ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR – TM 184835

RANCANG BANGUN DIES SET PEMBENTUKAN NECKING SELONGSONG PELURU KALLIBER 20MM

Hanggara Nandiwardhana
NRP : 02111340000180

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

Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institutu Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

TUGAS AKHIR – TM 184835

RANCANG BANGUN DIES SET PEMBENTUKAN NECKING SELONGSONG PELURU KALLIBER 20MM

Hanggara Nandiwardhana
NRP : 02111340000180

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

Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institutu Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

FINAL PROJECT – TM184835

DESIGNING AND MANUFACTURING OF NECKING DIES SET FOR BULLET CASE CALIBER 20MM

Hanggara Nandiwardhana
NRP. 02111340000180

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

PRODUCT DESIGN AND DEVELOPMENT LABORATORY
Department of Mechanical Engineering
Faculty Of Industrial Tecknology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN DIES SET PEMBENTUKAN NECKING SELONGSONG PELURU KALIBER 20MM

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Hanggara Nandiwardhana
NRP. 02111340000180

Disetujui oleh :

1. Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng.....(Pembimbing)
   NIP. 195811061986011002
2. Arif Wahjudi, ST, MSc. Eng, Ph.D. .....(Penguji I)
   NIP. 197303222001221001
3. M. Khoirul Effendi, ST, MSc. Eng, Ph.D .....Penguji II)
   NIP. 198204142010121001
4. Sampurno Ir, M. T. .....(Penguji III)
   NIP. 196504041989031002

SURABAYA
AGUSTUS, 2020

ABSTRAK
RANCANG BANGUN DIES SET PEMBENTUKAN NECKING SELONGSONG PELURU KALIBER 20MM

Nama Mahasiswa : Hanggara Nandiwardhana
NRP : 02111340000180
Departemen : Teknik Mesin FTI – ITS
Pembimbing : Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng.

ABSTRAK

Senjata api menembakan atau meluncurkan sebuah proyektil padat berupa peluru. Peluru memiliki beberapa bagian antara lain selongsong (*case*) yang berfungsi sebagai tempat menyatukan proyektil padat (*bullet*), alat pemacar percikan api (*primer*), dan mesiu (*powder*). 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 dan menjadi *cup*. Setelah terbentuk *cup* dilakukan proses *ironing* untuk membentuk *cup* menjadi selongsong dengan ketebalan serta ketinggian yang diinginkan. Selanjutnya dilakukan pembentukan *necking* pada selongsong peluru.

Untuk membuat *necking* terdapat dua tahapan yang bisa dilakukan yaitu menggunakan *metal spinning* ataupun dengan mesin *press tool*. Dalam penelitian kali ini metode yang digunakan adalah menggunakan mesin *press tool*. Adapun proses pembuatan *dies set necking* selongsong peluru kaliber 20mm dengan beberapa tahapan. Hasil pengukuran didapatkan selongsong dari proses *ironing* tahap 4 oleh Bhaskara 2018 dengan diameter luar sebesar 33,88 mm, diameter dalam 31,24 mm, dan tinggi selongsong sebesar 115,61 mm. Tahapan selanjutnya adalah perancangan *dies* dimana rancangan ini di disain untuk mesin Press tool yang ada di jurusan Teknik Mesin ITS, dari hasil perhitungan dimensi *dies*

necking yang telah dilakukan dari ukuran dan dimensi mulai dalam merancang bentuk yang sesuai.

Merancang komponen *dies set* untuk pembentukan *necking* selongsong peluru kaliber 20mm dimana penentuan dimensi *dies necking* dalam perhitungan manual didapatkan nilai ketinggian bukaan *dies* H = 17,17 mm, tebal *dies* e = 14,236 mm, dan diameter bukaan *dies* Ø = 22,73 mm. Dilakukan pengujian *dies set* dalam pembentukan *necking* dengan menggunakan mesin *press tool* dilakukan 10X, dimana menggunakan selongsong berbahan *stainless steel* didapatkan hasil sebagai berikut diameter luar selongsong pada *necking mean* μ = 24,9416mm, dan diameter dalam selongsong pada *necking mean* μ = 22,2816mm. Dapat disimpulkan *dies necking* berhasil melakukan pembentukan *necking* menggunakan mesin *press tool.*

Kata Kunci : ***Necking, Ironing, Press Tool, Dies Set, Bullet.***

ABSTRACT
DESIGNING AND MANUFACTURING OF NECKING DIES SET FOR BULLET CASE CALIBER 20MM

Name : Hanggara Nandiwardhana
NRP : 02111340000180
Department : Mechanical Engineering FTI – ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng.

ABSTRACT

The firearm fires or launches a solid projectile bullet. Bullets have several parts, including a case that serves as a place to unite a solid projectile (bullet), a spark (primary), and gunpowder (powder). The manufacturing process begins with cutting the plate through a blanking or piercing process. Then with the deep drawing process, namely the process of forming plate sheets that have been cut and become cups. After the cup is formed, the ironing process is carried out to form the cup into a sleeve with the desired thickness and height. Furthermore, the necking order was made on the cartridge casings.

To make necking, two steps can be done using metal spinning or using a press tool. In this research, the method used is to use a press tool machine. The process of making 20mm caliber cartridge necking dies set with several stages. The measurement results obtained from the ironing process stage 4 by Bhaskara 2018 with an outer diameter of 33.88 mm, an inner diameter of 31.24 mm, and a sleeve height of 115.61 mm. The next stage is the design of dies where this design is designed for the Press tool machine in the Department of Mechanical Engineering ITS, from the calculation of the dimensions of the dies necking that has been carried out from the size and dimensions starting in the appropriate forum.

Designing dies components for making necking of 20mm caliber bullet cartridges where the dimensions of dies necking in

manual calculations get the value of the die opening height H = 17.17 mm, dies thickness e = 14,236 mm, and dies opening diameter Ø = 22.73 mm. Dies set testers were carried out to order necking using a press tool machine carried out 10X, where using a stainless steel sleeve the following results were obtained, the outer diameter of the sleeve at the necking mean μ = 24.9416mm, and the inner diameter of the sleeve on the necking mean μ = 22.2816mm. It can be abbreviated as dies necking, successfully placing an order using the press tool machine.

Key Word : ***Necking, Ironing, Press Tool, Dies Set, Bullet.***

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum,

Segala Puji dan Syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "**Rancang Bangun *Dies Set* Pembentukan *Necking* Selongsong Peluru Kaliber 20MM**".

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu tidak terlepas dari dukungan, doa serta semangat yang selalu diberikan oleh berbagai pihak kepada penulis. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng. sebagai dosen mata kuliah saya yang telah memberikan ilmunya dengan sabar untuk membimbing dan memberi motivasi, kritik, dan saran kepada penulis demi kesempurnaan dalam menyelesaikan Tugas Mata Kuliah ini.
2. Doa Kedua Orangtua, serta *support* yang diberikan kepada saya untuk tetap tabah menjalanin proses perkulihan ini hingga sampai titik pada saat ini.
3. Sahabat dan keluarga Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk yang selalu berinovasi dan membantu saya ketika ada masalah dalam mata kuliah ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk semua pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Agustus 2020.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN iii
ABSTRAK I
ABSTRACT III
KATA PENGANTAR V
DAFTAR ISI VI
DAFTAR GAMBAR XI
DAFTAR TABEL XVI
BAB 1 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Persamaanan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB 2 5
DASAR TEORI 5
2.1 Necking 5
2.1.1 Pembentukan Necking Secara Umum 6
2.2 *Metal Spinning* Dan *Dies* Pada Mesin *Press Tool* 6
2.3 *Cold* Dan *Hot Working* 8

2.4 Penelitian Terdahulu 9
2.5 Gaya Pembentukan *Necking* 10
2.5.1 Ironing.....11
2.5.2 Gaya Pembentukan *Necking*.....11
2.6 Dies.....14
2.6.1 Diameter Lubang *Dies* 16
2.6.2 Ketebalan *Dies*.....16
2.7 Spesifikasi Bahan *CuZn30*.....17
2.8 Proses Pemesinan 18
2.8.1 Proses Bubut.....19
2.8.2 Proses Gurdi 20
2.8.3 Proses Threading 21
2.8.4 Proses Milling.....22
2.9 *Safety Factor* / Faktor Keamanan.....27
BAB 3 29
METODOLOGI PENELITIAN.....29
3.1 Diagram Flow Chart 29
3.2 Langkah – Langkah Penelitian.....30
3.2.1 Studi Literatur dan Studi Lapangan 30

3.2.2 Pengukuran Selongsong Hasil *Ironing* dan Press Tool. 30

3.2.3 Perancangan *Dies Necking* 32

BAB 4 33

PERANCANGAN DIES SET NECKING 33

4.1 Perancangan Dies Set Necking 33

4.2 Diameter Dies Necking.....34

4.3 Tinggi Dies Necking.....34

4.4 Tebal Dies Necking 35

4.5 Dimensi Dan Material Komponen Utama Maupun Komponen Penunjang. 36

4.5.1 Dimensi dan Material *Punch*. 36

4.5.2 Dimensi dan Material *Dies Necking* 36

4.5.3 Dimensi dan Material *Dies Holder* 37

4.5.4 Dimensi dan Material *Dies Stop* 38

4.5.5 Dimensi dan Material *Dies Pilot*. 39

4.6 Analisa Kekuatan Material 39

4.6.1 Perhitungan Manual. 39

BAB 5 55

PEMBUATAN DIES NECKING 55

5.1 Tahapan Pembuatan Komponen Utama *Dies Necking* Selongsong Peluru Kaliber 20mm 55

5.1.1 Dies Necking 56

5.1.2 Dies Pilot 75

5.1.3 Dies Stop 87

5.2 Tahapan Pembuatan Komponen Penunjang *Dies Necking* Selongsong Peluru Kaliber 20mm.....103

5.2.1 Punch 104

5.2.2 Dies Holder 110

5.3 Uji Coba Fungsi *Dies Set Necking* Untuk Pembentukan *Necking*.....119

5.3.1 Persiapan Alat Dan Bahan.....120

5.3.2 Langkah – Langkah Uji Coba *Dies set necking*.120

5.3.3 Hasil Uji Coba Pembentukan *Necking*.....121

BAB 6 125

KESIMPULAN DAN SARAN 125

6.1 KESIMPULAN 125

6.2 SARAN.....126

DAFTAR PUSTAKA 127

LAMPIRAN A 129

7.1 Mesin Press Tool Teknik Mesin.....129

7.2 Parameter Pemesinan.....133

BIOGRAFI PENULIS 137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proses pembuatan selongsong peluru [1] 3
Gambar 2.1 Bagian – Bagian dari selongsong peluru [2] 5
Gambar 2.2 Bagian dari Peluru Laras Panjang [2] 5
Gambar 2.3 Pembentukan *Necking* dengan *Hot Working* Proses . 6
Gambar 2.4 Proses Metal Spinning [3] 7
Gambar 2.5 (a) *die* set lengkap dan (b) *die* set atas dan bawah *progressive die* [4] 8
Gambar 2.6 Proses *Ironing*[5] 11
Gambar 2.7 Kondisi Tegangan Dan Gaya Pada *Tube Forward Extrusion*[6].....12
Gambar 2.8 *Derivation Of Shearing Work* W_{sh} *In Tube Forward Extrusion*[6].....12
Gambar 2.9 Gaya yang Bekerja Pada Selongsong [6] 13
Gambar 2.10 Dimensi dies 17
Gambar 2.11 Diagram *Flow Stress* Material CuZn30 [7].....18
Gambar 2.12 Ilustrasi Proses Bubut [9] 19
Gambar 2.13 Berbagai Macam Proses Gurdi [9].....21
Gambar 2.14 Persamaan ulir luar dan ulir dalam 22
Gambar 2.15 Hasil dari proses *milling* (Singh, 2006).....22
Gambar 2.16 Proses *up-milling* (Singh, 2006) 23
Gambar 2.17 Proses *down-milling* (Singh, 2006).....23

Gambar 2.18 Dua jenis utama pada proses *milling*: (a) Periferal *milling*, (b) *Face milling* (Groover, 2010).....24
Gambar 2.19 Periferal *milling*: (a) *Slab milling*, (b) *Slot milling*, (c) *Side milling*, (d) *Straddle milling*, (e) *Form milling* (Groover, 2010) 25
Gambar 2.20 *Face milling*: (a) *Face milling* konvensional, (b) *Face milling* parsial, (c) *End milling*, (d) Profil *milling*, (e) *Pocket milling*, (f) *Surface contouring* (Groover, 2010) 26
Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir *Dies set necking* 29
Gambar 3.2 (a) Cup bahan proses *ironing* (b) Ilustrasi hasil *ironing* tahap I (c) Ilustrasi hasil *ironing* Tahap 2 (d) Ilustrasi hasil *Ironing* tahap 3 (e) Ilustrasi hasil *Ironing* tahap 4.....31
Gambar 3.3 Dimensi Hasil Pengukuran Proses *Ironing* Tahap 4 menjadi *necking* dengan L = 110 mm.....31
Gambar 3.4 Rancangan *dienecking* untuk mesin press tool 32
Gambar 4.1 Rancangan *Dies Necking*.....33
Gambar 4.2 Diameter Dies Necking 22,73 ≈ 23 mm.....34
Gambar 4.3 Tinggi *Dies Necking* 35
Gambar 4.4 Tebal *Dies Necking* 14,236mm 35
Gambar 4.5 Dimensi *Punch* 36
Gambar 4.6 Dimensi Dies Necking 37
Gambar 4.7 Dimensi Dies Holder 38
Gambar 4.8 Dimensi *Dies Stop* 38
Gambar 4.9 Dimensi *Dies Pilot*.....39

Gambar 4.10 *Free Body Diagram* Proses *Necking* 40
Gambar 4.11 Free Body Diagram Fid.....41
Gambar 4.12 Dimensi Cup Hasil Proses Ironing Tahap 4 41
Gambar 4.13 Dimensi Hasil Proses Necking 41
Gambar 4.14 *Free Body Diagram* $F_{Fr,S}$ 44
Gambar 4.16 ukuran Mesh 0,03mm 45
Gambar 4.15 Ukuran Mesh 0,02mm.....45
Gambar 4.18 Ukuran Mesh 0,07mm.....46
Gambar 4.17 Ukuran Mesh 0,06mm.....46
Gambar 4.19 Ukuran Mesh 0,13mm.....46
Gambar 4.20 *Free Body Diagram* $F_{FR,M}$ 48
Gambar 4.21 Analisa Tegangan Pada *Dies Pilot* Menggunakan Metode *Von Mises* 49
Gambar 4.22 Analisa Tegangan Pada *Dies Stop* Menggunakan Metode *Von Mises* 50
Gambar 4.23 Free Body Diagram *Buckling* Antara Selongsong Dengan Punch.....51
Gambar 4.24 Analisa Tegangan pada *punch plate* menggunakan metode *Von Mises*.....52
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Analisa Kekuatan Material Dies Holder 53
Gambar 5.1 Komponen Utama Pembentukan Necking Selongsong Peluru Kaliber 20mm.....55

Gambar 5.2 Skematik Proses *Milling* vertikal dan *milling* horizontal 67
Gambar 5.3 skematik pemakanan pahat.....68
Gambar 5.4 Penggunaan Perbandingan *Phytagoras* Untuk Mengukur Sudut *Dies Necking*.....71
Gambar 5.5 Dimensi Yang Diukur 73
Gambar 5.6 Pengukuran *Dies necking* dengan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02mm 75
Gambar 5.7 Skematik Proses Milling vertikal dan milling horizontal 82
Gambar 5.8 Dimensi *Dies Pilot* Yang Diukur.....85
Gambar 5.9 Pengukuran *Dies Pilot* Dengan Menggunakan Jangka Sorong Dengan Kecermatan 0,02mm 86
Gambar 5.10 Skematik Proses Milling vertikal dan milling horizontal 97
Gambar 5.11 Dimensi *Dies Stop* Yang Diukur 101
Gambar 5.12 Pengukuran *Dies Stop* Dengan Menggunakan Jangka Sorong Dengan Kecermatan 0,02mm 103
Gambar 5.13 Komponen Penunjang Pembentukan *Necking* Selongsong Peluru Kaliber 20mm 103
Gambar 5.14 Skematik Proses Milling vertikal dan milling horizontal 105
Gambar 5.15 Dimensi *Punch Plate* Yang Di Ukur.....108

Gambar 5.16 Pengukuran *Punch Plate* Dengan Menggunakan Jangka Sorong Dengan Kecermatan 0,02mm.....110
Gambar 5.17 Skematik Proses Milling vertikal dan milling horizontal 112
Gambar 5.18 Dimensi *Dies Holder* Yang Di Ukur.....118
Gambar 5.19 Pengukuran *Dies Holder* Dengan Menggunakan Jangka Sorong Dengan Kecermatan 0,02mm.....119
Gambar 5.20 Mesin Press Pengujian *Necking* dengan Tonase Maksimum 50 Ton.....120
Gambar 5.21 Pengujian ke 6 proses *Necking* 121
Gambar 5.22 Pengujian proses necking dengan menggunakan *dies set necking* dan mesin press tool.....124
Gambar 7.1 Press Tool Teknik Mesin ITS.....129
Gambar 7.2 Dimensi Ukuran Bed pada mesin press tool yang ada di teknik mesin ITS.....130

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter temperatur Rekristalisasi 8
Tabel 2.2 Temperatur Pembentukan CuZn30 9
Tabel 2.3 Konstanta c Untuk UTS Material.....17
Tabel 2.4 Kekuatan Materian CuZn30.....17
Tabel 2.5 Tabel Rekomendasi Parameter Potong Turning[10] ...20
Tabel 2.6 Tabel Rekomendasi Parameter Potong Gurdi [10].....21
Tabel 2.7 Safety Factor / Faktor Keamanan (Deutschman, 1975) 28
Tabel 4.1 Validasi nilai Tegangan dari *CuZn30*.....44
Tabel 4.2 *AISI 304 Stainless Steel* 45
Tabel 4.3 Konvergensi Meshing Ukuran(mm) dan Tegangan(MPa) 46
Tabel 5.1 Rancangan Proses Pemesinan *Dies Necking*.....56
Tabel 5.2 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Necking*.....69
Tabel 5.3 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Necking* Proses *Threading Luar*.....70
Tabel 5.4 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Necking* Proses *Threading Dalam*.....71
Tabel 5.5 Pengukuran sudut *Dies Necking*.....72
Tabel 5.6 Hasil Pengukuran Dimensi *Dies Necking*.....73
Tabel 5.7 Rancangan Proses Pemesinan *Dies Pilot*.....75

Tabel 5.8 Parameterpemotongan Yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Pilot* 84
Tabel 5.9 Parameter Pemotongan Proses Threading yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Pilot* 84
Tabel 5.10 Hasil Pengukuran Dimensi *Dies Pilot* 85
Tabel 5.11 Rancangan Proses Pemesinan *Dies Stop*.....87
Tabel 5.12 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Stop*.....100
Tabel 5.13 Parameter Pemotongan Proses Threading yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Stop threading luar*...100
Tabel 5.14 Parameter Pemotongan Proses Threading yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Stop threading dalam*100
Tabel 5.15 Hasil Pengukuran Dimensi *Dies Stop*.....102
Tabel 5.16 Rancangan Proses Pemesinan *Punch*.....104
Tabel 5.17 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Punch Plate*.....108
Tabel 5.18 Hasil Pengukuran Dimensi *Punch Plate*.....109
Tabel 5.19 Rancangan Proses Pemesinan *Dies Holder*.....110
Tabel 5.20 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Holder*.....117
Tabel 5.21 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Threading pada Pemesinan *Dies Holder*.....117
Tabel 5.22 Hasil Pengukuran Dimensi *Dies Holder*.....118
Tabel 5.23 Percobaan necking diameter luar.....122

Tabel 5.24 Percobaan Necking Diameter Dalam.....123
Tabel 7.1 Spesifikasi Dimensi Mesin Press Tool Teknik Mesin ITS. 130
Tabel 7.2 Appendix Static dan Kinetic Friction Coefficient. 131
Tabel 7.3 *Mechanical Properties Alumunium 6061 and Stainless Steel* 304.....132
Tabel 7.4 Menunjukkan rekomendasi parameter pemotongan yang digunakan. 133
Tabel 7.5 Menunjukkan rekomendasi parameter pemotongan yang digunakan. 134
Tabel 7.6 Cutting Speed untuk Proses Frais.....134
Tabel 7.7 Feed Untuk Proses Frais 135
Tabel 7.8 Parameter proses milling dengan diameter tool 20mm 135
Tabel 7.9 Parameter Proses threading dengan pitch 2mm 136

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan menjadinya salah satu negara yang berkembang tentu Indonesia harus mempertahankan wilayah kedaulatannya terhadap negara lain. Sektor industri indonesia tentu membawa peran aktif dalam mewujudkannya, antara lain dengan memperkuat sektor persenjataan. Salah satu perusahan senjata milik negara yang tergabung pada Badan Usaha Milik Negara (BUMN) adalah PT Pindad (Persero). Senjata api merupakan hal penting untuk mempertahankan kedaulatan Indonesia dimana penggunaan terbesar adalah Polisi Republik Indonesia (POLRI) dan Tentara Republik Indonesia (TNI). Senjata api ini menembakan atau meluncurkan sebuah proyektil padat berupa peluru. Peluru sendiri memiliki beberapa bagian antara lain selongsong (*case*) yang berfungsi sebagai tempat menyatukan proyektil padat (*bullet*), alat pemacar percikan api (*primer*), dan mesiu (*powder*).

Tentu peran terbesar dalam terbentuknya peluru adalah selongsong peluru itu sendiri, dimana pembuatan selonsong peluru menggunakan material kuningan (CuZn). 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 dan menjadi *cup*. Setelah terbentuk *cup* dilakukan proses *ironing* untuk membentuk *cup* menjadi selongsong dengan ketebalan serta ketinggian yang diinginkan.

Selanjutnya dilakukan pembentukan *necking* pada selongsong peluru yang merupakan penelitian lanjutan dari penelitian – penelitian terdahulu yang dimana merupakan serangkaian pembuataan selongsong peluru. Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk (P3) Jurusan Teknik Mesin ITS menjadikan peran aktif dalam mengembangkan proses lanjutan dalam pembentukan selongsong peluru. Pada tahun 2015 Gandhi Widi Artha telah berhasil membuat *dies* atau cetakan dalam

4 tahapan untuk proses *ironing* dari 1 buah tandem *dies-set* untuk proses reduksi *cup* bertahap dimana proses ini merupakan tahap ketiga dalam urutan pembutan selongsong peluru. Tahapan awal dalam pembuatan selongsong peluru diawali pada tahun 2016 Fahmi membuat *blank feeder* atau pengumpan *blank* merupakan tahapan pemotongan material menjadi lempengan nantinya akan dilanjutkan dengan proses *deep drawing* dan menjadi *cup*. Pada tahun yang sama 2016 Idiar telah membuat membuat *die* atau cetakan *deep drawing*silindris untuk selongsong peluru dan telah diaplikasikan menggunakan plat kuningan CuZn30 sisi lain Afrizal membuat pelontar *cup* pasca proses *deep drawing*. Pada tahun 2017 Dian Aprilia Dwiyanti merancang mekanisme *cup holder* pada proses *deep drawing*. Pada tahun 2018 I Gusti Agung Ngurah Wiana Baskara merancang *diesironing* yang sesuai dengan alat press tool di teknik mesin ITS dengan 4 tahapan *ironing*. Selanjutnya akan dirancang sebuah proses lanjutan dari tahap – tahap *ironing* yaitu proses *necking*. Dalam pembuatan *necking* dapat dibuat dalam dua jenis proses alternatif yaitu : Alternatif pertama proses Metal spinning adalah proses pembentukan logam, dimana piringan dari logam yang diputar dengan kecepatan tinggi dan dibentuk menjadi sebuah komponnen aksial. Spinning dapat dikerjakan dengan menggunakan tangan dan bisa juga menggunakan mesin CNC. Metal spinning memberikan alternatif yang murah dibandingkan dengan stamping, pengecoran dan proses pembentukan logam lainnya.Alternatif kedua adalah proses menggunakan mesin press tool yaitu dimana selongsong peluru yang akan di *necking* dimasukan kedalam *dies* atau cetakan dan kemudian di press hingga membentuk *necking*.

Pada tahapan ini proses pembuatan *necking* yang akan dibahas adalah menggunakan mesin *press tool*, dikarenakan alat yang tersedia di Teknik Mesin ITS adalah alat press tool yang sama digunakan dalam prsoses *ironing*. Untuk membuat *necking* dengan mesin *press tool* tentu memerlukan *dies* atau cetakan untuk membuat proses *necking*.

Gambar 1.1 Proses pembuatan selongsong peluru [1]

1.2 Persamaanan Masalah

Persamaanan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang komponen *dies set* untuk pembentukan *nacking* selongsong peluru kaliber 20mm yang sesuai dengan alat *press tool* di Teknik Mesin ITS.
2. Bagaimana proses manufaktur untuk membuat *dies set necking* selongsong peluru kaliber 20mm

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Merancang komponen *dies set* untuk pembentukan *necking* selongsong peluru kaliber 20mm yang sesuai dengan alat press tool di Teknik Mesin ITS
2. Membuat *dies set necking* untuk pembentukan selongsong peluru kaliber 20mm

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari Tugas akhir ini adalah :

1. Mesin *Press tool* yang di kaji adalah *press tool* yang terdapat di Teknik Mesin ITS
2. Perancangan yang dikaji adalah *dies set necking*, *dies holder* dan *punch.*
3. Material selongsong peluru yang akan digunakan *CuZn30.*
4. Pemberian sudut α pada rancangan *dies necking* sebesar $34{,}5^0$
5. Proses pemesinan menggunakan mesin konvensional.

1.5 Manfaat Penelitian

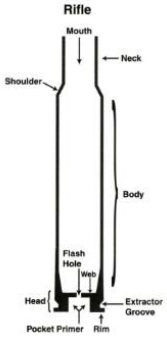
Manfaat tugas akhir ini adalah :

1. Melengkapi penelitian terdahulu mengenai proses pembuatan selongsong peluru dengan alat *press tool* yang ada di Teknik Mesin ITS
2. Menjadikan salah satu refrensi penelitian sejenis terutama dalam perancangan dan *manufacturing dies set necking*.

BAB 2
DASAR TEORI

2.1 Necking

Necking adalah metode embentukan metal forming dan, salah satu proses pembentukan pada selongsong peluru jenis senjata laras panjang. Dimana proses pembentukannya setelah melalui proses *ironning*. Pembentukan *necking* bertujuan untuk menahan selongsong peluru untuk tidak keluar dengan peluru pada selongsong senjata laras panjang.



Gambar 2.1 Bagian – Bagian dari selongsong peluru [2]

Senjata laras panjang membutuhkan daya ledak yang tinggi agar dapat memicu peluru melaju dengan jarak yang jauh, sehingga desain dari selongsong peluru jenis senjata laras panjang lebih besar ataupun panjang dari selongsong peluru senjata jenis pistol, dikarenakan propellan (*powder*) selongsong laras panjang lebih banyak.

Gambar 2.2 Bagian dari Peluru Laras Panjang [2]

2.1.1 Pembentukan Necking Secara Umum

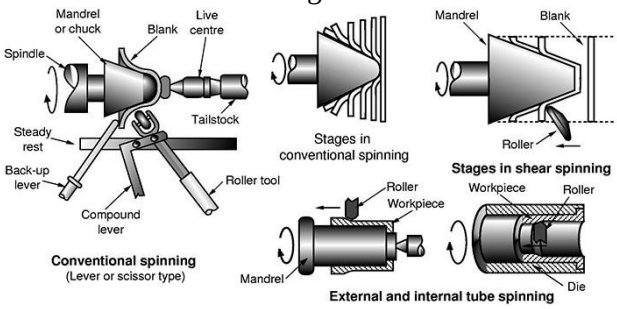
Pembuatan *necking* pada umumnya dilakukan dengan menggunnakan proses *Hot Working* dimana ujung pada selongsong dipanaskan terlebih dahulu kemudian dilakukan proses *necking* dengan bantuan *dies* metode *Hot Dies Forging*. Berbeda dengan *dies forging* konvensional, dimana perbedaan temperatur antara benda kerja dan *dies* bisa mencapai 1000^0C atau lebih, pada proses *hot dies* temperatur *die*s hanya sekitar 200^0C lebih rendah dari pada benda kerja.

Gambar 2.3 Pembentukan *Necking* dengan *Hot Working* Proses

2.2 *Metal Spinning* Dan *Dies* Pada Mesin *Press Tool*

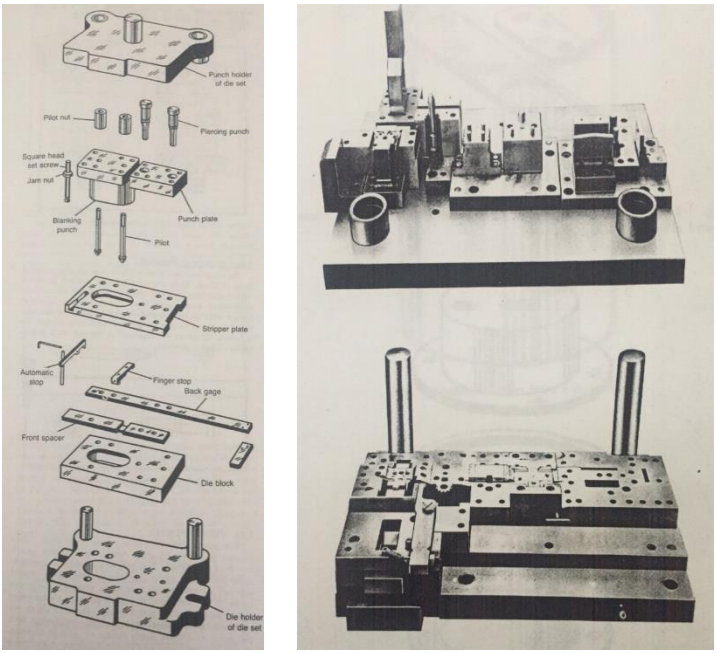
Adapun hal yang dapat dilakukan dalam pembuatan *necking* pada selongsong peluru. Sebelum melakukan prsoses *necking* tentu menyesuaiakan proses mana yang akan digunakan dalam *necking* selongsong peluru. Terdapat dua proses yang bisa dilakukan dalam pembentukan *necking* anatar lain dengan menggunakan mesin *press* tentu memerlukan *dies* atau cetakan yang bisa digunakan dalam pembentukan *necking*, yang kedua adalah dengan proses *metal spinning*. *Metal spinning* adalah proses pembentukan logam, dimana piringan dari logam yang diputar dengan kecepatan tinggi dan dibentuk menjadi sebuah komponnen aksial. *Spinning* dapat dikerjakan dengan menggunakan tangan dan bisa juga menggunakan mesin CNC.

Proses pembentukannya cukup sederhana. Sebuah *disc* yang sebelumnya sudah dibentuk dipasang di bagian *drive* mesin. Kemudian dijepit dengan blok bertekanan yang melekat pada *tailstock*. Blok dan benda kerja kemudian diputar bersama-sama pada kecepatan tinggi. Kemudian benda perlahan di dorong kearah blok dengan menggunakan *Roller Tool*. Sehingga benda kerja akan menyelubungi blok. Adapun beberapa hal yang dapat dilakukan oleh metal spinning yaitu pengerjaan benda berbentuk silinder dan *hollow* atau berlubang. Bila pengaplikasian *necking* untuk selongsong peluru, akan membutuhkan waktu yang cukup lama dalam produksi, pengerjaan necking dengan metal spinning membutuhkan ukuran diameter cukup besar seperti pengerjaan pembuatan botol minuman kaleng.



Gambar 2.4 Proses Metal Spinning [3]

Bagaimana langkah belajar dalam membuat *die* desain ? tentu kita harus memahami prinsip dasar dari kegunaan *die* itu sendiri. *Die* adalah kata yang sangat umum dan mungkin baik untuk didefinisikan maknanya karena akan digunakan dalam pekerjaan sehari – hari. *Die* digunakan dalam dua cara berbeda, ketika di artikan umum berarti seluruh alat *press tool* dengan semua komponen diambil secara bersama – sama. Ketika di artikan yang lebih terbatas, ini mengacu pada komponen yang dikerjakan untuk menerima bagian yang kosong. Berbeda dari komponen yang di sebut *punch* merupakan bagian yang berlawanan. Dimana dies sangat mudah dalam pengaplikasiannya khususnya dalam proses *metal forming*, dengan membuat cetakan (*dies*) yang memang di butuhkan dalam aspek pembentukan metal (*forming*)



Gambar 2.5 (a) *die* set lengkap dan (b) *die* set atas dan bawah *progressive die* [4]

2.3 *Cold* Dan *Hot Working*

Hot Working adalah proses pembentukan dengan cara memanaskan benda kerja sampai diatas suhu rekristalisasi, kemudian diberikan gaya luar sehingga terjadi perubahan bentuk yang diinginkan. Suhu benda untuk hot working pada Tabel 2.1 sekitar :

Tabel 2.1 Parameter temperatur Rekristalisasi

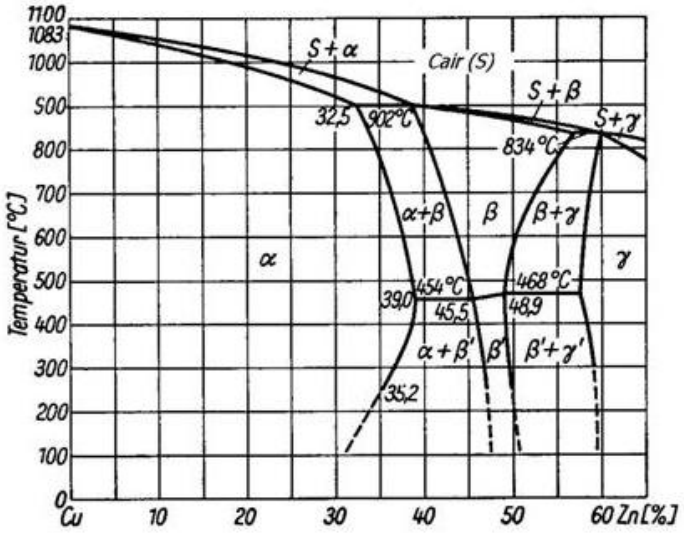
Material	Suhu
Steel	Diatas 1150 ^{0}C
Al-Alloy	360 – 520 ^{0}C
Cu-Alloy	400 – 800 ^{0}C

Rekristalisasi adalah suatu proses dimana butir logam yang terdeformasi digantikan oleh butiran baru yang tidak terdeformasi

yang intinya tumbuh sampai butiran asli termasuk didalamnya, atau perubahan struktur kristal akibat pemanasan pada suhu kritis sehingga terbentuk struktur butiran baru melalui tumbuhnya inti dengan pemanasan.

Cold Working adalah pembentukan logam secara plastis dibawah suhu rekristalisasi pada umumnya dilakukan disuhu kamar tanpa pemanasan benda kerja.

Tabel 2.2 Temperatur Pembentukan CuZn30



Pada Tabel 2.2 temperatur *hot working* untuk CuZn30 yaitu $\leq 400^0$C sedangkan untuk *cold working* dibawah suhu rekristalisasi yaitu dibawah 400^0C

2.4 Penelitian Terdahulu

Pada Tahun 2015, Gandhi Widi Artha telah berhasil merangcang *dies ironing* dengan proses pembentukan selongsong peluru kaliber 20 mm terdiri dari 4 tahapan proses *ironing*. Tool yang digunakan dalam proses pembentukan terdiri dari 1 buah tandem *dies-set* untuk proses reduksi *cup* bertahap dari Ø33,5

menjadi Ø31,7 kemudian menjadi Ø30,8; 1 buah *single dies-set* untuk proses reduksi *cup* bertahap dari Ø30,8 menjadi Ø30,05.

Idiar pada tahun 2016 telah berhasilmerancang *dies* untuk proses *deep drawing* membuat selongsong peluru. Rancangan *dies deep drawing* tersebut juga telah dimanufaktur dan *dies deep drawing* tersebut juga telah berhasilmembentuk 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^odan 148 kN pada sudut pembentukan *dies* 10^o.

Tahun 2017, Dicky Rachmat Riyanto telah melakukan penelitian mengenai penggunaan *software* TopSolid7 untuk proses CAD dan CAM dari beberapa komponen. Komponen yang dimanufaktur dengan bantuan TopSolid7 adalah *DiesIroning*, Head Cylinder dan Impeller.

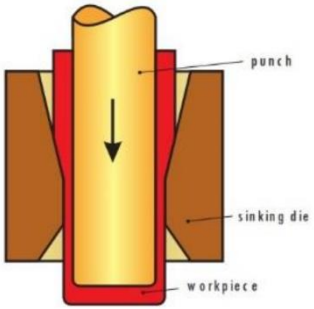
Pada tahun 2018, I Gusti Agung Ngurah Wiana Baskara mendesain *dies* ironning yang sesuai dengan *presstool* yang ada di jurusan Teknik Mesin ITS. *Diesironing* pembentukan selongsong peluru kaliber 20mm dirancang sebanyak 4 tahapan, dan mereduksi cup dari tahapan *ironing* pembentukan selongsong peluru terbagi juga dalam 4 tahapan. Dalam proses pembuatan *dies ironing* sampai permesinan CNC menggunakan pengaplikasian *software* TopSolid7.

2.5 Gaya Pembentukan *Necking*

Dalam proses pembentukan *necking* gaya yang bekerja menyesuaikan mesin *press tool* yang telah tersedia di jurusan teknik mesin ITS. Dalam proses pembuatan *necking* sama dengan proses *ironing*, perbedaannya adalah letak *punch* terhadap *workspace*.

2.5.1 Ironing

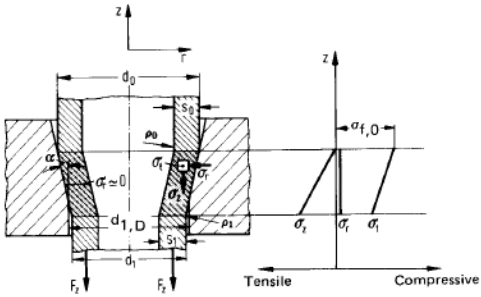
Ironing adalah salah satu proses *deep drawing* yaitu *sheet metal forming* yang dilakukan untuk menipiskan bagian dinding dari benda kerja yang dimana benda kerja secara langsung ditekan dengan *punch* dan kemudian melewati *dies* dengan ukuran yang lebih kecil sehingga benda kerja terdeformasi mengakibatkan penipisan.



Gambar 2.6 Proses *Ironing*[5]

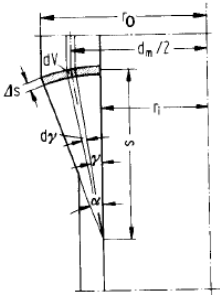
2.5.2 Gaya Pembentukan *Necking*

Necking dalam penelitian ini menggunakan metode yang sama dengan *ironing* dan menggunakan *dies forming* untuk pembentukan *neck* pada selongsong peluru. Perbedaan dalam proses ini adalah *work piece* bagian *Head* (bagian bawah) selongsong peluru akan berkontak langsung dengan punch, sedangkan mulut selongsong akan bersentuhan dengan *Dies Necking*.



Gambar 2.7 Kondisi Tegangan Dan Gaya Pada *Tube Forward Extrusion*[6]

Gaya pembentukan *necking* atau dapat digolongkan dalam deep drawing dengan katagori *metal forming* yang dikutip pada *Handbook Of Metal Forming* oleh *Kurt Lange* pada Gambar 2.7 "Kondisi Tegangan dan Gaya Pada *Tube Forward Extrusion*" dalam proses pembentukan *necking* mengutip dari *Prof. Dr.–Ing. Rolf Geiger*. Gaya dan kerja deformasi (*force and work deformation*). Gaya deformasi dengan peryataan untuk ideal, gesek, dan geser :



Gambar 2.8 *Derivation Of Shearing Work W_{sh} In Tube Forward Extrusion*[6]

Work shear yang berlebihan dibatasi pada dua strip material kecil pada saat material masuk dan keluar dari *dies*.

$$d\Delta W_{sh,0} = \tau_{max,0} \tan\gamma \; dV$$

Dengan $dV = \pi d_m \Delta_s \, s \, d\gamma$, dimana d_m adalah *average* diameter , dan *integreting over the half die angel*, menjadi

$$\Delta W_{sh,0} = \frac{1}{2} \tau_{max,0} \tan\alpha \; \Delta V$$

Dengan $\Delta V \approx d_m \, \Delta_s \, s \tan\alpha$

Shear work pada *exit* dari *die similarly obtained* sebagai

$$\Delta W_{sh,1} = \frac{1}{2} \tau_{max,1} \tan\alpha \; \Delta V$$

Total *shear work*, berdasarkan *entire volume passes* pada *shear zone*, sebagai berikut

$$W_{sh} = W_{sh,0} + W_{sh,1} = \frac{1}{2}(\tau_{max,0} + \tau_{max,1})Vtan\alpha$$

Dimana $\tau_{max,m} = \frac{1}{2}K_{str,M}$

$$W_{sh} = \frac{1}{2}K_{str,M} \tan\alpha \; V$$

Gaya *Shear* dapat ditentukan

$$F_{sh} = \frac{1}{2}\, tan\alpha \times K_{str,m} \times A_1$$

W_{tot} = W_{Id} + W_{Fr} + W_{Sh} ----- **2.1**

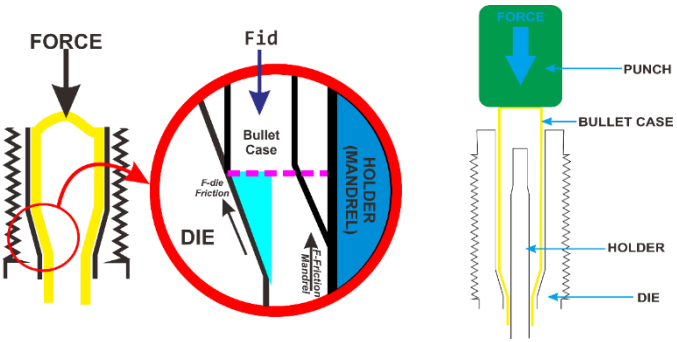
Gaya total F_{tot} dapat dihitung dari W_{tot} seperti dibawah ini :

F_{tot} = F_{Id} +F_{Fr} + $F_{fr,M}$ + F_{Sh} ---- **2.2**

Dimana:

W_{tot} = kerja total	F_{tot} = gaya total	(N)
W_{Id} =kerja ideal	F_{Id} = gaya ideal	(N)
W_{Fr} = kerja gesek	F_{Fr} = gaya gesek	(N)
W_{Sh} = kerja geser	F_{Sh} =gaya geser	(N)

F_{Id},$F_{Fr,}$ F_{Sh} di persamaan 2.2 .



Gambar 2.9 Gaya yang Bekerja Pada Selongsong [6]

Uraian Persamaan Ftot :

$$F_{id} = A_1 \times K_{str,m} \times \varphi_n \quad \text{----} \quad \textbf{2.3}$$

$$F_{Fr,S} = \frac{2 \times K_{str,m} \times \varphi_n \times \mu_s \times A_1}{sin2\alpha} \quad \text{----} \quad \textbf{2.4}$$

$$F_{sh} = \frac{1}{2} tan\alpha \times K_{str,m} \times A_1 \quad \text{----} \quad \textbf{2.5}$$

$$F_{FR,M} = A_1 \times K_{str,m} \times \varphi_n \frac{\mu}{tan\alpha} \quad \text{----} \quad \textbf{2.6}$$

$$\varphi_n = ln\frac{A_0}{A_1} \quad \text{----} \quad \textbf{2.7}$$

Dimana :

F_{id} : Gaya ideal (N)
$F_{Fr, S}$: Gaya gesek pada dinding dies necking (N)
F_{sh} : Gaya Shear pada dinding dies pilot (N)
$K_{str,m}$: Average flow stress (N/mm2)
φ_n : True Strain
μ_s : Koefisien gesek pada dies Shoulder (0.02 – 0,07)
α : Sudut dies (^{o})
Ao : Luas penampang awal proses (mm2)
A_1 : Luas penampang akhir proses (mm^2)

2.6 Dies

Dies adalah alat yang digunakan untuk membentuk ataupun memotong material menggunakan bantuan mesin *press tool*. *Dies* sendiri merupakanalat pendukung proses *stamping*. Bagian – bagian dari *dies* antara lain :

1. *Upper Plate* : bagian teratas dari *dies* yang memegang dan menyangga beberapa komponen, seperti *punch, punch holder, backing plate, stripper* dan *guide bush.Upper plate* berguna sebagai tempat mengatur atau *setting* dengan *ram* sebuah mesin *press*.
2. *Punch* : pisau pemotong yang berada di bagian atas (pada jenis proses *cutting*) atau cetakan atas (pada jenis proses *forming*). *Punch* yang berukuran besar dibaut pada *punch holder*, sedangkan yang kecil cukup ditanam dengan suaian sesak pada *punch holder* supaya tidak goyang saat *dies* dijalankan.
3. *Punch Holder*: *Punch holder* berguna sebagai pemegang *punch*, baik pada proses *cutting* maupun *forming*. Pada proses *cutting*,

punch yang berukuran kecil ditanam pada *punch holder* karena difungsikan sebagai pengikat atau penahan.

4. *Stripper*: berfungsi sebagai penjepit atau penahan material plat, agar tidak bergerak saat terjadinya proses punch dan *dies* dalam keadaan berjalan. Biasanya *stripper* dipakai pada proses *cutting*, tapi ada pula yang menggunakannya untuk beberapa proses *forming*. Konstruksi *stripper* sendiri adalah plat dengan ketebalan tertentu yang di bagian atasnya dipasang*spring*. Supaya pergerakan *spring* tersebut tidak melenceng, maka *stripper* harus diikat pada *upper dies* dengan *stripper bolt*.
5. *Lower Plate* : Lawan dari *upper plate*, *lower plate* adalah bagian terbawah dari sebuah *dies*, dimana semua komponen seperti *guide pin*, *die*, *pad* dan lainnya dipegang serta diikat. *Lower plate* berfungsi sebagai tempat seting dengan meja mesin *press* atau *bolster*.
6. *Backing Plate* : *Backing plate* berfungsi untuk menahan tekanan *punch* yang bekerja memotong material. Sebab, aksi tersebut menimbulkan reaksi pada ujung *punch* yang lain. Tempatkan *backing* plate di antara *upper plate* dan *punch holder* supaya tidak melubangi bagian teratas *dies*. Backing plate ini tidak selalu ada di konstruksi *dies*, tapi tergantung pada prosesnya.
7. *Die* : *Die* memiliki fungsi yang sama dengan *punch*, tapi letaknya di bawah. Karena fungsinya sebagai pemotong atau pembentuk, *die* harus dibuat dengan material yang kuat serta keras.
8. *Pad* : *Pad* (*lifter* atau *ejector*) bentuknya sama dengan *stripper*, tapi berfungsi sebagai pendorong atau pengangkat material. Jadi, *pad* berguna untuk memudahkan operator dalam mengambil material hasil proses. Mungkin bila tidak ada *pad*, material tersebut akan menempel pada *die*.
9. *Guide Post* : *Guide post* adalah bagian yang sangat penting pada *dies*, sebab fungsinya sebagai penepat antara *upper* dan *lower dies*. Dengan adanya *guidepost*, posisi antara *die* dan *punch* bisa terjamin saat *dies* dijalankan. Pada konstruksi *dies*, minimal harus ada dua set *guide post*.

10. *Shank* : *Shank* merupakan bagian *dies* yang terpasang pada *upper plate*. Fungsi *shank* adalah untuk menempatkan *dies* di posisi *center* dari *ram* mesin *press*. Pada beberapa jenis mesin *press*, khususnya yang memiliki kapasitas kecil, *shank* berfungsi sebagai pengikat dan pengencang *upper dies*. Sementara pada *dies* berukuran besar, *shank* jarang dipakai karena proses pengikatan menggunakan sistem *clamping*.

2.6.1 Diameter Lubang *Dies*

Untuk menentukan diameter yang sesuia pada *dies* dikutip dari refrensi "*Ivana Such, Handbook Of Dies Design*", perlu diketahui diameter benda kerja yang ingin dihasilkan terlebih dahulu. Pada proses *necking*, diameter *dies* (Dd) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\boldsymbol{D_{dies} = D_{punch} + 2T + 0,05mm} \quad \text{-----} \quad \textbf{2.8}$$

Dimana :

D*dies*	: Diameter *dies* yang direncanakan
D*punch*	: Diameter *punch* (mm)
T	: Tebal dinding benda kerja (mm)

2.6.2 Ketebalan *Dies*

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

$$\boldsymbol{H = \left(10 + 5T + 0,7\sqrt{a+b}\right) C} \quad \text{-----} \quad \textbf{2.9}$$

Dimana :

H	: Tebal *dies* (mm)
T	: Tebal material
a,b	: Dimensi bukaan *dies* (mm)
c	: konstanta (tabel 2.1)

Lebar dinding $\boldsymbol{e}$ dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\boldsymbol{e = (10 \div 20) + 0,8\,H} \quad \text{-----} \quad \textbf{2.10}$$

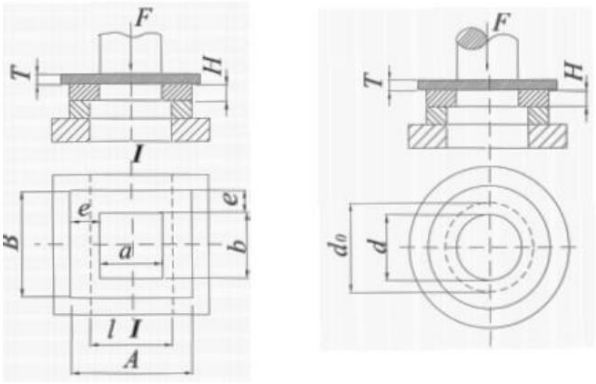
Dimana :

H	: Tebal *dies* (mm)
$\boldsymbol{e}$	: Lebar dinding *dies* (mm)

Tabel 2.3 Konstanta c Untuk UTS Material

UTS (Mpa)	117	245	392	784
C	0,6	0,8	1,0	1,3

Dimana :
UTS : *Ultimate Tensile Strength*



Gambar 2.10 Dimensi dies
(Ivana Such, Handbook Of Dies Design)

2.7 Spesifikasi Bahan *CuZn30*

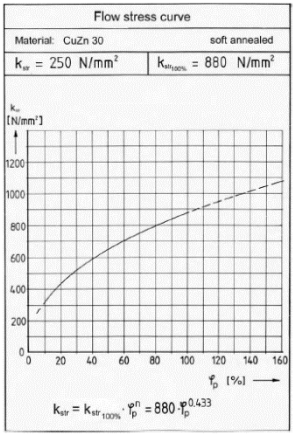
Bahan yag digunakan untuk pembuatan selongsong peluru adalah kuningan CuZn30. CuZn30 merupakan tembaga paduan dengan *zinc* sebanyak 30%. Penambahan unsur *zinc* pada paduan memberikan keuntungan pada peningkatan kekuatan material. Detail dari CuZn30 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Kekuatan Materian CuZn30

UTS (Mpa)	YS (Mpa)	A_5 (%)	Modulus Young's (Gpa)	Poisson Ratio	Grain Size (µm)
339	113	65	110	0,345	33

Dimana :
YS : *Yield Strength*
A5 : *Elongation to Rupture*

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



Gambar 2.11 Diagram *Flow Stress* Material CuZn30 [7]

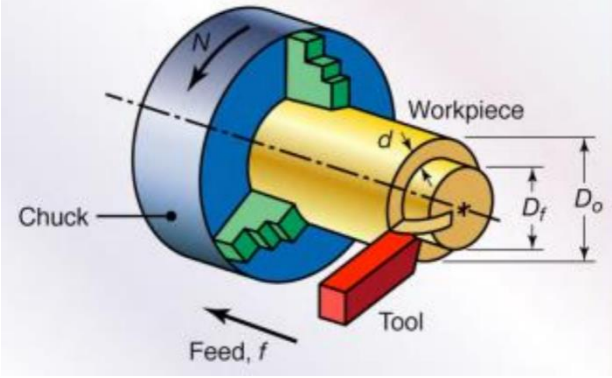
Flow stress juga dapat didefinisikan sebagai tegangan yang diperlukan untuk mempertahankan *deformasi plastis* pada regangan tertentu. *Flow stress* merupakan fungsi dari *plastic strain*.

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 dipilihkarena 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.

2.8.1 Proses Bubut

Proses bubut digunakan untuk mengerjakan benda kerja silindris. Pada proses bubuk 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 2.12 menunjukan ilustrasi proses pemotongan benda kerja pada proses bubut. Dimana benda kerja digambarkan berwarna kuning terhunung pada *Chuck* yang berputar, dan pahat potong digambarkan berwarna merah melakukan gerakan memotong.



Gambar 2.12 Ilustrasi Proses Bubut [9]

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

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \quad \text{-----} \quad \textbf{2.11}$$

Dimana :

Vc : Kecepatan potong (m/min)
d : Diameter rata – rata (mm)
n : Putaran *spindle* (rpm)

$$d = \frac{d_o + d_1}{2} \quad \text{-----} \quad \textbf{2.12}$$

Dimana :

do : Diameter awal (mm)

d_1 : Diameter akhir (mm)

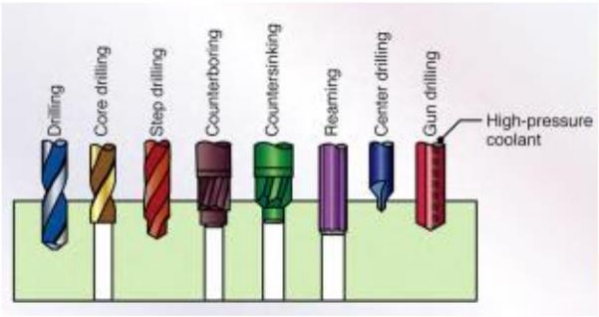
Parameter lain yang digunakan pada turning seperti kecepatan pemakanan (*feed*) dan kedalaman pemakanan (*cutting depth*) dapat dilihat dari Tabel 2.5 rekomendasi dari Ulrich Fischer sebagai berikut :

Tabel 2.5 Tabel Rekomendasi Parameter Potong Turning[10]

Standard values for turning using coated carbide tools[2)]				
Workpiece material		Cutting speed v_c in m/min	Feed f in mm	Cutting depth a_p in mm
Material group	Tensile strength R_m in N/mm² 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		

2.8.2 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 2.13 mengilustrasikan berbagai macam proses gurdi yang sering digunakan.

Gambar 2.13 Berbagai Macam Proses Gurdi [9]

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

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \qquad \text{-----} \qquad \textbf{2.13}$$

Dimana :

Vc : Kecepatan potong (m/min)
d : Diameter gurdi (mm)
n : Putaran *spindel* (rpm)

Parameter lain yang digunakan pada proses gurdi seperti kecepatan pemakanan (*feed*) dapat dilihat dari Tabel 2.6 rekomendasi dari *Ulrich Fischer* sebagai berikut :

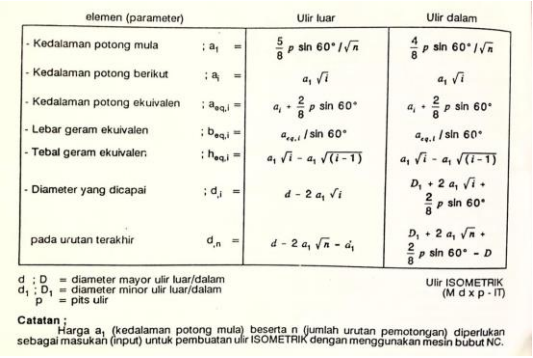
Tabel 2.6 Tabel Rekomendasi Parameter Potong Gurdi [10]

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/mm² 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

2.8.3 Proses Threading

Dengan goemetrinya yang khusus suatu ulir dibubut dengan menggunakan pahat bentuk yang mempunnyai geometri yang serupa dengan ulirnya. Dalam hal ini gerak makan harus disesuaikan dengan *pits* ulir yang bersangkutan. Pembubutan dilaksanakan secara bertahap dengan kedalaman potong harus diatur sedemikian rupa hingga sehingga geometri ulir dapat tercapai.



elemen (parameter)		Ulir luar	Ulir dalam
- Kedalaman potong mula	; a_1 =	$\frac{5}{8} p \sin 60^\circ / \sqrt{n}$	$\frac{4}{8} p \sin 60^\circ / \sqrt{n}$
- Kedalaman potong berikut	; a_i =	$a_1 \sqrt{i}$	$a_1 \sqrt{i}$
- Kedalaman potong ekuivalen	; $a_{eq,i}$ =	$a_i + \frac{2}{8} p \sin 60^\circ$	$a_i + \frac{2}{8} p \sin 60^\circ$
- Lebar geram ekuivalen	; $b_{eq,i}$ =	$a_{ce,i} / \sin 60^\circ$	$a_{ce,i} / \sin 60^\circ$
- Tebal geram ekuivalen	; $h_{eq,i}$ =	$a_1 \sqrt{i} - a_1 \sqrt{(i-1)}$	$a_1 \sqrt{i} - a_1 \sqrt{(i-1)}$
- Diameter yang dicapai	; $d_{,i}$ =	$d - 2 a_1 \sqrt{i}$	$D_1 + 2 a_1 \sqrt{i} + \frac{2}{8} p \sin 60^\circ$
pada urutan terakhir	$d_{,n}$ =	$d - 2 a_1 \sqrt{n} - a_1$	$D_1 + 2 a_1 \sqrt{n} + \frac{2}{8} p \sin 60^\circ - D$

d ; D = diameter mayor ulir luar/dalam
d_1 ; D_1 = diameter minor ulir luar/dalam
p = pits ulir

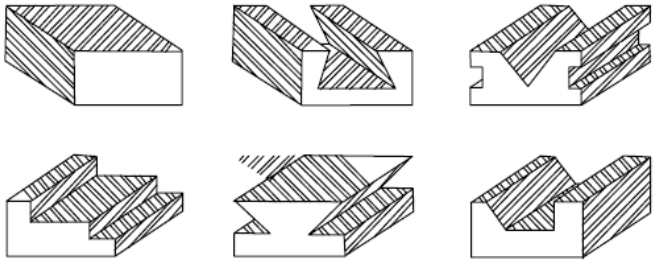
Ulir ISOMETRIK
(M d x p - IT)

Catatan :
Harga a_1 (kedalaman potong mula) beserta n (jumlah urutan pemotongan) diperlukan sebagai masukan (input) untuk pembuatan ulir ISOMETRIK dengan menggunakan mesin bubut NC.

Gambar 2.14 Persamaan ulir luar dan ulir dalam

2.8.4 Proses Milling

Milling merupakan proses *metal removal* dengan menggunakan pahat yang berputar, yang mana pahat tersebut memiliki jumlah gigi satu atau lebih. *Milling* umumnya digunakan untuk memproses benda kerja yang memiliki permukaan datar, memiliki kontur, atau bahkan permukaan yang *helix*. Komponen yang dapat dihasilkan oleh proses *milling* dapat dilihat pada Gambar 2.15.



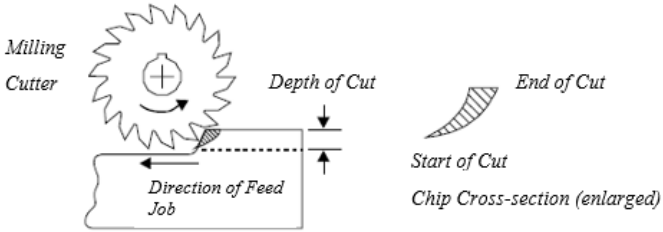
Gambar 2.15 Hasil dari proses *milling* (Singh, 2006)

Pemakanan dilakukan dengan cara membenturkan benda kerja dengan pahat yang berputar. Oleh karena itu kedalaman potong, kecepatan spindel, kecepatan pemakanan dan arah putaran menjadi parameter utama dari proses *milling*. Kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan bergantung pada material yang diproses (Singh, 2006).

2.8.4.1 Arah Putaran Pahat Pada Proses *Milling*

Terdapat dua arah putaran pahat terhadap benda kerja pada proses *milling* antara lain:

a. *Up Milling*

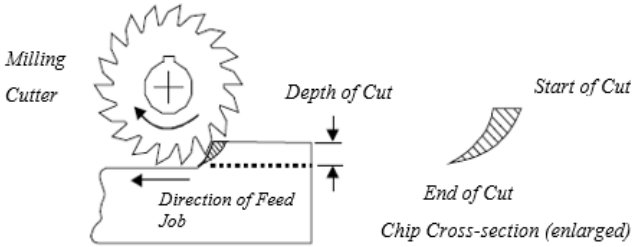


Gambar 2.16 Proses *up-milling* (Singh, 2006)

Pada proses *up-milling*, seperti pada Gambar 2.16, arah putaran spindel berlawanan dengan pergerakan meja/benda kerja. Oleh karena itu, tebal geram minimum terdapat pada awal gerak potong, dan tebal geram maksimum terdapat pada akhir gerak potong. Pembentukan tebal geram ini berbanding lurus dengan besarnya gaya yang terbentuk.

Kerugian utama dari proses *up-milling* adalah gaya yang dihasilkan akan cenderung menarik benda kerja dari tatakan dan juga menghasilkan permukaan yang kasar.

b. *Down Milling*



Gambar 2.17 Proses *down-milling* (Singh, 2006)

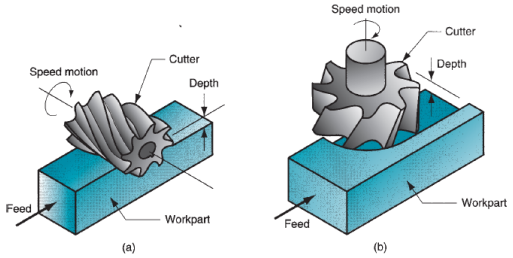
Pada proses *down-milling*, pergerakan dari meja atau benda kerja searah dengan arah putaran spindel seperti ditunjukkan pada Gambar 2.17. Hal ini menyebabkan pahat cenderung memberikan efek menekan (*downward*), dan geram yang terbentuk berkebalikan dengan *up milling* begitu pula dengan gaya potong.

2.8.4.2 Jenis Operasi *Milling*

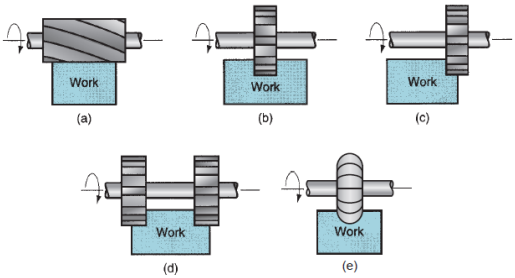
Secara garis besar operasi *milling* juga dapat dibagi menjadi dua, yaitu periferal *milling* dan *face milling*.

1. Periferal *Milling*

Pada periferal *milling*, sumbu aksial pahat sejajar dengan permukaan benda kerja. Proses ini dilakukan dengan cara memotong bagian terluar dari benda kerja, seperti yang terlihat pada Gambar 2.18 (a). Terdapat beberapa jenis periferal *milling*, seperti pada Gambar 2.19, antara lain: (a) *slab milling*, disebut *slab milling* ketika lebar pahat melebihi lebar dari benda kerja; (b) *slot milling*, disebut *slot milling* ketika lebar pahat lebih kecil dibandingkan dengan lebar benda kerja. Hal ini akan membuat lubang/gang pada benda kerja. Ketika pahat sangat tipis, operasi ini dapat digunakan untuk memotong benda kerja yang disebut *saw milling*; (c) *side milling*, sama seperti *slot milling*, akan tetapi bagian yang dipotong berada pada tepi benda kerja; (d) *straddle milling*, sama seperti *side milling*, akan tetapi pahat pemotong berjumlah dua buah (memotong tepi kiri, dan tepi kanan); dan yang terakhir adalah *form milling* (e)**,** yang memiliki pahat dengan profil spesial yang akan menentukan bentuk dari lubang pada benda kerja.



Gambar 2.18 Dua jenis utama pada proses *milling*: (a) Periferal *milling*, (b) *Face milling* (Groover, 2010)

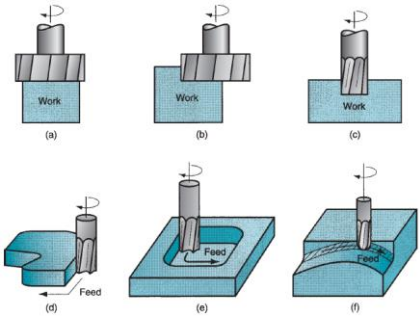


Gambar 2.19 Periferal *milling*: (a) *Slab milling*, (b) *Slot milling*, (c) *Side milling*, (d) *Straddle milling*, (e) *Form milling* (Groover, 2010)

2. Face Milling

Pada *face milling* sumbu aksial dari pahat tegak lurus terhadap permukaan benda kerja, dan pemakanan dilakukan pada sisi luar pahat seperti pada Gambar 2.18 (b). Seperti pada periferal *milling*, pada *face milling* juga terdapat beberapa jenis, seperti terlihat pada

Gambar 2.20: (a) *face milling* konvensional, yang mana diameter pahat lebih besar dibandingkan dengan lebar benda kerja; (b) *face milling* parsial, yang mana pahat memotong benda kerja hanya pada satu sisi; (c) *end milling*, pahat memiliki diameter lebih kecil dibandingkan dengan lebar benda kerja, sehingga akan menghasilkan lubang pada benda kerja; (d) profil *milling*, yaitu *end milling* yang memotong berdasarkan pola tertentu; (e) *pocket milling*, bentuk lain dari *end milling*, hasil pada *pocket milling* akan membentuk sebuah kantung pada benda kerja; (f) *surface contouring*, yang mana pahat *ball-nose* dipakai untuk membentuk permukaan tiga dimensi.



Gambar 2.20 *Face milling*: (a) *Face milling* konvensional, (b) *Face milling* parsial, (c) *End milling*, (d) Profil *milling*, (e) *Pocket milling*, (f) *Surface contouring* (Groover, 2010)

2.8.4.3 Parameter-parameter Utama Pada Proses *Milling*

Terdapat beberapa parameter penting yang akan mempengaruhi hasil dari proses *milling*. Hasil yang baik hanya dapat diperoleh dengan kombinasi parameter-parameter pemesinan yang tepat. Parameter-parameter tersebut antara lain:

1. Kecepatan spindel

Umumnya kecepatan spindel memiliki satuan revolusi per menit (rpm). Hal ini dapat diartikan bahwa kecepatan spindel adalah seberapa banyak putaran yang dilakukan spindel dalam waktu satu menit. Kecepatan spindel dapat dihitung dengan persamaan 2.14 (Groover, 2010).

$$N = \frac{CS \times 1000}{\pi \text{ x } d} \qquad \text{-----} \qquad 2.14$$

Dengan:

N = Kecepatan spindel (RPM)
CS = *Linier cutting speed* (m/min)
d = Diameter pahat (mm)

2. Kecepatan Pemakanan

Kecepatan pemakanan didefinisikan sebagai kecepatan perpindahan material benda kerja dalam satuan mm/min. Akan tetapi, kebanyakan supplier pahat merekomendasikan sebagai gerak potong per gigi (f). Kecepatan pemakanan dapat dihitung dengan persamaan 2.15 (Groover, 2010).

$$V_f = f \times u \times N \qquad \text{-----} \qquad 2.15$$

Dengan:

V_f = Kecepatan pemakanan (mm/min)
f = Gerak potong per gigi (mm)
u = Jumlah gigi

N = Kecepatan spindel (RPM)

3. Kedalaman potong

Kedalaman potong berkaitan langsung dengan efisiensi dari proses pemakanan. Semakin besar kedalaman potong maka laju produksi juga akan semakin besar. Namun, besarnya kedalaman potong bergantung juga pada kekuatan dari pahat dan juga kekuatan dari material benda kerja.

Pada jenis-jenis pahat tertentu, terdapat besaran kedalaman potong yang direkomendasikan oleh supplier pahat tersebut. Namun, yang perlu dipertimbangkan juga adalah kedalaman potong yang lebih kecil umumnya akan menghasilkan *surface finish* yang baik dan akan memperpanjang umur pahat.

2.9 *Safety Factor* / Faktor Keamanan

Faktor keamanan merupakan suatu angka yang mempengaruhi keamanan suatu komponen. Semakin besar angka ini, maka semakin aman komponen tersebut. Semakin rendah angka ini, semakin rawan resiko yang tidak diinginkan (mulur atau patah). Akan tetapi, angka keamanan yang tinggi berdampak pada dimensi komponen yang besar dan harga material yang semakin tinggi. Penentuan angka keamanan dipengaruhi beberapa hal seperti material, proses pebuatan, tipe pembebanan, kondisi kerja, dan bentuk komponen.

Faktor keamanan dapat ditulis sebagai berikut :

$$SF = \frac{Tegangan\ Ultimate}{Tegangan\ Kerja}$$

Untuk material ulet yang diketahui tegangan luluh, maka faktor keamanannya adalah :

$$SF = \frac{Tegangan\ Luluh}{Tegangan\ Kerja}$$

Faktor keamanan yang disarankan dijabarkan pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Safety Factor / Faktor Keamanan (Deutschman, 1975)

NO	Faktor Keamanan	Keterangan
1	N = 1,25 – 1,5	Data material sangat akurat, jenis pembebanan pasti, dan perhitungan tegangan akurat
2	N = 1,5 – 2	Data material cukup baik, kondisi lingkungan stabil, dan beban serta tegangan yang terjadi dihitung dengan baik
3	N = 2,0 – 2,	Material pada umumnya, dioperasikan pada lingkungan normal, tegangan dan beban dapat dihitug dengan material
4	N = 2,5 – 3	Data material kurang baik, atau material getas dengan pembebanan dan lingkungan rata – rata
5	N = 3 – 4	Material belum teruji, dengan pembebanan, dan lingkungan rata – rata
6	Beban bolak – balik (berulang – ulang) : angka – angka diatas dapat digunakan tetapi dengan *endurance limit* sebagai *significant strength*	
7	Beban *impact* : angka – angka diatas dapat digunakan tetapi harus memperhatikan faktor *impact*	
8	Material getas : angka – angka diatas dapat digunakan dan dikalikan dua untuk material	

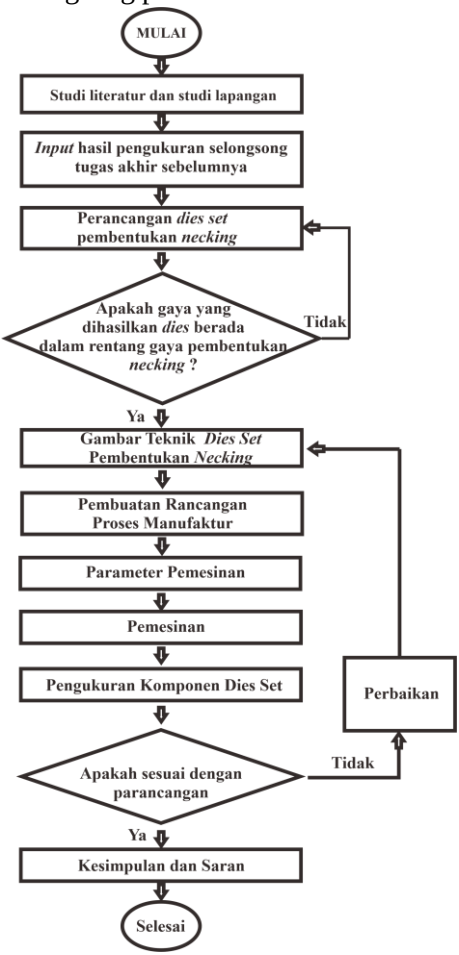
Pada beban bolak – balik, hubungan endurance limit (Se) dengan UTS (Ultimate Tensile Strength) dipersamaankan :

$S_e = 0{,}5 \times UTS$

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Flow Chart

Berikut diagram alur pengerjaan tugas akhir perancangan *dies set necking* selongsong peluru kaliber 20mm :



Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir *Dies set necking*

3.2 Langkah – Langkah Penelitian

Berikut proses pembuatan *dies necking* selongsong peluru kaliber 20mm dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

3.2.1 Studi Literatur dan Studi Lapangan

Studi literatur dan lapangan merupakan langkah awal dalam pengerjaan tugas akhir dan berikut beberarapa langkah dalam melakukan studi literatur :

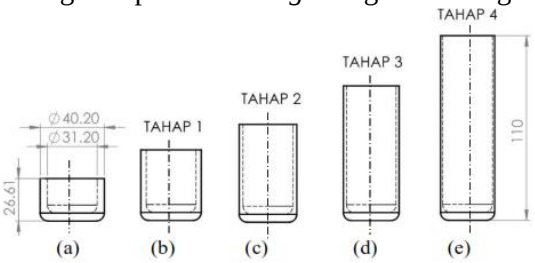
1. Mencari dan mempelajari penelitian – penelitian sebelumnya yang terkait.
2. Mempelajari dasar teori mengenai proses *necking* selongsong peluru.
3. Mencari selongsong peluru yang telah melalui proses *deep drawing* dan *ironging* sebelumnya.
4. Mempelajari spesifikasi *dies* yang sesuai untuk proses *necking*.
5. Mempelajari material yang sesuai untuk *dies* proses *necking*.

3.2.2 Pengukuran Selongsong Hasil *Ironing* dan Press Tool.

Untuk melanjutkan dalam proses *necking* tentu memerlukan ukuran geometri dari hasil proses *ironing* sebelumnya sebagai berikut :

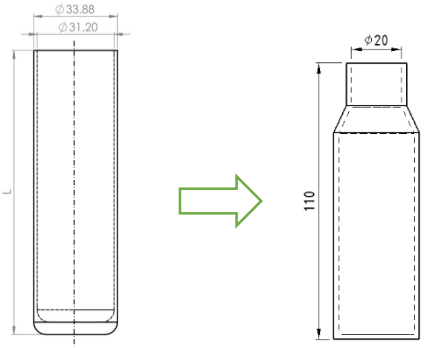
3.2.2.1 Pengukuran Selongsong Hasil *Ironing*

Dari penelitian sebelumnya, telah berhasil memproduksi selongsong dengan proses *ironing* dari *sheet* metal menggunakan *dies* set *ironing*. Penelitian tersebut telah berhasil membuat *set dies ironing* dalam proses pembuatan cup melalui proses *deep drawing* hingga pembentukan selongsong menggunakan proses *ironing*. Sehingga menjadikan bahan baku untuk pembuatan *necking* di tahap selanjutnya, hingga terbentuk selongsong peluru dengan kaliber 20mm. Dari hasil pengukuran yang dilakukan, didapatkan dimensi selonsong dari proses *ironing* sebagai berikut gambar 3.2



Gambar 3.2 (a) Cup bahan proses *ironing* (b) Ilustrasi hasil *ironing* tahap I (c) Ilustrasi hasil *ironing* Tahap 2 (d) Ilustrasi hasil *Ironing* tahap 3 (e) Ilustrasi hasil *Ironing* tahap 4.

Hasil pengukuran didapatkan selongsong dari proses *ironing* dengan diameter luar sebesar 33,88 mm, diameter dalam 31,24 mm, dan tinggi selongsong sebesar 110 mm.



Gambar 3.3 Dimensi Hasil Pengukuran Proses *Ironing* Tahap 4 menjadi *necking* dengan L = 110 mm

3.2.2.2 Pengukuran *Press Tool*

Proses pembentukan selongsong peluru kaliber 20mm tentu tidak akan luput dari penggunaan mesin *press tool* yang ada di jurusan Teknik Mesin ITS sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan spesifikasi mesin yang sama. Press tool digunakan sebagai bagian yang mendukung proses pembentukan *necking* pada selongsong peluru. *Press Tool* terdiri dari *bed* yang merupakan tempat *dies* dan benda kerja diletakkan, *Ram* lengan pengarah, dan piston hidrolik yang digunakan untuk menggerakan punch ketika proses *necking* berlangsung. Pengukuran *press tool*dilakukan untuk mengetahui kesesuaian dimensi *press tool* yang telah dimanufaktur dengan rancangannya, serta hasil pengukuran tersebut digunakan untuk merancang *diesironing* yang sesuai dengan *press tool* tersebut. Hasil pengukuran yang dilakukan didapatkan dimensi sebagai berikut :

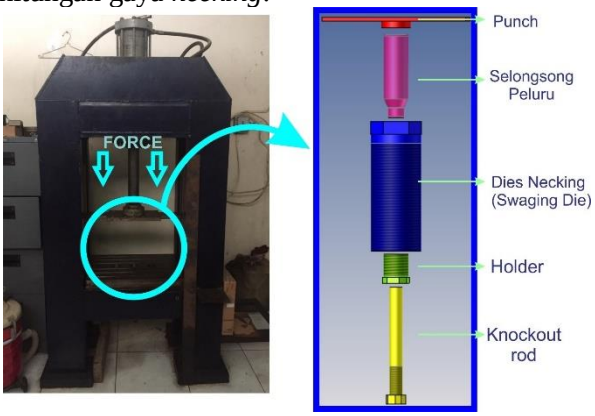
Bed = 45 x 450 x 500 mm

Ram = 20 x 200 x 300 mm
Panjang *Stroke Hidrolik* = ±400 mm

3.2.3 Perancangan *Dies Necking*

Setelah mengetahui ukuran dari selongsong yang dihasilkan dari proses tahapan *Ironing* maka langkah selanjutnya adalah perancangan *dies necking* yang akan membentuk *necking* pada selongsong peluru dengan memiliki sesuaian sesak dengan martil peluru (*jacketed Bullet*). *Diesnecking* yang menyesuaiakan ukuran dari selongsong tahap *ironing*, ukuran martil peluru pada *necking* dengan ukuran kaliber 20 mm dan mesin press tool yang tersedia . Adapun tahapan – tahapan yang dilakukan adalah :

1. Metode yang digunakan adalah *deep drawing* dengan proses *cold working* dimana proses pembentukan necking dibawah suhu rekristalisasi
2. Perhitungan ketebalan *dies* yang diperlukan untuk proses *necking*.
3. Disain *dies set necking* yang sesuai dengan ukuran selongsong hasil *ironing*.
4. Perhitungan gaya *press* yang berakibat pada selongsong.
5. Perhitungan gaya *necking*.

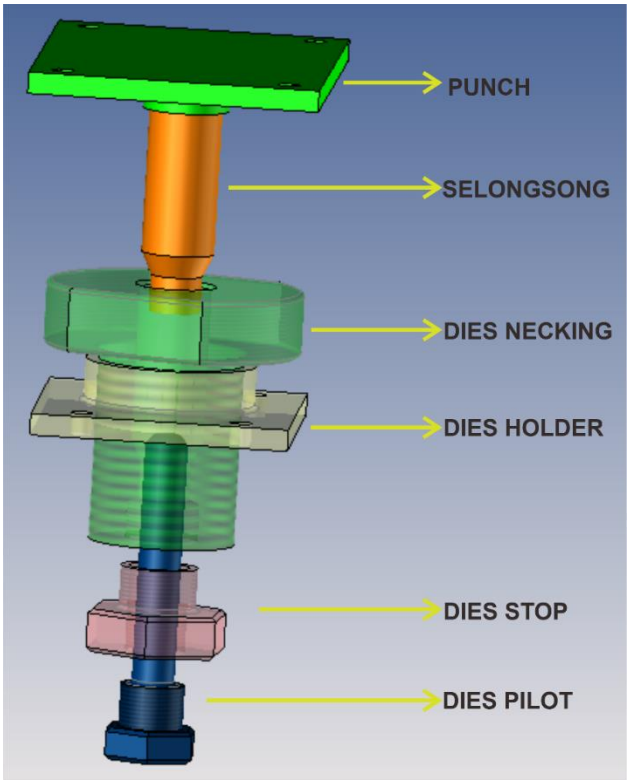


Gambar 3.4 Rancangan *dienecking* untuk mesin press tool

BAB 4
PERANCANGAN DIES SET NECKING

4.1 Perancangan Dies Set Necking

Perancangan *dies set necking* yang sesuai dengan mesin *press tool* yang sudah dibuat di Departemen Teknik Mesin ITS, seperti yang disebutkan pada lampiran A Gambar 7.1 Sedangkan *set-up* dari pembuatan leher *(neck)* dari selongsong peluru dengan rancangan *dies* dan pendukungnya dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rancangan *Dies Necking*

4.2 Diameter Dies Necking

Dalam penentuan diameter rancangan dies necking didapatkan dengan perhitungan manual dengan meggunakan persamaan sebagai berikut.dan diameter yang ditentukan seperti pada gambar Gambar 4.2

$D_{Dies\ Pilot}$ = 20 mm (ditentukan berdasarkan pembentukan kaliber 20mm)

T = 1,34mm (tebal material selongsong proses ironing tahap 4)

$$\boldsymbol{D_{dies} = D_{Dies\ Pilot} + 2_T + 0,05mm}$$ ---Persamaan 2.7

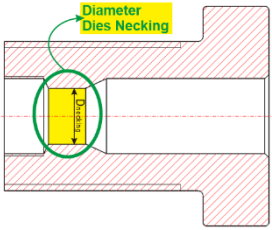
$$\boldsymbol{D_{dies} = 20\ mm + (2 \times 1,34) + 0,05mm}$$

$$\boldsymbol{D_{dies} = 22,73 \approx 23mm}$$

Dari perhitungan manual diatas didapatkan diameter dies necking dalam pembentukan necking sebesar 22,73 ≈ 23mm.

4.3 Tinggi Dies Necking

Penentuan tinggi dies necking dengan perhitungan manual seperti pada persamaan dibawah dan tinggi yang ditentukan adalah pada Gambar 4.3 dengan warna kuning.



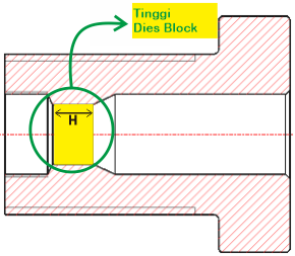
Gambar 4.2 Diameter Dies Necking 22,73 ≈ 23 mm

T = 1,34 (tebal material selongsong proses ironing tahap 4)
a,b = 22,73mm (dimensi bukaan dies)
C = constanta material uji (tabel 2.1)

$$\boldsymbol{H = \left(10 + 5T + 0,7\sqrt{a + b}\right)C}$$ ---Persamaan 2.8

$$\boldsymbol{H = \left(10 + (5 \times 1,34) + 0,7\sqrt{22,73 + 22,73}\right)1,0}$$

$$\boldsymbol{H = 17,17\ mm}$$



Gambar 4.3 Tinggi *Dies Necking*

Dari perhitungan diatas didapatkan tinggi *dies necking* sebesar 17,17 melainkan dalam desain tinggi *dies* 23mm dikarenakan sebagai pengamanan bila *punch* terlalu jauh dalam penekanan agar tidak terjadi bending pada selongsong.

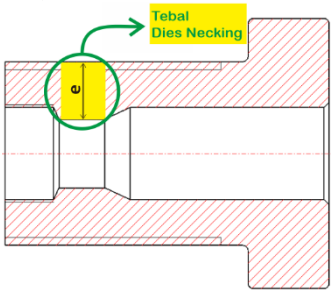
4.4 Tebal Dies Necking

Tebal *dies necking* secara perhitungan manual dengan persamaaan dibawah dan ditunjukkan tebal pada *dies necking* pada Gambar 4.4 H = ketinggian *dies necking* persamaan 2.8

$$\boldsymbol{e = (10 \div 20) + 0,8\ H} \qquad \text{--- Persamaan 2.9}$$

$$\boldsymbol{e = (10 \div 20) + 0,8\ 17,17\ mm}$$

$$\boldsymbol{e = 14,236\ mm}$$



Gambar 4.4 Tebal *Dies Necking* 14,236mm

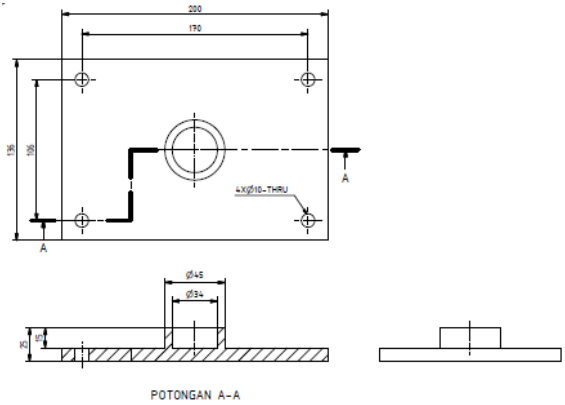
Dari perhitungan diatas didapatkan tebal *dies necking* 14,236mm, dalam penentuan tebal tidak di ijinkan lebih kecil dari perhitungan manual untuk menghindari terjadinnya kerusakan saat proses *necking* berlangsung.

4.5 Dimensi Dan Material Komponen Utama Maupun Komponen Penunjang.

Dalam proses perancangan *dies set necking* perlu memperhatikan komponen – komponen yang akan mempengaruhi dimensi dan goemetri dari *dies set necking*. Komponen – komponent tersebut adalah *Punch*, *Dies Necking*, *Dies Holder*, *Dies Stop*, *Dies Pilot.* Dari komponen tersebut di bagi menjadi 2 yaitu komponen utama dan komponen pendukung. Komponen utama dalam pembentukan *necking* antara lain adalah *Dies Necking*, *Dies Pilot,* dan *Dies Stop,* pendukurng komponen dalam pembentukan *necking* adalah *Dies Holder* dan *punch.* Komponen pendukung ini merupakan komponen yang menghubungkan komponen utama dengan mesin *press tool* Teknik Mesin ITS.

4.5.1 Dimensi dan Material *Punch*.

Punch merupakan bagian alat pemesinan yang berfungsi sebagai penekan untuk selonsong peluru kaliber 20mm yang dipasang pada mesin *press* Teknik Mesin ITS, material yang digunakan adalah *alumunium 6061* .Rancangan *punch* dapat dilihat seperti pada Gambar 4.5.

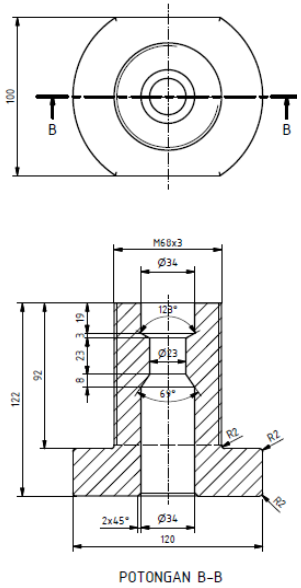


Gambar 4.5 Dimensi *Punch*

4.5.2 Dimensi dan Material *Dies Necking*

Dies merupakan cetakan untuk pembentukan benda kerja. *Dies Necking* merupakan bagian alat pemesinan yang fungsi

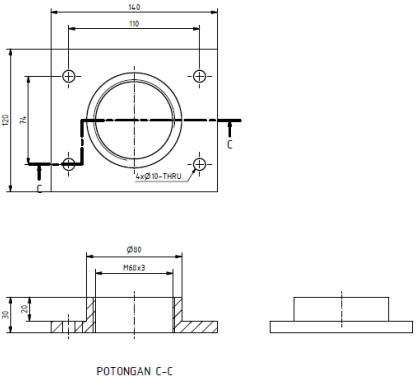
utamanya untuk melakukan proses *necking* pada selongsong peluru kaliber 20mm. Material yang digunakan *dies neccking* adalah *AISI 416 Stainless Steel*. Rancangan *dies necking* yang dapat dilihat seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Dimensi Dies Necking

4.5.3 Dimensi dan Material *Dies Holder*

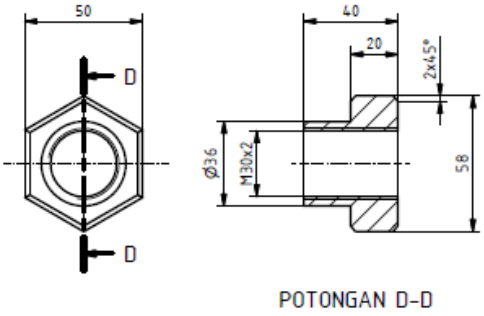
Dies Holder merupakan bagian alat pemesinan fungsi sebagai penahan *dies necking* dan juga sebagai penghubung antara *dies necking* dengan *Bed* pada mesin *Press Tool*. Dengan dimensi yang sudah di sesuiakan pada ukuran *bed* mesin *Press Tool* di Teknik Mesin ITS ditunjukkan pada Gambar 7.2 lampiran A. Material yang digunakan *dies holder* adalah *AISI 416 Stainless Steel* .*Dies Holder* yang sudah dirancang seperti pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Dimensi Dies Holder

4.5.4 Dimensi dan Material *Dies Stop*

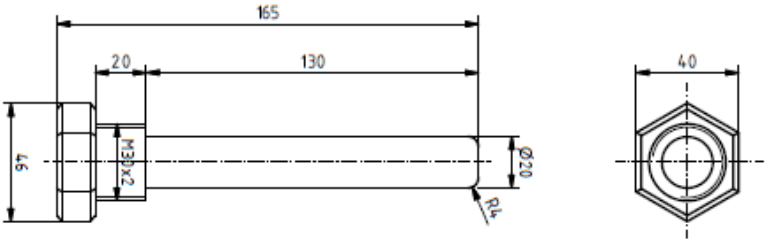
Dies Stop merupakan bagian alat pemesinan dengan fungsi sebagai penahan proses *necking* pada selongsong peluru selama proses *press* berlangsung. Untuk mendapatkan hasil *necking* yang diinginkan. Material yang digunakan dalam pembuatan *dies stop* adalah *AISI 416 Stainless Steel*. Sedangkan untuk dimensi yang mengikuti ukuran pada *dies necking* pada Gambar 4.6 sabagai berikut yang ditunjukkan pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Dimensi *Dies Stop*

4.5.5 Dimensi dan Material *Dies Pilot.*

Dies Pilot merupakan bagian alat pemesinan dengan fungsi sebagai pengarah untuk terjadingan *necking* pada selongsong peluru. Yang terletak pada *center* di *dies necking* maupun di *center* pada selonsong peluru. Dimana perannya sebagai pengarah sehingga akan berdampak gaya yang cukup besar pada *dies pilot* ini. Dimensi menyesuaikan dengan ukuran kaliber yang di inginkan yaitu 20mm pada tabung yang panjang. Tidak hanya pengarah pembentukan *necking* melainkan juga untuk melepaskan selonsong pada *dies necking*. Material yang digunakan adalah *AISI 416 Stainless Steel.* Dimensi ditunjukkan seperti pada Gambar 4.9.



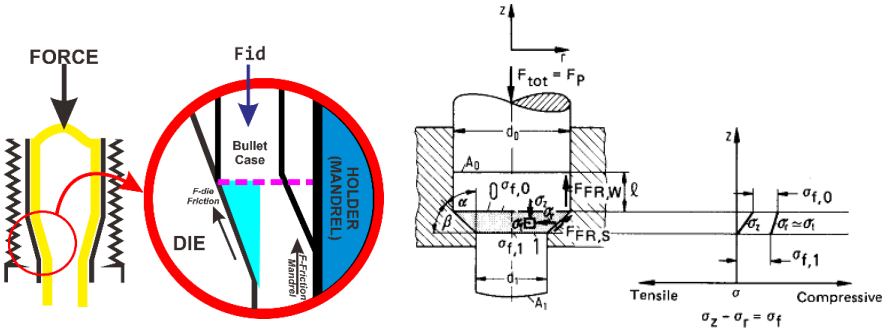
Gambar 4.9 Dimensi *Dies Pilot*

4.6 Analisa Kekuatan Material

Adapun perhitungan manual dan simulasi analisa kekuatan material dari *dies set* pembentukan *necking* selongsong peluru kaliber 20mm sebagai berikut.

4.6.1 Perhitungan Manual.

Perhitungan ditunjukkan dalam menentukan nilai tegangan yang didapatkan dan dapat disimulasikan untuk menentukan nilai kekuatan material dengan bantuan *software* CAD dengan metode *von mises* dari *dies set necking* untuk selongsong peluru kaliber 20 mm dapat dibagi dalam beberapa tahap sebagai berikut :



Gambar 4.10 *Free Body Diagram* Proses *Necking*

$$\boldsymbol{F_{id} = A_1 \times K_{str,m} \times \varphi_{max}}$$ --- Persamaan 2.3

$$\boldsymbol{F_{Fr,S} = \frac{2 \cdot K_{str,m} \cdot \varphi_n \cdot \mu_s \cdot A_1}{sin2\alpha}}$$ --- Persamaan 2.4

$$\boldsymbol{F_{sh} = \frac{1}{2} tan\alpha \cdot K_{str,m} \cdot A_1}$$ --- Persamaan 2.5

$$F_{FR,M} = A_1 \times K_{str,m} \times \varphi_{max} \frac{\mu}{tan\alpha}$$ --- Persamaan 2.6

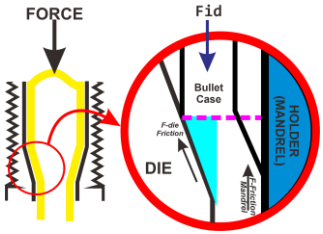
Dimana :

F_{id} : Gaya ideal (N)
$F_{Fr,S}$: Gaya gesek pada dinding *dies necking* (N)
F_{sh} : Gaya *Shear* pada selongsong (N)
$F_{FR,M}$: Gaya gesek pada dinding *dies pilot* (N)

4.6.1.1 Gaya Deformasi :

Untuk menentukan gaya pembentukan *necking* pada selongsong peluru kaliber 20mm dilakukan perhitungan secara manual sebagai berikut.

$$F_{id} = A_1 \times K_{str,m} \times \varphi_n$$ --- Persamaan 2.3



Gambar 4.11 Free Body Diagram Fid

Untuk mendapatkan Luas Penampangan awal Ao ditunjukkan pada gambar 4.9 digunakan persamaan berikut :

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \times (ØA1^2 - Ø\,A0^2)$$

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \times (33{,}88^2 - 31{,}20^2)$$

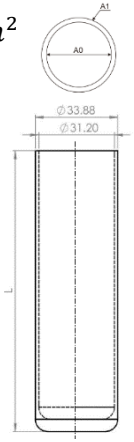
$$A_0 = 136{,}98\ mm^2$$

Di dapatkan nilai dari Luas Penampang A0 yaitu A0 = 136,98 mm^2, Sehingga untuk menentukan luas penampang A1 dengan diameter yang ditentukan sesuai dengan gambar 4.10 menggunakan persamaan Sebagai berikut.

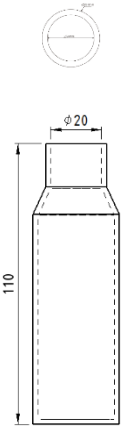
$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times (Ø\ Luar\ Necking^2 - Ø\ Dalam\ Necking^2)$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times (22{,}6^2 - 20{,}0^2)$$

$$A_1 = 86{,}99\ mm^2$$



Gambar 4.12 Dimensi Cup Hasil Proses Ironing Tahap 4



Gambar 4.13 Dimensi Hasil Proses Necking

Luas penampang akhir A_1 diperoleh hasil 86,99 mm^2. Dari Hasi perhitungan A_1 dan A_0 diperuntukkan dalam mendisain *Dies Necking* dimana hasil perhitungannya untuk menentukan luas *dies* dan ketebalan *dies*.

True strain untuk mengetahui regangan yang terjadi secara maksimum pada selongsong, dapat dihitug menggunakan persamaan sebagai berikut.

True Strain ($\boldsymbol{\varphi_n}$)

$$\boldsymbol{\varphi_n = ln \frac{A_0}{A_1}} \qquad \text{--- Persamaan 2.7}$$

$$\boldsymbol{\varphi_n = ln} \frac{136{,}98\ mm^2}{86{,}99\ mm^2}$$

$$\boldsymbol{\varphi_n = 0{,}454}$$

Di dapatkan hasil dari perhitungan sebesar *True Strain* ($\boldsymbol{\varphi_n}$) = 0,454 dari hasil yang didapatkan merupakan hasil regangan maksimal dari peritungann manual yang dialami material *CuZn30*.

Karena material yang digunakan dalam selongsong peluru adalah *CuZn30* maka diperlukan Diagram *flow stress* Material *CuZn30*, dan didapatkan nilai *flow stress CuZn30* yaitu K_{str1} sebesar 880N/mm^2 seperti pada Gambar 2.11, dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\boldsymbol{K_{str1} = K_{str100\%} \times \varphi_n{}^n} \qquad \text{--- Gambar 2.11}$$

$$\boldsymbol{K_{str1} = 880 \times 0{,}454^{0{,}433}}$$

$$\boldsymbol{K_{str1} = 625{,}15\ \frac{N}{mm^2}}$$

Nilai dari Kstr1 didapatkan sebesar 625,15 N/mm^2 dimana nilai *flow stress* tersebut yang terjadi pada material *CuZn30* pada regangan maksimum dari proses necking.

Sedangkan nilai Kstr0 didapatkan sebagai berikut.

$$\boldsymbol{K_{str0} = K_{str}\ (dari\ Irroning\ tahap\ 4)}$$

$$\boldsymbol{K_{str0} = 534{,}05\ \frac{N}{mm^2}}$$

Flow stress yang didapatkan sebesar 534,05 N/mm^2 , nilai tersebut adalah *flow stress* yang dimana nilai regangan

maksimumnya di dapatkan saat proses *ironing* tahap 4 pada penelitian sebelumnya oleh Baskara.

Sehingga dapat di cari nilai *flow stress* rata – rata (Kstr,m) untuk menentukan gaya pembentukan *necking* (Fid) yang terjadi dengan persamaan berikut.

Average flow stress $\boldsymbol{K_{str,m}}$

$$\boldsymbol{K_{str,m} = \frac{K_{str1} + K_{str0}}{2}}$$

$$\boldsymbol{K_{str,m} = \frac{625,15 + 534,05}{2}}$$

$$\boldsymbol{K_{str,m} = 579,6\ \frac{N}{mm^2}}$$

Dapat disimpulkan nilai Kstr,m (*Average flow stress*) = 579,6 N/mm^2, sehigga dapat ditentukan gaya pembentukan *necking* (F_{id}) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut, dimana nilai A1 = 86,99 N/mm^2 didapatkan dari Luasan penampang saat necking, Kstr,m dari *average flow stress* dari material CuZn30 dan $\boldsymbol{\varphi_n}$ true strain sebesar = 0,454.

$$\boldsymbol{F_{id} = A_1 \times K_{str,m} \times \varphi_n}$$

$$\boldsymbol{F_{id} = 86,99\ mm^2 \times 579,6\ \frac{N}{mm^2} \times 0,454}$$

$$\boldsymbol{F_{id} = 22890,40\ N}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai F_{id} (gaya ideal) sebesar 22890,4 N. Nilai tersebut adalah gaya yang diperlukan untuk pembentukan selongsong.

Validasi hasil perhitungan F_{id} pada material *CuZn30* yaitu, nilai tegangan sebagai berikut.

$$\frac{Fid}{A1} = K_{str,m} \times \varphi_n = 263,13\ MPa$$

Dari hasil perhitungan diatas nilai tegangan sebesar 263,13 Mpa, sementara nilai dari *CuZn30* rentan ***yield*** sampai dengan ***UTS*** dari material sebesar *Yield Strength* = 113 Mpa dan UTS = 339 Mpa

Tabel 4.1 Validasi nilai Tegangan dari *CuZn30*

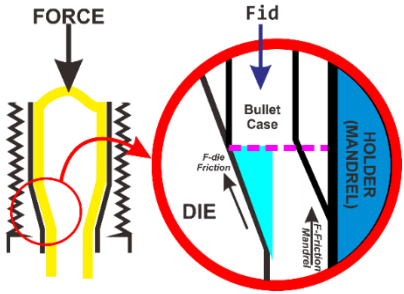
Yield Strength CuZn30	***UTS CuZn30***	**Perhitungan Manual Tegangan (F_{id}/A_1)**
113MPa	339 MPa	263,13 MPa

Dapat disimpulkan hasil perhitungan manual nilai tegangan dari CuZn 30, masih diatas *yield strength* dimana material tidak akan kembali kebentuk semula (*plastis*), dan dibawah nilai UTS sehingga material tidak akan mengami *breaking*.

4.6.1.2 Analisa Tegangan Pada Dies *Necking*

Pada tahap pengujian material *dies necking* dilakukan perhitungan manual untuk mengetahui Gaya gesek pada *dies necking* ($F_{Fr,S}$), didapatkan nilai dari *average flow stress* sebesar $K_{str,m} = 579{,}6\ \frac{N}{mm^2}$, nilai *True Strain* sebesar $\varphi_n = 0{,}454$ dan luasan $A_1 = 86{,}99\ mm^2$ berdasarkan Tabel 7.2 pada lampiran A nilai dari μ antara *brass* dan *steel* sebesar $\mu_s = 0{,}07$, sehingga dapat dicari menggunakan persamaan berikut sebagai berikut.

$$F_{Fr,S} = \frac{2 \cdot K_{str,m} \cdot \varphi_n \cdot \mu_s \cdot A_1}{sin2\alpha} \qquad \text{--- Persamaan 2.4}$$



Gambar 4.14 *Free Body Diagram* $F_{Fr,S}$

$$F_{Fr,S} = \frac{2 \cdot 579{,}6\ \frac{N}{mm^2} \cdot 0{,}454 \cdot 0{,}07 \cdot 86{,}99\ mm^2}{sin(2 \times 34{,}5^0)}$$

$$F_{Fr,S} = 3432{,}65\ N$$

Dari hasil perhitungan manual didapat nilai gaya gesek $F_{Fr,S}$ yang terjadi pada material *CuZn30* (selongsong) dengan *dies necking* sebesar $\boldsymbol{F_{Fr,S} = 3432,65\ N.}$

Sedangkan gaya shear pada selongsong ini untuk menentukan terjadinya bending pada selongsong ditentukan dengan persamaan berikut dimana nilai dari A_1 = 86,99 mm^2 dan $K_{str,m}$ = 579,6 N/mm^2.

$$\boldsymbol{F_{sh} = \frac{1}{2}\, tan\alpha \cdot K_{str,m} \cdot A_1}$$ --- Persamaan 2.5

$$\boldsymbol{F_{sh} = \frac{1}{2}\, tan 34,5^0 \cdot 579,6\ \frac{N}{mm^2} \cdot 86,99\ mm^2}$$

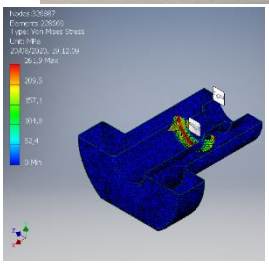
$$\boldsymbol{F_{sh} = 17326,14816\ N}$$

- **Simulasi Tegangan Dies Necking**

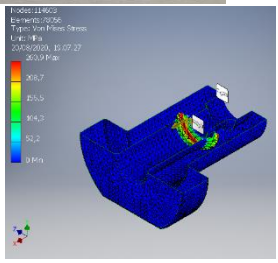
Kemudian dilakukan analisa tegangan pada *dies necking* menggunakan metode *Von Mises* dengan gaya sebesar $\boldsymbol{\frac{Fid}{A1} = 263,13\ MPa}$, $\boldsymbol{F_{FR,M} = 2331,4026}$ dan $\boldsymbol{F_{Fr,S} + F_{sh} = 20758,8\ N}$ didapatkan hasil seperti pada gambar 4.15 – 4.19.

Tabel 4.2 *AISI 304 Stainless Steel*

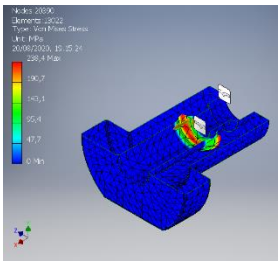
AISI (UNS)	Ultimate tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Elongation in 50 mm (%)	Characteristics and typical applications
303 (S30300)	550–620	240–260	53–50	Screw machine products, shafts, valves, bolts, bushings, and nuts; aircraft fittings; bolts; nuts; rivets; screws; studs.
304 (S30400)	565–620	240–290	60–55	Chemical and food processing equipment, brewing equipment, cryogenic vessels, gutters, downspouts, and flashings.
316 (S31600)	550–590	210–290	60–55	High corrosion resistance and high creep strength. Chemical and pulp handling equipment, photographic equipment, brandy vats, fertilizer parts, ketchup cooking kettles, and yeast tubs.
410 (S41000)	480–520	240–310	35–25	Machine parts, pump shafts, bolts, bushings, coal chutes, cutlery, tackle, hardware, jet engine parts, mining machinery, rifle barrels, screws, and valves.
416 (S41600)	480–520	275	30–20	Aircraft fittings, bolts, nuts, fire extinguisher inserts, rivets, and screws.



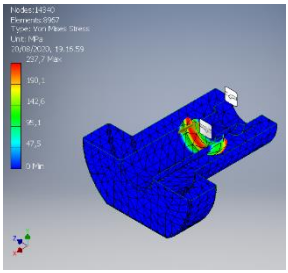
Gambar 4.16 Ukuran Mesh 0,02mm



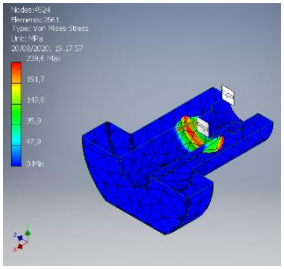
Gambar 4.15 ukuran Mesh 0,03mm



Gambar 4.18 Ukuran Mesh 0,06mm



Gambar 4.17 Ukuran Mesh 0,07mm

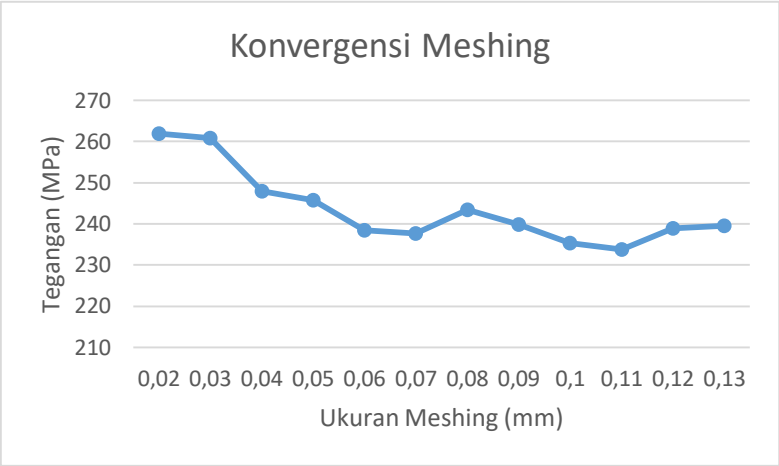


Gambar 4.19 Ukuran Mesh 0,13mm

Berikut tabel konvergensi meshing, dimana Dalam aplikasi, salah satu rekomendasi untuk menentukan jumlah elemen dengan akurasi solusi yang bisa diterima dalam suatu analisis elemen hingga adalah dengan melakukan **uji konvergensi (*convergence test*)** terhadap solusi yang diperoleh

Tabel 4.3 Konvergensi Meshing Ukuran(mm) dan Tegangan(MPa)

No	Ukuran Mesh (mm)	Tegangan (MPa)
1	0,02	261,9
2	0,03	260,9
3	0,04	247,9
4	0,05	245,7
5	0,06	238,4
6	0,07	237,7
7	0,08	243,5
8	0,09	239,9
9	0,1	235,3
10	0,11	233,8
11	0,12	238,9
12	0,13	239,6



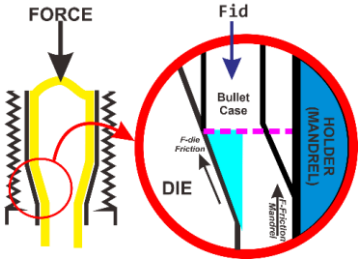
Grafik 4.1 Ukuran meshing terhadap tegangan (MPa)

Pada Gambar 4.16 dengan ukuran mesh 0,02 didapatkan analisa tegangan sebesar 261,9 MPa, Gambar 4.15 dengan ukuran mesh 0,03mm didapatkan analisa tegangan sebesar 260,9MPa, Gambar 4.18 dengan ukuran mesh 0,06mm didapatkan analisa tegangan sebesar 238,4 Gambar 4.17 dengan ukuran mesh 0,07mm didapatkan analisa tegangan sebesar 237,7MPa, Gambar 4.19 dengan ukuran mesh 0,13mm didapatkan analisa tegangan sebesar 239,6MPa. dapat disimpulkan dari Grafik 4.1 dengan semakin kecil nilai dari meshing maka semakin besar nilai tegangan yang didapatkan, dan tegangan kritis semakin terkonsentrasi, nilai tegangan tertinggi terletak pada konsentrasi dengan warna merah pada simulasi analisa tegangan. Pemilihan mesh sebagai analisa tegangan dies necking ditentukan ukuran mesh 0,06mm dikarenakan tegangan yang didapatkan cukup stabil hingga ukuran mesh 0,1mm

Nilai ***yield Strength*** material ***Stainless Steel 416*** sebesar **275 Mpa** pada tabel 4.2 Dari hasil analisa tegangan pada Gambar 4.18 ukuran mesh 0,06mm didapatkan nilai tegangan maksimum pada *dies necking* adalah sebesar **238,4 Mpa**. Sehingga material tersebut aman untuk digunakan

4.6.1.3 Analisa Tegangan Pada Dies Pilot

Untuk menahan gaya total mesin, *dies stop* di rancang dapat menahan nilai dari F_{total}, maka diperlukan perhitungan $F_{FR,M}$ (gaya gesek pada mandrel) yang berpengaruh apakah *dies pilot*. Dies pilot diharapkan dapat menahan beban tersebut, menahan tegangan sebesar $F_{FR,M}$. untuk mendapatkan nilai $F_{FR,M}$ sebagai berikut.



Gambar 4.20 *Free Body Diagram* $F_{FR,M}$

$$F_{FR,M} = A_1 \times K_{str,m} \times \varphi_{max} \frac{\mu}{tan\alpha}$$ --- Persamaan 2.6

Dimana :

μ	= 0,07	--- Tabel 7.2 Lampiran A
A_1	= 86,99 mm^2	
Φ_n	= 0,454	
$K_{str,m}$	= 579,6 N/mm^2	

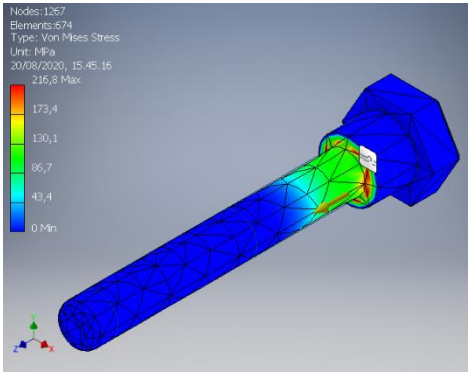
$$F_{FR,M} = 86,99 \times 579,6 \times 0,454 \frac{0,07}{\tan 34,5^0}$$

$$F_{FR,M} = 2331,4026$$

Dari perhitungan manual diatas dapat disimpulkan gaya gesek $F_{FR,M}$ yang terjadi antara material *CuZn30* (selongsong) dengan *dies pilot* yaitu $\mathbf{F_{FR,M} = 2331,4026\ N}$

- **Simulasi Tegangan *Dies Pilot***

Kemudian dilakukan analisa tegangan pada *dies necking* menggunakan metode *Von Mises* dengan gaya sebesar $F_{id} + F_{Fr,M} + F_{sh} = 22890,4 + 2331,4026 + 17326,14816$ didapatkan hasil **42547,95 N** seperti pada Gambar 4.21



Gambar 4.21 Analisa Tegangan Pada *Dies Pilot* Menggunakan Metode *Von Mises*

Yield Strength material ***Stainless Steel 416*** sebesar **275 Mpa** pada Tabel 7.3. Dari hasil analisa tegangan didapatkan nilai tegangan maksimum pada *dies pilot* adalah sebesar **216,8 Mpa**. Sehingga material tersebut aman untuk digunakan.

4.6.1.4 Analisa Tegangan Pada Dies Stop

Dikarenakan untuk mengetahui nilai Ftot di butuhkan Fid, FFrS, FSh., maka nilai dari $\boldsymbol{F_{id} = 22890,40\ N}$, $\boldsymbol{F_{Fr,S} = 3432,65\ N}$, dan $\boldsymbol{F_{sh} = 17326,14816\ N}$ dapat dicari dengan menggunakan persamaan sabagia berikut.

$\mathbf{F_{tot} = F_{Id} + F_{Fr,s} + F_{FR,M} + F_{Sh}}$ --- Persamaan 2.2

$$\boldsymbol{Ftot = 22890,40\ N + 3204,65\ N + 2334,4026\ N + 17326,14816\ N}$$

$$\boldsymbol{Ftot = 45755,60076\ N}$$

Dari hasil perhitungan manual didapat nilai Ftot yang terjadi pada *dies stop* sebesar $\boldsymbol{F_{tot} = 45755,60076\ N.}$ Nilai dari Ftot juga merupakan nilai dari kapasitas mesin yang digunakan. Sehingga gaya total pembentukan necking di konfersikan dalam ton sebagai berikut.

$$\boldsymbol{mFtot = \frac{Ftot}{g}}$$

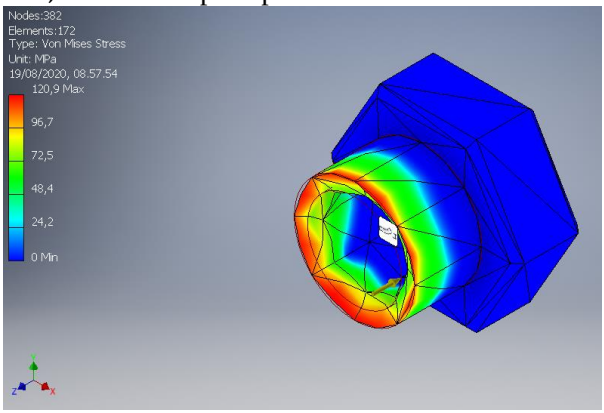
$$\boldsymbol{mFtot} = \frac{\mathbf{45755,60076\ N}}{\mathbf{9,8\ \frac{m}{S^2}}} = \mathbf{4668,938853\ Kg}$$

$$\mathbf{4668,938853\ Kg} = \frac{\mathbf{4668,938853}}{\mathbf{1000}} = \mathbf{4,668\ Ton}$$

Kapasitas mesin *press tool* di teknik mesin sebesar ±6 ton seperti pada lampiran A sedangkan pada pembentukan *necking* membutuhkan tonase 4,668 ton, sehingga kapasitas mesin masih dapat berfungsi dengan baik dalam pemberian pembebanan pada proses pembentukan *necking*.

- **Simulasi Tegangan *Dies Stop***

Kemudian dilakukan analisa tegangan pada dies necking menggunakan metode *Von Mises* dengan gaya sebesar $\boldsymbol{F_{tot} = 45755,60076N}$ seperti pada Gambar 4.22

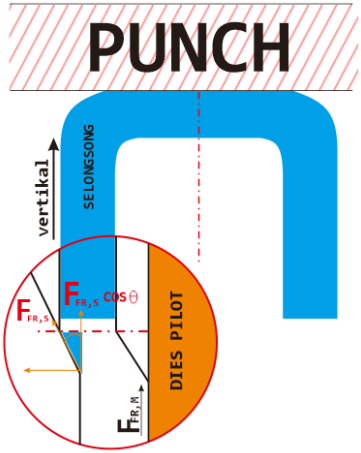


Gambar 4.22 Analisa Tegangan Pada *Dies Stop* Menggunakan Metode *Von Mises*

Dari hasil analisa tegangan didapatkan nilai tegangan maksimum pada *dies necking* adalah sebesar 120,9 Mpa. Sementara nilai dari *Yield Strength* material *Stainless Steel 416* sebesar 275 Mpa pada Tabel 7.3 sehingga material tersebut aman untuk digunakan.

4.6.1.5 Analisa Tegangan Pada *Punch Plate*

Sedangkan pengaruh gaya $F_{FR,S}$ vertikal dan Fsh selongsong terhadap punch dapat dilihat berdasarkan perhitungan dengan *free body* diagram pada Gambar 4.23



Gambar 4.23 Free Body Diagram *Buckling* Antara Selongsong Dengan Punch

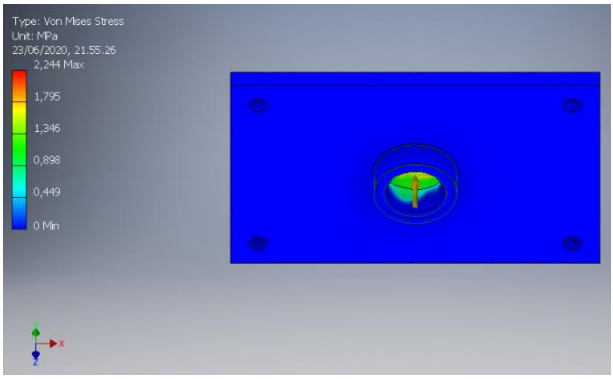
Nilai dari $F_{FR,S}$ vertikal dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut

$$F_{FR,S}vertical = F_{FR,S} \times COS\emptyset$$
$$F_{FR,S}vertical = 3432{,}65\ N \times COS 34{,}5^0$$
$$F_{FR,S}vertical = 2811{,}86\ \text{N}$$

Dari hasil yang didapatkan FFR,S vertical sebesar 2811,36 N dan diketahui nilai dari Fsh sebelumnya didapatkan sebesar 25209,7 N sehingga total gaya yang diterima punch plate oleh selongsong dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$F_{PUNCH\ PLATE} = F_{FR,S}vertical + F_{FR,M}$$
$$F_{PUNCH\ PLATE} = 2811{,}36\ N + 2334{,}4026\ N$$
$$F_{PUNCH\ PLATE} = 5145{,}7626\ N$$

Dari hasil diatas dilakukan simulasi analisa tegangan pada punch plate menggunakan metode *von mises* dengan gaya sebesar $F_{PUNCH\ PLATE} = 5145{,}7626\ N$ seperti pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Analisa Tegangan pada *punch plate* menggunakan metode *Von Mises*

Dari hasil analisa tegangan didapatkan nilai tegangan maksimum pada *punch plate* adalah sebesar 2,244 MPa, sementara nilai *compressive strength* dari material alumunium 6061 yaitu sebesar 30 MPa pada lampiran A Tabel 7.3 Sehingga material tersebut aman digunakan.

4.6.1.6 Analisa Tegangan Pada *Dies Holder*

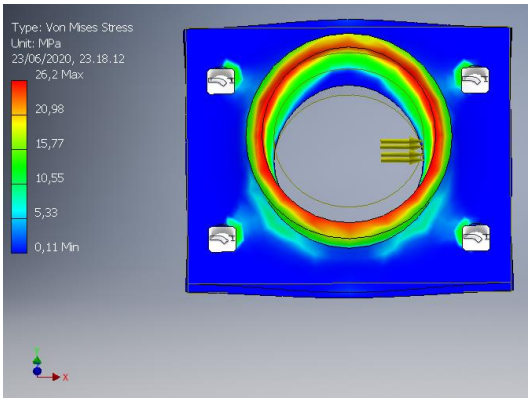
Perhitunga *dies holder* dilakukan dengan analisa tegangan yang terjadi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$F_{FR,S}horizontal = F_{FR,S} \times SIN\theta$

$F_{FR,S}horizontal = 3432{,}65\ N \times SIN34{,}5^0$

$F_{FR,S}horizontal = 1968{,}89\ N$

Dari hasil perhitungan diatas dilakukan analisa tegangan pada dies holder menggunakan metode von mises dengan gaya sebesar $F_{FR,S}horizontal = 1968{,}89\ N$ seperti pada Gambar 4.25



Gambar 4.25 Hasil Simulasi Analisa Kekuatan Material Dies Holder

Dari Gambar 4.25 didapatkan tegangan maksimum ($\sigma_{maksimum}$) yang ditunjukkan dengan warna merah sebesar 26,2 MPa.

σ_{Yield} material *AISI 304 Stainless steel* : 205 MPa [Tabel 7.3]

$Se = 0{,}5 \times \sigma_{Yield}$

$Se = 0{,}5 \times 205\ MPa$

$Se = 102{,}5\ MPa$

Karena $Se > \sigma_{maksimum}$, maka dies holder **aman** digunakan.

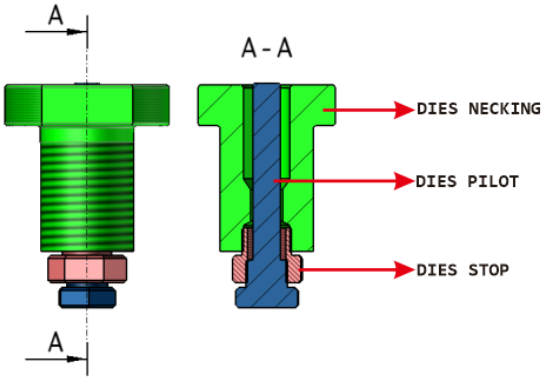
(Halama ini sengaja dikosongkan)

BAB 5
PEMBUATAN DIES NECKING

Dalam proses pembuatan *dies set necking* ini menggunakan pengerjaan konvensional, pembuatan *dies set necking* dibahas dalam bab ini dari rencana manufaktur hingga parameter pemesinannya dan dibagi menjadi dua tahap yaitu komponen utama *dies set necking* dan komponen penunjang *dies set necking* sebagai berikut.

5.1 Tahapan Pembuatan Komponen Utama *Dies Necking* Selongsong Peluru Kaliber 20mm

Proses manufaktur yang akan dibahas pada bab ini adalah proses pembuatan komponen – komponen utama dalam terjadinya *necking* (leher) selongsong peluru kaliber 20mm seperti *dies necking* sendiri, *dies pilot* dan juga *dies stop*. Rancangan *Assembly* dari komponen utama *dies necking* yang akan dibuat ditunjukkan pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Komponen Utama Pembentukan Necking Selongsong Peluru Kaliber 20mm

Dari hasil perhitungan Analisa Kekuatan Material pada bab sebelumnya, mekanisme proses pembuatan *dies necking* terdiri

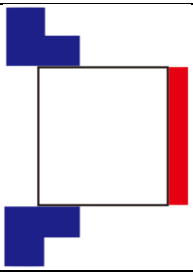
dari 3 komponen penting dalam terwujudnya *necking* pada selongsong peluru, dimana komponen itu antara lain *dies necking*, *dies stop*, dan *dies pilot.* Dari 3 komponen itu untuk menentukan ukuran selongsong peluru kaliber harus mengganti 2 komponen, yaitu komponen *dies pilot* dan *dies necking*, dikarenakan penentuan kaliber di tinjau dari ukuran diameter *dies pilot* dan *dies necking*. Dalam pembahasan ini pembentukan selongsong peluru dengan kaliber 20mm, sehingga diameter *dies pilot* adalah 20mm. Sedangkan komponen *punch*, *dies holder*, dan *dies stop* masih bisa digunakan dalam berbagai proses *necking*. Pembentukan *dies necking* menggunkan metode *swaging dies*, dimana pembentukan perlu berkali kali untuk mendapaktkan hasil yang sempurna, dari ukurar kemiringan *necking* yang variasi.

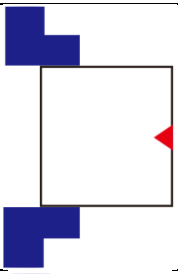
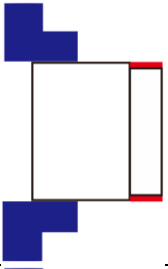
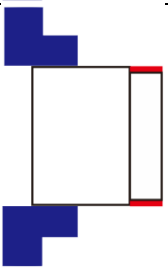
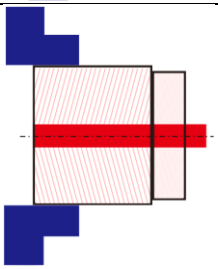
Berikut merupakan proses manufaktur yang dilakukan pada dies pembuatan *necking* pada selongsong peluru kaliber 20mm.

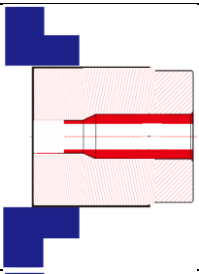
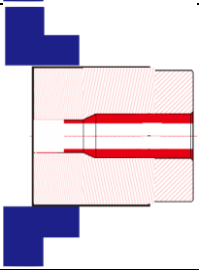
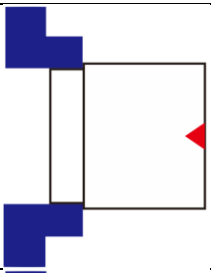
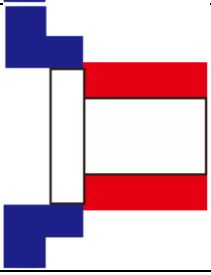
5.1.1 Dies Necking

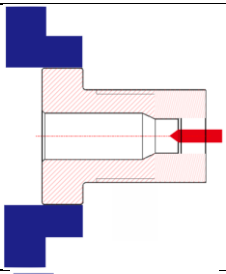
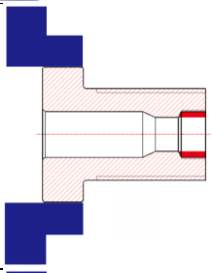
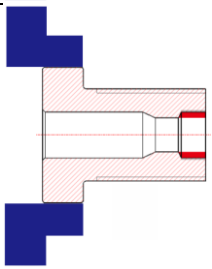
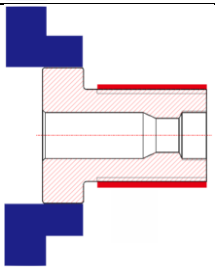
Proses yang dilakukan untuk membuat *dies necking* ini terbagi menjadi beberapa proses antara lain *Facing, Center Drill, Turning, Threading, Drilling*. Dimana urutan prosesnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

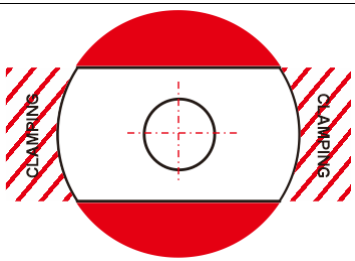
Tabel 5.1 Rancangan Proses Pemesinan *Dies Necking*

NO	DETAIL PROSES	SKETCH	ANALISA PEMESINAN
PROSES TITIK REFRENSI BAGIAN DEPAN *DIES NECKING*			
1	*FACING* (*TURNING*)		*Facing* (*Turning*) dengan diameter 130 dengan lw = 73 mm kedalaman potong 7 mm dengan 2 kali pemakanan dengan 1 kali kembali titik refrensinya.

2	*CENTER DRILL*		*Center Drill* sedalam 5mm dengan Ø5mm
3	*ROUGHING (TURNING)*		*Roughing (Turning), head dies necking* Ø130 menjadi Ø120, panjang lw = 7 dengan dengan kedalaman potong 5mm. 2 kali pemakanan, 1 kali kembali titik refrensinya.
4	*FINISHING (TURNING)*		*Finishing (Turning), head dies necking* Ø120 dengan panjang 30mm. 1 kali pemakanan
5	*DRILLING*		*Drilling* Ø20 mm sejauh 122mm

6	*ROUGHING (BORING)*		*Roughing* (*Boring*) Ø34mm sejauh 77 dan Ø23mm sejauh 23mm dengan 31 kali pemakanan
7	*ROUGHING (FINISHING)*		*Finishing* (*Boring*) Ø34mm sejauh 77 dan Ø23mm sejauh 23mm dengan 1 kali pemakanan
PROSES TITIK REFRENSI BAGIAN BELAKANG *DIES NECKING*			
1	*CENTER DRILL*		*Center Drill* sedalam 5mm dengan Ø5mm
2	*ROUGHING (TURNING)*		*Roughing (Turning)*, badan *dies necking diameter 130mm* menjadi Ø68. kedalaman makan 92mm Dengan lw = 31mm. Dengan 7 kali pemakanan, dengan 6 kali kembali ketitik refrensi awal.

3	*DRILLING*		*Drilling* Ø20 mm sejauh 22mm
4	*ROUGHING (BORING)*		*Roughing* (*Boring*) Ø36mm, kedalaman 22mm, lw = 16mm dengan 2 kali pemakanan, 1 kali kembali titik refrensi awal.
5	*INTERNAL THREADING*		*Internal Threading* ØM36mm sejauh 22mm dengan 9 kali pemakanan
6	*THREADING*		*Threadinng* ØM68mm sejauh 80mm dengan 19 kali pemakanan

7	*SIDE MILL*		*Side mill* dengan jarak lw = 100mm dengan 7 kali pemakanan setiap sisinya

5.1.1.1 Parameter Pemesinan

Parameter pemotongan dipilih berdasarkan material benda kerja dan pahat potong yang digunakan. Parameter potong dapat diambil dari hasil perhitungan atau tabel rekomendasi.

➢ **Perhitungan Proses *Turning***

Pada penelitian ini, parameter pemotongan yang digunakan diambil dari tabel rekomendasi. Pemilihan parameter pemotongan pada proses *turning* menggunakan Tabel 7.4 ditunjukkan pada Lampiran A

Do = Diameter awal benda kerja

Dm = Diameter rancangan --- Gambar 4.6

$$D_r = \frac{(Do - Dm)}{2}$$

D_r = Dimensi Rata – rata

Vc = Cutting Speed --- Tabel 7.4 Lampiran A

f = Gerak Makan --- Tabel 7.4 Lampiran A

N_{teo} = Putaran Poros

V_f = Kecepatan Makan

Doc = *depth of cut* --- Tabel 7.4 Lampiran A

L = Panjang pemotongan pada benda kerja

Cut/T = Waktu Pemesinan

Dari dimensi rancangan dan tabel rekomendasi dapat ditentukan N_{teori} dengan persamaan sebagai berikut, dimana nilai dari Vc dari Tabel 7.4 dengan nilai = 100 m/min dan Dr = 5mm.

$$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times Dr}$$

$$Nteo = \frac{1000 \times 100 \frac{m}{min}}{\pi \times 5\,mm}$$
$$Nteo = 6369{,}427\ rev/min$$

Nilai dari N_{teori} didapatkan sebesar Nteori = 6369,427 rev/min, dari nilai tersebut dapat dicari besar nilai V_f dengan persamaan sebagai berikut.

$$Vf = f \times Nteo$$
$$Vf = 0{,}5mm \times 6369{,}427\ rev/min$$
$$Vf = 3184{,}713\ rev/min$$

Nilai V_f = 3184,713 rev/min maka dapat dicari waktu pemesinannya (Cut/T) sebagai berikut.

$$\frac{Cut}{T} = \frac{Jumlah\ Pemakanan \times L}{Vf}$$
$$\frac{Cut}{T} = \frac{6 \times 30\ mm}{3184{,}713\ rev/min}$$
$$\frac{Cut}{T} = 0{,}05652 \text{ menit}$$

Waktu yang didpatkan dalam satu proses *turning* adalah 0,05652 menit = 3 detik, perhitungan diatas ditunjukkan pada tabel 5.2 dengan *rows* penanda warna kuning.

- **Perhitungan Proses Drilling**

Pada penelitian ini, parameter pemotongan yang digunakan diambil dari Tabel 7.4. Pemilihan parameter pemotongan pada proses *turning* menggunakan Tabel 7.4 ditunjukkan pada Lampiran A

L = Panjang pemotongan benda kerja (mm)
D_r = diameter gurdi (mm)
N_{teo} = Putaran Poros
V_f = Kecepatan makan
Doc = *Dept of cut*
f = Gerak Makan
Cut/T = Waktu pemotongan
Z = Jumlah gigi (mm) [2 mata potong (gigi)]

Diketahui nilai Vc dari Tabel 7.4 dan Dr = 20mm, maka dapat dicari Putaran Poros Nteo sebagai berikut.

$$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times Dr}$$
$$Nteo = \frac{1000 \times 20}{\pi \times 20}$$
$$Nteo = 318{,}4713 \text{ rpm}$$

Nilai Nteo = 318,4713 sehingga dapat dicari kecepatan makan dengan persamaan dibawah, dimana nilai Z = 2 dan f dari tabel 2.4 sebesar = 0,15

$$Vf = f \times Nteo \times Z$$
$$Vf = 0{,}15 \times 318{,}4713 \times 2$$
$$Vf = 95{,}5414\ m/min$$

Dari persamaan diatas didapatkan nilai dari V_f = 95,5414 dari nilai tersebut dapat dicari waktu pemotonngan dengann menggunakan persamaan dibawah sebagai berikut. Dimana nilai L = 122mm panjangnya proses pengerjaan pada material uji.

$$\frac{Cut}{T} = \frac{L}{Vf}$$
$$\frac{Cut}{T} = \frac{122}{95{,}5414}$$
$$\frac{Cut}{T} = 1{,}276\ menit$$

Waktu pemotongan Cut/T = 1,276 menit = 1 menit 17 detik. Merupakan waktu pemotongan untuk satu kali proses, seperti pada tabel dengan warna hijau.

- **Perhitungan Proses *Threading***

Pada penelitian ini terbagi dua hal dalam proses pemesinan *threading* yaitu ulir luar dan ulir dalam, didapatkan dengan perhitungan manual sebagai berikut, dan para meter pemesinan ditunjukkan pada Tabel 7.4 hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.3 berwarna biru.

Ulir Luar (Tabel 5.3 Row Biru)

a_1 = Kedalaman potong mula (mm)
a_i = Kedalaman potong ke ... (i) (mm)
$a_{eq,i}$ = Kedalaman potong ekuivalen (mm)
$b_{eq,i}$ = Lebar geram ekuivalen

$h_{eq,i}$ = Tebal geram ekuivalen
di = Diameter yang dicapai
p = Pitch
n = Jumlah urutan pemotongan

Langkah pertama dalam menentukan waktu pemesinan *threading* parameter yang ditentukan adalah nilai dari (a_1) yang kemudian berlannjut seperti pada persamaan di bawah ini. Nilai dari n = 10 di mana nilai tersebut ditentukan dengan 10 kali langkah dalam pembuatan ulir dengan memperhatikan nilai dari "doc" ditunjukkan pada lampiran A Tabel 7.9 sedangkan nilai p = pitch = 2 mm yaitu nilai dari kedalaman ulir.

$$a_1 = \frac{5}{8} \times p \times SIN60 \div \sqrt{n}$$

$$a_1 = \frac{5}{8} \times 2 \times SIN60 \div \sqrt{10}$$

$$a_1 = 0{,}342406 \text{ mm}$$

Nilai dari (a_1) sebesar 0,342406 mm maka dapat dicari nilai dari (a_i) dimana nilai dari i = langkah n ke i dimana nilai i = 1 merupakan langkah pertama pada proses *threading* hingga i = 10.

$$a_i = a_1 \times \sqrt{i}$$

$$a_i = 0{,}342406 \times \sqrt{1}$$

$$a_i = 0{,}342406\, mm$$

Nilai dari (a_i) pada i ke 1 = 0,342406 sehingga dapat ditentukan nilai dari ($a_{eq,i}$) dimana nilai kedalaman potong ekuivalen dapat dicari dengan persamaan dibawah.

$$a_{eq,i} = a_i + \frac{2}{8} \times p \times SIN60$$

$$a_{eq,i} = 0{,}342406 + \frac{2}{8} \times 2 \times SIN60$$

$$a_{eq,i} = 0{,}775519$$

Nilai dari ($a_{eq,i}$) = 0,775519 ,sehingga dapat ditentukan nilai dari ($b_{eq,i}$) lebar gream ekuivalen dengan persamaan berikut.

$$b_{eq,i} = a_{eq,i} \div SIN60$$

$$b_{eq,i} = 0{,}775519 \div SIN60$$

$$b_{eq,i} = 0{,}895285$$

Nilai dari ($b_{eq,i}$) = 0,895285. Maka dapat ditentukan nilai ($h_{eq,i}$) tebal gram ekuivalen sebagai berikut. Dimana nilai dari a_i = 0,342406 dan nilai dari a_1 = 0,342406 nilai dari i = 1

$$h_{eq,i} = a_i - a_1\sqrt{(i-1)}$$
$$h_{eq,i} = 0{,}342406 - 0{,}342406\sqrt{(1-1)}$$
$$h_{eq,i} = 0{,}342406$$

Hasil dari perhitunagn ($h_{eq,i}$) didapatkan nilai = 0,342406 . untuk mencari nilai di maka dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$di = d - (2 \times a_1 \times \sqrt{i})$$
$$di = 68 - (2 \times 0{,}342406 \times \sqrt{1})$$
$$di = 67{,}31519$$

Nilai dari di = 67,31519 diamana diameter pada tahapan i ke = 1. Untuk menentukan nilai dari n_{op} maka ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$n_{op} = \frac{(1000 \times Vc)}{\pi \times D}$$
$$n_{op} = \frac{(1000 \times 100)}{\pi \times 68}$$
$$n_{op} = 468{,}3402$$

Nilai dari n_{op} = 468,3402. Langkah berikutnya menentukan nilai dari V_{op} sebagai berikut.

$$V_{op} = n_{op} \times h_{eq,i}$$
$$V_{op} = 468{,}3402 \times 0{,}342406$$
$$V_{op} = 160{,}3625$$

Nilai dari Vop = 160,3625. Untuk menentukan waktu pemotongan maka ditentukan dengan persamaan berikut, dimana nilai L = 80 , nop = 468,3402, dan heq,i = 0,342406

$$tc = \frac{L}{n_{op} \times h_{eq,i}}$$
$$tc = \frac{80}{468{,}3402 \times 0{,}342406}$$
$$tc = 0{,}49887$$

Dimana waktu tc setiap proses i=1 adalah 4,988696 menit = 4 menit 59 detik Sehingga waktu total dengan menggunakan persamaan dibawah, dimana nilai penjumlahan dari tc (i=1 sampai 10)

$$t_{total} = \sum_{i=1-10}^{n=10} t_{c,i}$$

$$t_{total} = 20{,}8399 \text{ menit}$$

Sehingga waktu pemotongan total dari proses ulir luar t_{total} = 86,35289 menit. Untuk menentukan ulir dalam maka dapat ditentuka dengan persamaan di bawah dengan keterangan sama dengan ulir luar. Nilai dai p = pitch = 2 dan diameter dalam M36 dengan L = 22mm.

Ulir Dalam (Tabel 5.4 Row Abu – abu)

$$a_1 = \frac{4}{8} \times p \times SIN60 \div \sqrt{n}$$

$$a_1 = \frac{4}{8} \times 1 \times SIN60 \div \sqrt{5}$$

$$a_1 = 0{,}387388 \text{ mm}$$

Nilai dari (a_1) sebesar 0,387388 mm maka dapat dicari nilai dari (a_i) dimana nilai dari i = langkah n ke i dimana nilai i = 2 merupakan langkah pertama pada proses *threading* hingga i = 5.

$$a_i = a_1 \times \sqrt{i}$$

$$a_i = 0{,}387388 \times \sqrt{2}$$

$$a_i = 0{,}54785$$

Nilai dari (a_i) pada i ke 2 = 0,54785 sehingga dapat ditentukan nilai dari ($a_{eq,i}$) dimana nilai kedalaman potong ekuivalen dapat dicari dengan persamaan dibawah.

$$a_{eq,i} = a_i + \frac{2}{8} \times p \times SIN60$$

$$a_{eq,i} = 0{,}54785 + \frac{2}{8} \times 1 \times SIN60$$

$$a_{eq,i} = 0{,}980963$$

Nilai dari ($a_{eq,i}$) = 0,980963 ,sehingga dapat ditentukan nilai dari ($b_{eq,i}$) lebar gream ekuivalen dengan persamaan berikut.

$$b_{eq,i} = a_{eq,i} \div SIN60$$
$$b_{eq,i} = 0{,}980963 \div SIN60$$
$$b_{eq,i} = 1{,}132456$$

Nilai dari ($b_{eq,i}$) = 1,132456. Maka dapat ditentukan nilai ($h_{eq,i}$) tebal gram ekuivalen sebagai berikut. Dimana nilai dari a_i = 0,54785 dan nilai dari a_1 = 0,387388 nilai dari i = 2

$$h_{eq,i} = a_i - a_1\sqrt{(i-1)}$$
$$h_{eq,i} = 0{,}54785 - 0{,}387388\sqrt{(2-1)}$$
$$h_{eq,i} = 0{,}160461$$

Hasil dari perhitunagn ($h_{eq,i}$) didapatkan nilai = 0,160461 . untuk mencari nilai d_i maka dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut. Dimana (D_1) = diameter minor ulir dalam (34mm), nilai dari a_1=0,387388, n=5, dan p = 2 (pitch).

$$di = D_1 + \left(2 \times a_1 \times \sqrt{n}\right) + (\frac{2}{8} \times p \times SIN60)$$
$$di = 34 + \left(2 \times 0{,}387388 \times \sqrt{5}\right) + (\frac{2}{8} \times 2 \times SIN60)$$
$$di = 35{,}52881$$

Nilai dari di = 35,52881 diamana diameter pada tahapan i ke = 2. Untuk menentukan nilai dari (n_{op}) maka ditentukan dengan persamaan sebagai berikut. Dimana nilai dari Vc = 100 dari Tabel 7.4 pada lampiran A, dan Ø = M36 diameter mayor ulir dalam.

$$n_{op} = \frac{(1000 \times Vc)}{\pi \times D}$$
$$n_{op} = \frac{(1000 \times 100)}{\pi \times 36}$$
$$n_{op} = 884{,}6426$$

Nilai dari n_{op} = 884,6426. Langkah berikutnya menentukan nilai dari Vop sebagai berikut. Dimana nilai dari ($h_{eq,i}$) = 0,160461.

$$V_{op} = n_{op} \times h_{eq,i}$$
$$V_{op} = 884{,}6426 \times 0{,}160461$$
$$V_{op} = 141{,}9511$$

Nilai dari V_{op} = 141,9511. Untuk menentukan waktu pemotongan maka ditentukan dengan persamaan berikut, dimana nilai L = 22 , n_{op} = 884,6426, dan $h_{eq,i}$ = 0,160461

$$tc = \frac{L}{n_{op} \times h_{eq,i}}$$

$$tc = \frac{22}{884{,}6462 \times 0{,}160461}$$

$$tc = 0{,}15498$$

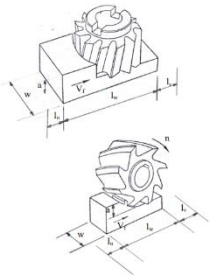
Sehingga waktu total dengan menggunakan persamaan dibawah, dimana nilai penjumlahan dari t_c (i=1 sampai 5)

$$t_{total} = \sum_{i=1-5}^{n=5} t_{c,i}$$

$$t_{total} = 0{,}93268$$

Sehingga waktu pemotongan total dari proses ulir luar t_{total} = 0,93268 menit atau 56 detik. Perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.4

- **Perhitungan *Milling***



Gambar 5.2 Skematik Proses *Milling* vertikal dan *milling* horizontal

Benda Kerja

w = lebar pemotongan (mm)

Lw = panjang pemotongan (mm)

Lt = lv + lw + ln

a = kedalaman potong (mm)

B = Jumlah pemotongan

Pahat Frais

d = diameter luar (mm)

z = jumlah gigi (mata potong)

Xr = sudut potong utama (90^0) untuk pahat frais selubung

Mesin Frais

n = putaran poros utama (rpm)

Vf = kecepatan makan (mm/putaran)

Dari dimensi rancangan dan tabel rekomendasi dapat ditentukan nilai dari (l_t) dengan persamaan sebagai berikut

$$l_t = l_v + l_w + l_n$$

Nilai dari lv,ln (*clearence*) sebagai berikut.

$$l_v, l_n = \left(\frac{diameter\ pahat}{2}\right) + 5mm$$

Dimana

Lv,ln = *clearence*

$$l_v, l_n = \left(\frac{20}{2}\right) + 5mm$$

$$l_v, l_n = 15mm$$

Sehingga nilai dari lv dan ln = 39mm dapat ditentukan lt = panjang total

$$l_t = 15 + 100 + 15$$

$$l_t = 130mm$$

Nilai dari Vc berdasarkan Tabel 7.6 pada lampiran A sehingga dapat ditentukan nilai dari N = putaran poros sebagai berikut.

$$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times d}$$

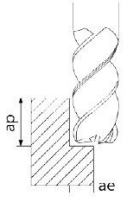
Dimana

d = diamater pahat

Vc = Cutting Speed

$$Nteo = \frac{1000 \times 80\ \frac{m}{min}}{\pi \times 20\ mm}$$

$$Nteo = 1273{,}23\ rev/min$$



Shouldering

Gambar 5.3 skematik pemakanan pahat

Nilai dari Nteori didapatkan sebesar Nteori = 1273,23 rev/min, dari nilai tersebut dapat dicari besar nilai Vf dengan persamaan sebagai berikut.

$$Vf = f \times Nteo \times Z$$

$$Vf = 0{,}1mm \times 1273{,}23\ \frac{rev}{min} \times 4$$

$$Vf = 509{,}29\ rev/min$$

Nilai vf = 509,29 rev/min maka dapat dicari waktu pemesinannya sebagai berikut dimana nilai dari doc sebagai berikut

$$ap = 1Dc$$

$$ae = 0{,}25Dc$$

Dimana :
Dc = diameter pahat
ap = dept of cut vertical
ae = dept of cut horizontal

Dikarenakan pahat yang digunakan memiliki diameter (Dc) = 20mm maka besar ap dan ae adalah

$ap = 1 \times 20$
$ap = 20mm$
$ae = 0{,}25 \times 20$
$ae = 5mm$

Sehingga pahat dapat melakukan pemakanan secara vertikal sepanjang 20 mm dan secara horizontal sedalam 5mm, dikarenakan area benda kerja yang akan dipotong memiliki dimensi 30x10mm maka jumlah pemakanan yang diperlukan adalah 4 kali untuk satu sisi sedangkan pengerjaan milling pada *dies necking* 2 sisi, total pemakanan adalah 8 kali.

$$\frac{Cut}{T} = \frac{Jumlah\ Pemakanan \times\ l_t}{Vf}$$
$$\frac{Cut}{T} = \frac{8 \times 130\ mm}{1273{,}23\ rev/min}$$
$$\frac{Cut}{T} = 0{,}8168\ menit$$

Waktu yang didpatkan dalam (t_c) adalah 0,8168 menit atau 49 detik terlihat pada Tabel 5.2 dengan *row* warna merah

Dari hasil perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.2 dibawah sebagai berikut.

Tabel 5.2 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Necking*

NO	Proses	Material Pahat Potong	Dr (mm)	Vc (m/min)	f (mm/rev)	N teo (rpm)	Vf (m/min)	Doc (mm)	L (mm)	Cut/T (min)
1	Facing (Turning)	Carbide	65	100	0,5	489,9559	244,978	5	7	0,057148
2	Center Drill	HSS	2,5	20	0,08	1273,885	101,9108	2,5	5	0,098125
3	Roughing (Turning)	Carbide	5	100	0,5	6369,427	3184,713	5	30	0,05652

4	Finishing (Turning)	Carbide	0,25	100	0,1	127388,5	12738,85	0,3	30	0,002355
5	Drilling	HSS	20	20	0,15	318,4713	95,5414	2,5	122	1,276933333
6	Roughing (Turning)	Carbide	7	100	0,5	4549,591	2274,795	7	77	0,5415872
7	Roughing (Turning)	Carbide	1,5	100	0,5	21231,42	10615,71	1,5	23	0,032499
8	Finishing (Turning	Carbide	0,25	100	0,1	127388,5	12738,85	0,3	77	0,0060445
9	Finishing (Turning)	Carbide	0,25	100	0,1	127388,5	12738,85	0,3	23	0,0018055
1	Center Dril	HSS	5	20	0,08	1273,885	101,9108	2,5	5	0,049063
2	Roughing (Turning)	Carbide	31	100	0,5	1027,327	513,6634	5	92	3,403006
3	Drilling	HSS	7,5	20	0,15	849,2569	127,3885	2,5	22	0,460533
4	Roughing (Turning)	Carbide	8	100	0,5	3980,892	1990,446	5	22	0,055264
5	Internal Threading	Carbide	di	100	$h_{eq,i}$	n_{op}	V_{op}	0,95	22	0,93268
6	Threading	Carbide	di	100	$h_{eq,i}$	n_{op}	V_{op}	1,4	80	20,8399
7	Side Mill	Carbide	20	80	0,1	1273,23	509,29	20	130	0,8168

Tabel 5.3 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Necking* Proses *Threading Luar*

	a_1	a_i	$a_{eq,i}$	$b_{eq,i}$	$h_{eq,i}$	d_i	Vc	n_{op}	v_{op}	lt	tc
1	0,342406	0,342406	0,775519	0,895285	0,342406	67,31519	100	468,3402	160,3625	80	0,49887
2		0,484235	0,917349	1,059017	0,141829	67,03153		468,3402	66,42434	80	1,204378
3		0,593065	1,026178	1,184653	0,108829	66,81387		468,3402	50,96919	80	1,569576
4		0,684812	1,117926	1,290569	0,091747	66,63038		468,3402	42,96902	80	1,861807
5		0,765643	1,198757	1,383883	0,080831	66,46871		468,3402	37,85646	80	2,113246
6		0,83872	1,271834	1,468246	0,073077	66,32256		468,3402	34,22486	80	2,337482
7		0,905921	1,339035	1,545825	0,067201	66,18816		468,3402	31,47301	80	2,541861
8		0,968471	1,401584	1,618034	0,062549	66,06306		468,3402	29,29436	80	2,730901
9		1,027218	1,460332	1,685854	0,058748	65,94556		468,3402	27,51386	80	2,907625
10		1,082783	1,515896	1,75	0,055565	65,83443		468,3402	26,02326	80	3,074173
Total Penjumlahan nilai tc. $t_c = \sum_{i=1-10}^{n=10} tc, i$											20,8399

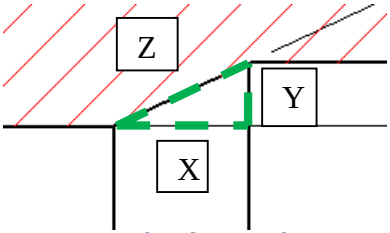
Tabel 5.4 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Necking* Proses *Threading Dalam*

	a_1	a_i	$a_{eq,i}$	$b_{eq,i}$	$h_{eq,i}$	d_i	Vc	n_{op}	v_{op}	lt	tc
1	0,387888	0,387388	0,820502	0,947214	0,387388	35,20789	100	884,6426	342,7002	22	0,064196
2		0,54785	0,980963	1,132456	0,160461	35,52881		884,6426	141,9511	22	0,154983
3		0,670976	1,104089	1,274597	0,123126	35,77507		884,6426	108,9229	22	0,201978
4		0,774777	1,20789	1,394427	0,1038	35,98267		884,6426	91,82624	22	0,239583
5		0,866227	1,29934	1,5	0,09145	36,16557		884,6426	80,90054	22	0,271939
Total Penjumlahan nilai tc. $t_c = \sum_{i=1-4}^{n=4} tc, i$											0,93268

Hasil dari perhitungan dapat disimpulkan proses pemesinan diatas didapatkan waktu total (tc_{total}) adalah 40,8234801 menit atau 40menit 49detik dalam pembuatan *Dies Necking*.

5.1.1.2 Pengukuran Dimensi.

Dies necking yang telah melalui proses pemesinan dan telah selesai dibuat, kemudian diukur untuk memastikan bahwa pergerakan pahat potong sudah sesuai dengan dimensi produk. *Dies necking* yang telah dibuat diukur menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02mm sementara hasil pengukuran sudut dengan menggunakan metode *phytagoras*. Dengan pengambilan data sebanyak 5 kali pada setiap dimensi.



Gambar 5.4 Penggunaan Perbandingan *Phytagoras* Untuk Mengukur Sudut *Dies Necking*

Untuk menghitung sudut digunakan perbandingan *phytagoras*, dimana pada sisi – sisi – sisi Y didapatkan dari selisih diameter yang diukur dengan jangka sorong.

$$Y = \frac{ØG - ØI}{2}$$

$$Y = \frac{33{,}96 - 24{,}82}{2}$$

$$Y = 4{,}57$$

Sementara sisi Z = 9,7 mm dikarenakan pengukuran langsung menggunakan jangka sorong tidak dapat dilakukan, maka dilakukan pendekatan profiling menggunakan bantuan selotip, sehingga pengambilan data hanya dilakukan satu kali. Kemudian sisi X didapatkan dengan menggunakan perbandingan phytagoras sebagai berikut.

$$X = \sqrt{(Z^2 - Y^2)}$$

$$X = \sqrt{(9{,}7^2 - 4{,}57^2)}$$

$$X = 8{,}56$$

Sisi X dan Y tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan berikut untuk mendapatkan hasil sudut L dengan persamaan sebagai berikut.

$$L = tan^{-1}\frac{Y}{X}$$

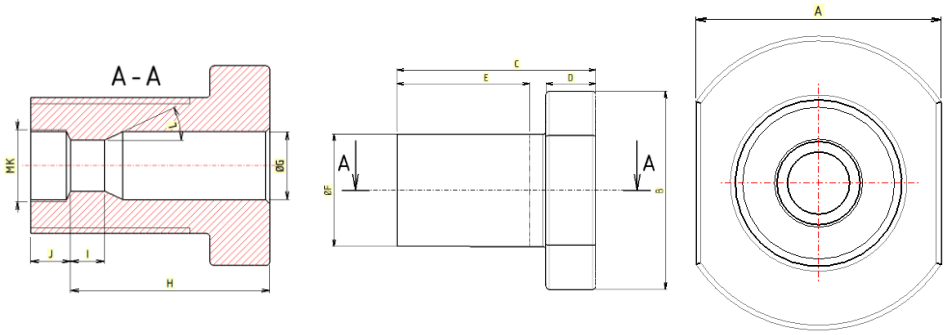
$$L = tan^{-1}\frac{4{,}57}{8{,}56}$$

$$L = 28{,}1^0$$

Dari hasil perhitungan diatas ditunjukkan pada tabel 5.5 dengan Row berwarna kuning. Dengan pengukuran 5 kali hasil sudut yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 5.5 dibawah.

Tabel 5.5 Pengukuran sudut *Dies Necking*

Bagian – Bagian Pengukuran Sudut					
ØG	**ØI**	**Z**	**Y**	**X**	**L (sudut)**
33,96	24,82	9,7	4,57	8,56	$28{,}1^0$
33,8	25,32	9,7	4,24	8,72	$25{,}91^0$
33,94	25,32	9,7	4,31	8,68	$26{,}38^0$
33,94	24,88	9,7	4,53	8,57	$27{,}84^0$
33,92	25,08	9,7	4,42	8,53	$27{,}1^0$



Gambar 5.5 Dimensi Yang Diukur

Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap dimensi. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Hasil Pengukuran Dimensi *Dies Necking*

Bagian	Dimensi	Pengukuran Ke- (mm)					Rata – Rata $\mu = \sum_1^5 \frac{xi,yi}{n}$
		1	2	3	4	5	
A	100 mm	99,7	99,7	99,82	100,2	99,62	99,808 mm
B	120 mm	120,3	120,2	120,1	120,1	120,22	120,184 mm
C	122 mm	122,4	122,56	122,1	122,5	122,26	122,364mm
D	30 mm	29,92	29,92	29,92	29,92	29,92	29,92mm
E	80 mm	79,8	79,42	79,4	79,32	79,22	79,432mm
ØF	68 mm	68,1	67,86	67,84	67,6	68,6	68mm
ØG	34 mm	33,96	33,8	33,94	33,94	33,92	33,912mm
H	100 mm	100,5	100,6	100,6	100,52	100,2	100,484mm
I	23 mm	19,02	18,64	18,64	18,64	19,02	18,792mm
ØI	23 mm	24,82	25,32	25,32	24,88	25,08	25,084mm
J	22 mm	21,76	22	22	21,8	22	21,912mm
ØMK	36 mm	36,2	36,22	36,12	36,14	36	36,136mm
L	$34,5^0$	$28,1^0$	$25,91^0$	$26,38^0$	$27,84^0$	$27,1^0$	$27,06^0$

Tabel 5.6 diatas menunjukkan data hasil pengukuran dimensi *dies necking* yang dilakukan. Data hasil pengukuran tersebut didapatkan dengan pengukuran dimensi benda mengunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02 mm dan untuk mencari nilai rata – rata (μ) [*mean*] dari 5 kali pengukuran dapat digunakan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Rata – rata (μ) [*mean*] bagian (**A**)

$$\mu = \sum_{1}^{5} \frac{xi, yi}{n}$$

$$\mu = \frac{(99{,}7 + 99{,}7 + 99{,}82 + 100{,}2 + 99{,}62)mm}{5}$$

$\mu = 99{,}808$ mm

Dari perhitungan rata – rata (μ) [*mean*] didapatkan nilai mean A = 99,808mm data acuan A = 100mm, *mean* B = 120,184mm data acuan B = 120mm, *mean* C = 122,364mm data acuan C = 122mm, *mean* D = 29,92mm data acuan D = 30mm, *mean* E = 79,432mm data acuan E = 80mm, *mean* ØF = 68mm data acuan ØF = 68mm, *mean* ØG = 33,912mm data acuan ØG = 34mm, *mean* H = 100,484mm data acuan H = 100mm, *mean* I = 18,792mm data acuan I = 19mm, *mean* ØI = 25,084mm data acuan ØI = 23mm, *mean* J = 21,912mm data J = 22mm, *mean* ØMK = 36,136mm data acuan ØMK = 36mm, *mean* L = $33{,}9^0$ data acuan L = $34{,}5^0$. Data hasil pengukuran menunjukkan kesesuaian terhadap toleransi yang dihasilkan saat verifikasi proses pemesinan. Pada hasil verifikasi tersebut toleransi yang diberikan pada dies necking bagian ØI sebesar + 0,3 mm dan -0,1. Dari hasil pengukuran dan perhitungan rata – rata (μ) [*mean*] yang dilakukan, dimensi **bagian ØI,** yang dihasilkan tidak dalam batas toleransi yang diberikan. Penyimpangan yang terjadi pada dimensi yang diukur dapat disebabkan oleh pengerjaan benda menggunakan proses pemesinan secara konvensional ataupun, Jangka sorong yang belum terkalibrasi dengan baik.

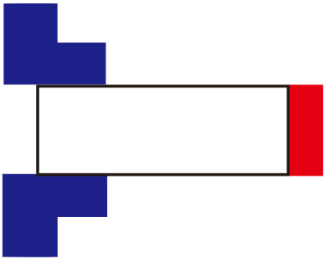
Berikut penunjukan salah satu proses pengukuran dimensi dengan menggunakan jangka sorong seperti pada Gambar 5.6 di bawah.

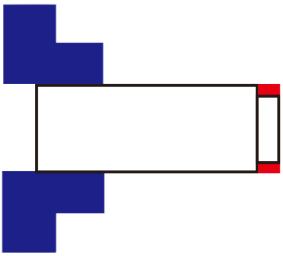
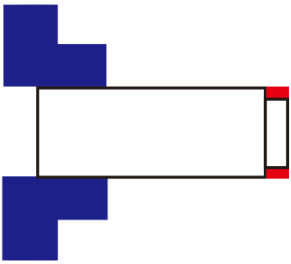
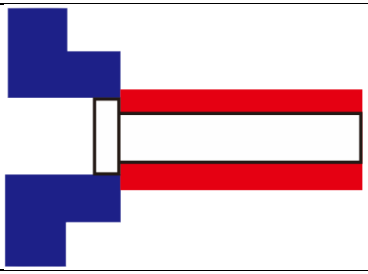
Gambar 5.6 Pengukuran *Dies necking* dengan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02mm

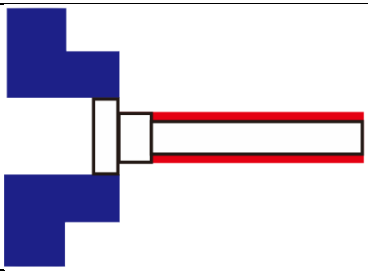
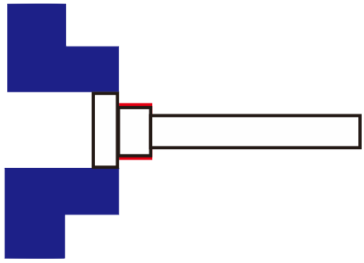
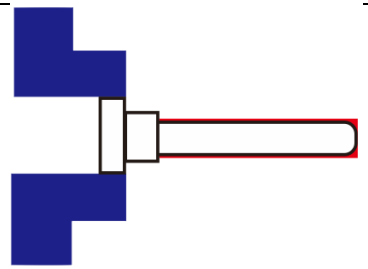
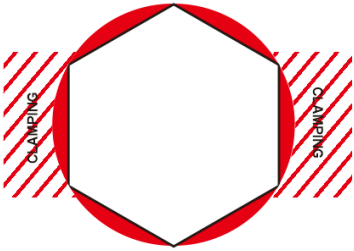
5.1.2 Dies Pilot

Proses yang dilakukan untuk membuat *dies pilot* ini terbagi menjadi beberapa proses antara lain *Facing, Rough Turning, Threading, Fillet, Finishing*. Dimana urutan prosesnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 dibawah

Tabel 5.7 Rancangan Proses Pemesinan *Dies Pilot*

NO	DETAIL PROSES	SKETCH	ANALISA PERMESINAN
PROSES TITIK REFRENSI BAGIAN DEPAN *DIES PILOT*			
1	*FACING* (*TURNING*)		*Facing* (*Turning*) sedalam 5mm dengan 1 kali proses pemakanan

2	*ROUGHING (TURNING)*		*Roughing (Turning), head dies pilot* Ø56 menjadi Ø46 dengan kedalaman potong 15mm. Lw = 15, 2 kali proses pemakanan, 1 kali kembali ke titik refrensi.
3	*FINISHING (TURNING)*		*Finishing (Turning), head dies pilot* Ø46 dengan panjang 15mm.
PROSES TITIK REFRENSI BAGIAN BELAKANG *DIES PILOT*			
1	*ROUGHING* (*TURNING*)		*Roughing (Turning), badan dies pilot* Ø56 menjadi Ø30 dengan kedalaman potong 150mm. Lw = 18mm, 7 kali proses pemakanan, dengan 6 kali kembali ke titik refrensi.

2	*ROUGHING (TURNING)*		*Roughing (Turning), badan dies pilot* Ø30 menjadi Ø20 dengan kedalam potong 130mm. Lw = 5, 2 kali proses pemakanan, 1 kali kembali ke titik refrensi
3	*THREADING*		*Threading* Ø30 mm sejauh 20mm. Dengan 15 kali proses pemakanan
4	*FINISHING + FILLET (TURNING)*		*Finishing (Turning), badan dies pilot* Ø20mm dengan panjang 130mm + *Fillet* pada ujung *dies pilot radius* 2mm.
5	*Side Mill*		*Side Mill* dengan nilai lw = 23mm. 1 kali setiap sisnya dengan 11 kali proses total setiap sisinya.

5.1.2.1 Parameter Pemesinan

Pada penelitian ini, parameter pemotongan yang digunakan diambil dari tabel. yang ditunjukkan pada lampiran A dan juga

perhitungan manual. Memiliki beberapa tahapan perhitungan manual sebagai berikut.

- **Perhitungan Proses Turning**

Pemilihan parameter pemotongan pada proses *turning* menggunakan Tabel 7.4 Menunjukkan rekomendasi parameter pemotongan yang digunakan.ditunjukkan pada Lampiran A

Do = Diameter awal benda kerja
Dm = Diameter rancangan --- Gambar 4.3

$$D_r = \frac{(Do - Dm)}{2}$$

Dr = Dimensi Rata – rata
Vc = Cutting Speed --- Tabel 7.4 Lampiran A
f = Gerak Makan --- Tabel 7.4 Lampiran A
Nteo = Putaran Poros
Vf = Kecepatan Makan
Doc = *depth of cut* --- Tabel 7.4 Lampiran A
L = Panjang pemotongan pada benda kerja
Cut/T = Waktu Pemesinan

Dari dimensi rancangan dan tabel rekomendasi dapat ditentukan Nteori dengan persamaan sebagai berikut diamana nilai dari Dr = 5mm. Dan Vc = 100

$$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times Dr}$$

$$Nteo = \frac{1000 \times 100 \ \frac{m}{min}}{\pi \times 5 \ mm}$$

$$Nteo = 6369{,}427 \ rev/min$$

Nilai dari N_{teori} didapatkan sebesar N_{teori} = 6369,427 rev/min, dari nilai tersebut dapat dicari besar nilai V_f dengan persamaan sebagai berikut.

$$Vf = f \times Nteo$$

$$Vf = 0{,}5mm \times 6369{,}427 rev/min$$

$$Vf = 3184{,}713 \ rev/min$$

Nilai V_f = 3184,713 rev/min maka dapat dicari waktu pemesinannya (Cut/T) sebagai berikut. Dimana L = 15 (panjang pemesinan)

$$\frac{Cut}{T} = \frac{3 \times L}{Vf}$$

$$\frac{Cut}{T} = \frac{3 \times 15\ mm}{3184{,}713\ rev/min}$$

$\frac{Cut}{T}$ = 0,01413 menit

Waktu yang didpatkan dalam satu proses turning adalah 0,01413 menit, perhitungan diatas ditunjukkan pada Tabel 5.8 dengan *row*s penanda warna kuning.

- **Perhitungan Proses *Threading***

Pada penelitian ini terbagi dua hal dalam proses pemesinan *threading* yaitu ulir luar dan ulir dalam, didapatkan dengan perhitungan manual sebagai berikut, dan para meter pemesinan ditunjukkan pada Tabel 7.4 hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.9 berwarna biru.

Ulir Luar (Tabel 5.9 Row Biru)

a_1 = Kedalaman potong mula (mm)
a_i = Kedalaman potong ke ... (i) (mm)
$a_{eq,i}$ = Kedalaman potong ekuivalen (mm)
$b_{eq,i}$ = Lebar geram ekuivalen
$h_{eq,i}$ = Tebal geram ekuivalen
di = Diameter yang dicapai
p = Pitch
n = Jumlah urutan pemotongan

Langkah pertama dalam menentukan waktu pemesinan threading parameter yang ditentukan adalah nilai dari (a_1) yang kemudian berlannjut seperti pada persamaan di bawah ini. Nilai dari n = 9 di mana nilai tersebut ditentukan dengan 9 kali langkah dalam pembuatan ulir dengan memperhatikan nilai dari "doc" ditunjukkan pada lampiran A gambar 7.9 sedangkan nilai p = pitch = 2 mm yaitu nilai dari kedalaman ulir.

$$a_1 = \frac{5}{8} \times p \times SIN60 \div \sqrt{n}$$

$$a_1 = \frac{5}{8} \times 2 \times SIN60 \div \sqrt{8}$$

$$a_1 = 0{,}38282mm$$

Nilai dari (a_1) sebesar 0,38282 mm maka dapat dicari nilai dari (a_i) dimana nilai dari i = langkah n ke i dimana nilai i = 1 merupakan langkah pertama pada proses *threading* hingga i = 8.

$$a_i = a_1 \times \sqrt{i}$$
$$a_i = 0{,}38282 \times \sqrt{1}$$
$$a_i = 0{,}38282$$

Nilai dari (a_i) pada i ke 1 = 0,38282 sehingga dapat ditentukan nilai dari ($a_{eq,i}$) dimana nilai kedalaman potong ekuivalen dapat dicari dengan persamaan dibawah.

$$a_{eq,i} = a_i + \frac{2}{8} \times p \times SIN60$$
$$a_{eq,i} = 0{,}38282 + \frac{2}{8} \times 2 \times SIN60$$
$$a_{eq,i} = 0{,}81593$$

Nilai dari ($a_{eq,i}$) = 0,81593 ,sehingga dapat ditentukan nilai dari ($b_{eq,i}$) lebar gream ekuivalen dengan persamaan berikut.

$$b_{eq,i} = a_{eq,i} \div SIN60$$
$$b_{eq,i} = 0{,}81593 \div SIN60$$
$$b_{eq,i} = 0{,}94194$$

Nilai dari ($b_{eq,i}$) = 0,94194. Maka dapat ditentukan nilai ($h_{eq,i}$) tebal gram ekuivalen sebagai berikut. Dimana nilai dari a_i = 0,38282 dan nilai dari a_1 = 0,38282 nilai dari i = 1

$$h_{eq,i} = a_i - a_1\sqrt{(i-1)}$$
$$h_{eq,i} = 0{,}38282 - 0{,}38282\sqrt{(1-1)}$$
$$h_{eq,i} = 0{,}38282$$

Hasil dari perhitunagn ($h_{eq,i}$) didapatkan nilai = 0,38282 . untuk mencari nilai di maka dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut. Dimana nilai d = diameter mayor ulir luar M30, i = 1 masih dalam proses yang sama dengan urutan pemesinan ulir ke 1

$$di = d - (2 \times a_1 \times \sqrt{i})$$
$$di = 30 - (2 \times 0{,}38282 \times \sqrt{1})$$
$$di = 29{,}2344$$

Nilai dari di = 29,2344 diamana diameter pada tahapan i ke = 1. Untuk menentukan nilai dari nop maka ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$n_{op} = \frac{(1000 \times Vc)}{\pi \times D}$$

$$n_{op} = \frac{(1000 \times 100)}{\pi \times 30}$$

$$n_{op} = 1061{,}57$$

Nilai dari nop = 1061,57. Langkah berikutnya menentukan nilai dari Vop sebagai berikut.

$$V_{op} = n_{op} \times h_{eq,i}$$

$$V_{op} = 1061{,}57 \times 0{,}38282$$

$$V_{op} = 406{,}392$$

Nilai dari V_{op} = 406,392. Untuk menentukan waktu pemotongan maka ditentukan dengan persamaan berikut, dimana nilai L = 20 , n_{op} = 1061,57, dan $h_{eq,i}$ = 0,38282

$$tc = \frac{8 \times L}{n_{op} \times h_{eq,i}}$$

$$tc = \frac{8 \times 20}{1061{,}57 \times 0{,}38282}$$

$$tc = 0{,}39371$$

Dimana waktu t_c setiap proses i = 1 adalah 0,39371 menit = 24 detik. Sehingga waktu total dengan menggunakan persamaan dibawah, dimana nilai penjumlahan dari t_c (i = 1 sampai 8)

$$t_{total} = \sum_{i=1-8}^{n=8} t_{c,i}$$

$$t_{total} = 1{,}72107$$

Sehingga waktu pemotongan total dari proses ulir luar t_{total} = 1,72107 menit.

- Perhitungan Proses *Milling*

Benda Kerja

w = lebar pemotongan (mm)

Lw = panjang pemotongan (mm)

Lt = lv + lw + ln

a = kedalaman potong (mm)

Pahat Frais

d = diameter luar (mm)

z = jumlah gigi (mata potong)

Xr = sudut potong utama (90^0) untuk pahat frais selubung

Mesin Frais

n = putaran poros utama (rpm)

Vf = kecepatan makan (mm/putaran)

B = Jumlah pemotongan

Dari dimensi rancangan dan tabel rekomendasi dapat ditentukan nilai dari (l_t) dengan persamaan sebagai berikut

$$l_t = l_v + l_w + l_n$$

Nilai dari lv,ln (*clearence*) sebagai berikut.

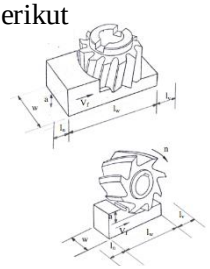
$$l_v, l_n = \left(\frac{diameter\ pahat}{2}\right) + 5mm$$

Dimana

Lv,ln = *clearence*

$$l_v, l_n = \left(\frac{20}{2}\right) + 5mm$$

$$l_v, l_n = 15mm$$



Gambar 5.7 Skematik Proses Milling vertikal dan milling horizontal

Sehingga nilai dari lv dan ln = 39mm dapat ditentukan lt = panjang total

$$l_t = 15 + 23 + 15$$

$$l_t = 53mm$$

Nilai dari V_c berdasarkan Tabel 7.6 pada lampiran A sehingga dapat ditentukan nilai dari N = putaran poros sebagai berikut.

$$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times d}$$

Dimana

d = diamater pahat

Vc = Cutting Speed

$$Nteo = \frac{1000 \times 80\ \frac{m}{min}}{\pi \times 20\ mm}$$

$$Nteo = 1273{,}23\ rev/min$$

Nilai dari N_{teori} didapatkan sebesar N_{teori} = 1273,23 rev/min, dari nilai tersebut dapat dicari besar nilai V_f dengan persamaan sebagai berikut.

$$Vf = f \times Nteo \times Z$$
$$Vf = 0{,}1mm \times 1273{,}23 \frac{rev}{min} \times 4$$
$$Vf = 509{,}29\ rev/min$$

Nilai V_f = 509,29 rev/min maka dapat dicari waktu pemesinannya sebagai berikut dimana nilai dari doc sebagai berikut

$$ap = 1Dc$$
$$ae = 0{,}25Dc$$

Dimana :

Dc = diameter pahat

ap = dept of cut vertical

ae = dept of cut horizontal

Dikarenakan pahat yang digunakan memiliki diameter (Dc) = 20mm maka besar ap dan ae adalah

$$ap = 1 \times 15$$
$$ap = 15mm$$
$$ae = 0{,}25 \times 20$$
$$ae = 5mm$$

Sehingga pahat dapat melakukan pemakanan secara vertikal sepanjang 15 mm dan secara horizontal sedalam 5mm, dikarenakan area benda kerja yang akan dipotong memiliki dimensi 15x3mm maka jumlah pemakanan yang diperlukan adalah 1x untuk satu sisi sedangkan pengerjaan milling pada dies pilot 6 sisi, total pemakanan adalah 6x.

$$\frac{Cut}{T} = \frac{Jumlah\ Pemakanan \times\ l_t}{Vf}$$
$$\frac{Cut}{T} = \frac{6 \times 53\ mm}{1273{,}23\ rev/min}$$
$$\frac{Cut}{T} = 0{,}2497\ menit$$

Waktu yang didpatkan dalam (t_c) adalah 0,2497 menit atau 15 detik.

Dari hasil perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.8 dibawah sebagai berikut.

Tabel 5.8 Parameterpemotongan Yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Pilot*

NO	Proses	Material Pahat Potong	Dr (mm)	Vc (m/min)	f (mm/rev)	N teo (rpm)	Vf (m/min)	Doc (mm)	L (mm)	Cut/T (min)
1	Facing (Turning)	Carbide	28	100	0,5	1137,398	568,6988	28	5	0,008792
2	Roughing (Turning)	Carbide	5	100	0,5	6369,427	3184,713	5	15	0,01413
3	Finishing (Turning)	Carbide	15,5	100	0,1	2054,654	205,4654	15,5	15	0,073005
1	Roughing (Turning)	Carbide	13	100	0,5	2449,78	1224,89	13	150	3,6738
2	Roughing (Turning)	Carbide	5	100	0,5	6369,427	3184,713	5	130	1,06132
3	Threading	Carbide	d_i	100	$h_{eq,i}$	n_{op}	-	1,23	20	1,72107
4	Finishing (Turning)	Carbide	0,25	100	0,1	127388,5	12738,85	0,25	130	0,010205
5	Side Mill	Carbide	20	80	0,1	1273,23	509,29	1,27	53	0,2497

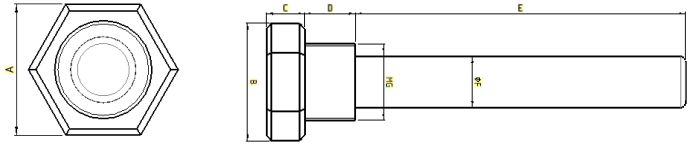
Tabel 5.9 Parameter Pemotongan Proses Threading yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Pilot*

	a_1	a_i	$a_{eq,i}$	$b_{eq,i}$	$h_{eq,i}$	d_i	Vc	n_{op}	v_{op}	lt	tc
1	0,38282	0,382822	0,815935	0,941942	0,382822	29,23436	100	1061,571	406,3924	20	0,393708
2		0,541392	0,974505	1,125	0,541392	28,91722		1061,571	574,7257	20	0,278394
3		0,663067	1,09618	1,265466	0,663067	28,67387		1061,571	703,8923	20	0,227307
4		0,765643	1,198757	1,383883	0,765643	28,46871		1061,571	812,7849	20	0,196854
5		0,856015	1,289129	1,488212	0,856015	28,28797		1061,571	908,7211	20	0,176072
6		0,937718	1,370831	1,582532	0,937718	28,12456		1061,571	995,4541	20	0,160731
7		1,012851	1,445964	1,669268	1,012851	27,9743		1061,571	1075,213	20	0,148808
8		1,082783	1,515896	1,75	1,082783	27,83443		1061,571	1149,451	20	0,139197
Total Penjumlahan nilai tc. $t_c = \sum_{i=1-4}^{n=4} tc, i$											1,72107

Hasil dari perhitungan dapat disimpulkan proses pemesinan diatas didapatkan waktu total (tc_{total}) adalah 6,56232 menit dalam pembuatan *Dies Pilot*.

5.1.2.2 Pengukuran Dimensi

Dies pilot yang telah melalui proses pemesinan dan telah selesai dibuat, kemudian diukur untuk memastikan bahwa pergerakan pahat potong sudah sesuai dengan dimensi produk. *Dies pilot* yang telah dibuat diukur menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02mm.



Gambar 5.8 Dimensi *Dies Pilot* Yang Diukur

Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap dimensi. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.10

Tabel 5.10 Hasil Pengukuran Dimensi *Dies Pilot*

Bagian	**Dimensi**	**Pengukuran Ke- (mm)**					**Rata – Rata** $\mu = \sum_1^5 \frac{xi,yi}{n}$
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	
A	40 mm	40,2	40,12	40,1	40,2	40,1	40,144 mm
B	46 mm	45,3	45,28	45,6	45,36	45,3	45,368 mm
C	15 mm	16,4	16,4	16,38	16,38	16,32	16,376 mm
D	20 mm	20,32	20,4	20,32	20,4	20,4	20,368 mm
E	130 mm	131,62	131,6	131,7	131,62	131,68	131,644 mm
ØF	20 mm	20,12	20,12	20,12	20,12	20,12	20,12 mm
ØMG	30 mm	29,08	28,9	29,08	29,08	28,9	29,008 mm

Tabel 5.10 diatas menunjukkan data hasil pengukuran dimensi *dies pilot* yang dilakukan. Data hasil pengukuran tersebut didapatkan dengan pengukuran dimensi benda mengunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02 mm dan untuk mencari nilai rata – rata (μ) dari 5 kali pengukuran dapat digunakan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Rata – rata (μ) bagian (**A**)

$$\mu = \sum_{1}^{5} \frac{xi, yi}{n}$$

$$\mu = \frac{(40{,}2 + 40{,}12 + 40{,}1 + 40{,}2 + 40{,}1)mm}{5}$$

$$\mu = 40{,}144 \text{ mm}$$

Dari perhitungan rata – rata (μ) [*mean*] didapatkan nilai *mean* A = 40,144mm data acuan A = 40mm, *mean* B = 45,368mm data acuan B = 46mm, *mean* C = 16,376mm data acuan C = 15mm, *mean* D = 20,368mm data acuan D = 20mm, *mean* E = 131,644mm data acuan E = 130mm, *mean* ØF = 20,12mm data acuan ØF = 20mm, *mean* ØG = 29,008mm data acuan ØG = 30mm. Data hasil pengukuran menunjukkan kesesuaian terhadap toleransi yang dihasilkan saat verifikasi proses pemesinan. Pada hasil verifikasi tersebut toleransi yang diberikan sebesar ± 0,1 mm. Dari hasil pengukuran dan perhitungan rata – rata (μ) [*mean*] yang dilakukan, dimensi bagian **ØF,** yang dihasilkan masuk dalam batas toleransi yang diberikan. Penyimpangan yang terjadi pada dimensi yang diukur dapat disebabkan oleh pahat potong yang mengalami ke ausan, pengerjaan benda menggunakan proses pemesinan secara konvensional ataupun, Jangka sorong yang belum terkalibrasi dengan baik.

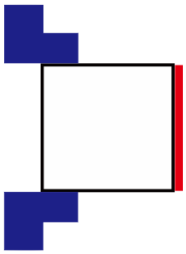
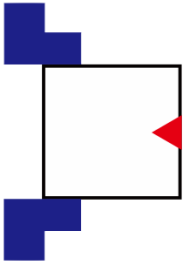
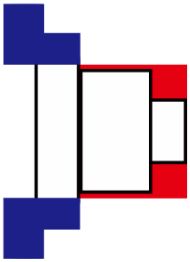
Berikut penunjukan salah satu proses pengukuran dimensi dengan menggunakan jangka sorong seperti pada gambar 5.10 di bawah.

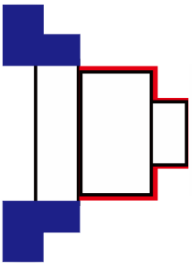
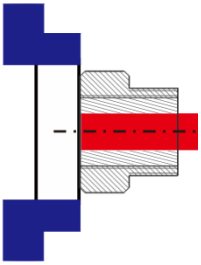
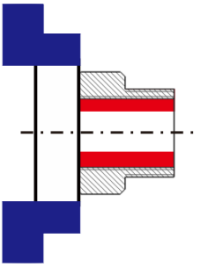
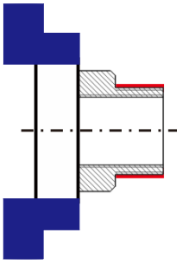
Gambar 5.9 Pengukuran *Dies Pilot* Dengan Menggunakan Jangka Sorong Dengan Kecermatan 0,02mm

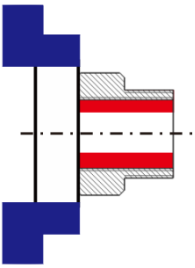
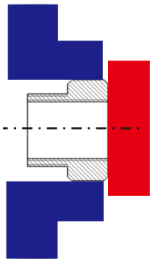
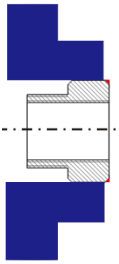
5.1.3 Dies Stop

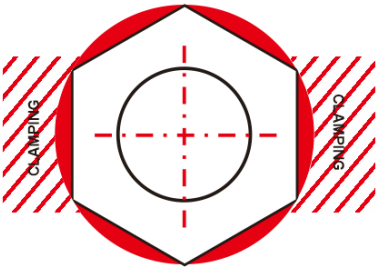
Proses yang dilakukan untuk membuat *dies stop* ini terbagi menjadi beberapa proses antara lain *Facing, Center Drill, Turning, Threading, Drilling*. Dimana urutan prosesnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 5.11 Rancangan Proses Pemesinan *Dies Stop*

NO	DETAIL PROSES	SKETCH	ANALISA PERMESINAN
PROSES TITIK REFRENSI BAGIAN DEPAN *DIES STOP*			
1	*FACING* (*TURNING*)		*Facing* (*Turning*) Ø70 sedalam 5mm, dengan dengan lw = 42., 1 kali proses pemakanan
2	*CENTER DRILL*		*Center Drill* sedalam 5mm dengan Ø5mm.
3	*ROUGHING* (*TURNING*)		*Roughing (Turning), head dies Stop* Ø70 menjadi Ø60 dengan kedalaman potong 20mm, badan *dies necking* menjadi Ø36mm dengan kedalaman potong 20mm. Dengan panjang total 40 mm. 17 kali proses pemakanan

4	*RAUGHING* (*FINISING*)		*Raughing* *(Finishing)*
5	*DRILLING*		*Boring* Ø20 mm sejauh 40mm
6	*ROUGHING* (*BORING*)		*Roughing* (*Boring*)Ø20 menjadi Ø30mm kedalaman potong 40mm, dengan 2 kali proses pemakanan, dengan 1 roses kembali ke titik refrensi
7	*THREADING*		*Threading* (*Turning*) ØM36 sejauh 20mm dengan, 9 kali proses pemakanan.

8	*INTERNAL THREADING*		*Internal Threading* ØM30mm sejauh 40 mm, dengan 17 kali proses pemakanan.
PROSES TITIK REFRENSI BAGIAN BELAKANG *DIES STOP*			
1	*CUTTING* (*TURNING*)		*CUTTING* (*Turning*) Ø70 kedalaman potong 10mm, lw = 42, dengan 1 kali proses pemakanan
2	*CHAMPHER*		*Champher* dengan sudut 45^0

3	*Side Mill*		*Side Mill* dengan nilai lw = 35 mm

5.1.3.1 Parameter Pemesinan

Pada penelitian ini, parameter pemotongan yang digunakan diambil dari tabel. yang ditunjukkan pada lampiran A dan juga perhitungan manual. Memiliki beberapa tahapan perhitungan manual sebagai berikut.

- **Perhitungan Proses Turning**

Pemilihan parameter pemotongan pada proses *turning* menggunakan Tabel 7.4 ditunjukkan pada Lampiran A

Do = Diameter awal benda kerja
Dm = Diameter rancangan --- Gambar 4.3

$$D_r = \frac{(Do - Dm)}{2}$$

Dr = Dimensi Rata – rata
Vc = Cutting Speed --- Tabel 7.4 Lampiran A
f = Gerak Makan --- Tabel 7.4 Lampiran A
Nteo = Putaran Poros
Vf = Kecepatan Makan
Doc = depth of cut --- Tabel 7.4 Lampiran A
L = Panjang pemotongan pada benda kerja
Cut/T = Waktu Pemesinan

- **Perhitungan Proses Turning**

Dari dimensi rancangan dan tabel rekomendasi dapat ditentukan Nteori dengan persamaan sebagai berikut diamana nilai dari Dr = 4,75mm. Dan Vc = 100

$$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times Dr}$$
$$Nteo = \frac{1000 \times 100 \ \frac{m}{min}}{\pi \times 4{,}75 \ mm}$$
$$Nteo = 6704{,}66 \ rev/min$$

Nilai dari Nteori didapatkan sebesar Nteori = 6704,66 rev/min, dari nilai tersebut dapat dicari besar nilai V_f dengan persamaan sebagai berikut.

$$Vf = f \times Nteo$$
$$Vf = 0{,}5mm \times 6704{,}66 rev/min$$
$$Vf = 3352{,}33 \ rev/min$$

Nilai Vf = 3352,33 rev/min maka dapat dicari waktu pemesinannya (Cut/T) sebagai berikut. Dimana L = 20 (panjang pemesinan)

$$\frac{Cut}{T} = \frac{L}{Vf}$$
$$\frac{Cut}{T} = \frac{9 \times 20 \ mm}{3352{,}33 \ rev/min}$$
$$\frac{Cut}{T} = 0{,}53694 \ menit$$

Waktu yang didpatkan dalam satu proses turning adalah 0,053694 menit, perhitungan diatas ditunjukkan pada tabel 5.12 dengan *row*s penanda warna kuning.

- **Perhitungan Proses Drilling**

Pada penelitian ini, parameter pemotongan yang digunakan diambil dari Tabel 7.5. Pemilihan parameter pemotongan pada proses *turning* menggunakan Tabel 7.5 ditunjukkan pada Lampiran A

L = Panjang pemotongan benda kerja (mm)
Dr = diameter gurdi (mm)
Nteo = Putaran Poros
Vf = Kecepatan makan
Doc = Dept of cut
f = Gerak Makan
Cut/T = Waktu pemotongan

Z = Jumlah gigi (mm) [2 mata potong (gigi)]

Diketahui nilai Vc dari tabel 2.4 dan Dr = 20mm, maka dapat dicari Putaran Poros Nteo sebagai berikut. Dimana nilai Dr = 20 mm

$$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times Dr}$$

$$Nteo = \frac{1000 \times 20}{\pi \times 20}$$

$$Nteo = 318{,}4713 \text{ rpm}$$

Nilai Nteo = 318,4713 sehingga dapat dicari kecepatan makan dengan persamaan dibawah, dimana nilai Z = 2 dan f dari Tabel 7.5 sebesar = 0,15

$$Vf = f \times Nteo \times Z$$

$$Vf = 0{,}15 \times 318{,}4713 \times 2$$

$$Vf = 95{,}5414\ m/min$$

Dari persamaan diatas didapatkan nilai dari V_f = 95,5414 dari nilai tersebut dapat dicari waktu pemotonngan dengann menggunakan persamaan dibawah sebagai berikut. Dimana nilai L = 40mm panjangnya proses pengerjaan pada material uji.

$$\frac{Cut}{T} = \frac{L}{Vf}$$

$$\frac{Cut}{T} = \frac{40}{95{,}5414}$$

$$\frac{Cut}{T} = 0{,}418667\ menit$$

Waktu pemotongan Cut/T = 0,418667 menit = 25 detik. Merupakan waktu pemotongan untuk satu kali proses, seperti pada tabel dengan warna hijau.

- **Perhitungan Proses *Threading***

Pada penelitian ini terbagi dua hal dalam proses pemesinan *threading* yaitu ulir luar dan ulir dalam, didapatkan dengan perhitungan manual sebagai berikut, dan para meter pemesinan ditunjukkan pada Tabel 7.4 hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.13 berwarna biru.

Ulir Luar (Tabel 5.13 Row Biru)

a_1 = Kedalaman potong mula (mm)
a_i = Kedalaman potong ke ... (i) (mm)
$a_{eq,i}$ = Kedalaman potong ekuivalen (mm)
$b_{eq,i}$ = Lebar geram ekuivalen
$h_{eq,i}$ = Tebal geram ekuivalen
di = Diameter yang dicapai
p = Pitch
n = Jumlah urutan pemotongan

Langkah pertama dalam menentukan waktu pemesinan threading parameter yang ditentukan adalah nilai dari (a_1) yang kemudian berlannjut seperti pada persamaan di bawah ini. Nilai dari n = 5 di mana nilai tersebut ditentukan dengan 5 kali langkah dalam pembuatan ulir sedangkan nilai p = pitch = 1 mm yaitu nilai dari kedalaman ulir.

$$a_1 = \frac{5}{8} \times p \times SIN60 \div \sqrt{n}$$
$$a_1 = \frac{5}{8} \times 2 \times SIN60 \div \sqrt{5}$$
$$a_1 = 0{,}484235 \text{ mm}$$

Nilai dari (a_1) sebesar 0,484235 mm maka dapat dicari nilai dari (a_i) dimana nilai dari i = langkah n ke i dimana nilai i = 1 merupakan langkah pertama pada proses *threading* hingga i = 5.

$$a_i = a_1 \times \sqrt{i}$$
$$a_i = 0{,}484235 \times \sqrt{1}$$
$$a_i = 0{,}484235$$

Nilai dari (a_i) pada i ke 1 = 0,484235 sehingga dapat ditentukan nilai dari ($a_{eq,i}$) dimana nilai kedalaman potong ekuivalen dapat dicari dengan persamaan dibawah.

$$a_{eq,i} = a_i + \frac{2}{8} \times p \times SIN60$$
$$a_{eq,i} = 0{,}484235 + \frac{2}{8} \times 2 \times SIN60$$
$$a_{eq,i} = 0{,}917349$$

Nilai dari ($a_{eq,i}$) = 0,917349 ,sehingga dapat ditentukan nilai dari ($b_{eq,i}$) lebar gream ekuivalen dengan persamaan berikut.

$b_{eq,i} = a_{eq,i} \div SIN60$
$b_{eq,i} = 0{,}917349 \div SIN60$
$b_{eq,i} = 1{,}059017$

Nilai dari ($b_{eq,i}$) = 1,059017. Maka dapat ditentukan nilai ($h_{eq,i}$) tebal gram ekuivalen sebagai berikut. Dimana nilai dari a_i = 0,484235 dan nilai dari a_1 = 0,484235 nilai dari i = 1

$h_{eq,i} = a_i - a_1\sqrt{(i-1)}$
$h_{eq,i} = 0{,}484235 - 0{,}484235\sqrt{(1-1)}$
$h_{eq,i} = 0{,}484235$

Hasil dari perhitunagn ($h_{eq,i}$) didapatkan nilai = 0,484235 . untuk mencari nilai di maka dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut. Dimana nilai d = diameter mayor ulir luar M36, i = 1 masih dalam proses yang sama dengan urutan pemesinan ulir ke 1

$di = d - (2 \times a_1 \times \sqrt{i})$
$di = 36 - (2 \times 0{,}484235 \times \sqrt{1})$
$di = 35{,}03153$

Nilai dari di = 35,45861 diamana diameter pada tahapan i ke = 1. Untuk menentukan nilai dari n_{op} maka ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$n_{op} = \frac{(1000 \times Vc)}{\pi \times D}$$
$$n_{op} = \frac{(1000 \times 100)}{\pi \times 36}$$
$n_{op} = 884{,}6426$

Nilai dari nop = 884,6426. Langkah berikutnya menentukan nilai dari V_{op} sebagai berikut.

$V_{op} = n_{op} \times h_{eq,i}$
$V_{op} = 884{,}6462 \times 0{,}484235$
$V_{op} = 428{,}3752$

Nilai dari Vop = 428,3752. Untuk menentukan waktu pemotongan maka ditentukan dengan persamaan berikut, dimana

nilai L = 20 , nop = 884,6462, dan heq,i = 0,484235 dengan n = 5 yaitu 5 kali proses pemakanan.

$$tc = \frac{n \times L}{n_{op} \times h_{eq,i}}$$

$$tc = \frac{5 \times 20}{884{,}6462 \times 0{,}484235}$$

$$tc = 0{,}23344$$

Sehingga waktu total dengan menggunakan persamaan dibawah, dimana nilai penjumlahan dari tc (i=1 sampai 5) didapatkan sebagai berikut.

$$t_{total} = \sum_{i=1-4}^{n=4} t_{c,i}$$

$$t_{total} = 0{,}754402$$

Sehingga waktu pemotongan total dari proses ulir luar t_{total} = 0,754402 menit atau 45 detik.

Ulir Dalam (Tabel 5.14 Row Abu – abu)

$$a_1 = \frac{4}{8} \times p \times SIN60 \div \sqrt{n}$$

$$a_1 = \frac{4}{8} \times 2 \times SIN60 \div \sqrt{9}$$

$$a_1 = 0{,}288742 \text{ mm}$$

Nilai dari (a_1) sebesar 0,288742mm maka dapat dicari nilai dari (a_i) dimana nilai dari i = langkah n ke i dimana nilai i = 2 merupakan langkah pertama pada proses *threading* hingga i = 8.

$$a_i = a_1 \times \sqrt{i}$$

$$a_i = 0{,}288742 \times \sqrt{2}$$

$$a_i = 0{,}408343$$

Nilai dari (a_i) pada i ke 2 = 0,408343 sehingga dapat ditentukan nilai dari ($a_{eq,i}$) dimana nilai kedalaman potong ekuivalen dapat dicari dengan persamaan dibawah.

$$a_{eq,i} = a_i + \frac{2}{8} \times p \times SIN60$$

$$a_{eq,i} = 0{,}408343 + \frac{2}{8} \times 2 \times SIN60$$

$a_{eq,i} = 0{,}841456$

Nilai dari ($a_{eq,i}$) = 0,841456 ,sehingga dapat ditentukan nilai dari ($b_{eq,i}$) lebar gream ekuivalen dengan persamaan berikut.

$b_{eq,i} = a_{eq,i} \div SIN60$

$b_{eq,i} = 0{,}841456 \div SIN60$

$b_{eq,i} = 0{,}971405$

Nilai dari ($b_{eq,i}$) = 1. Maka dapat ditentukan nilai ($h_{eq,i}$) tebal gram ekuivalen sebagai berikut. Dimana nilai dari a_i = 0,408343 dan nilai dari a_1 = 0,841456 nilai dari i = 2

$h_{eq,i} = a_i - a_1\sqrt{(i-1)}$

$h_{eq,i} = 0{,}408343 - 0{,}841456\sqrt{(2-1)}$

$h_{eq,i} = 0{,}119601$

Hasil dari perhitunagn ($h_{eq,i}$) didapatkan nilai = 0,119601 . untuk mencari nilai di maka dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut. Dimana (D_1)=diameter minor ulir dalam (27,5mm), nilai dari a_1=0,288742, i = 2, dan p = 2 (pitch).

$di = D_1 + \left(2 \times a_1 \times \sqrt{i}\right) + (\frac{2}{8} \times p \times SIN60)$

$di = 27{,}54 + \left(2 \times 0{,}288742 \times \sqrt{2}\right) + (\frac{2}{8} \times 2 \times SIN60)$

$di = 28{,}7898$

Nilai dari di = 28,7898 diamana diameter pada tahapan i ke = 2. Untuk menentukan nilai dari (n_{op}) maka ditentukan dengan persamaan sebagai berikut. Dimana nilai dari Vc = 100 dari Tabel 7.4 pada lampiran A dan D = M30 diameter mayor ulir dalam.

$n_{op} = \frac{(1000 \times Vc)}{\pi \times D}$

$n_{op} = \frac{(1000 \times 100)}{\pi \times 30}$

$n_{op} = 1061{,}571$

Nilai dari n_{op} = 1061,571. Langkah berikutnya menentukan nilai dari Vop sebagai berikut. Dimana nilai dari ($h_{eq,i}$) = 0,119601.

$V_{op} = n_{op} \times h_{eq,i}$

$V_{op} = 1061{,}571 \times 0{,}119601$

$V_{op} = 126{,}9649$

Nilai dari Vop = 126,9649. Untuk menentukan waktu pemotongan maka ditentukan dengan persamaan berikut, dimana nilai L = 40 , n_{op} = 1061,571, dan heq,i = 0,119601

$$tc = \frac{4 \times L}{n_{op} \times h_{eq,i}}$$

$$tc = \frac{9 \times 40}{1061{,}571 \times 0{,}119601}$$

$$tc = 2{,}835429$$

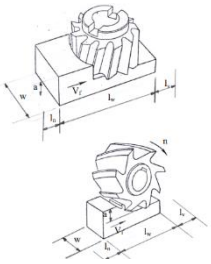
Dimana waktu tc setiap proses i=2 adalah 2,376239 menit atau 2 menit 23 detik Sehingga waktu total dengan menggunakan persamaan dibawah, dimana nilai penjumlahan dari tc (i=1 sampai 8) didapatkan sebagai berikut

$$t_{total} = \sum_{i=1-4}^{n=4} t_{c,i}$$

$$t_{total} = 41{,}82535$$

Sehingga waktu pemotongan total dari proses ulir luar t_{total} = 41,82535 menit atau 41 menit 50 detik

- Perhitungan Proses *Milling*



Gambar 5.10 Skematik Proses Milling vertikal dan milling horizontal

Benda Kerja

w = lebar pemotongan (mm)
Lw = panjang pemotongan (mm)
Lt = lv + lw + ln
a = kedalaman potong (mm)

Pahat Frais

d = diameter luar (mm)
z = jumlah gigi (mata potong)
Xr = sudut potong utama (90^0) untuk pahat frais selubung

Mesin Frais

n = putaran poros utama (rpm)
Vf = kecepatan makan (mm/putaran)
B = Jumlah pemotongan

Dari dimensi rancangan dan tabel rekomendasi dapat ditentukan nilai dari (l_t) dengan persamaan sebagai berikut

$l_t = l_v + l_w + l_n$

Nilai dari lv,ln (*clearence*) sebagai berikut.

$l_v, l_n = \left(\frac{diameter\ pahat}{2}\right) + 5mm$

Dimana

Lv,ln = *clearence*

$l_v, l_n = \left(\frac{20}{2}\right) + 5mm$

$l_v, l_n = 15mm$

Sehingga nilai dari lv dan ln = 39mm dapat ditentukan lt = panjang total

$l_t = 15 + 35 + 15$

$l_t = 65mm$

Nilai dari Vc berdasarkan Tabel 7.6 pada lampiran A sehingga dapat ditentukan nilai dari N = putaran poros sebagai berikut.

$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times d}$

Dimana

d = diamater pahat

Vc = Cutting Speed

$Nteo = \frac{1000 \times 80\ \frac{m}{min}}{\pi \times 20\ mm}$

$Nteo = 1273{,}23\ rev/min$

Nilai dari Nteori didapatkan sebesar Nteori = 1273,23 rev/min, dari nilai tersebut dapat dicari besar nilai Vf dengan persamaan sebagai berikut.

$Vf = f \times Nteo \times Z$

$Vf = 0{,}1mm \times 1273{,}23\ \frac{rev}{min} \times 4$

$Vf = 509{,}29\ rev/min$

Nilai V_f = 509,29 rev/min maka dapat dicari waktu pemesinannya sebagai berikut dimana nilai dari doc sebagai berikut

$ap = 1Dc$

$ae = 0{,}25Dc$

Dimana :

Dc = diameter pahat

ap = dept of cut vertical

ae = dept of cut horizontal

Dikarenakan pahat yang digunakan memiliki diameter (Dc) = 20mm maka besar ap dan ae adalah

$ap = 1 \times 20$

$ap = 20mm$

$ae = 0{,}25 \times 20$

$ae = 5mm$

Sehingga pahat dapat melakukan pemakanan secara vertikal sepanjang 20 mm dan secara horizontal sedalam 5mm, dikarenakan area benda kerja yang akan dipotong memiliki dimensi 20x9,5mm maka jumlah pemakanan yang diperlukan adalah 1x untuk satu sisi sedangkan pengerjaan milling pada dies pilot 6 sisi, total pemakanan adalah 6x.

$$\frac{Cut}{T} = \frac{Jumlah\ Pemakanan \times\ l_t}{Vf}$$

$$\frac{Cut}{T} = \frac{6 \times 65\ mm}{1273{,}23\ rev/min}$$

$$\frac{Cut}{T} = 0{,}3063\ menit$$

Waktu yang didpatkan dalam (t_c) adalah 0,3063 menit atau 18 detik.

Dari hasil perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.12 dibawah sebagai berikut.

Tabel 5.12 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Stop*

NO	Proses	Material Pahat Potong	Dr (mm)	Vc (m/min)	f (mm/rev)	N teo (rpm)	Vf (m/min)	Doc (mm)	L (mm)	Cut/T (min)
1	Facing (Turning)	Carbide	35	100	0,5	909,9181	454,9591	5	5	0,01099
2	Center Drill	HSS	2,5	20	0,08	2547,771	203,8217	2,5	5	0,024531
3	Roughing (Turning)	Carbide	4,75	100	0,5	6704,66	3352,33	4,75	20	0,053694
4	Roughing (Turning)	Carbide	17	100	0,5	1873,361	936,6804	5	20	0,085408
5	Finishing (Turning)	Carbide	0,25	100	0,1	127388,5	12738,85	0,25	20	0,00157
6	Boring	HSS	7,5	20	0,15	849,2569	127,3885	5	40	0,418667
7	Roughing (Turning)	Carbide	5	100	0,5	6369,427	3184,713	5	40	0,10048
8	Threading	Carbide	d_i	100	$h_{eq,i}$	n_{op}	-	0,95	20	0,916114
9	Internal Threading	Carbide	d_i	100	$h_{eq,i}$	n_{op}	-	1,23	40	3,593719
1	Cutting	Carbide	35	100	0,5	909,9181	454,9591	5	10	0,02198

Tabel 5.13 Parameter Pemotongan Proses Threading yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Stop threading luar*

	a_1	a_i	$a_{eq,i}$	$b_{eq,i}$	$h_{eq,i}$	d_i	Vc	n_{op}	v_{op}	lt	tc
1	0,484235	0,484235	0,917349	1,059017	0,484235	35,03153	100	884,6426	428,3752	20	0,23344
2		0,684812	1,117926	1,290569	0,684812	34,63038		884,6426	605,8141	20	0,165067
3		0,83872	1,271834	1,468246	0,83872	34,32256		884,6426	741,9677	20	0,134777
4		0,968471	1,401584	1,618034	0,968471	34,06306		884,6426	856,7505	20	0,11672
5		1,082783	1,515896	1,75	1,082783	33,83443		884,6426	957,8761	20	0,104398
Total Penjumlahan nilai tc. $t_c = \sum_{i=1-4}^{n=4} tc, i$											0,754402

Tabel 5.14 Parameter Pemotongan Proses Threading yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Stop threading dalam*

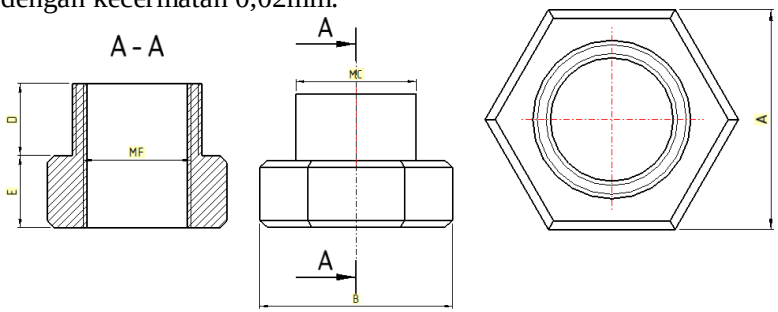
	a_1	a_i	$a_{eq,i}$	$b_{eq,i}$	$h_{eq,i}$	d_i	Vc	n_{op}	v_{op}	lt	tc
1	0,288742	0,288742	0,721855	0,833333	0,288742	28,5506	100	1061,571	306,5204	40	1,174473
2		0,408343	0,841456	0,971405	0,119601	28,7898		1061,571	126,9649	40	2,835429

3		0,500116	0,933229	1,07735	0,091773	28,97335		1061,571	97,42359	40	3,695204
4		0,577484	1,010598	1,166667	0,077368	29,12808		1061,571	82,13188	40	4,383194
5		0,645647	1,07876	1,245356	0,068163	29,26441		1061,571	72,35964	40	4,975149
6		0,707271	1,140384	1,316497	0,061624	29,38766		1061,571	65,41812	40	5,503063
7		0,76394	1,197053	1,381917	0,056669	29,50099		1061,571	60,15817	40	5,984225
8		0,816686	1,2498	1,442809	0,052746	29,60649		1061,571	55,99386	40	6,429277
9		0,866227	1,29934	1,5	0,04954	29,70557		1061,571	52,59058	40	6,845332
Total Penjumlahan nilai tc. $t_c = \sum_{i=1-4}^{n=4} tc, i$											41,82535

Hasil dari perhitungan dapat disimpulkan proses pemesinan diatas didapatkan waktu total (tc_{total}) adalah 43,29707 menit dalam pembuatan *Dies Stop*.

5.1.3.2 Pengukuran Dimensi *Dies Stop*.

Dies stop yang telah melalui proses pemesinan dan telah selesai dibuat, kemudian diukur untuk memastikan bahwa pergerakan pahat potong sudah sesuai dengan dimensi produk. *Dies stop* yang telah dibuat diukur menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02mm.



Gambar 5.11 Dimensi *Dies Stop* Yang Diukur

Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap dimensi. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.15

Tabel 5.15 Hasil Pengukuran Dimensi *Dies Stop*

Bagian	Dimensi	Pengukuran Ke-					Rata – Rata $\mu = \sum_1^5 \frac{xi,yi}{n}$
		1	2	3	4	5	
A	50 mm	50,2	50	50	50,3	50,1	50,12 mm
B	69 mm	57,24	57,24	57,26	57,26	57,24	57,248 mm
ØMC	36 mm	35,5	35,5	35,6	35,6	35,5	35,54 mm
D	20 mm	20,6	20,6	20,58	20,6	20,6	19,664 mm
E	20 mm	20,56	20,56	20,57	20,69	20,57	20,596 mm
ØMF	30 mm	27,76	27,76	27,78	27,78	27,88	27,772 mm

Tabel 5.15 diatas menunjukkan data hasil pengukuran dimensi *dies stop* yang dilakukan. Data hasil pengukuran tersebut didapatkan dengan pengukuran dimensi benda mengunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02 mm dan untuk mencari nilai rata – rata (μ) [*mean*] dari 5 kali pengukuran dapat digunakan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Rata – rata (μ) [*mean*] bagian (**A**)

$$\mu = \sum_1^5 \frac{xi, yi}{n}$$

$$\mu = \frac{(50{,}2 + 50 + 50 + 50{,}3 + 50{,}1)mm}{5}$$

$$\mu = 50{,}12 \text{ mm}$$

Dari perhitungan rata – rata (μ) [*mean*] didapatkan nilai *mean* A = 50,12mm data acuan A = 50mm, *mean* B = 57,248mm data acuan B = 69mm, *mean* ØMC = 35,54mm data acuan ØMC = 36mm, *mean* D = 19,664mm data acuan D = 20mm, *mean* E = 20,596mm data acuan E = 20mm, *mean* ØMF = 27,772mm data acuan ØMF = 30mm.. Penyimpangan yang terjadi pada dimensi yang diukur dapat disebabkan oleh pahat potong yang mengalami keaausan, pengerjaan benda menggunakan proses pemesinan secara konvensional ataupun, Jangka sorong yang belum terkalibrasi dengan baik.

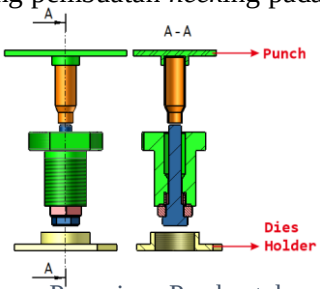
Berikut penunjukan salah satu proses pengukuran dimensi dengan menggunakan jangka sorong seperti pada Gambar 5.12 di bawah.

Gambar 5.12 Pengukuran *Dies Stop* Dengan Menggunakan Jangka Sorong Dengan Kecermatan 0,02mm

5.2 Tahapan Pembuatan Komponen Penunjang *Dies Necking* Selongsong Peluru Kaliber 20mm

Komponen penunjang adalah *punch* dan *dies holder* dimana komponen ini di rancang agar dapat digunakan dengan mesin press tool yang ada pada teknik mesin ITS. Kegunaan *punch* sendiri sebagai pengarah agar pembentukan *necking* pada selongsong sesuai dengan jalurnya, sedangkan *dies holder* berfungsi pemegang komponen utama *dies necking* agar tidak bergerak pada bad yang ada pada mesin press tool.

Berikut merupakan proses manufaktur yang dilakukan pada komponen penunjang pembuatan *neck*ing pada selongsong peluru kaliber 20mm.

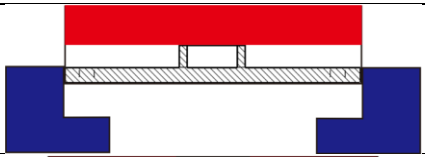
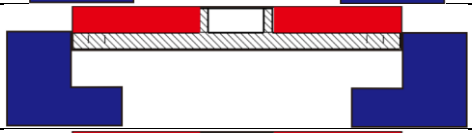
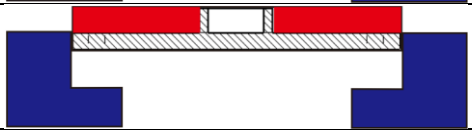
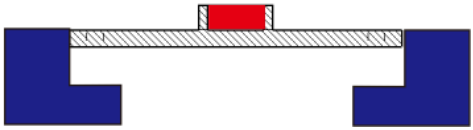
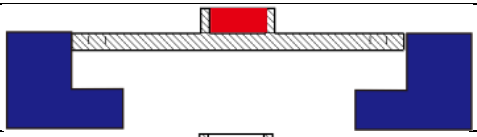
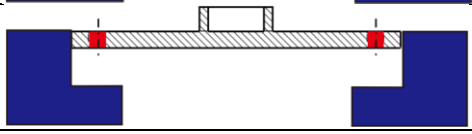


Gambar 5.13 Komponen Penunjang Pembentukan *Necking* Selongsong Peluru Kaliber 20mm

5.2.1 Punch

Proses yang dilakukan untuk membuat *punch* ini terbagi menjadi beberapa proses antara lain *Facing*, *Side Mill*, *Borring*. Dimana rencana proses menggunakan *milling* 3axis dan material ditempatkan pada *fixture*, urutan prosesnya dapat dilihat pada Tabel 5.16 dibawah.

Tabel 5.16 Rancangan Proses Pemesinan *Punch*

NO	DETAIL PROSES	SKETCH	ANALISA PERMESINAN
PROSES TITIK REFRENSI BAGIAN DEPAN *DIES NECKING*			
1	*FACING (MILLING)*		*Facing* (*Milling*) sedalam 5 mm, dengan 1 kali proses pemakanan.
2	*SIDE MILL (MILLING)*		*Side Mill* sedalam 15mm
3	*FINISHING (MILLING)*		*Finishing*
4	*POCKET (MILLING)*		*Pocket (Milling), head punch* Ø34mm dengan kedalaman 15mm, dengan 4 kali proses pemakanan
5	*FINISHING (MILLING)*		*Finishing*
6	*DRILLING (MILLING)*		*Borring (Milling),* sampai tembus 4 kali Ø10mm

5.2.1.1 Parameter Pemesinan

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 7.6 dan Tabel 7.7. Pemilihan parameter pemotongan pada proses *milling* (Frais) ditunjukkan pada Lampiran A

- **Perhitungan Proses milling**

Benda Kerja

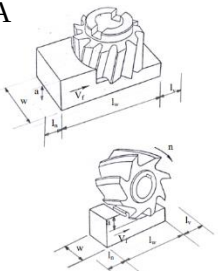
W = lebar pemotongan (mm)
Lw = panjang pemotongan (mm)
Lt = lv + lw + ln
a = kedalaman potong (mm)

Pahat Frais

d = diameter luar (mm)
z = jumlah gigi (mata potong)
Xr = sudut potong utama (90^0) untuk pahat frais selubung

Mesin Frais

n = putaran poros utama (rpm)
V_f = kecepatan makan (mm/putaran)



Gambar 5.14 Skematik Proses Milling vertikal dan milling horizontal

- **Perhitungan *Face Milling***

Dari dimensi rancangan dan tabel rekomendasi dapat ditentukan nilai dari (l_t) dengan persamaan sebagai berikut

$$l_t = l_v + l_w + l_n$$

Dimana

$$l_v, l_n = \left(\frac{diameter\ pahat}{2}\right) + 5mm$$

$$l_v, l_n = \left(\frac{200}{2}\right) + 5mm$$

$$l_v, l_n = 105mm$$

Sehingga nilai dari lv dan ln = 105mm dapat ditentukan lt = panjang total

$$l_t = 105 + 200 + 105$$

$$l_t = 346mm$$

Nilai dari Vc berdasarkan Tabel 7.6 pada lampiran A sehingga dapat ditentukan nilai dari N = putaran poros sebagai berikut.

$$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times d}$$

Dimana

d = diamater pahat

Vc = Cutting Speed

$$Nteo = \frac{1000 \times 300 \frac{m}{min}}{\pi \times 200\, mm}$$

$$Nteo = 477{,}46\, rev/min$$

Nilai dari Nteori didapatkan sebesar Nteori = 477,46 rev/min, dari nilai tersebut dapat dicari besar nilai V_f dengan persamaan sebagai berikut.

$$Vf = f \times Nteo \times Z$$

$$Vf = 0{,}127mm \times 477{,}46 \frac{rev}{min} \times 10$$

$$Vf = 606{,}688\, rev/min$$

Nilai V_f = 606,688 rev/min maka dapat dicari waktu pemesinannya sebagai berikut

$$\frac{Cut}{T} = \frac{Jumlah\ Pemakanan \times l_t}{Vf}$$

$$\frac{Cut}{T} = \frac{1 \times 278\, mm}{606{,}688\, rev/min}$$

$\frac{Cut}{T}$ = 0,57031 menit

Waktu yang didapatkan dalam satu proses turning adalah 0,57031menit

- **Perhitungan Proses Drilling**

Pada penelitian ini, parameter pemotongan yang digunakan diambil dari Tabel 7.5. Pemilihan parameter pemotongan pada proses *turning* menggunakan Tabel 7.5 ditunjukkan pada Lampiran A

L = Panjang pemotongan benda kerja (mm)

Dr = diameter gurdi (mm)

Nteo = Putaran Poros

Vf = Kecepatan makan
Doc = Dept of cut
f = Gerak Makan
Cut/T = Waktu pemotongan
Z = Jumlah gigi (mm) [2 mata potong (gigi)]

Diketahui nilai Vc dari tabel 2.4 dan Dr = 20mm, maka dapat dicari Putaran Poros Nteo sebagai berikut. Dimana nilai Dr = 20 mm

$$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times Dr}$$

$$Nteo = \frac{1000 \times 20}{\pi \times 10}$$

$$Nteo = 636{,}9427 \text{ rpm}$$

Nilai Nteo = 636,9427 sehingga dapat dicari kecepatan makan dengan persamaan dibawah, dimana nilai Z = 2 dan f dari Tabel 7.7 sebesar = 0,10

$$Vf = f \times Nteo \times Z$$

$$Vf = 0{,}10 \times 636{,}9427 \times 2$$

$$Vf = 127{,}3885\ m/min$$

Dari persamaan diatas didapatkan nilai dari V_f = 127,3885 dari nilai tersebut dapat dicari waktu pemotonngan dengann menggunakan persamaan dibawah sebagai berikut. Dimana nilai L = 10 mm panjangnya proses pengerjaan pada material uji.

$$\frac{Cut}{T} = \frac{L}{Vf}$$

$$\frac{Cut}{T} = \frac{10}{127{,}3885}$$

$$\frac{Cut}{T} = 0{,}0785\ menit$$

Waktu pemotongan Cut/T = 0,0,785 menit = 5 detik. Merupakan waktu pemotongan untuk satu kali proses, seperti pada tabel dengan warna hijau.

Dari hasil perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.17 dibawah sebagai berikut

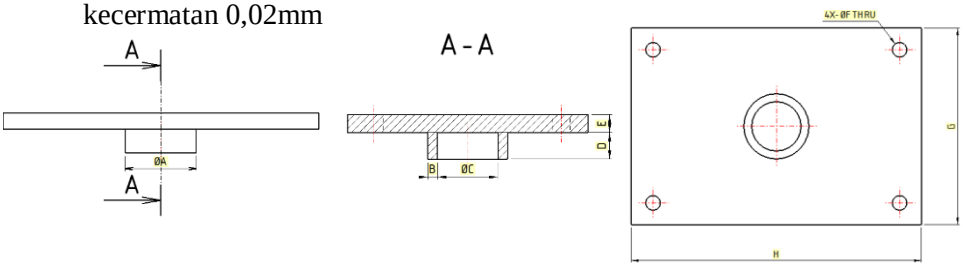
Tabel 5.17 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Punch Plate*

	Proses	w	lw	lv	ln	lt	a	d	z	Vc	f	Keliling lingkaran	n	vf	Tc
1	**Facing**	136	136	105	105	346	5	200	10	300	0,55	-	478	607	0,57031
2	**Side Mill**	136	200	22,5	22,5	183 7,7	15	35	4	150	0,28	141,3	1365	1529	1,202162
3	**Finishing**	136	200	22,5	22,5	183 7,7	0,5	35	4	150	0,28	141,3	1365	1529	1,202162
4	**Pocket**	45	34	15	15	64	15	20	4	150	0,33	-	2389	3153	0,040598
5	**finishing**	44,5	33,5	15	15	63,5	15	20	4	150	0,28	-	2389	2675	0,047474
6	**Boring**	-	-	-	-	10	-	10	2	20	0,10	-	637	127	0,314

Hasil dari perhitungan dapat disimpulkan proses pemesinan diatas didapatkan waktu total (tc_{total}) adalah 3,37671 menit dalam pembuatan *Punch Plate*.

5.2.1.2 Pengukuran Dimensi *Punch*

Punch yang telah melalui proses pemesinan dan telah selesai dibuat, kemudian diukur untuk memastikan bahwa pergerakan pahat potong sudah sesuai dengan dimensi produk. *Punch* yang telah dibuat diukur menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02mm



Gambar 5.15 Dimensi *Punch Plate* Yang Di Ukur

Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap dimensi. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.18

Tabel 5.18 Hasil Pengukuran Dimensi *Punch Plate*

Bagian	Dimensi	Pengukuran Ke- (mm)					Rata – Rata $\mu = \sum_1^5 \frac{xi,yi}{n}$
		1	2	3	4	5	
ØA	45 mm	47,4	47,4	47,42	47,46	47,42	47,42 mm
B	6 mm	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68 mm
ØC	34	34	34,08	34,08	34,08	34,06	34,06 mm
D	15 mm	15,5	15,52	15,5	15,54	15,52	15,516 mm
E	10 mm	9,82	9,72	9,8	9,8	9,8	9,788 mm
ØF	10 mm	10	10	10	10	10	10 mm
G	136 mm	136,98	136,98	136,98	136,96	136,98	136,976 mm
H	200 mm	203,56	203,56	203,56	203,6	203,56	203,568 mm

Tabel 5.18 diatas menunjukkan data hasil pengukuran dimensi *punch plate* yang dilakukan. Data hasil pengukuran tersebut didapatkan dengan pengukuran dimensi benda mengunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02 mm dan untuk mencari nilai rata – rata (μ) [*mean*] dari 5 kali pengukuran dapat digunakan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Rata – rata (μ) [*mean*] bagian (**A**)

$$\mu = \sum_1^5 \frac{xi, yi}{n}$$

$$\mu = \frac{(47{,}4 + 47{,}4 + 47{,}42 + 47{,}46 + 47{,}42)mm}{5}$$

$\mu = 47{,}42$ mm

Dari perhitungan rata – rata (μ) [*mean*] didapatkan nilai *mean* A = 47,42mm data acuan A = 45mm, *mean* B = 6,68mm data acuan B = 6mm, *mean* ØC = 34,06mm data acuan ØC = 34mm, *mean* D = 15,516mm data acuan D = 15mm, *mean* E = 9,788mm data acuan E = 10mm, *mean* ØF = 10mm data acuan ØF = 10mm, *mean* G = 136,976mm data acuan G = 136mm, *mean* H = 203,568mm data acuan H = 200mm. Penyimpangan yang terjadi pada dimensi yang diukur dapat disebabkan oleh pahat potong yang mengalami keaausan, pengerjaan benda menggunakan proses pemesinan secara konvensional ataupun, Jangka sorong yang belum terkalibrasi dengan baik.

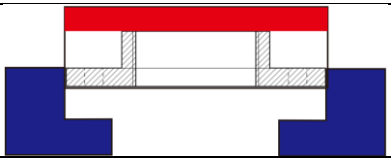
Berikut penunjukan salah satu proses pengukuran dimensi dengan menggunakan jangka sorong seperti pada Gambar 5.16 di bawah.

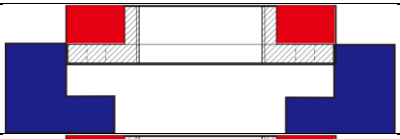
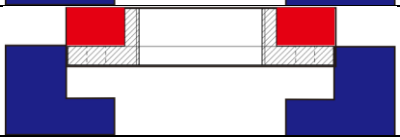
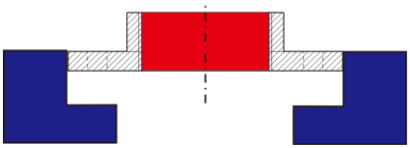
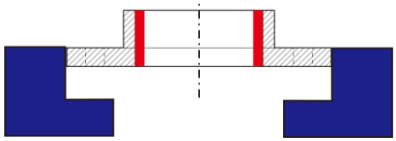
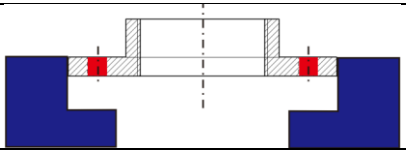
Gambar 5.16 Pengukuran *Punch Plate* Dengan Menggunakan Jangka Sorong Dengan Kecermatan 0,02mm

5.2.2 Dies Holder

Proses yang dilakukan untuk membuat *Dies Holder* ini terbagi menjadi beberapa proses antara lain *Facing, Side Mill, Borring, Thread Mill* Dimana rencana proses menggunakan *milling* 3axis dan material ditempatkan pada *fixture*, urutan prosesnya dapat dilihat pada Tabel 5.19 dibawah.

Tabel 5.19 Rancangan Proses Pemesinan *Dies Holder*

NO	DETAIL PROSES	SKETCH	ANALISA PERMESINAN
PROSES TITIK REFRENSI BAGIAN DEPAN *DIES NECKING*			
1	*FACING* (*MILLING*)		*Facing* (*Milling*) sedalam 5 mm, dengan 1 kali proses pemakanan

2	*SIDE MILL (MILLING)*		*Side Mill* sedalam 20mm
3	*FINISHING (MILLING)*		*Finishing*
4	*POCKET (MILLING)*		*Pocket (Milling), head Dies Holder* Ø68mm dengan kedalaman 30mm, dengan 4 kali proses pemakanan
5	*FINISHING (TURNING)*		*Thread (Milling), head dies Holder* MØ68 sepanjang 30mm, dengan *pitch* 2. 10 kali proses pemakanan
6	*BORRING (MILLING)*		*Drilling(Milling)*, sampai tembus 4 X Ø10mm

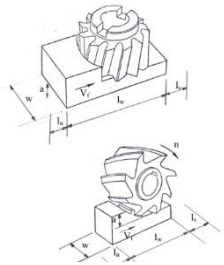
5.2.2.1 Parameter Pemesinan

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 7.6 dan Tabel 7.7. Pemilihan parameter pemotongan pada proses *milling* (Frais) ditunjukkan pada Lampiran A

- **Perhitungan Proses milling**

  Benda Kerja

W = lebar pemotongan (mm)



Gambar 5.17 Skematik Proses Milling vertikal dan milling horizontal

Lw = panjang pemotongan (mm)
Lt = lv + lw + ln
a = kedalaman potong (mm)

Pahat Frais

d = diameter luar (mm)
z = jumlah gigi (mata potong)
Xr = sudut potong utama (90^0) untuk pahat frais selubung

Mesin Frais

n = putaran poros utama (rpm)
Vf = kecepatan makan (mm/putaran)

Dari dimensi rancangan dan tabel rekomendasi dapat ditentukan nilai dari (l_t) dengan persamaan sebagai berikut

$$l_t = l_v + l_w + l_n$$

Dimana

$$l_v, l_n = \left(\frac{diameter\ pahat}{2}\right) + 5mm$$

$$l_v, l_n = \left(\frac{200}{2}\right) + 5mm$$

$$l_v, l_n = 105mm$$

Sehingga nilai dari lv dan ln = 39mm dapat ditentukan lt = panjang total

$$l_t = 105 + 200 + 150$$

$$l_t = 350mm$$

Nilai dari Vc berdasarkan Tabel 7.6 pada lampiran A sehingga dapat ditentukan nilai dari N = putaran poros sebagai berikut.

$$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times d}$$

$$Nteo = \frac{1000 \times 75\ \frac{m}{min}}{\pi \times 200\ mm}$$

$$Nteo = 119{,}4268\ rev/min$$

Nilai dari Nteori didapatkan sebesar Nteori = 119,4268 rev/min, dari nilai tersebut dapat dicari besar nilai Vf dengan persamaan sebagai berikut.

$$Vf = f \times Nteo \times Z$$

$$Vf = 0{,}127mm \times 119{,}4268 \frac{rev}{min} \times 10$$
$$Vf = 151{,}672\ rev/min$$

Nilai vf = 151,672 rev/min maka dapat dicari waktu pemesinannya sebagai berikut

$$\frac{Cut}{T} = \frac{Jumlah\ Pemakanan \times l_t}{Vf}$$
$$\frac{Cut}{T} = \frac{1 \times 350\ mm}{151{,}672\ rev/min}$$
$$\frac{Cut}{T} = 2{,}307612\ menit$$

Waktu yang didpatkan dalam satu proses turning adalah 2,307612 menit

- **Perhitungan Proses *Threading***

Pada penelitian ini terbagi dua hal dalam proses pemesinan *threading* yaitu ulir luar dan ulir dalam, didapatkan dengan perhitungan manual sebagai berikut, dan para meter pemesinan ditunjukkan pada Tabel 7.4 hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.20 berwarna abu - abu.

Ulir Dalam (Tabel 5.21 Row Abu – abu)

$$a_1 = \frac{4}{8} \times p \times SIN60 \div \sqrt{n}$$
$$a_1 = \frac{4}{8} \times 2 \times SIN60 \div \sqrt{10}$$
$$a_1 = 0{,}27392mm$$

Nilai dari (a_1) sebesar 0,27392 mm maka dapat dicari nilai dari (a_i) dimana nilai dari i = langkah n ke i dimana nilai i = 2 merupakan langkah pertama pada proses *threading* hingga i = 10.

$$a_i = a_1 \times \sqrt{i}$$
$$a_i = 0{,}27392 \times \sqrt{2}$$
$$a_i = 0{,}387388$$

Nilai dari (a_i) pada i ke 2 = 0,387388 sehingga dapat ditentukan nilai dari ($a_{eq,i}$) dimana nilai kedalaman potong ekuivalen dapat dicari dengan persamaan dibawah.

$$a_{eq,i} = a_i + \frac{2}{8} \times p \times SIN60$$
$$a_{eq,i} = 0{,}387388 + \frac{2}{8} \times 2 \times SIN60$$
$$a_{eq,i} = 0{,}820502$$

Nilai dari ($a_{eq,i}$) = 0,820502 sehingga dapat ditentukan nilai dari ($b_{eq,i}$) lebar gream ekuivalen dengan persamaan berikut.

$$b_{eq,i} = a_{eq,i} \div SIN60$$
$$b_{eq,i} = 0{,}820502 \div SIN60$$
$$b_{eq,i} = 0{,}947214$$

Nilai dari ($b_{eq,i}$) = 0,947214. Maka dapat ditentukan nilai ($h_{eq,i}$) tebal gram ekuivalen sebagai berikut. Dimana nilai dari a_i = 0,387388 dan nilai dari a_1 = 0,273925 nilai dari i = 2

$$h_{eq,i} = a_i - a_1\sqrt{(i-1)}$$
$$h_{eq,i} = 0{,}387388 - 0{,}273925\sqrt{(2-1)}$$
$$h_{eq,i} = 0{,}113463$$

Hasil dari perhitunagn ($h_{eq,i}$) didapatkan nilai = 0,113463 . untuk mencari nilai di maka dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut. Dimana (D_1)=diameter minor ulir dalam (64mm), nilai dari a_1=0,273925, n=10, dan p = 2 (pitch).

$$di = D_1 + \left(2 \times a_1 \times \sqrt{n}\right) + (\frac{2}{8} \times p \times SIN60)$$
$$di = 64 + \left(2 \times 0{,}273925 \times \sqrt{10}\right) + (\frac{2}{8} \times 2 \times SIN60)$$
$$di = 65{,}20789$$

Nilai dari di = 65,20789 diamana diameter pada tahapan i ke = 2. Untuk menentukan nilai dari (n_{op}) maka ditentukan dengan persamaan sebagai berikut. Dimana nilai dari Vc = 100 dari Tabel 7.4 pada lampiran A dan D = M68 diameter mayor ulir dalam.

$$n_{op} = \frac{(1000 \times Vc)}{\pi \times D}$$
$$n_{op} = \frac{(1000 \times 100)}{\pi \times 68}$$
$$n_{op} = 468{,}3402$$

Nilai dari n_{op} = 468,3402. Langkah berikutnya menentukan nilai dari Vop sebagai berikut. Dimana nilai dari ($h_{eq,i}$) = 0,113463.

$$V_{op} = n_{op} \times h_{eq,i}$$
$$V_{op} = 468{,}3402 \times 0{,}113463$$
$$V_{op} = 53{,}13947$$

Nilai dari Vop = 53,13947. Untuk menentukan waktu pemotongan maka ditentukan dengan persamaan berikut, dimana nilai L = 30 , n_{op} = 468,3402, dan heq,i = 0,113463

$$tc = \frac{10 \times L}{n_{op} \times h_{eq,i}}$$
$$tc = \frac{10 \times 30}{468{,}3402 \times 0{,}113463}$$
$$tc = 5{,}645521$$

Dimana waktu tc setiap proses i=2 adalah 5,645521 menit atau 5 menit 39 detik Sehingga waktu total dengan menggunakan persamaan dibawah, dimana nilai penjumlahan dari tc (i=1 sampai 4) didapatkan 3,044461 dan nilai dari tnp = 0,009

$$t_{total} = \sum_{i=1-10}^{n=10} t_{c,i}$$
$$t_{total} = 97{,}68711$$

Sehingga waktu pemotongan total dari proses ulir luar t_{total} = 97,68711 menit.

- **Perhitungan Proses Drilling**

Pada penelitian ini, parameter pemotongan yang digunakan diambil dari Tabel 7.5. Pemilihan parameter pemotongan pada proses *turning* menggunakan Tabel 7.5 ditunjukkan pada Lampiran A

L = Panjang pemotongan benda kerja (mm)
d = diameter gurdi (mm)
Nteo = Putaran Poros
Vf = Kecepatan makan
Doc = Dept of cut
f = Gerak Makan
Cut/T = Waktu pemotongan

Z = Jumlah gigi (mm) [2 mata potong (gigi)]

Diketahui nilai Vc dari Tabel 7.5 dan d = 10mm, maka dapat dicari Putaran Poros Nteo sebagai berikut.

$$Nteo = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times 10}$$

$$Nteo = \frac{1000 \times 20}{\pi \times 10}$$

$$Nteo = 636{,}9427 \text{ rpm}$$

Nilai Nteo = 636,9427 sehingga dapat dicari kecepatan makan dengan persamaan dibawah, dimana nilai Z = 2 dan f dari tabel 7.3 sebesar = 0,10

$$Vf = f \times Nteo \times Z$$

$$Vf = 0{,}10 \times 636{,}9427 \times 2$$

$$Vf = 127{,}3885\ m/min$$

Dari persamaan diatas didapatkan nilai dari V_f = 127,3885 dari nilai tersebut dapat dicari waktu pemotonngan dengann menggunakan persamaan dibawah sebagai berikut. Dimana nilai L = 10 mm panjangnya proses pengerjaan pada material uji.

$$\frac{Cut}{T} = \frac{L}{Vf}$$

$$\frac{Cut}{T} = \frac{10}{127{,}3885}$$

$$\frac{Cut}{T} = 0{,}0785\ menit$$

Waktu pemotongan Cut/T = 0,0785 menit = 5 detik. Merupakan waktu pemotongan untuk satu kali proses, seperti pada tabel dengan warna hijau.

Dari hasil perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.20 dibawah sebagai berikut

Tabel 5.20 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Pemesinan *Dies Holder*

	Proses	w	Lw	lv	ln	lt	a	d	z	Vc	f	Keliling lingkaran	n	vf	Tc
1	**Facing**	120	140	39	39	350	5	200	10	75	0,127	-	119	152	2,307612
2	**Side Mill**	120	140	22,5	22,5	722,6	20	35	4	45	0,1	141,3	410	164	4,411874
3	**Finishing**	120	140	22,5	22,5	722,6	0,5	35	4	75	0,1	141,3	682	273	2,647125
4	**Pocket**	68	68	15	15	98	30	20	4	45	0,13	-	717	373	0,263009
5	**Threading**	-	-	-	-	30	$a_{eq,i}$	di	-	100	$h_{eq,i}$	-	n_{op}	-	97,6871
6	**Drilling**	-	-	-	-	10	-	10	2	20	0,10	-	637	127	0,0785

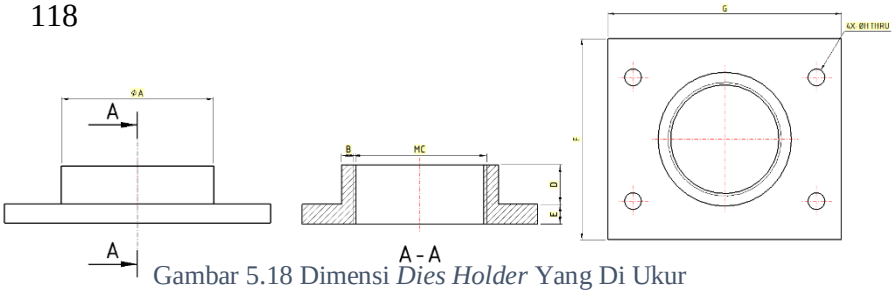
Tabel 5.21 Parameter Pemotongan yang Digunakan Pada Proses Threading pada Pemesinan *Dies Holder*

	a_1	a_i	$a_{eq,i}$	$b_{eq,i}$	$h_{eq,i}$	d_i	Vc	n_{op}	v_{op}	lt	tc
1	0,866227	0,273925	0,707038	0,816228	0,273925	64,98096	100	468,3402	128,29	30	2,338451
2		0,387388	0,820502	0,947214	0,113463	65,20789		468,3402	53,13947	30	5,645521
3		0,474452	0,907565	1,047723	0,087064	65,38202		468,3402	40,77535	30	7,357386
4		0,54785	0,980963	1,132456	0,073398	65,52881		468,3402	34,37521	30	8,727219
5		0,612515	1,045628	1,207107	0,064665	65,65814		468,3402	30,28517	30	9,905838
6		0,670976	1,104089	1,274597	0,058462	65,77507		468,3402	27,37989	30	10,95695
7		0,724737	1,15785	1,33666	0,053761	65,88259		468,3402	25,1784	30	11,91497
8		0,774777	1,207879	1,394427	0,050039	65,98267		468,3402	23,43549	30	12,8011
9		0,821775	1,254888	1,448683	0,046998	66,07666		468,3402	22,01109	30	13,62949
10		0,866227	1,29934	1,5	0,044452	66,16557		468,3402	20,81861	30	14,41019
Total Penjumlahan nilai tc. $t_c = \sum_{i=1-4}^{n=4} tc,i$											97,68711

Hasil dari perhitungan dapat disimpulkan proses pemesinan diatas didapatkan waktu total (tc_{total}) adalah 108,1843 menit dalam pembuatan dies holder.

5.2.2.2 Pengukuran Dimensi *Dies Holder*

Dies Holder yang telah melalui proses pemesinan dan telah selesai dibuat, kemudian diukur untuk memastikan bahwa pergerakan pahat potong sudah sesuai dengan dimensi produk. *Dies Holder* yang telah dibuat diukur menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02mm



Gambar 5.18 Dimensi *Dies Holder* Yang Di Ukur

Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap dimensi. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.22

Tabel 5.22 Hasil Pengukuran Dimensi *Dies Holder*

Bagian	**Dimensi (mm)**	**Pengukuran Ke-**					**Rata – Rata** $\mu = \sum_1^5 \frac{xi,yi}{n}$
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	
ØA	80	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9 mm
B	7,5	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,77 mm
ØMC	68	65,1	65,1	65,1	65,1	65,1	65,1 mm
D	20	16,06	16	16,02	16,08	16,1	16,05 mm
E	10	9,78	9,9	9,88	9,82	9,8	9,84 mm
F	120	119,5	119,5	119,48	119,48	119,5	119,49 mm
G	140	140,1	140,1	140,1	140,1	140,1	140,1 mm
ØH	10	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8 mm

Tabel 5.22 diatas menunjukkan data hasil pengukuran dimensi *punch plate* yang dilakukan. Data hasil pengukuran tersebut didapatkan dengan pengukuran dimensi benda mengunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,02 mm dan untuk mencari nilai rata – rata (μ) [*mean*] dari 5 kali pengukuran dapat digunakan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Rata – rata (μ) [*mean*] bagian (**E**)

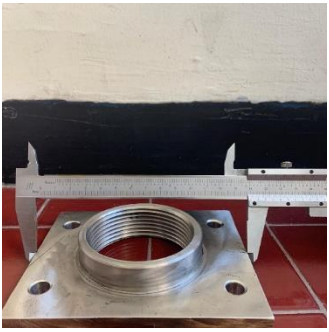
$$\mu = \sum_1^5 \frac{xi,yi}{n}$$

$$\mu = \frac{(9{,}78 + 9{,}9 + 9{,}88 + 9{,}82 + 9{,}8)mm}{5}$$

$$\mu = 9{,}84 \text{ mm}$$

Dari perhitungan rata – rata (μ) [*mean*] didapatkan nilai *mean* ØA = 79,9mm data acuan ØA = 80mm, *mean* B = 7,7mm data acuan B = 7,5mm, *mean* ØMC = 65,1mm data acuan ØMC = 68mm, *mean* D = 16,05mm data acuan D = 20mm, *mean* E = 9,836mm data acuan E = 10mm, *mean* ØF = 119,49mm data acuan ØF = 120mm, *mean* G = 140,1mm data acuan G = 140mm, *mean* ØH = 10,8mm data acuan ØH = 10mm Penyimpangan yang terjadi pada dimensi yang diukur dapat disebabkan oleh pahat potong yang mengalami keaausan, pengerjaan benda menggunakan proses pemesinan secara konvensional ataupun, Jangka sorong yang belum terkalibrasi dengan baik.

Berikut penunjukan salah satu proses pengukuran dimensi dengan menggunakan jangka sorong seperti pada gambar 5.33 di bawah.



Gambar 5.19 Pengukuran *Dies Holder* Dengan Menggunakan Jangka Sorong Dengan Kecermatan 0,02mm

5.3 Uji Coba Fungsi *Dies Set Necking* Untuk Pembentukan *Necking*

Uji coba fungsi *dies set necking* dilakukan dengan mesin *press tool* hidrolik dengan tonase maksimal 50ton. Tujuan dilakukan uji coba ini adalah untuk mengetahui kinerja dari *dies set necking* yang telah dibuat dan dirakit untuk pembentukan necking. adapun tahapan yang dilakukan dalam percobaan pembentukan necking ini antara lain :

Gambar 5.20 Mesin Press Pengujian *Necking* dengan Tonase Maksimum 50 Ton.

5.3.1 Persiapan Alat Dan Bahan

Alat, mesin dan bahan yang disiapkan pada percobaan pembentukan necking ini antara lain :

1. Mesin press hidrolik
2. *Dies set necking*
3. Pipa diameter 32mm dipotong dengan panjang 200mm (10 buah)
4. Pelumas (oli)
5. Jangka sorong
6. Spidol

5.3.2 Langkah – Langkah Uji Coba *Dies set necking*

Pengujian pembentukan necking dilakukan sebanyak 10 kali. adapun langkah – langkahnya sebagai berikut :

1. Pemotongan pipa dengan panjang 200mm sebanyak 10 buah dengan merapikan bibir pada pipa agar saat uji coba dapat dilakukan dengan hasil yang maksimal.
2. Perakitan *dies set necking* secara keseluruhan dari komponen utama hingga komponen penunjang seperti, dies necking, dies stop, dies pilot, dies holder dan punch plate.

3. Dilakukan pelumasan pada dies necking dan dies pilot dengan pemberian oli.
4. Penempatan *dies set necking* pada mesin press hidrolik
5. Pemberian pelumas pada selongsong (pipa uji)
6. Setting mesin press hidrolik dengan stoper pada mesin press sebelum terjadinya bending pada pipa, hal ini dilakukan pada pengujian pertama pada pembebanan penuh hingga pipa bending, ± 20mm jarak penekanan pipa.
7. Setelah stoper pada mesin press di setting mulai dilakukan percobaan sebanyak 10 kali.
8. Pengukuran hasil diameter luar dan dalam pada hasil necking untuk dijadikan pembahasan selanjutnya.

Gambar 5.21 Pengujian ke 6 proses *Necking*

5.3.3 Hasil Uji Coba Pembentukan *Necking*

Hasil uji coba yang telah dilakukan ditulis dan dilakukan pembahasan. Hasil uji coba dan bahasan tersebut dibagi menjadi dua yaitu pengukuran hasil necking diameter luar dan diameter dalam sebanyak 10 kali percobaan dengan 5 kali pengukuran seperti berikut.

5.3.3.1 Hasil Uji Coba *Necking* Diameter Luar.

Uji coba pertama adalah uji coba jarak maksimum penekanan pada selongsong. Pada uji coba ini didapatkan jarak

penekanan maksimum yang dapat diterima oleh selongsong 1,54mm, bila melebihi jarak tersebut maka selongsong mengalami bending, sehingga diperlukan stoper pada mesin press tool untuk menetapkan berhenti pada jarak tersebut sebelum terjadinya bending. Percobaan ini tidak dimasukkan pada data percobaan pertama melainkan sebagi uji coba sebelum dilakukan pengambilan data. Dapat disimpulkan data dibawah Tabel 5.23 didapatkan jarak penekana yang seragam yaitu 1,54mm

Dilakukan pengukuran sebanyak 5 kali dengan 10 kali percobaan dengan data sebagaai berikut.

Tabel 5.23 Percobaan necking diameter luar

5X Perhitungan	**10 Kali Percobaan Dengan Panjang Pipa 200mm Diameter Luar 32mm Dan Diameter Dalam 29,34mm (Dalam mm)**									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	24,86	25	25	24,92	25,12	24,92	24,94	24,94	24,8
2	25	24,88	25	25	24,94	25,04	24,92	24,94	24,92	24,82
3	24,92	24,84	25,04	25	24,96	25,04	24,92	24,94	24,92	24,8
4	24,94	24,88	25	25	24,94	25,04	24,94	24,92	24,92	24,82
5	24,94	24,88	25	24,92	24,92	25,08	24,92	24,94	24,92	24,82
Rata - Rata	**24,96**	**24,87**	**25,01**	**24,98**	**24,94**	**25,06**	**24,92**	**24,94**	**24,92**	**24,81**

Dari hasil percobaan diatas dilakukan pengukuran 5 kali dengan nilai rata – rata total dari 10 kali percobaan sebagai berikut.
Rata – rata total (μ) [*mean*]

$$X = \sum_{1}^{10} \frac{xi, yi}{n}$$

$$\frac{(24{,}96 + 24{,}87 + 25{,}01 + 24{,}98 + 24{,}94 + 25{,}06 + 24{,}92 + 24{,}94 + 24{,}92 + 24{,}81)mm}{10}$$

$$X = 24{,}94 \text{ mm}$$

Didapatkan nilai rata – rata total diameter luar pada pembentukan necking sebesar Ø24,94mm, sedangkan pada diameter necking dari dies necking yaitu ØI 25,08mm (rata – rata dari hasil pengukuran jangka sorong dies necking **tabel 5.4**) hal ini membuktikan bahwa *dies set necking* dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya.

Untuk menentukan toleransi dari hasil pembentukan necking diameter dalam maka ditentukan Standart deviasi sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(Xi - X)^2}{n - 1}}$$

Dimana :
Xi = data ke i
X = Rata Rata data i (24,94mm)
n = sample size (50)

$$S = \sqrt{\frac{0{,}243072}{49}}$$

$$S = \pm 0{,}07$$

Sehingga dapat disimpulkan toleransi yang diberikan pada selongsong adalah ±0,07. Ditambahkan nilai rata – rata ±3× standart deviasai Toleransi hasil dari perhitunagan 3× rata – rata standart deviasi kemampuan dies membentuk necking adalah **24,94±0,21 mm**

5.3.3.2 Hasil Uji Coba Necking Diameter Dalam.

Dilakukan pengukuran sebanyak 5 kali dengan 10 kali percobaan dengan data sebagai berikut.

Tabel 5.24 Percobaan Necking Diameter Dalam.

5X Perhitungan	**10 Kali Percobaan Dengan Panjang Pipa 200mm Diameter Luar 32mm Dan Diameter Dalam 29,34mm (Dalam mm)**									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22,34	22,2	22,34	22,34	22,26	22,46	22,26	22,28	22,28	22,14
2	22,34	22,22	22,34	22,34	22,28	22,38	22,26	22,28	22,26	22,16
3	22,26	22,18	22,38	22,34	22,3	22,38	22,26	22,28	22,26	22,14
4	22,28	22,22	22,34	22,34	22,28	22,38	22,28	22,26	22,26	22,16
5	22,28	22,22	22,34	22,26	22,26	22,42	22,26	22,28	22,26	22,16
Rata - Rata	**22,3**	**22,21**	**22,35**	**22,32**	**22,28**	**22,40**	**22,26**	**22,28**	**22,26**	**22,15**

Dari hasil percobaan diatas dilakukan pengukuran 5 kali dengan nilai rata – rata total dari 10 kali percobaan sebagai berikut.
Rata – rata total (μ) [*mean*]

$$X = \sum_{1}^{10} \frac{xi, yi}{n}$$

$$\frac{(22{,}3 + 22{,}21 + 22{,}35 + 22{,}32 + 22{,}28 + 22{,}40 + 22{,}26 + 22{,}28 + 22{,}26 + 22{,}15)mm}{10}$$

$X = 22{,}28$ mm

Nilai rata – rata total diameter pada pembentukan necking sebesar Ø22,2816mm, sedangkan pada diameter dies pilot sebesar ØF 20,12mm (rata – rata dari hasil pengukuran jangka sorong dies pilot **tabel 5.7**) terjadi selisih lebih besar pada diameter dalam necking dengan nilai 2,16mm, yang seharunya mendekati nilai dari diamter dies pilot yaitu ±Ø20mm. Hal ini disebabkan terjadi kesalahan pada saat manufaktur dengan diameter *dies necking* pada rancangan disain yaitu Ø23mm dan pada hasil manufaktur sebesar Ø25,08mm dengan besar nilai selisih 2,08mm sesuai dengan selisih anatara selongsong necking dengan dies pilot ±2mm. Sehingga perlu dilakukan perbaikan pada dies necking dengan diameter yang sesuai.

Gambar 5.22 Pengujian proses necking dengan menggunakan *dies set necking* dan mesin press tool

BAB 6
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, dan pembahasan yang telah dilakukan maka kesimpulan pada tugas akhir ini adalah :

1. Merancang komponen *dies set* untuk pembentukan *necking* selongsong peluru kaliber 20mm
   a. Penentuan dimensi dies necking dalam perhitungan manual didapatkan nilai :
      - Ketinggian **H = 17,17 mm**
      - Tebal **e = 14,23 mm**
      - Diameter dies **Ø = 22,73 mm**
   b. Analisa kekuatan material pada komponen utama :
      - *Dies necking* sebesar **238,4 MPa**
      - *Dies pilot* sebesar **216,8 MPa**
      - *Dies Stop* sebesar **218,7 MPa**
      - ***Yield strength*** Material *Stainless Steel* 416 sebesar **275 MPa**

      Analisa Kekuatan material pada komponen penunjang
      - *Punch Plate* sebesar **2,244 MPa**
      - ***Compressive strength*** Material *Alumunium* 6061 sebesar **30 MPa**
      - *Dies Holder* sebesar **26,2 MPa**

      Sehingga material tersebut **aman** untuk digunakan
   c. Perhitungan manual tegangan yang diterima selongsong CuZn30 saat *necking* **289 MPa**, dibandingkan dengan *Ultimate Tensile Strength* CuZn30 **yaitu 339 MPa**. dapat disimpulkan material benda kerja CuZn30 **tidak mengalami robek**
2. Membuat *dies set* necking untuk pembentukan selongsong peluru kaliber 20mm dan pengujian hasil pembentukan *necking* pada selongsong.

a. Pengukuran hasil pemesinan diukur menggunakan **jangka sorong** dengan kecermatan **0,02mm**. Bagian tersebut adalah
   - Dies Necking :
     - mean **I = 18,79mm** data acuan **I = 23mm**,
     - mean **ØI = 25,08mm** data acuan **ØI = 23mm**,
     - mean **L = 27,06** data acuan **L = 34,50**.
   - Dies Pilot :
     - mean **ØF = 20,12mm** data acuan **ØF = 20mm**

     dapat disimpulkan dari perhitungan rata – rata standart deviasi ±0,07mm dengan pemberian toleransi 3× rata - rata standart deviasi ±0,21mm.
b. Pengujian *dies set* dalam pembentukan *necking* dengan menggunakan mesin *press tool* dilakukan 10X, dimana menggunakan selongsong berbahan ***stainless steel*** didapatkan hasil sebagai berikut :
   - Diameter Luar selongsong pada necking mean **μ = 24,94mm**
   - Diameter dalam selongsong pada necking mean **μ = 22,28mm**
   - Toleransi hasil dari perhitunagan 3× rata – rata standart deviasi kemampuan dies membentuk necking adalah **24,94±0,21 mm**

6.2 SARAN

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

1. Diperlukan tahap 5 proses ironing untuk mendapatkan hasil sudut yang lebih landai pada proses necking yang baik, agar tidak teradi bending pada bulet case ketika di press.
2. Diperlukan 2 kali tahapan dalam pembentukan necking dengan variasi sudut dari landai menuju lebih kerucut
3. Penggunaan mesin CNC untuk hasil yang lebih presisi dan mudah, khususnya pada dies necking.

DAFTAR PUSTAKA

[1] catridgecollectors (no date) *CATRIDGE*. Available at: catridgecollectors.org (Accessed: 20 December 2019).
[2] Lyman book 48th edition (no date) 'Reloading Handbook'.
[3] Mechanciantech (2019) *Metal Spinning*. Available at: Mechanciantech.com (Accessed: 8 November 2019).
[4] J.R. Paquin and R. E. Crowley, CmfgE, P. (no date) *second edition Die Design Fundamentals*.
[5] Schuler (no date) *Handbook Of Metal Forming*.
[6] Kurt Lange (1994) *Solid Forward Extrusion*.
[7] Heinz (no date) *Metal Forming Practise*.
[8] Missler *Software* (no date) 'TopSolid7 Training Guide Basic'.
[9] Kalpakjian (no date) *Manufacturing Engineering & Technology*.
[10] Fisher Ulrich (no date) *Mechanical and Metal Trades Handbook*.
[11] Artha Gandhi Widhi. (2015) 'Perancangan Dies Set Untuk Proses Ironing Selongsong Peluru Kaliber 20 milimeter', *Perancangan Dies Set Untuk Proses Ironing Selongsong Peluru Kaliber 20 milimeter*.
[12] Baskara (2018) 'Rancang Bangun Ironing Dies dengan Bantuan CAD/CAM TopSolid7 Untuk Membuat selongsong Peluru Kaliber 20 Milimeter'.
[13] Dian Aprilia Dwiyanti (2017) 'Rancang Bangun Cup Holder Pada Proses Deep Drawing Pembuatan Selongsong Peluru Kaliber 20 Mm', *Rancang Bangun Cup Holder Pada Proses Deep Drawing Pembuatan Selongsong Peluru Kaliber 20 mm*.
[14]Dicky Rachmat, I. M. L. (2017) 'Topsolid7 CAM Aplication for machining', pp. 7–9.
[15] Idiar (2016) 'Rancang Bangun cetakan deep drawing cup silindris untuk selongsong peluru caliber 20 milimeter', *Rancang Bangun cetakan deep drawing cup silindris untuk selongsong peluru caliber 20 milimeter*.

[16] Nushron Ali, I Made Londen Batan, Bambang Pramujati, A. S. P. N. A. (no date) 'Simulation Of Ironing Process For Bullet Case To Get Minimum Forming Force With Variation Of Die Angle And Reduction Wall Thickness'.

[17] Yuliafif Afrizal (2016) 'DEEP DRAWING CUP SELONGSONG PELURU', *Rancang Bangun Cup Ejector Pada Drawing Cup Selongsong Peluru Kaliber 20 mm*.

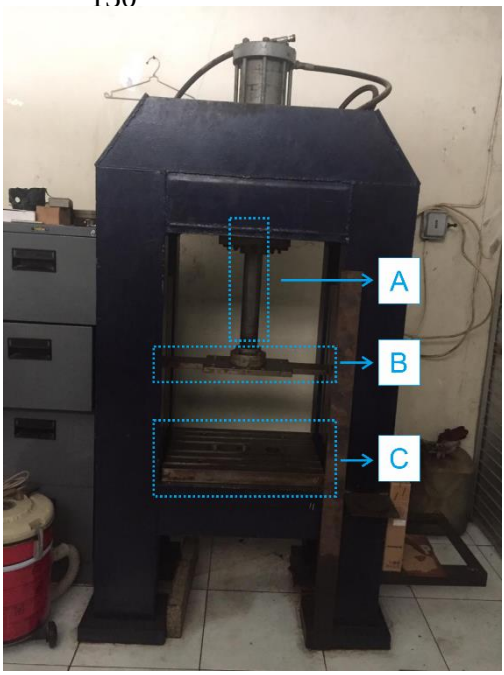
[18] Norton, Robert L., 2006. *Machine Design: An Integrated Approach*. Prentice Hall.

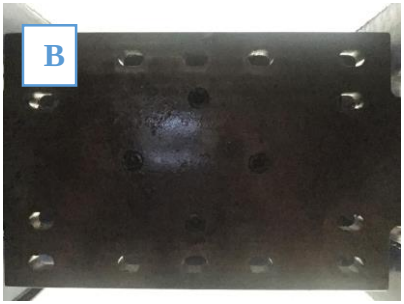
[19]suchy, I. (1998). *Handbook Of Dies Design.* New York: RR Donnelley.

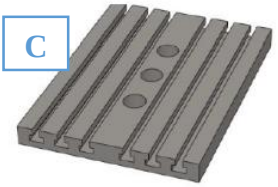
LAMPIRAN A

7.1 Mesin Press Tool Teknik Mesin

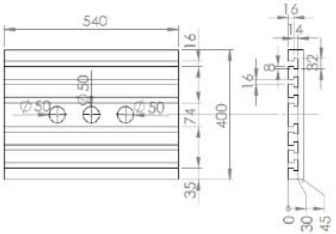
Gambar 7.1 Press Tool Teknik Mesin ITS







Gambar 7.2 Dimensi Ukuran Bed pada mesin press tool yang ada di teknik mesin ITS



Tabel 7.1 Spesifikasi Dimensi Mesin Press Tool Teknik

UKURAN *PRESS TOOL* TEKNIK MESIN ITS		
A	Panjang *Stroke Hidrolik*	± 400 mm
B	*Ram*	20 x 200 x 300 mm
C	*Bed*	45 x 450 x 500 mm

Tabel 7.2 Appendix Static dan Kinetic Friction Coefficient.
(https://vdocuments.mx/static-and-kinetic-friction-coefficients.html)

Table 1 Friction coefficient data for metals sliding on metals

Metals tested in air at room temperature

Material		Test geometry(a)	Friction coefficient		Ref
Fixed specimen	Moving specimen		Static	Kinetic	
Ag	Ag	IS	0.50	···	1
	Au	IS	0.53	···	1
	Cu	IS	0.48	···	1
	Fe	IS	0.49	···	1
Al	Al	IS	0.57	···	1
	Ti	IS	0.54	···	1
Al, alloy 6061-T6	Al, alloy 6061-T6	FOF	0.42	0.34	2
	Cu	FOF	0.28	0.23	2
	Steel, 1032	FOF	0.35	0.25	2
	Ti-6Al-4V	FOF	0.34	0.29	2
Au	Ag	IS	0.53	···	1
	Au	IS	0.49	···	1
Brass, 60Cu-40Zn	Steel, tool	POR	···	0.24	3
Cd	Cd	IS	0.79	···	1
	Fe	IS	0.52	···	1
Co	Co	IS	0.56	···	1
	Cr	IS	0.41	···	1
Cr	Co	IS	0.41	···	1
	Cr	IS	0.46	···	1
Cu	Co	IS	0.44	···	1
	Cr	IS	0.46	···	1
	Cu	IS	0.55	···	1
	Fe	IS	0.50	···	1
	Ni	IS	0.49	···	1
	Zn	IS	0.56	···	1
Cu, OFHC	Steel, 4619	BOR	···	0.82	4
Fe	Co	IS	0.41	···	1
	Cr	IS	0.48	···	1
	Fe	IS	0.51	···	1
	Mg	IS	0.51	···	1
	Mo	IS	0.46	···	1
	Ti	IS	0.49	···	1
	W	IS	0.47	···	1
	Zn	IS	0.55	···	1
In	In	IS	1.46	···	1
Mg	Mg	IS	0.69	···	1
Mo	Fe	IS	0.46	···	1
	Mo	IS	0.44	···	1
Nb	Nb	IS	0.46	···	1
Ni	Cr	IS	0.59	···	1
	Ni	IS	0.50	···	1
	Pt	IS	0.64	···	1
Pb	Ag	IS	0.73	···	1
	Au	IS	0.61	···	1
	Co	IS	0.55	···	1
	Cr	IS	0.53	···	1
	Fe	IS	0.54	···	1
	Pb	IS	0.90	···	1
	Steel	SPOF	···	0.80	5
Pt	Ni	IS	0.64	···	1
	Pt	IS	0.55	···	1
Sn	Fe	IS	0.55	···	1
	Sn	IS	0.74	···	1
Steel	Cu	SPOF	···	0.80	5
	Pb	SPOF	···	1.40	5
Steel, 1020	Steel, 4619	BOR	···	0.54	4
Steel, 1032	Al, alloy 6061-T6	FOF	0.47	0.38	2
	Cu	FOF	0.32	0.25	2
	Steel, 1032	FOF	0.31	0.23	2
	Ti-6Al-4V	FOF	0.36	0.32	2
Steel, 52100	Ni_3Al, alloy IC-396M	RSOF	···	1.08	6
	Ni_3Al, alloy IC-50	RSOF	···	0.70	6
	Steel, 1015 annealed	BOR	···	0.74	7
	Steel, dual-phase DP-80	BOR	···	0.55	7
	Steel, O2 tool	BOR	···	0.49	7
Steel, mild	Steel, mild	BOR	···	0.62	3
Steel, M50 tool	Ni_3Al, alloy IC-50	RSOF	···	0.68	6
Steel, stainless	Steel, tool	POR	···	0.53	3
Steel, stainless 304	Cu	FOF	0.23	0.21	2
Stellite	Steel, tool	POR	···	0.60	3
Ti	Al	IS	0.54	···	1
	Steel, 17-4 stainless	POF	0.48	0.48	8
	Ti	POF	0.47	0.40	8
	Ti	FOF	0.55	···	1
	Ti-6Al-4V	POF	0.43	0.36	8
Ti-6Al-4V	Al, alloy 6061-T6	FOF	0.41	0.38	2
	Cu-Al (bronze)	POF	0.36	0.27	8
	Nitronic 60	POF	0.38	0.31	8
	Steel, 17-4 stainless	POF	0.36	0.31	8
	Steel, Type 440C stainless	POF	0.44	0.37	8
	Stellite 12	POF	0.35	0.29	8
	Stellite 6	POF	0.45	0.36	8
	Ta	POF	0.53	0.53	8
	Ti-6Al-4V	FOF	0.36	0.30	2
	Ti-6Al-4V	POF	0.36	0.31	8
W	Cu	IS	0.41	···	1
	Fe	IS	0.47	···	1
	W	IS	0.51	···	1
Zn	Cu	IS	0.56	···	1
	Fe	IS	0.55	···	1
	Zn	IS	0.75	···	1
Zr	Zr	IS	0.63	···	1

Tabel 7.3 *Mechanical Properties Alumunium 6061 and Stainless Steel* 304

Material:	Aluminum - Advantages and Properties of Aluminum
Composition:	Al+alloying elements commonly Si Cu Mg occasionally Fe Ni Zn.

Property	Minimum Value (S.I.)	Maximum Value (S.I.)	Units (S.I.)	Minimum Value (Imp.)	Maximum Value (Imp.)
Atomic Volume (average)	0.01	0.011	m^3/kmol	610.237	671.261
Density	2.57	2.95	Mg/m^3	160.44	184.163
Energy Content	235	335	MJ/kg	25459.6	36293.5
Bulk Modulus	62	106	GPa	8.99233	15.374
Compressive Strength	30	280	MPa	4.35113	40.6106
Ductility	0.01	0.4		0.01	0.4
Elastic Limit	30	280	MPa	4.35113	40.6106
Endurance Limit	20	105	MPa	2.90075	15.229
Fracture Toughness	18	35	MPa.$m^{1/2}$	16.3808	31.8516
Hardness	245	1250	MPa	35.5343	181.297
Loss Coefficient	0.0001	0.0025		0.0001	0.0025
Modulus of Rupture	30	280	MPa	4.35113	40.6106
Poisson's Ratio	0.32	0.36		0.32	0.36
Shear Modulus	25	34	GPa	3.62594	4.93128
Tensile Strength	75	360	MPa	10.8778	52.2136
Young's Modulus	68	88.5	GPa	9.86256	12.8358

Material:	Stainless Steel - Grade 304 (UNS S30400)
Composition:	Fe/<.08C/17.5-20Cr/8-11Ni/<2Mn/<1Si/<.045P/<.035

Property	Minimum Value (S.I.)	Maximum Value (S.I.)	Units (S.I.)	Minimum Value (Imp.)	Maximum Value (Imp.)	Units (Imp.)
Atomic Volume (average)	0.0069	0.0072	m^3/kmol	421.064	439.371	in^3/kmol
Density	7.85	8.06	Mg/m^3	490.06	503.17	lb/ft^3
Energy Content	89	108	MJ/kg	9642.14	11700.6	kcal/lb
Bulk Modulus	134	151	GPa	19.435	21.9007	10^6 psi
Compressive Strength	205	310	MPa	29.7327	44.9617	ksi
Ductility	0.3	0.57		0.3	0.57	NULL
Elastic Limit	205	310	MPa	29.7327	44.9617	ksi
Endurance Limit	175	260	MPa	25.3816	37.7098	ksi
Fracture Toughness	119	228	MPa.$m^{1/2}$	108.296	207.491	ksi.$in^{1/2}$
Hardness	1700	2100	MPa	246.564	304.579	ksi
Loss Coefficient	0.00095	0.0013		0.00095	0.0013	NULL
Modulus of Rupture	205	310	MPa	29.7327	44.9617	ksi
Poisson's Ratio	0.265	0.275		0.265	0.275	NULL
Shear Modulus	74	81	GPa	10.7328	11.7481	10^6 psi
Tensile Strength	510	620	MPa	73.9692	89.9234	ksi

7.2 Parameter Pemesinan

- Proses Turning

Tabel 7.4 Menunjukkan rekomendasi parameter pemotongan yang digunakan.

Workpiece material: Material group	Tensile strength R_m in N/mm² or Hardness HB	Cutting speed v_c in m/min	Feed f in mm	Cutting depth a_p in mm
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	0.1–0.5	0.3–5.0
Al alloys	$R_m \leq 350$	400–800		
Cu alloys	$R_m < 500$	150–300		

Penggunaan material *Stainless Steel* 304 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 100 m/min digunakan sebagai kecepatan potong saat proses *finising* dan batas bawah kecepatan potong yaitu 200m/min digunakan sebagai kecepatan potong pada proses *roughing*. pada kolom *feed* (gerak makan), batas atas *feed* yaitu 0,5 mm digunakan sebagai besar gerak makan pada proses *roughing*. sementara itu batas bawah feed yaitu 0,1 mm digunakan sebagai besar gerak makan pada proses *finishing*. Kedalaman pemakanan yang digunakan sesuai dengan rekomendasi tabel. Untuk proses *roughing* kedalam pemakanan yang digunakan sebesar 5 mm dan pada proses *finishing* sebesar 0,3 mm. Sementara parameter proses gurdi menggunakan tabel, dimana pemilihan parameter dilakukan sebagai berikut.

- Proses Drilling

Tabel 7.5 Menunjukkan rekomendasi parameter pemotongan yang digunakan.

Workpiece material		Cutting speed[2]	Drill diameter d in mm				
Material group	Tensile strength R_m in N/mm² or Hardness HB	v_c m/min	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

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 *boring* dengan menggunakan diameter 20 mm, menggunakan *feed* sebesar 0,15 mm/rev.

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 diatas digunakan untuk perhitungan putaran *spindle* sebagai berikut.

- Proses Milling

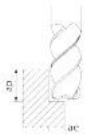
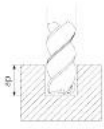
Tabel 7.6 Cutting Speed untuk Proses Frais

Material	High-speed steel cutter		Carbide cutter	
	ft/min	m/min	ft/min	m/min
Machine steel	70-100	21-30	150-250	45-75
Tool steel	60-70	18-20	125-200	40-80
Cast iron	50-80	15-25	125-200	40-80
Bronze	65-120	20-35	200-400	80-120
Aluminium	500-1000	150-300	1000-2000	150-300

Tabel 7.7 Feed Untuk Proses Frais

APPROXIMATE MAXIMUM FEED PER TOOTH FOR VARIOUS CUTTERS WORK MATERIAL AND APPROXIMATE MAXIMUM BRINELL HARDNEES										
Typt of Cutter	Alu-minium	Brass 110	Bronze 130	Steel Mild 150	Steel Med. 180	Steel Tough 200	Steel Alloy 250	Cast Iron 150	Cast Iron 200	Cast Iron 250
Face	0.55	0.55	0.45	0.28	0.23	0.20	0.18	0.45	0.38	0.33
Slab	0.43	0.43	0.35	0.23	0.18	0.15	0.13	0.35	0.30	0.25
Slot S&F	0.33	0.33	0.28	0.18	0.15	0.13	0.10	0.28	0.23	0.20
End	0.28	0.28	0.23	0.13	0.13	0.10	0.10	0.23	0.20	0.15
Form	0.15	0.15	0.13	0.10	0.07	0.07	0.05	0.13	0.13	0.10
Saw	0.15	0.13	0.10	0.07	0.07	0.05	0.05	0.10	0.10	0.07

Tabel 7.8 Parameter proses milling dengan diameter tool 20mm

Applications	Workpiece Material	Application	Depth of Cut (ap×ae) (mm)	Outside Dia. Dc (mm)		Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø8	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25
 Shouldering	Carbon Steel	Shouldering	1Dc×0.3Dc	Spindle Revolution (min⁻¹)		13,300	10,000	8,000	6,600	5,000	4,000	3,300	2,500	2,000	1,600
				Feed Rate (mm/min)		1,860	1,600	1,440	1,320	1,200	1,360	1,320	1,200	1,200	1,360
		Slotting	1Dc	Spindle Revolution (min⁻¹)					6,600	5,000	4,000	3,300	2,500	2,000	1,600
				Feed Rate (mm/min)					660	600	680	660	600	600	680
	Alloy Steel	Shouldering	1Dc×0.3Dc	Spindle Revolution (min⁻¹)		10,600	8,000	6,400	5,300	4,000	3,200	2,700	2,000	1,600	1,300
				Feed Rate (mm/min)		1,180	1,020	920	840	880	890	860	880	830	1,040
		Slotting	0.75Dc	Spindle Revolution (min⁻¹)					5,300	4,000	3,200	2,700	2,000	1,600	1,300
				Feed Rate (mm/min)					420	440	440	430	440	410	520
	Pre-hardened steel 30~45HRC	Shouldering	1Dc×0.25Dc	Spindle Revolution (min⁻¹)		8,500	6,400	5,100	4,200	3,200	2,500	2,100	1,600	1,300	1,000
				Feed Rate (mm/min)		710	610	550	500	570	550	580	570	570	700
		Slotting	0.5Dc	Spindle Revolution (min⁻¹)					4,200	3,200	2,500	2,100	1,600	1,300	1,000
				Feed Rate (mm/min)					250	290	280	290	280	280	350
 Slotting	Stainless Steel	Shouldering	1Dc×0.25Dc	Spindle Revolution (min⁻¹)		5,300	4,000	3,200	2,700	2,000	1,600	1,300	1,000	800	600
				Feed Rate (mm/min)		290	250	230	210	240	250	230	240	240	270
		Slotting	0.4Dc	Spindle Revolution (min⁻¹)					2,700	2,000	1,600	1,300	1,000	800	600
				Feed Rate (mm/min)					100	120	120	120	120	120	130
	Titanium Alloys Heat-resistant Alloys (40~50HRC)	Shouldering	1Dc×0.2Dc	Spindle Revolution (min⁻¹)		3,700	2,800	2,200	1,900	1,400	1,100	900	700	550	450
				Feed Rate (mm/min)		160	130	110	110	110	130	120	140	130	150
		Slotting	0.3Dc	Spindle Revolution (min⁻¹)					1,900	1,400	1,100	900	700	550	450
				Feed Rate (mm/min)					60	60	60	60	70	70	80

- Proses Threading

Tabel 7.9 Parameter Proses threading dengan pitch 2mm

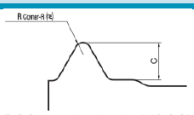
11 / 16 TYPE (FULL PROFILE)

D.O.C. & NUMBER OF PASSES

A GRADES
B INSERTS
C CBN & PCD
E TURNING
IG

◆ **Usage caution for Full Profile insert.**

1) Max.ap is based on the value of C+0.0020"-C+0.0031".
2) Final D.O.C. for Finishing shall be 0.0008"-0.0020".
3) Pre chamfer thread diameter to thread minor diameter to improve insert life.
4) Coolant is recommended.



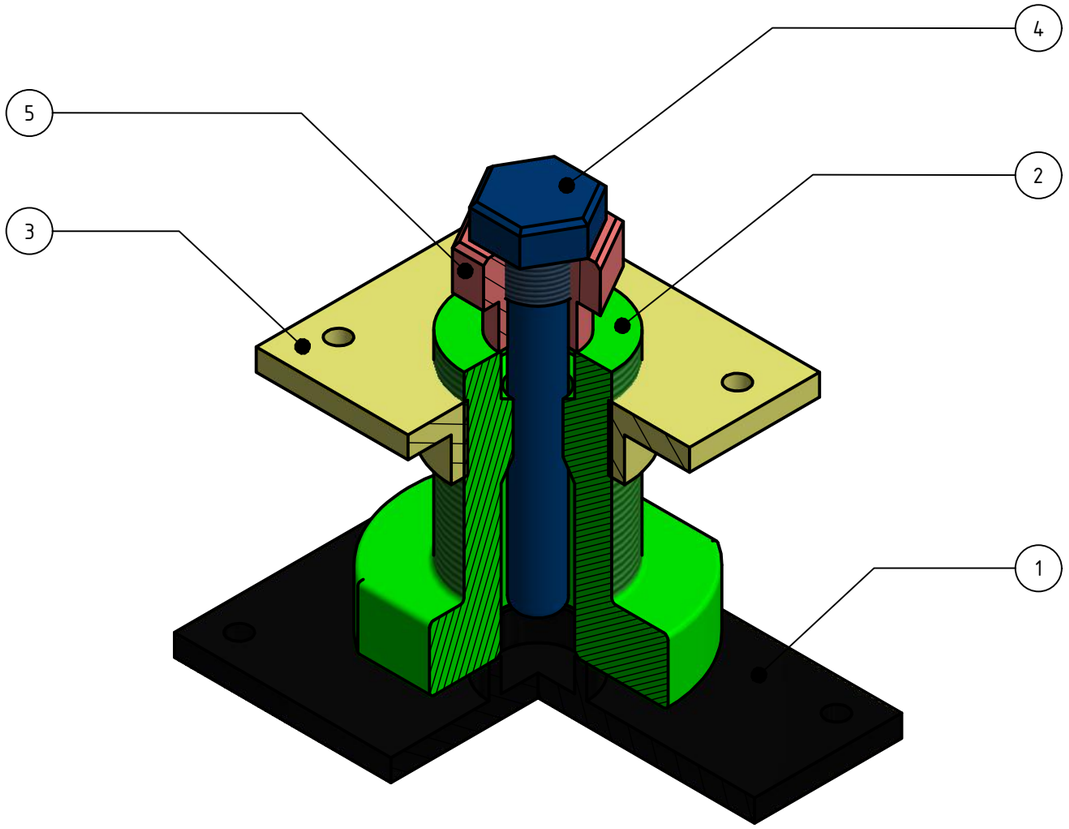
(D.O.C. shows the value of radial D.O.C.)

11 / 16 Type (Full Profile)

Thread Type	Pitch mm & TPI	Part Number		C	Total D.O.C.	No. of Passes	1 Pass	2 Pass	3 Pass	4 Pass	5 Pass	6 Pass	7 Pass	8 Pass	9 Pass	10 Pass	11 Pass	12 Pass	13 Pass	14 Pass
External Threading	1.00mm	16E¾	100ISO-TF	0.64	0.72	5	0.23	0.19	0.15	0.10	0.05									
	1.25mm		125ISO-TF	0.80	0.88	6	0.26	0.21	0.16	0.12	0.08	0.05								
	1.50mm		150ISO-TF	0.95	1.03	6	0.26	0.24	0.21	0.16	0.11	0.05								
	1.75mm		175ISO-TF	1.11	1.19	8	0.26	0.22	0.19	0.16	0.13	0.10	0.08	0.05						
	2.00mm		200ISO-TF	1.27	1.35	10	0.26	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.05	0.05				
	2.50mm		250ISO-TF	1.57	1.65	12	0.26	0.23	0.21	0.18	0.14	0.12	0.12	0.10	0.10	0.08	0.06	0.05		
	3.00mm		300ISO-TF	1.87	1.95	14	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.10	0.08	0.08	0.05	0.02
	0.50mm	16E¾	050ISO	0.33	0.38	4	0.14	0.12	0.08	0.04										
	0.75mm		075ISO	0.48	0.53	5	0.17	0.14	0.10	0.08	0.04									
	1.00mm		100ISO	0.64	0.72	5	0.23	0.19	0.15	0.10	0.05									
	1.25mm		125ISO	0.80	0.88	6	0.26	0.21	0.16	0.12	0.08	0.05								
	1.50mm		150ISO	0.95	1.03	6	0.26	0.24	0.21	0.16	0.11	0.05								
	2.00mm		200ISO	1.27	1.35	10	0.26	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.05	0.05				
	2.50mm		250ISO	1.57	1.65	12	0.26	0.23	0.21	0.18	0.14	0.12	0.12	0.10	0.10	0.08	0.06	0.05		
Internal Threading	1.00mm	11I¾	100ISO-TF	0.60	0.68	5	0.20	0.18	0.15	0.11	0.04									
	1.25mm		125ISO-TF	0.74	0.82	7	0.20	0.18	0.14	0.12	0.08	0.06	0.04							
	1.50mm		150ISO-TF	0.88	0.96	8	0.24	0.18	0.14	0.10	0.10	0.08	0.07	0.05						
	1.75mm		175ISO-TF	1.02	1.10	9	0.24	0.18	0.16	0.14	0.10	0.10	0.08	0.05	0.05					
	0.50mm	11I¾	050ISO	0.31	0.36	4	0.14	0.10	0.08	0.04										
	0.75mm		075ISO	0.45	0.50	5	0.15	0.14	0.10	0.07	0.04									
	1.00mm		100ISO	0.60	0.68	5	0.20	0.18	0.15	0.11	0.04									
	1.25mm		125ISO	0.74	0.82	7	0.20	0.18	0.14	0.12	0.08	0.06	0.04							
	1.50mm		150ISO	0.88	0.96	8	0.24	0.18	0.14	0.10	0.10	0.08	0.07	0.05						
	1.75mm		175ISO	1.02	1.10	9	0.24	0.18	0.16	0.14	0.10	0.10	0.08	0.05	0.05					
	2.00mm		200ISO	1.18	1.26	10	0.24	0.20	0.18	0.14	0.12	0.10	0.10	0.08	0.05	0.05				
	1.00mm	16I¾	100ISO-TF	0.60	0.68	5	0.20	0.18	0.15	0.11	0.04									
	1.25mm		125ISO-TF	0.74	0.82	7	0.20	0.18	0.14	0.12	0.08	0.06	0.04							
	1.50mm		150ISO-TF	0.88	0.96	8	0.22	0.18	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05						
	1.75mm		175ISO-TF	1.02	1.10	9	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.05	0.05					
	2.00mm		200ISO-TF	1.18	1.26	10	0.24	0.20	0.18	0.14	0.12	0.10	0.10	0.08	0.05	0.05				
	2.50mm		250ISO-TF	1.46	1.54	12	0.26	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.10	0.08	0.08	0.05	0.05		
	3.00mm		300ISO-TF	1.76	1.84	14	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.10	0.10	0.07	0.05	0.05	0.02
	1.00mm	16I¾	100ISO	0.60	0.68	5	0.20	0.18	0.15	0.11	0.04									
	1.25mm		125ISO	0.74	0.82	7	0.20	0.18	0.14	0.12	0.08	0.06	0.04							
	1.50mm		150ISO	0.88	0.96	8	0.22	0.18	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05						
	2.00mm		200ISO	1.18	1.26	10	0.24	0.20	0.18	0.14	0.12	0.10	0.10	0.08	0.05	0.05				
	2.50mm		250ISO	1.46	1.54	12	0.26	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.10	0.08	0.08	0.05	0.05		
	3.00mm		300ISO	1.76	1.84	14	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.10	0.10	0.07	0.05	0.05	0.02

BIOGRAFI PENULIS

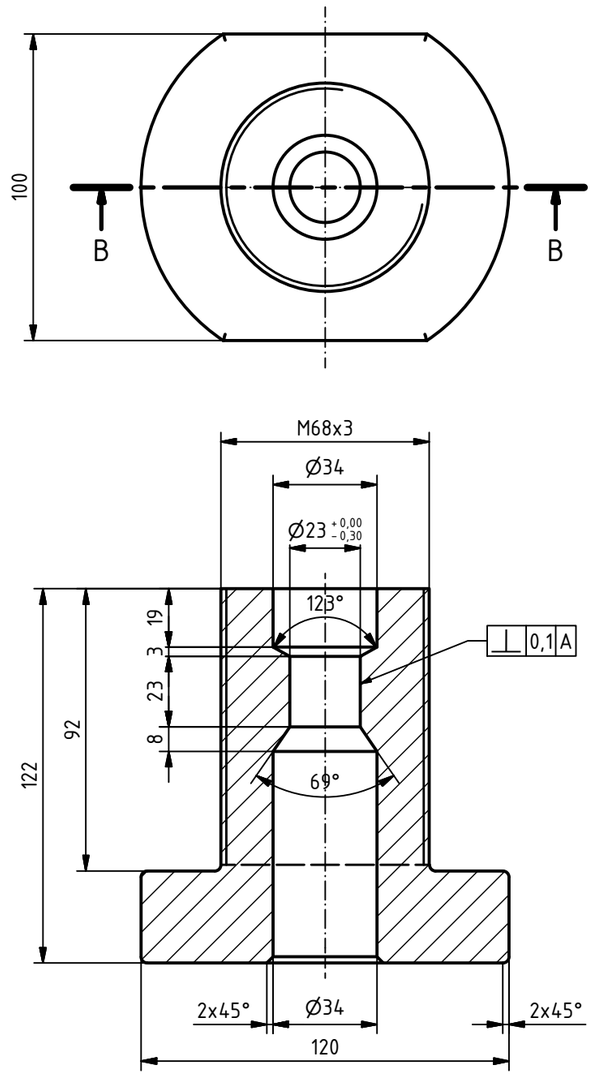
Hanggara Nandiwardhana, lahir pada 08 November 1994 di kota Gresik, merupakan anak kedua dari 2 bersoudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK. Bhakti 6 Gresik, SD Negeri Sidokumpul 2 Gresik, SMP Negeri 1 Gresik, SMA Muhammadiyah 1 Gresik, dan akhirnya penulis masuk menjadi mahasiswa program sarjana Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya angkatan 2013, dan terdaftar dengan NRP. 02111340000180. Selama menjalani masa perkulihaan, penulis juga aktif terlibat dalam kegiatan kemahasiswaan seperti asisten pada Laboratorium Rekayasa Manufaktur. Penulis juga pernah melakukan kerja praktik di PT. Pupuk Kujang dan PT. BUMDES Pamarican. Penulis pada akhir masa perkulihaan memilih mengerjakan tugas akhir pada Laboratorium Rekayasa Manufaktur.



ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL	UKURAN	KETERANGAN
1	1	PUNCH	Generic		STEP AP214
2	1	DIE Necking	Generic		STEP AP214
3	1	DIE Holder	Generic		STEP AP214
4	1	Dies Pilot	Generic		STEP AP214
5	1	Dies Stop	Generic		STEP AP214

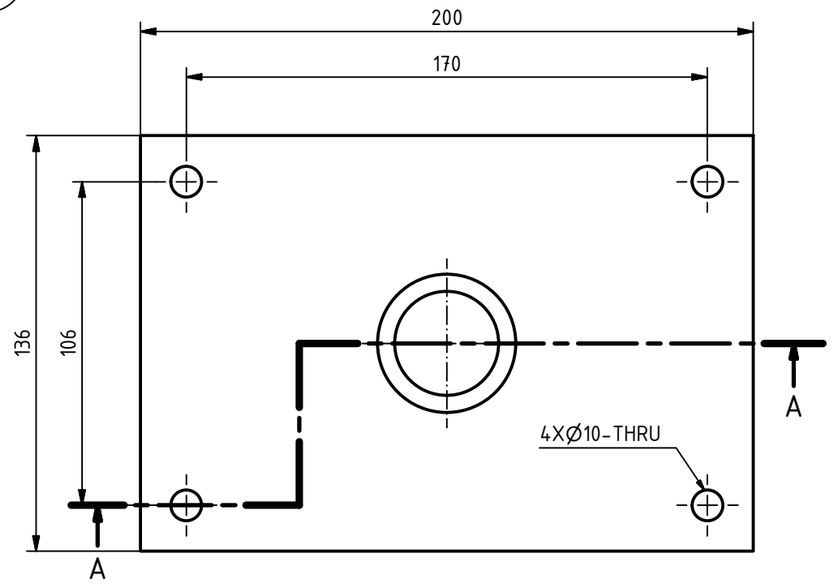
SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : HANGGARA N. W.	PERINGATAN :	
UKURAN : milimeter	NRP : 02111340000180		
TANGGAL :	DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		
TEKNIK MESIN FTI-ITS	DIES	No.01	A3

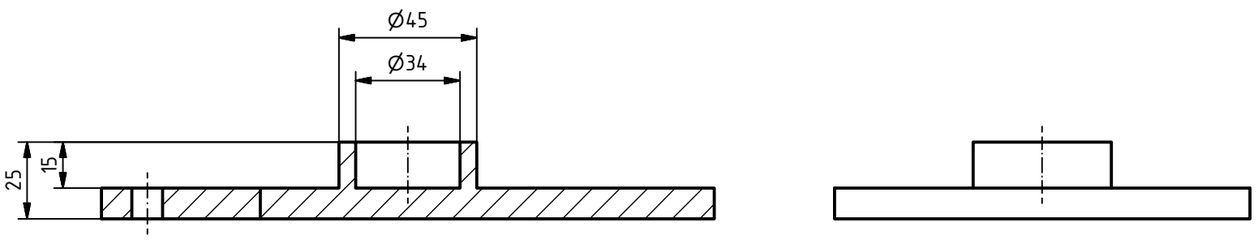
2



POTONGAN B-B

1

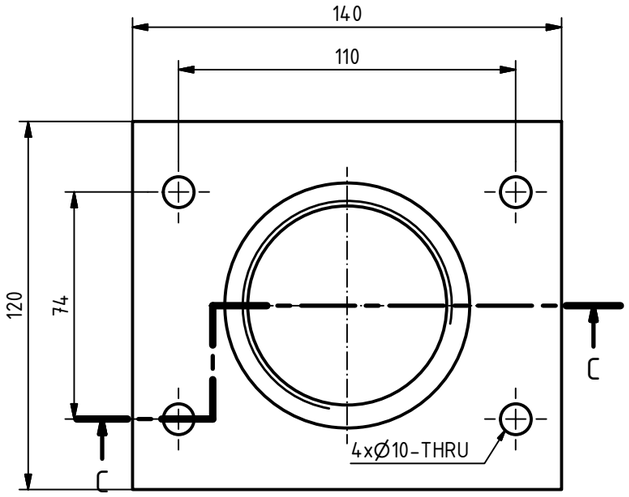


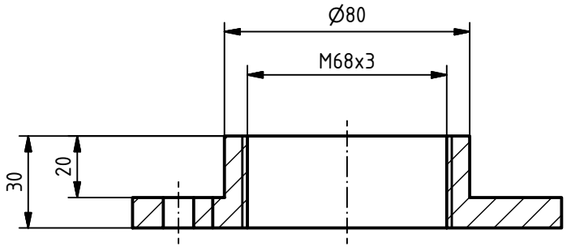


POTONGAN A-A

SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : HANGGARA N. W.	PERINGATAN :	
UKURAN : milimeter	NRP : 02111340000180		
TANGGAL :	DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		
TEKNIK MESIN FTI-ITS	DIES	No. 02	A3

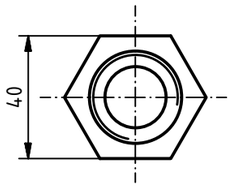
3

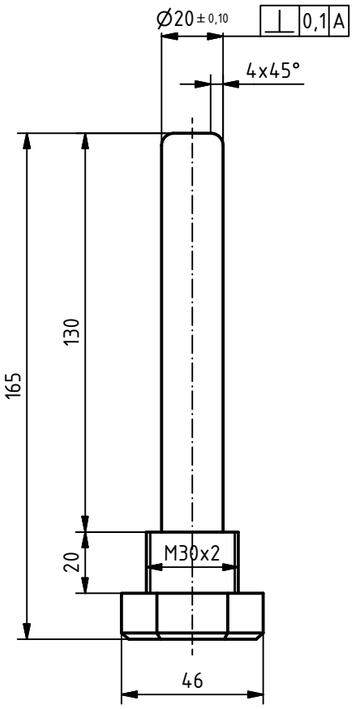




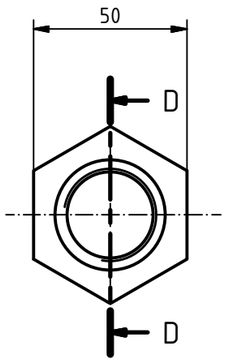
POTONGAN C-C

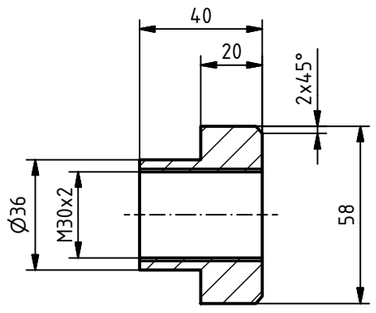
4





5





POTONGAN D-D

SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : HANGGARA N. W.	PERINGATAN :	
UKURAN : milimeter	NRP : 02111340000180		
TANGGAL :	DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		
TEKNIK MESIN FTI-ITS	DIES	No. 03	A3