiap – tiap prosesnya menjadi *file NC* yang berbeda – beda. Pada saat pembuatan komponen, masing – masing proses memiliki waktu proses yang berbeda. Waktu proses pemesinan dapat dilihat pada layar monitor yang terdapat pada mesin CNC. Waktu proses pengerjaan pada mesin dapat dilihat pada tabel 5.5.



Gambar 5.14 (a) Proses Pengerjaan Komponen dengan CNC *Turning* (b) Proses Pengerjaan Komponen dengan CNC *Milling*

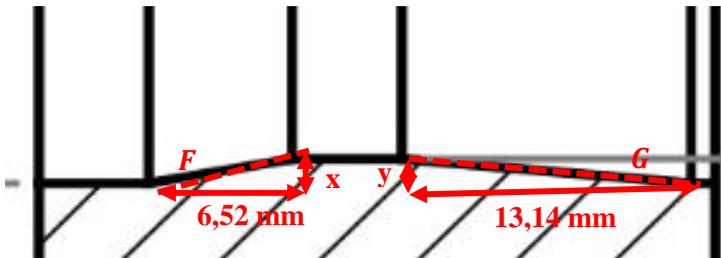
Tabel 5.5 Waktu Proses Pemesinan Dengan Mesin CNC

No.	Proses	Mesin yang digunakan	Waktu Pemesinan dengan Mesin CNC
1	Facing	CNC Turning	1 menit 43 detik
2	Finishing	CNC Turning	33 detik
3	Eksternal Turning	CNC Turning	3 menit 58 detik
4	Finishing	CNC Turning	43 detik
5	Center Drill	CNC Turning	2 menit 6 detik
6	Drill $\varnothing 10$	CNC Turning	4 menit 31 detik
7	Boring $\varnothing 14$	CNC Turning	8 menit 28 detik
8	Boring $\varnothing 23$	CNC Turning	8 menit 39 detik
9	Internal Turning	CNC Turning	3 menit 11 detik
10	Finishing	CNC Turning	42 detik
11	Facing	CNC Turning	13 menit 35 detik
12	Finishing	CNC Turning	32 detik

13	Internal Turning	CNC Turning	1 menit 56 detik
14	Finishing	CNC Turning	37 detik
15	Center Drill	CNC Milling	1 menit 4 detik
16	Drill Ø8,5	CNC Milling	3 menit 30 detik
17	Pocketing Ø14	CNC Milling	14 menit 28 detik

5.6 Pengukuran Hasil

Komponen hasil proses pemesinan yang telah selesai dibuat, kemudian diukur untuk memastikan bahwa pergerakan pahat potong sudah sesuai dengan dimensi produk. *Dies ironing* tahap 1 yang telah dibuat diukur dengan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,01 mm. Sementara cara yang digunakan pada pengukuran sudut adalah dengan menggunakan hasil pengukuran sisi – sisi lalu dihitung menggunakan rumus perbandingan *Phytagoras*.



5.15 Penggunaan Perbandingan *Phytagoras* Untuk Mengukur Sudut *Dies*

Untuk menghitung sudut dan digunakan perbandingan *phytagoras*, dimana pada sisi – sisi x dan y didapatkan dari selisih diameter yang diukur dengan jangka sorong. Sementara sisi 6,52 mm dan 13,14 mm didapatkan dari gambar rancangan.

Sisi – sisi tersebut kemudian di masukkan kepersamaan berikut untuk mendapatkan hasil sudut.

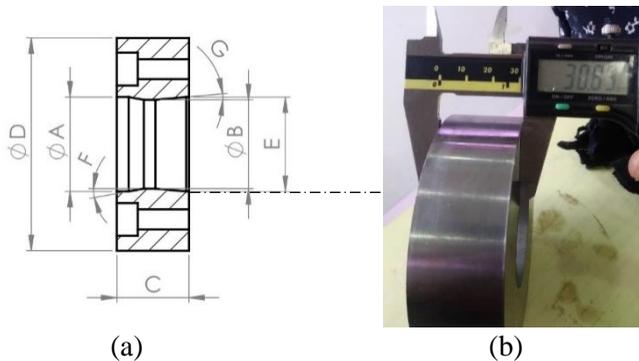
$$x = \frac{\varnothing B - \varnothing A}{2}$$

$$F = \tan^{-1}\left(\frac{6,52 \text{ mm}}{x}\right)$$

$$y = \frac{\varnothing E - \varnothing A}{2}$$

$$G = \tan^{-1}\left(\frac{13,14 \text{ mm}}{y}\right)$$

Dari persamaan diatas akan didapatkan nilai sudut F dan G pada *dies ironing*. Dimensi lain pada dies yang diukur ditentukan pada gambar berikut.



Gambar 5.16 (a) Dimensi yang diukur (b) Proses Pengukuran Dimensi *Dies Ironing*

Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap dimensi. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengukuran Dimensi *Dies Ironing*

Bagian	Dimensi	Pengukuran ke-				
		1	2	3	4	5
$\varnothing A$	40,20 mm	40,17	40,20	40,19	40,20	40,18

ØB	37,91 mm	37,91	37,95	37,92	37,92	37,93
C	30,88 mm	30,79	30,88	30,79	30,88	30,83
ØD	90,60 mm	90,59	90,60	90,60	90,58	90,59
ØE	40,20 mm	40,20	40,18	40,20	40,20	40,20
F	10°	9,83°	9,78°	9,87°	9,91°	9,97°
G	5°	4,91°	4,89°	4,93°	4,95°	4,89°

Tabel 5.6 di atas menunjukkan data hasil pengukuran dimensi yang dilakukan. Data hasil pengukuran menunjukkan kesesuaian terhadap toleransi yang dihasilkan saat proses verifikasi proses CAM dengan *software* TopSolid7. Pada hasil verifikasi tersebut toleransi yang diberikan adalah sebesar $\pm 0,1$ mm. Dari hasil pengukuran yang dilakukan, dimensi yang dihasilkan masih dalam batas toleransi produk. Penyimpangan yang terjadi pada dimensi yang diukur dapat disebabkan oleh pahat potong pada *internal turning* yang mengalami keausan dan kesalahan pembacaan dimensi oleh operator saat pengukuran.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. *Dies ironing* untuk pembuatan selongsong peluru kaliber 20 mm dirancang sebanyak 4 tahapan, dengan dimensi sebagai berikut :
 - *Dies ironing* tahap 1 memiliki diameter lubang *dies* Ø37,91 mm dengan tinggi *dies* 30,88 mm dan tebal dinding *dies* 25,20 mm
 - *Dies ironing* tahap 2 memiliki diameter lubang *dies* Ø36,17 mm dengan tinggi *dies* 26,08 mm dan tebal dinding *dies* 21,36 mm
 - *Dies ironing* tahap 3 memiliki diameter lubang *dies* Ø34,89 mm dengan tinggi *dies* 22,53 mm dan tebal dinding *dies* 18,52 mm
 - *Dies ironing* tahap 4 memiliki diameter lubang *dies* Ø33,94 mm dengan tinggi *dies* 19,91 mm dan tebal dinding *dies* 16,42 mm
2. Proses *ironing* untuk pembuatan selongsong peluru kaliber 20 mm dibagi menjadi 4 tahapan proses *ironing* yaitu :
 - *Ironing* tahap 1 digunakan mereduksi *cup* dari Ø40,2 mm menjadi Ø37,86 dengan tinggi *cup* 44,16 mm.
 - *Ironing* tahap 2 digunakan mereduksi *cup* dari Ø37,86 mm menjadi Ø36,12 dengan tinggi *cup* 61,21 mm.

- *Ironing* tahap 3 digunakan mereduksi *cup* dari $\text{Ø}36,12$ mm menjadi $\text{Ø}34,84$ dengan tinggi *cup* 84,32 mm.
 - *Ironing* tahap 4 digunakan mereduksi *cup* dari $\text{Ø}34,84$ mm menjadi $\text{Ø}33,89$ dengan tinggi *cup* 115,61 mm.
3. Gaya proses *ironing* yang dibutuhkan untuk masing – masing tahapan proses adalah :
 - Gaya *ironing* tahap 1 = 8,2 Tonf
 - Gaya *ironing* tahap 2 = 7,9 Tonf
 - Gaya *ironing* tahap 3 = 5,6 Tonf
 - Gaya *ironing* tahap 4 = 4 Tonf
 4. *Software* TopSolid7 mampu digunakan untuk membantu pembuatan *dies ironing* untuk selongsong peluru kaliber 20 mm. Proses yang dilakukan adalah penggambaran gambar 3D, penambahan bahan baku (*stock*), penentuan referensi, pembuatan *toolpath*, verifikasi dan pembuatan *G – Code*.
 5. Proses pemesinan yang dirancang dengan *software* TopSolid7 sesuai dengan proses pemesinan yang dilakukan pada mesin CNC. Hal ini ditunjukkan dengan kesesuaian dimensi pada rancangan dengan dimensi benda kerja *dies ironing* yang dihasilkan.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perlu diadakan pengujian proses *ironing* secara langsung untuk mengetahui apakah rancangan *dies* yang telah dibuat mampu memproses bahan baku *cup* dan menghasilkan *cup* dengan dimensi sesuai rancangan.
2. Pada penggunaan dalam dunia industri, perlu dilakukan kajian terhadap penggunaan *progressive dies* untuk proses *ironing* pada pembuatan selongsong peluru.
3. Untuk menunjang *software* TopSolid7, perlu ditambahkan *software* TopSolid.PpGenerator untuk memproses hasil CAM dari *software* TopSolid7 menjadi *G-Code* yang sesuai dengan mesin CNC yang ingin digunakan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

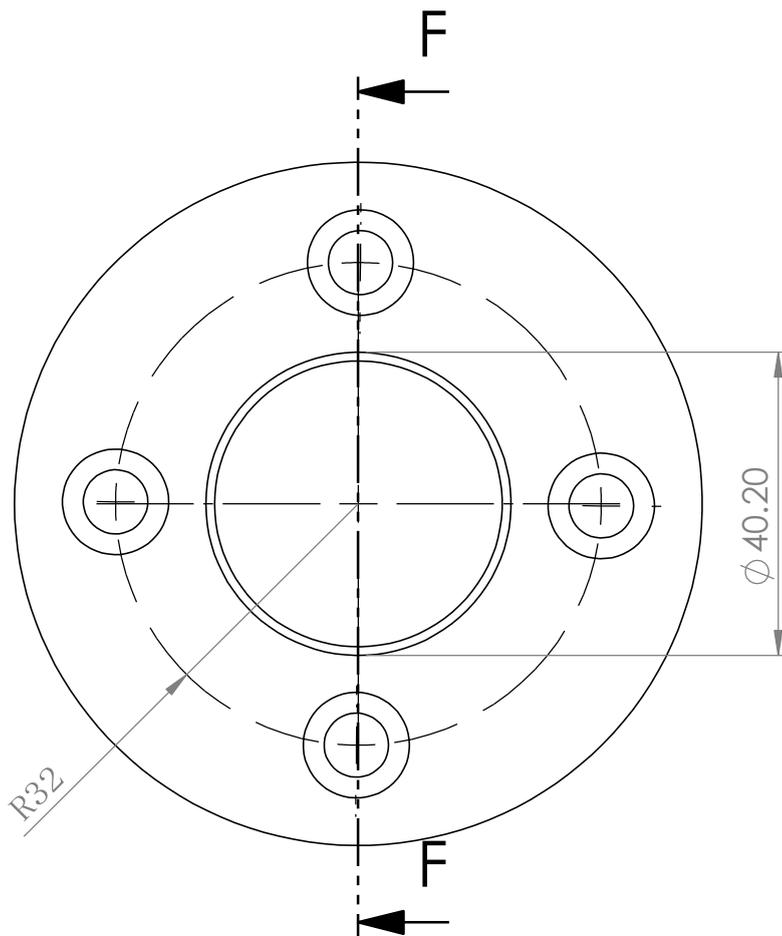
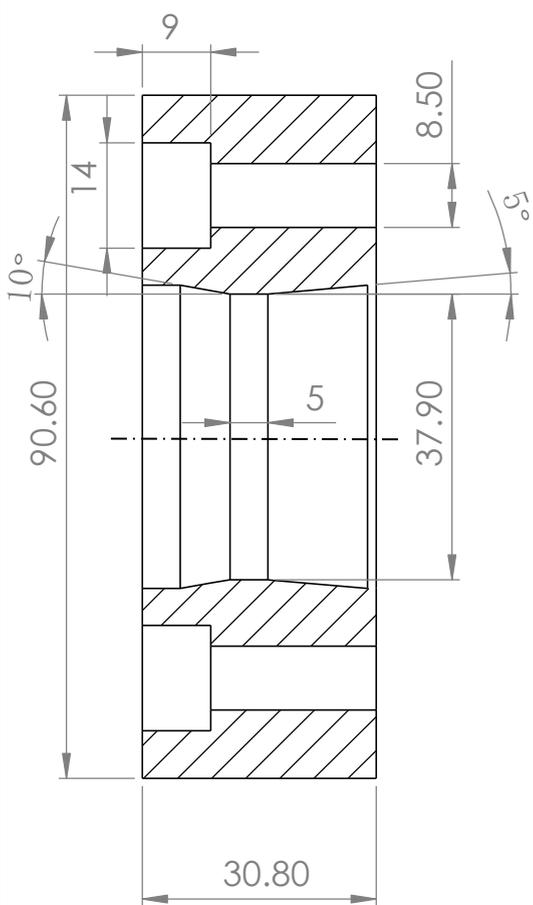
- Artha, Gandhi Widhi. 2015. Perancangan *Dies Set* untuk Proses *Ironing* Selongsong Peluru Kaliber 20 milimeter. Surabaya: Teknik Mesin ITS.
- Boljanovic, Vukota., 2004. *Sheet Metal Forming Processes and Dies Design*, Industrial Press Inc, Tennessee.
- Fischer, Ulrich. 2010. *Mechanical and Metal Trades Handbook*. Haan-Gruiten: Verlag Europa Lehrmittel
- Henkel, S. *LCF Behavior and Microstructure of Alpha-Brass CuZn 30 Under Unaxial, Planar-Biaxial and Tension-Torsion Loading Conditions*. *Institute of Material Engineering*. *Technische Universität Bergakademie Freiberg*.
- Idiar. 2016. Rancang Bangun Cetakan *Deep Drawing Cup* Silindris untuk Selongsong Peluru caliber 20 milimeter. Surabaya: Teknik Mesin ITS.
- Lange, Kurt, 1985. *Handbook of Metal Forming*, McGraw Hill Company, New York.
- Kalpakjian, Serop. 2008. *Manufacturing Engineering and Technology*. Pearson
- Nusron Ali, M. *Simulation Of Ironing Process For Bullet Case To Get Minimum Forming Force With Variation Of Dies Angle And Reduction Wall Thickness*. Teknik Mesin ITS.
- Riyanto, Dicky Rachmat. 2017. Aplikasi CAM TopSolid 7 Untuk Membantu Proses Pemesinan Komponen: Teknik Mesin ITS.
- Semiatin, 2006. *ASM Handbook 14 B : Metal Forming*
- Shuler., 1998. *Metal Forming Handbook*, Springer, New York
- Siemens Corporation. 2013. *Siemens Sinumerik 840D / 802D SL Turning Manual Book*. Siemens
- Suchy, Ivana., 2006. *Handbook of Dies Design*, The McGraw Hill Companies, United States America.

- Topsolid's *CAM 7 Tutorial*. Manual Missler Software. Evry, France.
- Topsolid's *CAM Turning 7 Tutorial*. Manual Missler Software. Evry, France.
- Topsolid's *Design 7 Basics Turorial*. Manual Missler Software. Evry, France.
- Tschaetsch, Heinz. 2006. *Metal Forming Practise*. Springer, Verlag – Berlin Heidelberg. Jerman

LAMPIRAN A

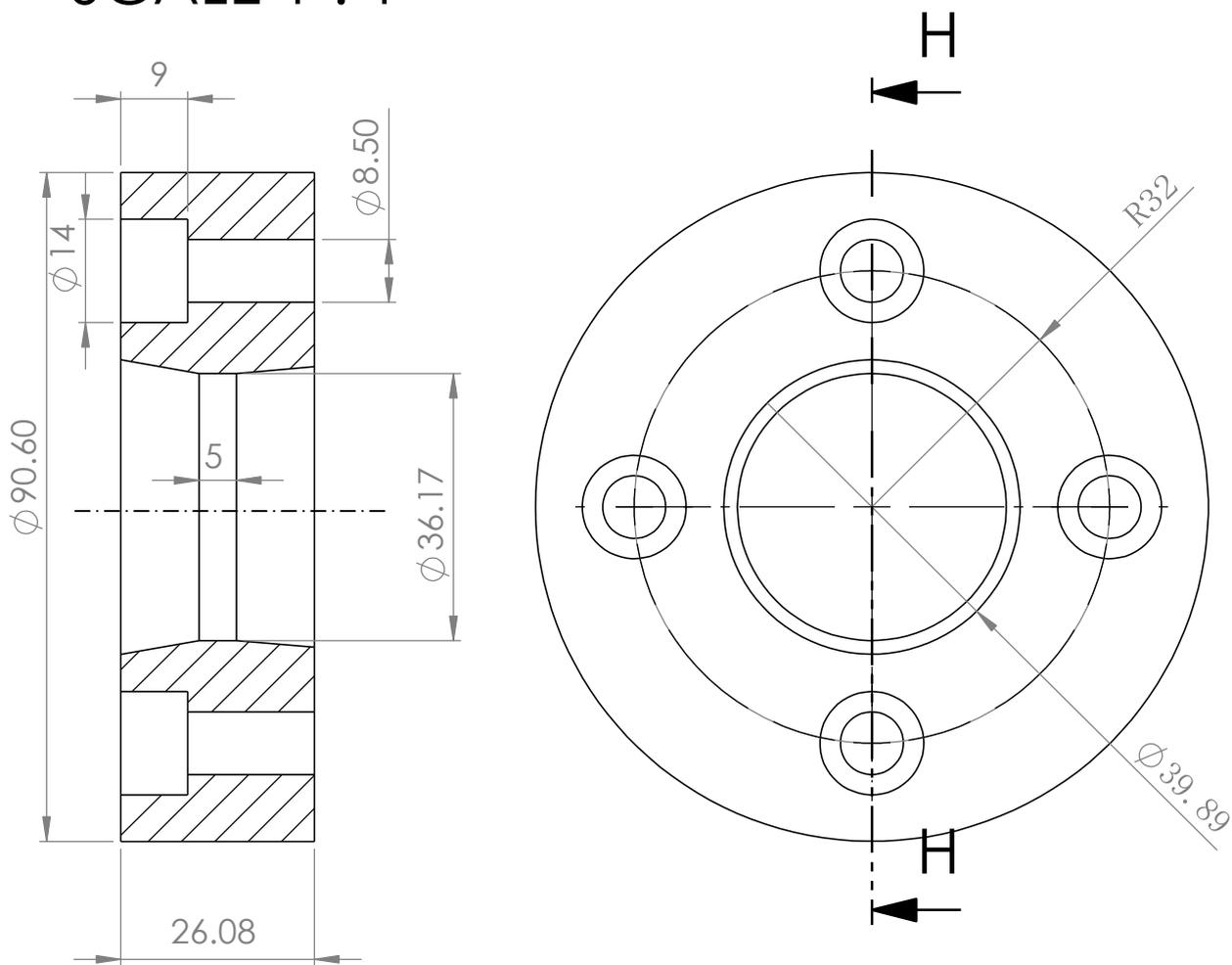
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

SECTION F-F
SCALE 1 : 1



	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : I G A N W I A N A B A S K A R A	KETERANGAN :
	UKURAN : mm	NRP : 2116105064	
	TANGGAL : 28/05/18	DIPERIKSA : Prof. Dr. Ir I Made Londen B	
TEKNIK MESIN ITS	DIES IRONING TAHAP 1		A4

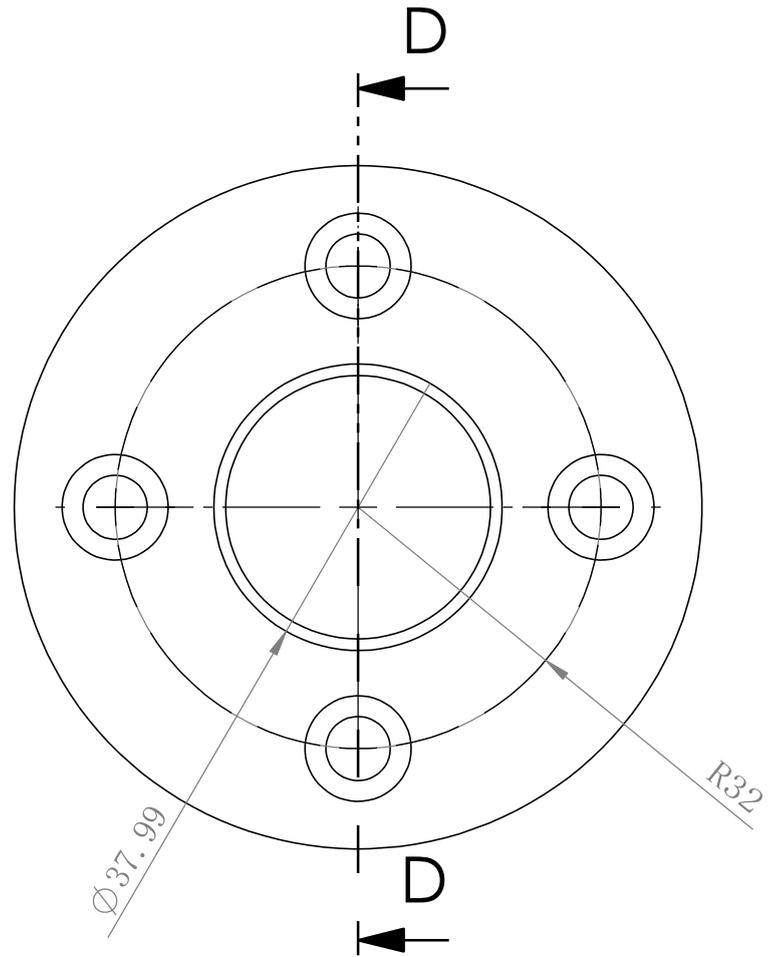
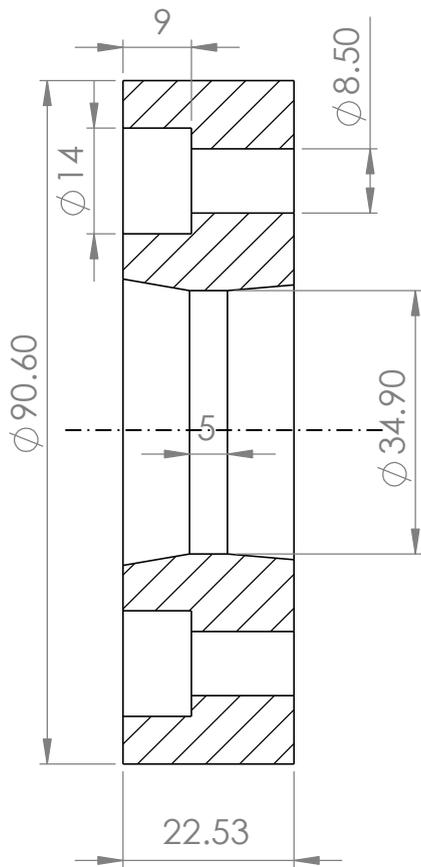
SECTION H-H SCALE 1 : 1



	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : I G A N WIANA BASKARA	KETERANGAN :
	UKURAN : mm	NRP : 2116105064	
	TANGGAL : 28/05/18	DIPERIKSA : Prof. Dr. Ir I Made Londen B	
TEKNIK MESIN ITS	DIES IRONING TAHAP 2		A4

SECTION D-D

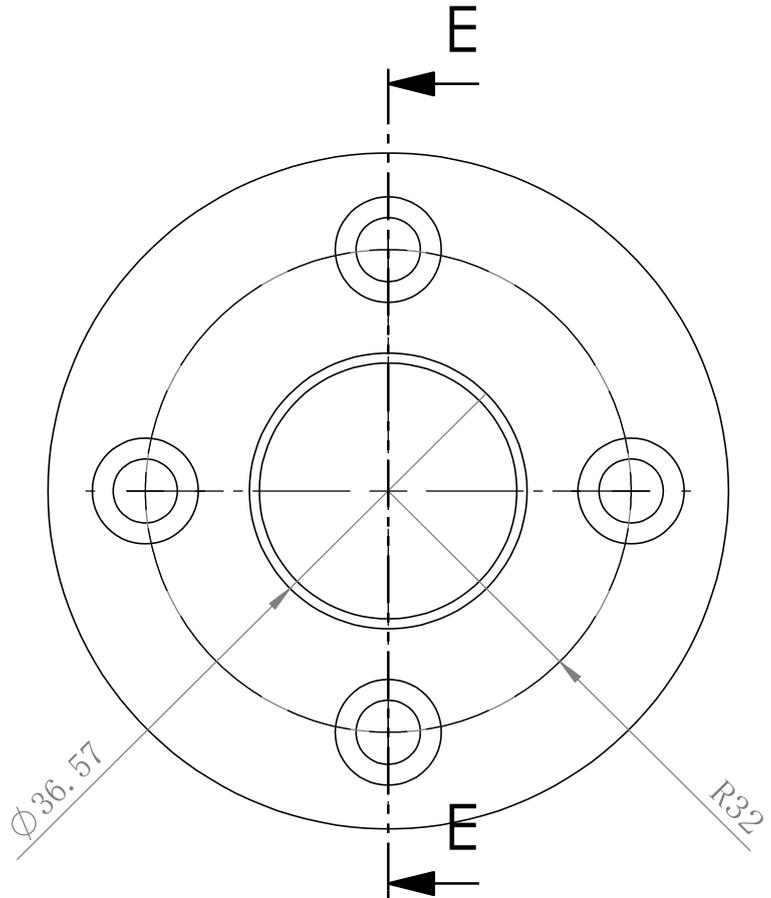
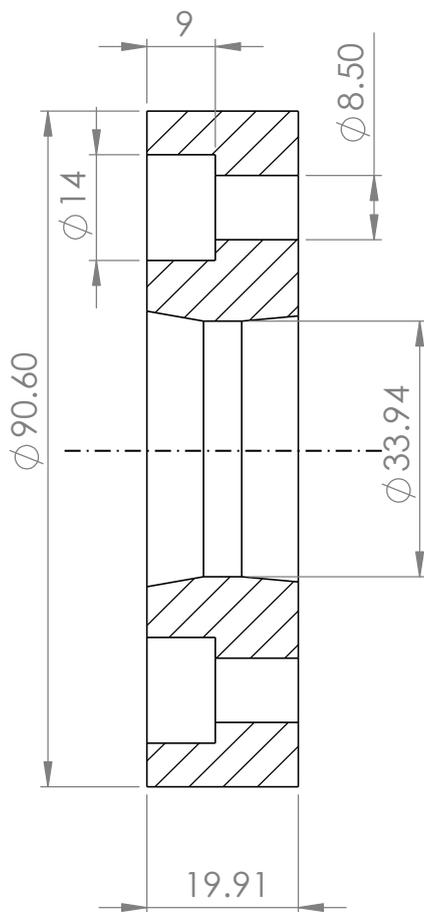
SCALE 1 : 1



	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : I G A N W I A N A B A S K A R A	KETERANGAN :
	UKURAN : mm	NRP : 2116105064	
	TANGGAL : 28/05/18	DIPERIKSA : Prof. Dr. Ir I Made Londen B	
TEKNIK MESIN ITS	DIES IRONING TAHAP 3		A4

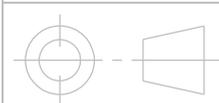
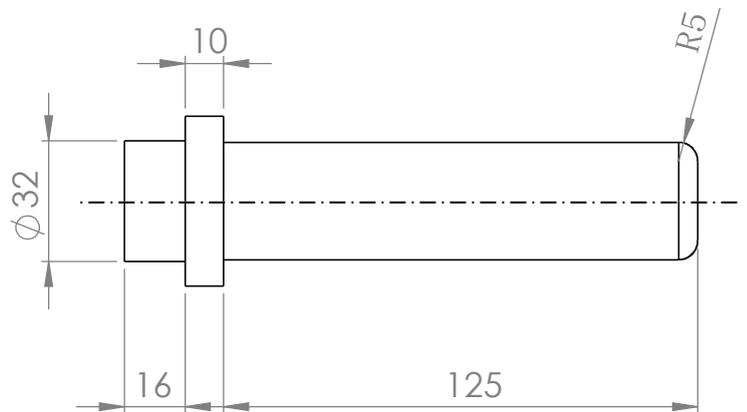
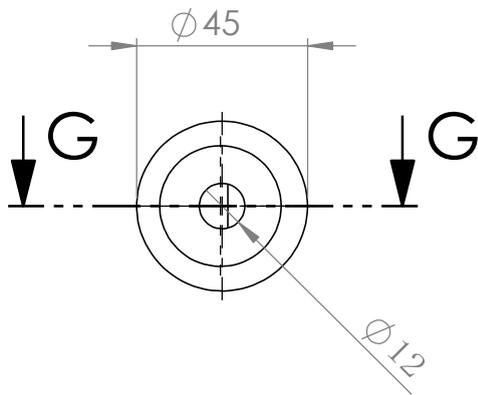
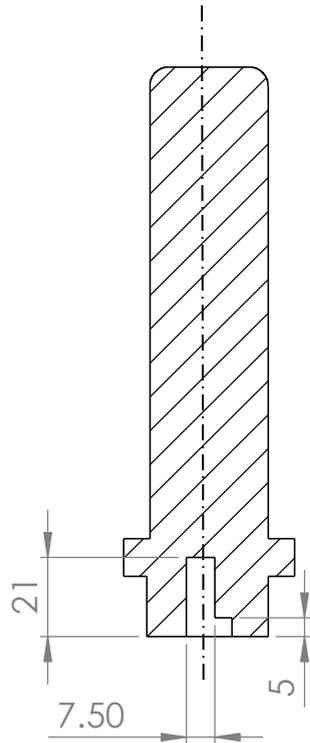
SECTION E-E

SCALE 1 : 1



	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : I G A N WIANA BASKARA	KETERANGAN :
	UKURAN : mm	NRP : 2116105064	
	TANGGAL : 28/05/18	DIPERIKSA : Prof. Dr. Ir I Made Londen B	
TEKNIK MESIN ITS	DIES IRONING TAHAP 4		A4

SECTION G-G
SCALE 1 : 2



SKALA : 1 : 2
UKURAN : mm
TANGGAL : 28/05/18

DIGAMBAR : I G A N WIANA BASKARA
NRP : 2116105064
DIPERIKSA : Prof. Dr. Ir I Made Londen B

KETERANGAN :

TEKNIK MESIN ITS

PUNCH

A4

LAMPIRAN B

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

G – Code Hasil	Z2.989 F50	X102.872 Z-29.386
Penyesuaian	X106.	Z2.3 F50
	Z.725	X98.088
Bagian Depan :	X-1.6 F.3	Z-31.8 F.3
	X1.228 Z2.139	X99.066
• Proses Facing,	Z2.564 F50	X101.894 Z-29.386
Turning & Finishing	X106.	Z2.3 F50
%	Z.3	X97.110
O0000	X-1.6 F.3	Z-31.8 F.3
;PROGRAM NAME -	X1.228 Z1.714	X98.088
IRONING DIES	Z3.928 F50	X100.916 Z-
;DATE=DD-MM-YY	X38.6	29.386
06-18 TIME=HH:MM	G96 S200	Z2.3 F50
22:13	Z2. F25	X96.130
G75 X0 Z0	G42 X40.2 Z0. D1 F.1	Z-31.8 F.3
;C80-RHOMBIC R	X90.64	X97.110
EXTERNAL TURN R	G40 X89.04 Z2.	X99.938 Z-29.386
IC 12,7	Z2.3 F25	Z2.3 F50
T1 D1	G96 S150	X95.152
LIMS=3500	X101.022 F50	Z-31.8 F.3
G96 S150 M3	Z-31.8 F.3	X96.130
G0 G90 G54 X106. Z3	X102.	X98.96 Z-29.386
F50	X104.828 Z-29.386	Z2.267 F50
G1 Z1.575	Z2.3 F50	X94.174
M8	X100.044	Z-31.8 F.3
X-1.6 F.3	Z-31.8 F.3	X95.142
X1.228 Z2.989	X101.022	X97.982 Z-29.386
Z3.414 F50	X103.850 Z-29.386	Z2.225 F50
X106.	Z2.3 F50	X93.196
Z1.15	X99.066	Z-31.8 F.3
X-1.6 F.3	Z-31.8 F.3	X94.174
X1.228 Z2.564	X100.044	X97.002 Z-29.386

Z2.182 F50	CYCLE81(5.00000,	;TWISTED
X92.218	0.00000, 1.000000, -	DRILL D14
Z-31.8 F.3	3.00000, 0.0000)	L35 SD14
X93.196	G75 X0 Z0	G97 S454 M3
X96.024 Z-29.386	M30	G1 G90 G54 G17 X0.
Z2.139 F50	• Proses Drilling Ø10	F0,1
X91.24	mm	Z3.0
Z-31.8 F.3	G75 X0 Z0	M08
X92.218	T2 D1	CYCLE83(5.00
X95.046 Z-29.386	LIMS=3500	000, 0.00000,
Z-.8 F50	;TWISTED DRILL D10	0.000000, -
G96 S200	L35 SD10	55.00000,
X94.64 F25	G97 S636 M3	0.0000, 0.0000,
X90.64 Z0. D1 F.1	G1 G90 G54 G17 X0.	0.0000, 0.0000,
Z-31.8	F0,1	0.0000, 0.0000,
X94.64 Z-31.6	Z3.0	0.0000, 0.0000,
Z12. M9 F25	M08	0.0000, 0.0000,
M5	CYCLE83(5.00000,	0.0000, 0.0000)
G75 X0 Z0.	0.00000, 1.000000, -	G75 X0 Z0
M01	55.00000, 0.0000,	M30
• Proses Center Drill	0.0000, 0.0000, 0.0000,	• Proses Boring Ø23
G75 X0 Z0	0.0000, 0.0000, 0.0000,	mm
T2 D1	0.0000, 0.0000, 0.0000	G75 X0 Z0
LIMS=3500	0.0000, 0.0000)	T2 D1
;TWISTED DRILL D3	G75 X0 Z0	LIMS=3500
L124 SD3	M30	;TWISTED
G97 S1273 M3	• Proses Boring Ø14	DRILL D23 L35
G1 G90 G54 G17 X0.	mm	SD23
F0,1	G75 X0 Z0	G97 S276 M3
Z3.0	T2 D1	G1 G90 G54 G17 X0.
M08	LIMS=3500	F0,1
		Z3.0

M08	X24.906	Z2.3 F66.667
CYCLE83(5.00000,	X22.078 Z-38.586	X32.534
0.00000, 1.000000, -	Z2.3 F66.667	Z-40. F.3
55.00000, 0.0000,	X26.814	X31.54
0.0000, 0.0000, 0.0000	Z-40. F.3	X28.752 Z-38.586
0.0000, 0.0000, 0.0000	X25.86	Z2.3 F66.667
0.0000, 0.0000, 0.0000	X23.032 Z-38.586	X33.486
0.0000, 0.0000)	Z2.3 F66.667	Z-40. F.3
G75 X0 Z0	X27.766	X32.534
M30	Z-40. F.3	X29.704 Z-38.586
• Proses Internal	X26.814	Z2.3 F66.667
Turning & Finishing	X23.984 Z-38.586	X34.44
;C80-RHOMBIC L	Z2.3 F66.667	Z-40. F.3
INTERNAL TURN R	X28.72	X33.486
IC 9,525	Z-40. F.3	X30.658 Z-38.586
T6 D1	X27.766	Z2.3 F66.667
G96 S150 M3	X24.938 Z-38.586	X35.394
G1 G90 G54 G18	Z2.3 F66.667	Z-40. F.3
X23.954 F66.667	X29.674	X34.44
Z2.3	Z-40. F.3	X31.612 Z-38.586
M8	X28.72	Z2.3 F66.667
Z-40. F.3	X25.892 Z-38.586	X36.346
X23	Z2.3 F66.667	Z-40. F.3
X20.172 Z-38.586	X30.626	X35.394
Z2.3 F66.667	Z-40. F.3	X32.564 Z-38.586
X24.906	X29.674	Z2.3 F66.667
Z-40. F.3	X26.844 Z-38.586	X37.3
X23.954	Z2.3 F66.667	Z-40. F.3
X21.124 Z-38.586	X31.58	X36.346
Z2.3 F66.667	Z-40. F.3	X33.518 Z-38.586
X25.86	X30.626	Z2.3 F66.667
Z-40. F.3	X27.798 Z-38.586	X37.648

Z-13.3 F.3	• Proses Facing & Finishing	X106.
X36.67 Z-16.069	G75 X0 Z0	Z19.711
X33.842 Z-14.654	;C80-RHOMBIC R	X19.8 F.3
Z2.3 F66.667	EXTERNAL TURN R	X22.268 Z21.126
X38.624	IC 12,7	Z21.623 F66.667
Z-10.531 F.3	T1 D1	X106.
X37.648 Z-13.3	LIMS=3500	Z19.214
X34.818 Z-11.885	T1 D1	X19.8 F.3
Z2.3 F66.667	G96 S150 M3	X22.268 Z20.628
X39.6	G0 G90 G54 X106.	Z21.126 F66.667
Z-7.762 F.3	Z23.614 F66.667	X106.
X38.624 Z-10.531	G1 Z21.702	Z18.716
X35.796 Z-9.117	X19.8 F.3	X19.8 F.3
X31.78 Z-8.763 F66.667	X22.268 Z20.13	X22.268 Z20.13
Z-.4	X19.8 F.3	Z20.628 F66.667
X32	X22.268 Z23.116	X106.
S200	Z23.614 F66.667	Z18.218
X36.2 F50	X106.	X19.8 F.3
X40.2 Z0. D6 F.1	Z21.205	X22.268 Z19.632
Z-7.388	X19.8 F.3	Z20.13 F66.667
X37.9 Z-13.945	X22.268 Z22.619	X106.
X37.9 Z-13.945 D6 F.	Z23.116 F66.667	Z17.72
Z-17.855	X106.	X19.8 F.3
X33.9	Z20.707	X22.268 Z19.135
Z12. M9 F50	X19.8 F.3	Z19.632 F66.667
M5	X22.268 Z22.121	X106.
G75 X0 Z0.	Z22.619 F66.667	Z17.223
M30	X106.	X19.8 F.3
%	Z20.209	X22.268 Z18.637
	X19.8 F.3	Z19.135 F66.667
Bagian Belakang	X22.268 Z21.623	X106.
	Z22.121 F66.667	Z16.725

X19.8 F.3	Z15.651 F66.667	Z10.255
X22.268 Z18.139	X106.	X19.8 F.3
Z18.637 F66.667	Z13.241	X22.268 Z11.669
X106.	X19.8 F.3	Z12.166 F66.667
Z16.227	X22.268 Z14.655	X106.
X19.8 F.3	Z15.153 F66.667	Z9.757
X22.268 Z17.641	X106.	X19.8 F.3
Z18.139 F66.667	Z12.743	X22.268 Z11.171
X106.	X19.8 F.3	Z11.669 F66.667
Z15.73	X22.268 Z14.157	X106.
X19.8 F.3	Z14.655 F66.667	Z9.259
X22.268 Z17.144	X106.	X19.8 F.3
Z17.641 F66.667	Z12.245	X22.268 Z10.673
X106.	X19.8 F.3	Z11.171 F66.667
Z15.232	X22.268 Z13.66	X106.
X19.8 F.3	Z14.157 F66.667	Z8.761
X22.268 Z16.646	X106.	X19.8 F.3
Z17.144 F66.667	Z11.748	X22.268 Z10.176
X106.	X19.8 F.3	Z10.673 F66.667
Z14.734	X22.268 Z13.162	X106.
X19.8 F.3	Z13.66 F66.667	Z8.264
X22.268 Z16.148	X106.	X19.8 F.3
Z16.646 F66.667	Z11.25	X22.268 Z9.678
X106.	X19.8 F.3	Z10.176 F66.667
Z14.236	X22.268 Z12.664	X106.
X19.8 F.3	Z13.162 F66.667	Z7.766
X22.268 Z15.651	X106.	X19.8 F.3
Z16.148 F66.667	Z10.752	X22.268 Z9.18
X106.	X19.8 F.3	Z9.678 F66.667
Z13.739	X22.268 Z12.166	X106.
X19.8 F.3	Z12.664 F66.667	Z7.268
X22.268 Z15.153	X106.	X34.1 F.3

X36.928 Z8.682
Z9.18 F66.667
X106.
Z6.77
X34.1 F.3
X36.928 Z8.185
Z8.682 F66.667
X106.
Z6.273
X34.1 F.3
X36.928 Z7.687
Z8.185 F66.667
X106.
Z5.775
X34.1 F.3
X36.928 Z7.189
Z7.687 F66.667
X106.
Z5.277
X34.1 F.3
X36.928 Z6.691
Z7.189 F66.667
X106.
Z4.78
X34.1 F.3
X36.928 Z6.194
Z6.691 F66.667
X106.
Z4.282
X34.1 F.3
X36.928 Z5.696
Z6.194 F66.667

X106.
Z3.784
X34.1 F.3
X36.928 Z5.198
Z5.696 F66.667
X106.
Z3.286
X34.1 F.3
X36.928 Z4.701
Z5.198 F66.667
X106.
Z2.789
X34.1 F.3
X36.928 Z4.203
Z4.701 F66.667
X106.
Z2.291
X34.1 F.3
X36.928 Z3.705
Z4.203 F66.667
X106.
Z1.793
X34.1 F.3
X36.928 Z3.207
Z3.705 F66.667
X106.
Z1.295
X34.1 F.3
X36.928 Z2.71
Z3.207 F66.667
X106.
Z.798

X34.1 F.3
X36.928 Z2.212
Z2.71 F66.667
X106.
Z.3
X34.1 F.3
X36.928 Z1.714
Z3.928 F66.667
Z4.5
X89.04
G96 S200
Z2. F50
X90.64 Z0. F.1
X40.2
X38.6 Z2.
Z32.7 M9 F50
M5
G75 X0 Z0.
M01
• **Proses Internal Turning**
;C80-RHOMBIC L
INTERNAL TURN R 0,4
IC 9,525
T2 D1
G96 S150 M3
G1 G90 G54 X38.066
F66.667
Z2.3
M8
Z-9.933 F.5
X37.308 Z-14.269

X34.48 Z-12.855
 Z2.3 F66.667
 X38.834
 Z-5.551 F.5
 X38.066 Z-9.933
 X35.238 Z-8.519
 Z2.3 F66.667
 X39.6
 Z-1.17 F.5
 X38.834 Z-5.551
 X36.004 Z-4.137
 X31.884 Z-3.957
 F66.667
 Z-.4
 X32.
 G96 S200
 X36.2 F50
 X40.2 Z0. F.1
 Z-.783
 X37.73 Z-14.945
 X33.918 Z-14.136
 Z32.7 M9 F50
 M5
 G75 X0 Z0.
 M30
 %

Pembuatan

Lubang

Pemegang (CNC Milling)

- **Center Drill**

%
 O0000
 (PROGRAM NAME -
 DRILL)
 (DATE=DD-MM-YY
 10-07-18 TIME=HH:MM
 - 11:24)
 G21
 G0 G17 G40 G49 G80
 G90
 (TWISTED DRILL D
 L38 SD3)
 T8 M6
 S1273 M3
 G1 G90 G54 X0. Y32.
 F20
 G43 H1 Z2.
 G99 G81 Z-12. R2. F2
 X-32. Y0.
 X0. Y-32.
 X32. Y0.
 G80
 G1 Z2. F2
 M5
 G91 G28 Z0.
 G28 X0. Y0.

M01

- **Drill Ø8,5**

(TWISTED
 DRILL D8,5 L35
 SD8,5)
 T9 M6
 S749 M3
 G1 G90 G54 X0. Y32.
 F10000
 G43 H2 Z2.
 G99 G81 Z-32.8 R2. F64
 X-32. Y0.
 X0. Y-32.
 X32. Y0.
 G80
 G1 Z2. F10000
 M5
 G91 G28 Z0.
 G28 X0. Y0.

M01

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama I Gusti Agung Ngurah Wiana Baskara, kerap dipanggil Baskara, lahir di Denpasar pada 20 Mei 1995, Penulis menempuh pendidikan dasar di Denpasar, yaitu di SDN 5 Penatih (2001-2007) dan SMPN 8 Denpasar (2007-2010). Setelah menyelesaikan pendidikan dasar penulis melanjutkan ke pendidikan menengah di SMAN 3 Denpasar (2010-2013). Kemudian penulis melanjutkan ke pendidikan tinggi di D3 Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2013-2016) Penulis mengambil peminatan manufaktur. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2016-2018) pada tahap Strata I. Selama perkuliahan Strata I di Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember penulis menjadi anggota aktif Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk. Penulis juga pernah menjadi Asisten dan Grader dalam Praktikum Pengukuran Teknik serta Menggambar Mesin.

Jika Terdapat kritik dan saran dalam hasil penelitian ini, Penulis mengharapkan saran dan kritik tersebut dapat disampaikan ke alamat email penulis baskaraw20@gmail.com

(Halaman ini sengaja dikosongkan)