



**TUGAS AKHIR – TM 141585**

**ESTIMASI BIAYA PRODUKSI DAN PERENCANAAN  
PROSES PEMESINAN PADA PEMBUATAN 2-AXIS  
FLEXIBLE FIXTURE BERBASIS MICROCONTROLLER  
ARDUINO**

**ALFAN FAUZI  
NRP. 02111545000042**

**Dosen Pembimbing  
Ir. SAMPURNO, MT.**

**PROGRAM SARJANA  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



**FINAL PROJECT – TM 141585**

**ESTIMATION OF PRODUCTION COSTS AND PLANNING  
OF MACHINING PROCESSES IN MAKING 2-AXIS  
FLEXIBLE FIXTURE BASED ON MICROCONTROLLER  
ARDUINO**

**ALFAN FAUZI  
NRP. 02111545000042**

**Advisor Lecturer  
Ir. SAMPURNO, MT.**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2018**

**ESTIMASI BIAYA PRODUKSI DAN PERENCANAAN  
PROSES PEMESINAN PADA PEMBUATAN 2-AXIS  
FLEXIBLE FIXTURE BERBASIS  
MICROCONTROLLER ARDUINO**

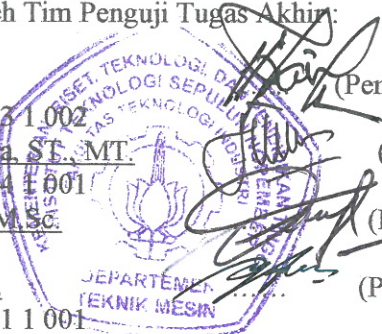
**TUGAS AKHIR**

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

Oleh :

**ALFAN FAUZI**  
NRP. 2115 105 042

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Sampurno, MT.  
NIP. 19650404 198903 1 002 (Pembimbing)
  2. Ari Kurniawan Saputra, ST., MT.  
NIP. 19860401 201504 1 001 (Penguji I)
  3. Dinny Harnany, ST., M.Sc.  
NIP. 2100201405001 (Penguji II)
  4. Ir. Nur Husodo, M.Sc.  
NIP. 19610421 198701 1 001 (Penguji III)
- 

**SURABAYA**

**JANUARY, 2018**

# **ESTIMASI BIAYA PRODUKSI DAN PERENCANAAN PROSES PEMESINAN PADA PEMBUATAN 2-AXIS FLEXIBLE FIXTURE BERBASIS MICROCONTROLLER ARDUINO**

**Nama : Alfau Fauzi**  
**NRP : 02111545000042**  
**Dosen Pembimbing : Ir. Sampurno, MT.**

## **Abstrak**

*Dalam sebuah industri yang bergerak dibidang manufaktur dikenal sebuah alat bantu produksi yaitu flexible fixture. Flexible fixture merupakan alat bantu pencekam benda yang dapat digunakan pada mesin EDM, frais, milling, dan lain sebagainya serta alat yang dapat mempersingkat waktu dalam sebuah proses permesinan dikarenakan alat tersebut bergerak secara otomatis dimana gerakannya diatur dengan microcontroller. Dimana, dalam proses pembuatan flexible fixture yang tidak direncanakan dengan baik dapat mempengaruhi kualitas dan waktu produksi yang berkaitan langsung dengan biaya pembuatannya. Oleh karena itu, pada penelitian ini direncanakan proses permesinan yang akan dilakukan untuk pembuatan flexible fixture dengan memperhitungkan waktu dan daya pemesinan yang rendah, sehingga didapatkan biaya produksi yang rendah pula.*

*Langkah awal dalam menentukan urutan proses permesinan yaitu mendapatkan desain dan jenis material yang digunakan dari flexible fixture, kemudian menentukan mesin dan pahat potong yang akan digunakan serta menentukan urutan proses permesinan. Setelah itu dilakukan perhitungan elemen dasar pemesinan, diantaranya adalah kecepatan potong, kecepatan makan, panjang langkah, sampai didapatkan waktu dan daya pemesinan. Sehingga,*

*dapat dihitung biaya produksi melalui penjumlahan biaya material, biaya pemesinan dan biaya pemakaian pahat potong, serta biaya komponen pendukung lainnya.*

*Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ; waktu total proses pemesinan untuk sebuah flexible fixture ini selama 59,64 menit dan daya total sebesar 466178,79 Watt, dengan besarnya biaya produksi yang meliputi biaya material, biaya proses produksi, biaya pahat, dan biaya komponen pendukung adalah sebesar Rp 5.809.646,26. Dimana, dengan biaya produksi tersebut dapat digunakan sebagai acuan perhitungan harga jual flexible fixture.*

**Kata kunci :** *proses permesinan, flexible fixture, biaya produksi*

# **ESTIMATION OF PRODUCTION COSTS AND PLANNING OF MACHINING PROCESSES IN MAKING 2-AXIS FLEXIBLE FIXTURE BASED ON MICROCONTROLLER ARDUINO**

**Name : Alfau Fauzi**  
**NRP : 02111545000042**  
**Departement : Mechanical Engineering**  
**Advisor : Ir. Sampurno, MT.**

*In an industry engaged in manufacturing known a production tool that is flexible fixture. Flexible fixture is an object tapping tool that can be used on EDM machine, frais, milling, etc. and tools that can shorten the time in a machining process because the tool is moving automatically where the movement is arranged with microcontroller. Where, in the process of making flexible fixture that is not well planned can affect the quality and production time directly related to the cost of manufacture. Therefore, in this research, it is planned that machining process will be done for the manufacture of flexible fixture by taking into account the time and low machining power, so that the production cost is also low.*

*The first step in determining the sequence of machining process is to get the design and type of material used from the flexible fixture, then determine the machine and cutting tool that will be used and determine the order of machining process. After that calculation of basic elements of machining, such as cutting speed, feeding speed, step length, to obtain time and machining power. Thus, production costs can be calculated through the sum of material costs,*

*machining costs and cutting tool costs, as well as the cost of other supporting components.*

*The results obtained from this research are as follows; total machining time for a flexible fixture of 59.64 minutes and total power of 466178.79 Watt, with production cost that includes material cost, production cost, chisel cost and supporting component cost is Rp 5,809,646, 26. Where, with the cost of production can be used as a reference calculation of flexible fixture selling price.*

**Keywords :** *machining process, flexible fixture, production cost*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT. Karena atas rahmat dan hidayah - Nya, tugas akhir yang berjudul “ **Estimasi Biaya Produksi Dan Perencanaan Proses Pemesinan Pada Pembuatan 2-Axis Flexible Fixture Berbasis Microcontroller Arduino** “ ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik dan lancar.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Sarjana Departemen Teknik Mesin FTI-ITS Surabaya, sesuai dengan kurikulum yang telah ditetapkan. Selain itu, Tugas Akhir ini juga merupakan suatu bukti yang diberikan almamater dan masyarakat.

Banyak dorongan dan bantuan yang penulis dapatkan selama penyusunan Tugas Akhir ini sampai terselesaikannya laporan. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT dan junjungan besarku, Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan ketenangan dalam jiwaku.
2. Ayah dan Ibu serta saudara-saudaraku tercinta yang benar-benar memberikan dorongan dan semangat dengan cinta dan kasih sayangnya yang tiada batas dan tak terbalaskan, doa dan restunya.
3. Bapak Ir. Bambang Pramujati, M.Sc.Eng., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin.
4. Bapak Ir. Sampurno, MT. sebagai Dosen Pembimbing yang telah dengan sangat sabar, tidak bosan-bosannya membantu dan memberikan ide serta ilmu hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Bapak Suwarno, ST., M.Sc., Ph.D. Selaku koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin FTI-ITS.



6. Bapak Lahuri selaku kepala UPT Pandai Besi Ngingas, Wedoro, Sidoarjo.
7. Abah Selamat selaku bapak pembimbing lapangan di UPT Pandai Besi Ngingas, Wedoro, Sidoarjo (081553835239).
8. Bapak Ibu Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan dan pengembangan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh dosen dan staf pengajar Departemen Teknik Mesin FTI-ITS, yang telah memberikan ilmunya dan membantu semua selama menimba ilmu di bangku kuliah.
10. Semua teman khususnya Lintas Jalus Teknik Mesin FTI-ITS 2015 dan D3 Teknik Mesin Produksi Kerjasama ITS-Disnakertransduk 2011 yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

Semoga segala keikhlasan dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dari Tuhan Yang Maha Esa, Amin YRA.

Karena keterbatasan waktu dan kemampuan penulis, sebagai manusia biasa kami menyadari dalam penulisan ini masih terdapat beberapa kesalahan, keterbatasan, dan kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharap kritik dan saran membangun sebagai masukan untuk penulis dan kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga dengan penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Surabaya, 1 Januari 2018

Penulis,

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sitematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Mesin Bubut.....	8
2.2 Mesin Drilling.....	11
2.3 Mesin Milling.....	13
2.4 Pemilihan Variabel Proses.....	16
2.5 Komponen Biaya Produksi.....	20
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	25
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2 Diagram Alir Proses Pemesinan.....	28
3.3 Diagram Alir Analisa Biaya Produksi.....	31
<b>BAB IV ANALISA PROSES PEMESINAN</b> .....	35
4.1 Rancangan Proses Pengerjaan.....	35
4.2 Pembuatan Flexible Fixture.....	36
4.2.1 Proses Permesinan untuk Support Plate 1.....	38

4.2.2	Proses Permesinan untuk Support Plate 2 .....	50
4.2.3	Proses Permesinan untuk Poros Chuck.....	52
4.2.4	Proses Permesinan untuk Poros Cover Plate 1 .....	54
4.2.5	Proses Permesinan untuk Poros Cover Plate 2 .....	55
4.2.6	Proses Permesinan untuk Flanges Chuck .....	56
4.2.7	Proses Permesinan untuk Flanges Cover Plate 1 .....	57
4.2.8	Proses Permesinan untuk Flanges Cover Plate 2.....	59
4.2.9	Proses Permesinan untuk Cover Plate .....	60
4.2.10	Proses Permesinan untuk Cover Plate Sampung 1 ..	62
4.2.11	Proses Permesinan untuk Cover Plate Sampung 2 ..	64
4.2.12	Proses Permesinan untuk Base Plate .....	65
4.2.13	Proses Permesinan untuk Rumah Worm .....	67
4.3	Total Waktu dan Daya Pemensinan .....	69
<b>BAB V ANALISA BIAYA PRODUKSI.....</b>		<b>71</b>
5.1	Analisa Biaya Produksi Untuk Support Plate 1.....	71
5.1.1	Biaya Material .....	71
5.1.2	Biaya Proses Produksi .....	72
5.1.3	Biaya Pahat.....	74
5.1.4	Total Biaya Produksi .....	76
5.2	Analisa Biaya Produksi Untuk Seluruh Komponen .....	77
5.2.1	Biaya Material .....	77
5.2.2	Biaya Proses Produksi .....	78
5.2.3	Biaya Pahat.....	79
5.2.4	Biaya Komponen Pendukung .....	79
5.3	Total Biaya Produksi.....	80
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>		<b>81</b>
6.1	Kesimpulan .....	81
6.2	Saran.....	82
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN – LAMPIRAN</b>		
<b>BIODATA PENULIS</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Road map flexible fixture.....	2
Gambar 2.1 Proses Pembubutan (a) pahat potong dan pembuangan geram, (b) skema proses pembubutan.....	9
Gambar 2.2 Langkah pemotongan pembubutan silindris (a) pembubutan seluruh panjang benda kerja (b) pembubutan benda bertingkat.....	11
Gambar 2.3 Proses Gurdi .....	12
Gambar 2.4 Contoh jenis pahat freis dan proses freis.....	14
Gambar 2.5 Proses Freis Datar dan Freis Tegak.....	15
Gambar 2.6 Grafik pemilihan gerak makan dan kec. potong....	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Analisa Proses Pemesinan.....	29
Gambar 3.3 Flowchart Analisa Biaya .....	32
Gambar 4.1 Komponen Utama Flexible Fixture .....	37
Gambar 4.2 Support Plate 1 .....	38
Gambar 4.3 Urutan Pemesinan Support Plate 1 .....	49
Gambar 4.4 Urutan Pemesinan Support Plate 2.....	51
Gambar 4.5 Urutan Pemesinan Poros Chuck.....	53
Gambar 4.6 Urutan Pemesinan Cover Plate 1.....	55
Gambar 4.7 Urutan Pemesinan Poros Cover Plate 2.....	55
Gambar 4.8 Urutan Pemesinan Flanges Chuck.....	56
Gambar 4.9 Urutan Pemesinan Flanges Cover Plate 1.....	57
Gambar 4.10 Urutan Pemesinan Flanges Cover Plate 2.....	59
Gambar 4.11 Urutan Pemesinan Cover Plate.....	60
Gambar 4.12 Urutan Pemesinan Cover Plate Samping 1.....	63
Gambar 4.13 Urutan Pemesinan Cover Plate Samping 2.....	65
Gambar 4.14 Urutan Pemesinan Base Plate.....	66
Gambar 4.15 Urutan Pemesinan Rumah Worm.....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Komponen Pendukung Flexible Fixture.....	36
Tabel 4.2 Parameter Pemotongan Support Plate 1 .....	49
Tabel 4.3 Elemen Dasar Pemesinan Support Plate 1 .....	50
Tabel 4.4 Parameter Pemotongan Support Plate 2 .....	52
Tabel 4.5 Elemen Dasar Pemesinan Support Plate 2 .....	52
Tabel 4.6 Parameter Pemotongan Poros Chuck .....	53
Tabel 4.7 Elemen Dasar Pemesinan Poros Chuck.....	53
Tabel 4.8 Parameter Pemotongan Poros Cover Plate 1 .....	54
Tabel 4.9 Elemen Dasar Pemesinan Poros Cover Plate 1 .....	54
Tabel 4.10 Parameter Pemotongan Poros Cover Plate 2.....	55
Tabel 4.11 Elemen Dasar Pemesinan Poros Cover Plate 2 .....	55
Tabel 4.12 Parameter Pemotongan Flanges Chuck.....	56
Tabel 4.13 Elemen Dasar Pemesinan Flanges Chuck .....	57
Tabel 4.14 Parameter Pemotongan Flanges Cover Plate 1.....	58
Tabel 4.15 Elemen Dasar Pemesinan Flanges Cover Plate 1 ....	58
Tabel 4.16 Parameter Pemotongan Flanges Cover Plate 2.....	59
Tabel 4.17 Elemen Dasar Pemesinan Flanges Cover Plate 2....	60
Tabel 4.18 Parameter Pemotongan Cover Plate .....	61
Tabel 4.19 Elemen Dasar Pemesinan Cover Plate .....	62
Tabel 4.20 Parameter Pemotongan Cover Plate Samping 1 .....	63
Tabel 4.21 Elemen Dasar Pemesinan Cover Plate Samping 1 ..	64
Tabel 4.22 Parameter Pemotongan Cover Plate Samping 2 .....	65
Tabel 4.23 Elemen Dasar Pemesinan Cover Plate Samping 2 ..	65
Tabel 4.24 Parameter Pemotongan Base Plate .....	66
Tabel 4.25 Elemen Dasar Pemesinan Base Plate .....	67
Tabel 4.26 Parameter Pemotongan Rumah Worm .....	68
Tabel 4.27 Elemen Dasar Pemesinan Rumah Worm .....	68
Tabel 4.28 Waktu Total dan Daya Total Pemesinan.....	69
Tabel 5.1 Perkiraan Umur Pahat dan Biaya Pahat Pemesinan Support Plate 1 .....	76
Tabel 5.2 Biaya Material Flexible Fixture .....	78
Tabel 5.3 Total Biaya Proses Produksi.....	78

Tabel 5.4 Total Biaya Pahat .....	79
Tabel 5.5 Biaya Komponen Pendukung Flexible Fixture .....	80
Tabel 5.6 Rincian Biaya Produksi Flexible Fixture .....	81

# BAB I

## PENDAHULUAN

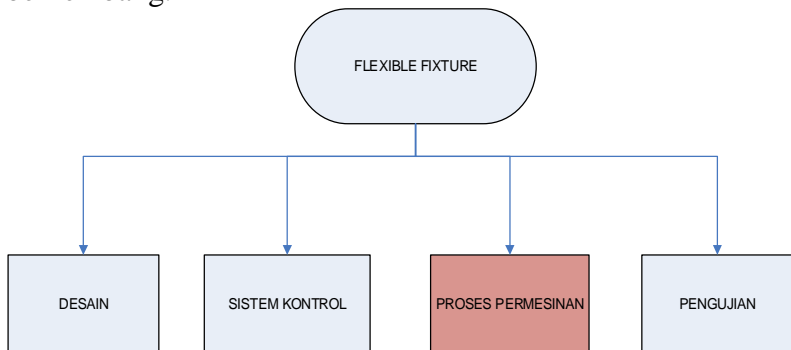
### 1.1 Latar Belakang

Dalam bidang industri mesin produksi sangat berperan penting untuk menghasilkan barang dengan kualitas yang baik. Sebuah mesin dengan teknologi yang baik akan menghasilkan barang yang baik dan proses produksi akan menjadi lebih cepat. Perkembangan teknologi pada dunia industri masa kini sangat pesat dimana dalam hal tersebut memaksa kita untuk ikut mengembangkannya. Industri berperan penting dalam sektor perdagangan hal tersebut memberikan efek yang cukup besar dalam kehidupan dan kesejahteraan masyarakat.

Salah satu alat yang dapat digunakan dalam sebuah proses produksi yang bergerak dalam bidang manufaktur adalah *flexible fixture*. Alat ini biasanya digunakan pada mesin milling (*milling machine*), mesin bor (*drilling machine*), mesin EDM (*Electrical Discharge Machines*), dll. Dengan memakai alat tersebut diharapkan dapat membantu proses produksi menjadi lebih cepat dan dapat menghemat waktu. *Flexible fixture* memiliki 3 axis yaitu dapat berputar serta bisa bergerak miring ke kanan dan ke kiri. Penggunaan *microcontroller* sebagai alat untuk mengatur gerakan dari *flexible fixture* dapat membantu dan mempermudah pengerjaan, operator mesin tidak perlu melakukan pengaturan secara manual karena pengaturan gerakan alat diatur dengan cara memasukkan program dari komputer sesuai dengan putaran atau sudut yang diinginkan.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisa proses pemesinan dan biaya pembuatan dengan topik yang berbeda, serta *software* bantu yang berbeda-beda. Menurut

Raditya Adhi W., 2010, biaya operasional (listrik, karyawan, pahat) bukan merupakan biaya yang sangat signifikan akan tetapi biaya operasional sangat besar pengaruhnya terhadap daya saing mesin di pasaran karena komponen variable dari biaya operasional bersifat lebih flexible dibandingkan dengan komponen biaya yang lain dan besarnya biaya operasional juga menentukan kualitas dari mesin. Dimana, biaya operasional ini salah satu faktor yang mempengaruhi adalah waktu produksi, semakin rendah waktu produksi maka akan semakin rendah pula biaya operasionalnya dan juga sebaliknya. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan diperkirakan jumlah biaya dan proses pemesinan untuk pembuatan flexible fixture yang berbasis microcontroller arduino. Apabila proses pembuatan alat ini mampu diterapkan dalam setiap proses industri manufaktur dalam negeri, maka proses produksi akan menjadi lebih cepat dan membuat biaya produksi menjadi lebih rendah. Jika biaya produksi menjadi lebih rendah perusahaan akan mendapatkan keuntungan yang lebih besar dan dapat membuat industri manufaktur menjadi lebih berkembang.



Gambar 1.1 Road map flexible fixture



## 1.2 Perumusan Masalah

Dalam tugas ini perumusan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan proses pemesinan *flexible fixture* mulai dari menentukan mesin yang digunakan hingga perhitungan elemen dasar pemesinan.
2. Bagaimana menentukan biaya produksi pada pembuatan *flexible fixture*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan jenis dan parameter proses pemesinan agar didapatkan proses pembuatan *flexible fixture* yang tepat untuk jenis mesin yang ada.
2. Mendapatkan jumlah biaya produksi yang diperlukan untuk membuat sebuah *flexible fixture* yang berbasis *microcontroller* melalui besar daya dan waktu pemesinan.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan *flexible fixture* yang mempunyai kualitas yang baik.
2. Memberikan kesempatan bagi home industri atau industri kecil untuk lebih berkembang dengan adanya alat bantu *flexible fixture* ini.
3. Dengan proses pemesinan yang tepat dapat menekan biaya produksi.
4. Sebagai studi perbandingan dikalangan industri manufaktur.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dipakai dalam permasalahan ini adalah sebagai berikut:

1. Desain dan perencanaan pembuatan mesin serta analisisnya sudah tepat.
2. Pembahasan difokuskan pada perhitungan waktu yang dibutuhkan proses manufaktur dan perhitungan biaya produksi.
3. Proses pengelasan pada *flexible fixture* diasumsikan sudah sesuai standar pengelasan.
4. Pemilihan material yang diperlukan untuk pembuatan mesin *flexible fixture* sudah tepat.
5. Bahan material benda kerja dianggap *homogen* hingga *properties material* sama.
6. Pahat potong diasumsikan terpasang dengan baik dan sudut potongnya dianggap tidak berubah selama proses permesinan berlangsung.
7. Mesin perkakas diasumsikan mampu bekerja dengan baik selama proses pemotongan, memiliki efisiensi daya tetap.
8. Tarif listrik yang digunakan adalah Rp 1.467,28 per kWh yang merupakan tarif listrik industri dengan batas daya diatas 6600 VA pada tahun 2017.
9. Gaji pegawai selama satu bulan diasumsikan tetap, sesuai dengan Upah Minimum Kabupaten/Kota Surabaya untuk tahun 2017 yaitu Rp3.583.312,00.
10. Harga dari material benda kerja diasumsikan tidak mengalami perubahan.
11. Komponen waktu non produktif dari proses permesinan untuk setiap proses dianggap sama, yaitu pemasangan benda kerja 18 detik, waktu penyiapan

18 detik, waktu pengakhiran 6 detik, pengambilan produk 6 detik, pengukuran produk 12 detik.

## 1.6 Sitematika Penulisan

- ) Bab 1 Pendahuluan  
Pada bab 1 menjelaskan tentang latar belakang dari tinjauan secara umum, perencanaan, perumusan masalah, tujuan analisa, manfaat analisa, batasan masalah serta sistematika penulisan.
- ) Bab 2 Tinjauan Pustaka  
Pada Bab 2 berisi tentang uraian tinjauan pustaka yang mendukung penulisan serta sebagai acuan yang dapat digunakan dalam proses pemesinan *flexible fixture* dan analisa biayanya.
- ) Bab 3 Metodologi Perencanaan  
Pada Bab 3 berisi tentang uraian langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pemesinan dan analisa biaya *flexible fixture*.
- ) Bab 4 Pembahasan dan Analisa  
Pada bab 4 ini akan menjelaskan tentang urutan dari proses pemesinan yang dipakai dalam pembuatan *flexible fixture* dan analisa biaya pembuatannya.
- ) Bab 5 Kesimpulan dan Saran  
Bab 5 berisi tentang kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil analisa proses pemesinan dan biaya yang sudah dilakukan dengan dilengkapi beberapa saran.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Adapun tinjauan pustaka yang dipergunakan untuk mengerjakan penelitian ini diperoleh dari penelitian selesai dikerjakan, yaitu disimpulkan bahwa biaya operasional (listrik, karyawan, pahat) bukan merupakan biaya yang sangat signifikan akan tetapi biaya operasional sangat besar pengaruhnya terhadap daya saing mesin di pasaran karena komponen variable dari biaya operasional bersifat lebih *flexible* dibandingkan dengan komponen biaya yang lain dan besarnya biaya operasional juga menentukan kualitas dari mesin. Lama pembuatan *flexible fixture* secara teori adalah 427,53 menit sedangkan untuk harga jual *flexible fixture* sebesar Rp.11.689.791,18. Dimana, besarnya biaya produksi yang diperlukan untuk sebuah *flexible fixture* adalah senilai Rp.9127.082,89 (Galih Djuniardi, 2012).

Sebagai desain dasar dari *flexible fixture* berbasis *microcontroller*, merupakan penelitian yang dilakukan oleh Rismu Landung Gumilang, 2017. Sehingga penentuan material dan toleransinya yang telah dilakukan, dapat langsung dikerjakan di workshop yang telah ditentukan sebelumnya. Dengan ketentuan bahwa mesin yang digunakan mempunyai efisiensi yang tetap dan operator yang berpengalaman. Sedangkan untuk urutan proses pemesinannya digunakan referensi dan konsultasi dengan operator terkait untuk proses pengerjaan yang paling cepat. Selain itu juga dari berbagai macam referensi dari internet, seperti perencanaan proses (*process planning*) yang diperlukan untuk menerjemahkan informasi rancangan produk ke dalam tahapan manufaktur (Chang, 1998; Zeid, 1991). Ada pun juga dari (Herrmann, 2000; Rong & Zhu,

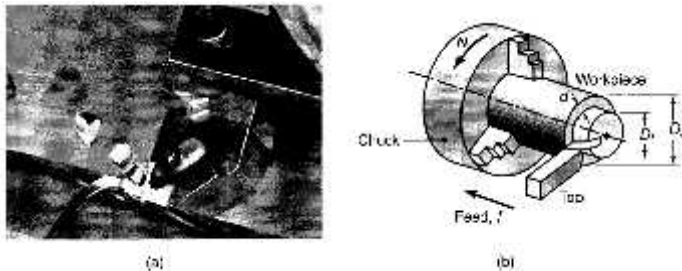
1999; Balasubramanian, 1999) yang membahas tentang desain *fixture* dan pembuatannya dilakukan dengan berbagai penelitian. Sehingga, dengan desain yang telah didapatkan dari penelitian sebelumnya diperlukan perancangan proses pemesinan untuk *flexible fixture* ini.

## 2.1 Mesin Bubut

Mesin Bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang diputar. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja.

Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan. Dengan mengatur perbandingan kecepatan rotasi benda kerja dan kecepatan translasi pahat maka akan diperoleh berbagai macam ulir dengan ukuran kisar yang berbeda. Hal ini dapat dilakukan dengan jalan menukar roda gigi translasi yang menghubungkan poros spindel dengan poros ulir.

Proses bubut pada umumnya dilakukan dengan menggunakan pahat potong dengan mata potong tunggal (*single point cutting tools*) yang telah distandarkan. Besar sudut yang dibentuk pada pahat merupakan harga-harga yang didapatkan berdasarkan pengalaman dimana harga sudut tersebut memberikan hasil yang optimal berdasarkan material yang dipotong.



Gambar 2.1 Proses Pembubutan (a) pahat potong dan pembuangan geram, (b) skema proses pembubutan.  
(Sumber : S. Kalpakjian, 2009)

### 2.1.1 Penentuan Parameter Pemesinan

Parameter dalam proses pembubutan sangat penting untuk diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil yang optimal. Parameter parameter tersebut antara lain bentuk pahat potong, kecepatan pembuangan geram, sehingga didapatkan data yang direkomendasikan dalam proses pembubutan, yang meliputi material pahat potong, kedalaman pemotongan, gerak makan, kecepatan potong dan penggunaan cairan pendingin.

### 2.1.2 Penentuan Waktu Pemesinan

Waktu pemesinan atau waktu pemotongan merupakan waktu yang dihitung selama langkah pemotongan. Sedangkan dalam proses pembubutan waktu pemotongan diartikan waktu yang ditempuh oleh pahat potong dalam melakukan proses pemotongan. Idealnya waktu pemotongan ini adalah waktu tempuh yang tidak dipengaruhi oleh operator. Waktu pemotongan sendiri dapat dihitung dengan persamaan:

$$t_h = \frac{L \cdot i}{n_c \cdot f} \quad 2.1$$

- $t_h$  : waktu pemesinan (min)  
 $L$  : panjang langkah pemakanan (mm)  
 $i$  : jumlah pemotongan  
 $n_c$  : jumlah putaran spindel (rpm)  
 $f$  : gerak makan per putaran (mm/min)

Perhitungan panjang langkah pemotongan pada bubut silindris merupakan penjumlahan dari jarak bebas awal pahat dengan gerakan cepat ke arah benda kerja ( $l_a$ ), langkah ini diulangi saat pahat potong telah selesai melakukan pemakanan ada jarak bebas pahat setelah pemotongan yang harus ditempuh setelah pemotongan ( $l_u$ ). Hanya pada pembubutan pada poros bertangga harga  $l_u = 0$ . Total jarak yang ditempuh dalam pemotongan dihitung :

$$L = l_a + l + l_u \quad 2.2$$

Dimana:

- $l_a$ : gerak bebas pahat sebelum pemotongan (mm)  
 $l_u$ : gerak bebas pahat setelah pemotongan (mm)  
 $l$  : panjang benda kerja yang harus dipotong (mm)  
*Untuk kepraktisan perhitungan harga  $l_a$   $l_u$  2 mm.*

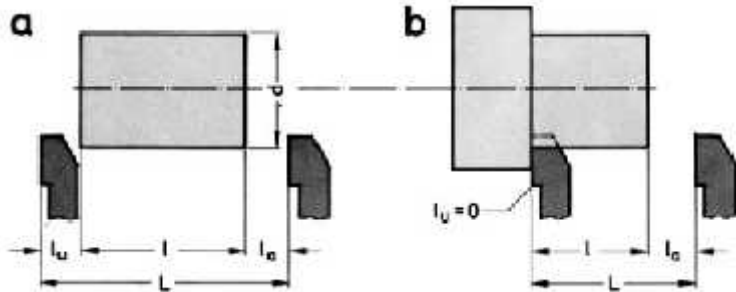
Jumlah putaran  $n_c$  didapatkan dari persamaan :

$$n_c = \frac{v_c \cdot 10^3}{fd} \quad 2.3$$

Dimana :

- $n_c$  : jumlah putaran spindel utama (rpm)  
 $v_c$  : kecepatan potong (m/s)  
 $d$  : diameter rata-rata benda kerja (mm)



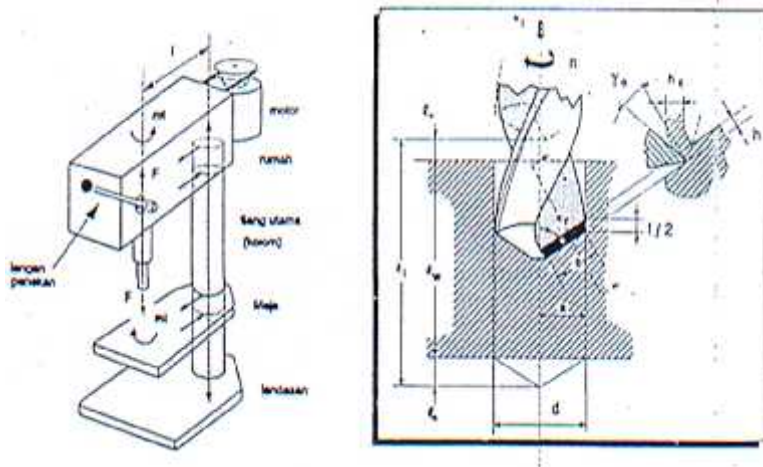


*Gambar 2.2 Langkah pemotongan pada pembubutan silindris (a) pembubutan pada seluruh panjang benda kerja (b) pembubutan pada benda bertingkat .*

(Sumber : S. Kalpakjian, 2009)

## 2.2 Mesin Drilling

Pada mesin gurdi pahat gurdi mempunyai dua mata potong dan melakukan gerak potong karena diputar poros utama mesin gurdi. Putaran tersebut dapat dipilih dari beberapa tingkatan putaran yang tersedia pada mesin gurdi, atau ditetapkan sekehendak bila sistem transisi putaran mesin gurdi merupakan sistem berkesinambungan (stepless spindle drive). Gerak makan dapat dipilih bila mesin gurdi mempunyai system gerak makan dengan tenaga motor (power feeding). Untuk jenis mesin gurdi yang kecil (mesin guri bangku) gerak makan tersebut tidak dapat dipastikan karena tergantung pada kekuatan tangan untuk menekan lengan poros utama, lihat gambar 2.3 selain itu, proses gurdi dapat dilakukan pada mesin bubut dimana benda kerja diputar oleh pencekam poros utama dan gerak makan dilakukan oleh pahat gurdi yang dipasang pada kedudukan pahat (tool-post) atau kepala gerak (tail-stock).



*Gambar 2.3 Proses Gurdi*  
(Sumber : S. Kalpakjian, 2009)

Dari gambar 2.3 dapat diturunkan rumus untuk beberapa elemen pada proses gurdi yaitu,

Benda kerja ( $l_w$ ) = panjang pemotongan benda kerja; mm

Pahat ( $d$ ) = diameter gurdi ; mm

$K$  = sudut potong utama ; derajat ( $^\circ$ )  
=  $\frac{1}{2}$  sudut ujung (point angle)

Mesin gurdi ( $n$ ) = putaran poros utama ; (r)/ min  
 $v_f$  = kecepatan makan ; mm/min

Elemen proses gurdi adalah,

$$1. \text{ Kecepatan potong } (v) = \frac{fdn}{1000} ; \text{ m/min} \quad 2.4$$

$$2. \text{ Makan pergigi } (f_z) = v / (n.z) ; z = 2 \text{ mm/(gigi)} \quad 2.5$$

$$3. \text{ Kedalaman potong } (a) = d / 2 ; \text{ mm} \quad 2.6$$

$$4. \text{ Waktu pemotongan : } t = l_t / v_f ; \text{ min} \quad 2.7$$

Dimana,

$$l_t = l_v + l_w + l_n ; \text{ mm, } l_n (d/2) / \tan K ; \text{ mm} \quad 2.8$$

$$5. \text{ Kec. penghasiian geram} = \frac{fd^2}{4} \frac{v_f}{1000} ; \text{ cm}^3/\text{min} \quad 2.9$$

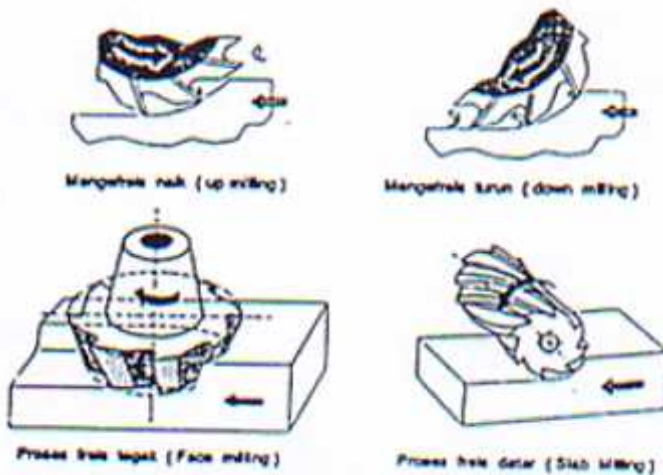
### 2.3 Mesin Milling

Prinsip dasar dari mesin freis adalah terlepasnya logam (geram) oleh gerakan pahat. Mesin ini dapat melakukan berbagai macam pekerjaan seperti : memotong, membuat roda gigi,, menghaluskan permukaan dan lain-lain.

Pada mesin freis terdapat dua jenis utama pahat freis (milling cutter) adalah pahat freis selubung/mantel (slab milling cutter) dan pahat freis muka (face milling cutter), lihat gambar 2.4 Pahat freis termasuk pahat bermata potong jamak dengan jumlah mata potong sama dengan jumlah gigi freis (z). Sesuai dengan jenis pahat yang digunakan dikenal dua macam cara yaitu mengefreis datar (slab milling) dengan sumbu putaran pahat freis selubung sejajar permukaan benda kerja, dan mengefreis tegak (face milling) dengan sumbu putaran pahat freis muka tegak lurus permukaan benda kerja. Selanjutnya mengefreis datar dibedakan menjadi dua macam cara yaitu, mengefreis naik (up milling/conventional milling) dan mengefreis turun (down milling).

Proses freis turun akan menyebabkan benda kerja lebih tertekan ke meja dan meja terdorong oleh pahat yang mungkin suatu saat (secara periodik) gaya dorongnya akan melebihi gaya dorong ulir/roda gigi penggerak meja. Apabila sistem kompensasi “keterlambatan gerak balik” (back lash compensator) tidak begitu baik maka mengefreis turun dapat menimbulkan getaran bahkan kerusakan. Proses freis naik lebih banyak dipilih karena alasan diatas sehingga dinamakan cara konvensional. Akan tetapi, mengefreis naik akan

mempercepat keausan pahat karena mata potong lebih banyak menggesek benda kerja yaitu pada saat mulai memotong dan selain itu permukaan benda akan lebih kasar. Dengan semakin baiknya konstruksi mesin maka mengefreis turun cenderung dipilih sebab lebih produktif dan lebih halus hasilnya. Karena pemotongan dimulai dengan ketebalan geram yang besar maka mengefreis turun tidak dianjurkan bila permukaan benda kerja terlalu keras (benda kerja hasil pengerolan dingin dengan permukaan yang terlalu keras). Mengefreis naik atau turun memang perlu dipilih dengan benar dengan memperhatikan berbagai hal seperti yang disinggung diatas termasuk analisis sistem pemotongan (kondisi benda kerja, lenturan dan cara pemegangan/pengekleman).

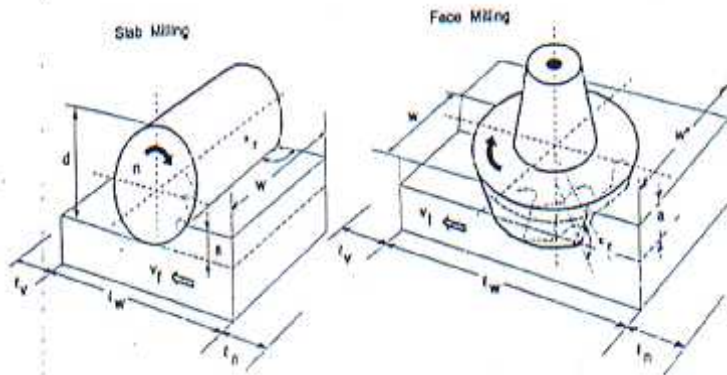


*Gambar 2.4 Contoh jenis pahat freis dan proses freis*  
 . (Sumber : S. Kalpakjian, 2009)

Pahat freis dengan diameter tertentu dipasangkan pada poros utama (spindle) mesin freis dengan perantara poros

pemegang (untuk pahat freis selubung) atau langsung melalui hubungan poros dan lubang konis (untuk pahat freis muka yang mempunyai poros konis). Seperti halnya mesin bubut, putaran poros utama dapat dipilih sesuai dengan tingkatan putaran yang tersedia pada mesin freis. Posisi sumbu poros utama mesin freis dapat horizontal maupun vertical, tergantung pada jenis mesinnya.

Elemen-elemen dasar pada proses freis dapat ditentukan dengan memperhatikan gambar 2.5 Dalam hal ini rumus yang digunakan berlaku bagi kedua cara mengefreis, mengefreis tegak atau mengefreis datar.



Gambar 2.5 Proses Freis Datar dan Freis Tegak  
 . (Sumber : S. Kalpakjian, 2009)

*Benda kerja:*  $W$  = lebar pemotongan,

$f_w$  = panjang pemotongan,

$a$  = kedalaman potong,

*Pahat freis:*  $D$  = diameter luar,

$Z$  = jumlah gigi (mata potong),

$\alpha_r$  = sudut potong utama,  $90^\circ$  untuk pahat freis selubung,

*Mesin freis*: N = putaran poros utama,

$v_f$  = kecepatan makan,

Elemen dasar proses freis adalah sebagai berikut,

$$1. \text{ Kecepatan potong } (v) = \frac{f d n}{1000} ; \text{ m/min} \quad 2.10$$

$$2. \text{ Makan pergigi } (f_z) = v_f / (z.n) ; \text{ mm/(gigi)} \quad 2.11$$

$$3. \text{ Waktu pemotongan } (t^c) = \lambda_t / v_f ; \text{ min} \quad 2.12$$

$$\text{Dimana, } \lambda_t = \lambda_v + \lambda_w + \lambda_n ; \text{ mm} \quad 2.13$$

$$\lambda_v \geq \sqrt{a(d-a)} : \text{ untuk mengfreis datar} \quad 2.13a$$

$$\lambda_v \geq 0 ; \text{ untuk mengefreis tegak} \quad 2.13b$$

$$\lambda_n \geq 0 ; \text{ untuk mengefreis datar} \quad 2.13c$$

$$\lambda_n = d/2 ; \text{ untuk mengefreis tegak} \quad 2.13d$$

$$4. \text{ Kec. penghasiian geram } = \frac{v_f a w}{1000} ; \text{ cm}^3/\text{min} \quad 2.14$$

## 2.4 Pemilihan Variabel Proses

Dalam perencanaan pemilihan proses variabel dalam proses permesinan yang perlu diperhatikan yaitu machineability dari material, bentuk ukuran, toleransi ukuran, karakteristik dari proses machining yang digunakan, ketersediaan dari mesin perkakas, aspek ekonomi pada produksi.

### 2.4.1 Kecepatan potong

Kecepatan potong dapat didefinisikan sebagai kecepatan yang bergerak melewati material, terlepas dari operasi pemesinan yang digunakan. Faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan kecepatan potong adalah:

- Bahan yang akan diproses (baja, kuningan, baja perkakas, plastik, kayu)
- Bahan pahat terbuat dari (baja karbon , baja kecepatan tinggi (HSS), karbida , keramik)
- Pertimbangan ekonomi dari pemotong (biaya untuk regrind atau pembelian baru, dibandingkan dengan jumlah bagian yang dihasilkan)

Kecepatan potong dihitung berdasarkan asumsi bahwa kondisi pemotongan optimum ada, ini meliputi:

- Metal removal rate dapat dijalankan pada kecepatan meningkat
- Kendali dan arus konstan (pendingin yang cukup dan pembilasan *chip*)
- Kekakuan dari mesin dan setup perkakas
- Kontinuitas potong dibandingkan dengan sebuah memotong terputus, seperti mesin bahan bagian persegi di mesin bubut
- Kondisi material

Kecepatan pemotongan diberikan sebagai satu set konstanta yang tersedia dari produsen bahan atau pemasok, yang sebagian besar bahan umum tersedia dalam buku referensi, atau grafik tetapi selalu akan dikenakan penyesuaian tergantung pada kondisi pemotongan. Tabel berikut memberikan kecepatan memotong untuk pemilihan bahan umum di bawah satu set kondisi. Kondisi adalah alat kehidupan satu jam, pemotongan kering (tanpa pendingin) dan pada media *feed* sehingga mereka dapat muncul menjadi tidak benar tergantung pada situasi..Kecepatan potong ini dapat berubah jika, misalnya, pendingin yang cukup tersedia atau peningkatan kelas HSS digunakan (seperti salah satu yang mencakup kobalt).

### **2.4.2 Machinability**

Tingkat *machinability* bahan mencoba untuk mengukur kemampuan suatu bahan untuk diproses melalui proses permesinan. Hal ini dinyatakan sebagai persentase atau nilai normalisasi. *American Iron and Steel Institute* (AISI) menentukan tingkat *machinability* untuk berbagai bahan dengan menjalankan tes berputar pada 180 kaki permukaan per menit (sfpm). Kemudian digunakan 160 Brinell baja B1112 peringkat *machinability* 100%. Peringkat *machinability* ditentukan dengan mengukur berat rata-rata dari kecepatan potong yang normal, selesai permukaan, dan kehidupan masing-masing alat untuk material. Perhatikan bahwa bahan dengan peringkat *machinability* kurang dari 100% akan lebih sulit untuk mesin dari B1112 dan material dengan nilai lebih dari 100% lebih mudah.

### **2.4.3 Kecepatan Putaran**

Kecepatan *spindle* adalah frekuensi rotasi poros mesin, diukur dalam revolusi per menit (RPM). Kecepatan yang dipilih adalah ditentukan oleh perhitungan mundur dari permukaan yang dikehendaki kecepatan (SFM atau m / menit) dan memasukkan diameter (dari benda kerja atau cutter). Kecepatan *spindle* yang berlebihan akan menyebabkan keausan alat prematur, kerusakan, dan dapat menyebabkan getaran alat, semua yang dapat menyebabkan kondisi yang berpotensi berbahaya. Menggunakan kecepatan *spindle* yang benar untuk bahan dan alat akan sangat meningkatkan kehidupan alat dan kualitas permukaan yang dikerjakan.



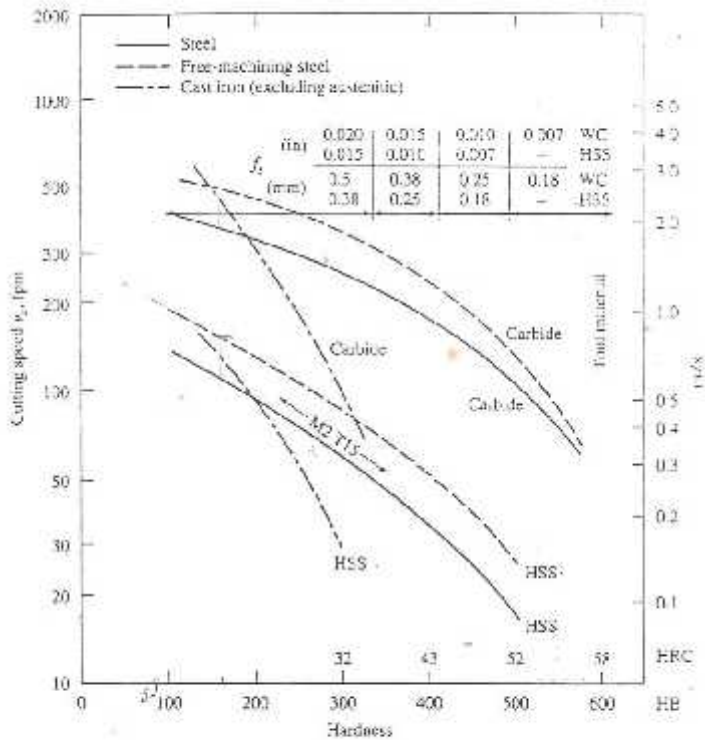
#### 2.4.4 *Feed Rate*

Tingkat Feed adalah kecepatan di mana pahat bergerak maju terhadap benda kerja. Hal ini dinyatakan dalam satuan jarak per revolusi untuk membubut dan boring (biasanya inci per IPR revolusi atau milimeter per putaran). Ini dapat dinyatakan untuk milling juga, tetapi sering dinyatakan dalam satuan jarak per waktu untuk milling (biasanya inci per menit PHT atau milimeter per menit), dengan pertimbangan berapa gigi pahat

Feedrate tergantung pada:

- Jenis alat.
- Permukaan akhir yang diinginkan.
- Daya yang tersedia di poros.
- Kekakuan dari mesin dan setup perkakas.
- Kekuatan dari benda kerja.
- Karakteristik dari bahan yang dipotong.

Ketika memutuskan apa berapa kecepatan yang akan digunakan untuk operasi pemotongan tertentu, perhitungan cukup sederhana untuk alat pemotong satu titik, karena semua pekerjaan pemotongan dilakukan pada satu titik. Dengan mesin milling, di mana alat pemotong *multi-tipped/multi-fluted* yang terlibat, maka kecepatan yang diinginkan menjadi tergantung pada jumlah gigi pada cutter, serta jumlah yang diinginkan bahan per gigi untuk memotong. Semakin besar jumlah pemotongan tepi, semakin tinggi tingkat feed diperbolehkan.



**Figure 15-45** Typical speeds and feeds for roughing ferrous materials with a 3.8-mm (0.150-in) depth of cut. Increase speed by 20% for throw-away carbide inserts; reduce speed by 20–30% for austenitic stainless steels and for tool steels containing over 1% carbon.

*Gambar 2.6 Grafik pemilihan gerak makan dan kecepatan potong*  
(Sumber : John A. Schey, 2000)

## 2.5 Komponen Biaya Produksi

Bagi suatu industri permesinan adalah mutlak untuk mengetahui berapa biaya sebenarnya dalam pembuatan suatu produk/komponen mesin. Dengan mengetahui harga jual produk atau harga penawaran kontrak pembuatan sejumlah

produk (*subcontract parts*) maka dapat dibayangkan keuntungan yang akan diperoleh. Dalam kenyataan, penghitungan biaya pembuatan tidak selalu mudah, tergantung pada ukuran perusahaan, ragam dan kompleksitas produk yang ditanganinya dan struktur penghitungan biaya (akuntansi/*cost accounting*) yang dianut oleh perusahaan bersangkutan. Biaya pembuatan dapat ditentukan dari beberapa komponen biaya yang membentuknya. Berbagai bentuk struktur komponen-komponen biaya telah diajukan orang, masing-masing dengan cara pendekatan yang berbeda dengan anggapan dan penyederhanaan yang berlainan disesuaikan dengan kondisi atau ukuran perusahaan, guna mempermudah penghitungan biaya. Terlepas dari perbedaan yang ada tersebut, dapat dikatakan bahwa semakin teliti penentuan biaya pembuatan maka keuntungan yang bakal diperoleh akan semakin pasti atau perusahaan semakin berani untuk mengajukan penawaran yang serendah mungkin. Hal ini dapat dimaklumi, karena perusahaan dapat mengetahui dan berusaha untuk menekan bilamana mungkin pada salah satu atau beberapa komponen biaya pembuatan.

Dalam paragraph ini akan dibahas salah satu cara penjabaran struktur biaya pembuatan sehingga menjadi beberapa komponen biaya yang sesuai untuk digunakan. Dengan demikian dari pemahaman atas struktur biaya ini diharapkan dapat menjadi bekal yang cukup mantap untuk dipraktekkan, dikembangkan atau disesuaikan dengan masalah sesungguhnya di industri permesinan.

#### ***a) Biaya Material***

Biaya suatu produk ditentukan oleh biaya material (bahan dasar) dan biaya produksi yang mungkin terdiri atas

penggabungan beberapa langkah proses pembuatan/permesinan sebagaimana rumus berikut :

$$Cu = CM + Cplan + Cp \quad 2.15$$

Dimana:

Cu : Biaya total (Rp/produk)

CM : Biaya Material (Rp/produk)

*Cplan* : Biaya persiapan/perencanaan produksi; dapat pula dimasukkan biaya perancangan produk (bila produk tersebut dirancang sendiri)

Cp : Biaya salah satu proses produksi (Rp/produk)

Biaya material terdiri atas harga pembelian dan biaya tak langsung yang merupakan biaya khusus yang dibebankan bagi material yang berkaitan dengan penyimpanan dan persiapan. Bagian gudang membebani perusahaan dengan adanya ruang/gedung, mesin-mesin pemotongan, pengangkutan dengan perhitungan atas bunga, pajak dan asuransi, pemeliharaan, serta karyawan yang menangani bagian pergudangan. Kesemuanya itu dibagi dan dibebankan bagi masing-masing material yang ada di gudang sesuai dengan luas lantai yang diperlukan selama penyimpanan.

$$CM = CMO + CMi \quad 2.16$$

Dimana :

CM : Biaya material (Rp/produk)

CMO : Harga pembelian (Rp/produk)

CMi : Biaya tak langsung (Rp/Produk)

### ***b) Biaya Proses Produksi***

Biaya proses produksi dapat diperinci menjadi biaya penyiapan dan peralatan, biaya permesinan, biaya listrik, biaya pahat, yaitu :

$$C_p = C_l + C_o + C_f \quad 2.17$$

Dimana :

- $C_p$  : Biaya proses produksi (Rp/produk)
- $C_f$  : Biaya Mesin dan Bangunan (Rp/produk)
- $C_o$  : Biaya Operator (Rp/produk)
- $C_l$  : Biaya Listrik (Rp/produk)

Untuk biaya mesin dan bangunan, dapat ditentukan berdasarkan biaya awal investasinya, perkiraan umur ekonomisnya, dan akumulasi bunga, pajak, asuransi. Maka, digunakan persamaan bunga sebagai berikut :

$$C = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad 2.18$$

Dimana :

- $P$  : Biaya investasi awal (Rp)
- $i$  : Bunga (%)
- $n$  : Perkiraan umur (Tahun)

Biaya Operator dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_o = \frac{u \cdot h \cdot b}{(2 \cdot a \cdot \times b \cdot j \cdot c \cdot \times 6 \cdot m)} \times T \quad w \quad p \quad 2.19$$

### ***c) Biaya Pahat***

Sebelum mencari besarnya biaya pahat perlu dicari terlebih dahulu besarnya perkiraan umur pahat yang digunakan. Besarnya perkiraan umur pahat dapat diperkirakan dengan:

$$v \cdot T^n = C \quad 2.20$$

Dimana :

T = Umur Pahat ( min )

v = Kecepatan Potong ( m / min )

C = Konstanta (harga umur pahat (T) = 1 menit)

Dengan nilai n diperoleh dari tabel 21.3 pada buku kalpakjian. Sehingga, dapat dihitung biaya pahat dengan persamaan di bawah ini :

$$C_e = c_e \cdot t_c / T \quad 2.21$$

Dimana :

$C_e$  : Biaya pahat (Rp/produk)

$c_e$  : Biaya pahat permata potong

$t_c/T$  : Sebagian umur pahat (yang berkurang akibat pemakaiannya setiap menghasilkan satu produk) merupakan rasio antara waktu pemotongan efektif  $T_c$  dengan umur pahat T (mata potong/produk).

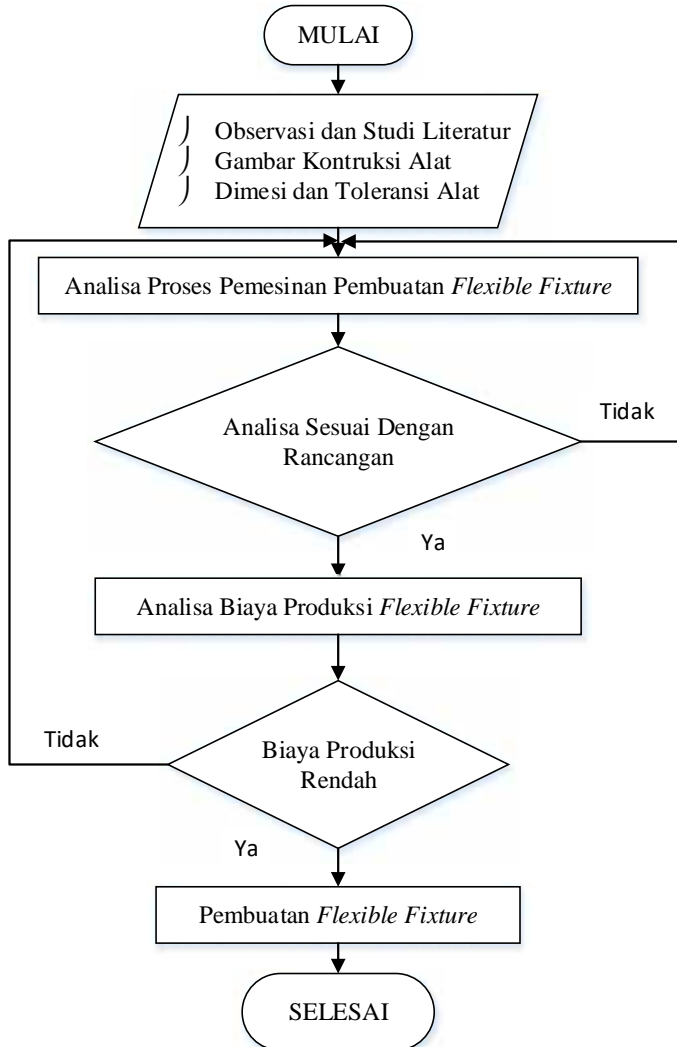
## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini akan dibahas secara detail mengenai gambaran secara umum proses analisa yang dilakukan dari proses pembuatan dan penyelesaian penelitian, digambarkan dalam diagram alir di bawah ini :

#### **3.1 Diagram Alir Penelitian**

Adapun diagram alir dari penelitian yang akan dilakukan untuk analisa proses pemesinan dan biaya pembuatan *flexible fixture* akan dijelaskan pada gambar 3.1 di bawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Berdasarkan Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian di atas dapat dijelaskan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Observasi dan Studi Literatur

Pada tahap ini Observasi atau studi lapangan ini dilakukan dengan survei langsung. Hal ini dilakukan dalam rangka pencarian data yang nantinya dapat menunjang penyelesaian analisa proses pemesinan dan biaya pembuatan *Flexible fixture*, misalnya yaitu mendapatkan gambar konstruksi *flexible fixture* beserta dimensi dan toleransinya.

2. Analisa Proses Pemesinan Pembuatan *Flexible Fixture*

Untuk proses pembuatan alat ini yang dianalisa hanyalah sebagian besar proses - proses pemesinan yang dikerjakan dan difokuskan pada pembuatan komponen atau part dari *flexible fixture*, misalnya yaitu pembubutan dari poros dan proses milling dari Worms gear.

3. Analisa Biaya Produksi *Flexible Fixture*

Analisa biaya ini nantinya akan diperhitungkan berdasarkan proses pemesinan apa saja yang akan digunakan pada proses pembuatan *flexible fixture* ini. Sehingga dapat diefisienkan proses apa yang akan digunakan, beserta tools yang akan digunakan dan dibandingkan dengan *flexible fixture* generasi sebelumnya.

4. Biaya Produksi yang Rendah

Pada tahap ini *flexible fixture* akan dibandingkan dengan *flexible fixture* lain dengan sistem yang berbeda dan generasi sebelumnya, serta

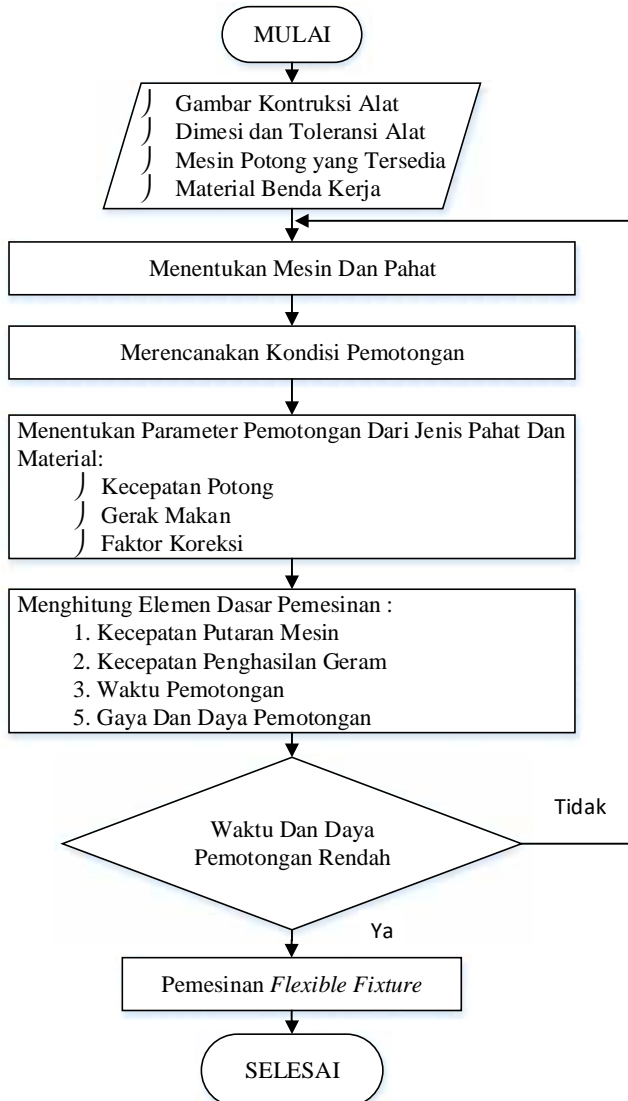
akan didapatkan *flexible fixture* yang nantinya dapat bersaing di pasaran.

#### 5. Pembuatan *Flexible Fixture*

Dari hasil perhitungan dan perencanaan dapat diketahui spesifikasi dari bahan maupun dimensi dari komponen yang akan diperlukan untuk pembuatan *flexible fixture*. Dari komponen yang diperoleh kemudian dilakukan perakitan untuk membuat alat yang sesuai dengan desain yang telah dibuat dan perencanaan proses pemesinan.

### **3.2 Diagram Alir Proses Pemesinan**

Adapun diagram alir dari Proses Pemesinan yang akan dilakukan untuk analisa proses pemesinan dan biaya pembuatan *flexible fixture* akan dijelaskan pada Gambar 3.2 di bawah ini :



Gambar 3.2 Diagram Alir Analisa Proses Pemesinan

Berdasarkan Gambar 3.2 Diagram Alir Analisa Proses Pemesinan di atas dapat dijelaskan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

#### 1. Input Data

Dari gambar konstruksi yang telah tersedia dapat ditentukan mesin yang akan digunakan dan material yang telah ditentukan dari proses desain yang telah dilakukan oleh Rismu Landung Gumilang, 2017. Sehingga, dapat ditentukan juga mesin dan pahat yang digunakan dalam proses pemesinan.

#### 2. Merencanakan Kondisi Pemotongan

Merencanakan kondisi pemotongan ini meliputi tahapan – tahapan bagian yang akan dikerjakan terlebih dahulu, agar didapatkan jalur pengerjaan yang efisien dan tidak membuang – buang waktu dalam pengerjaannya.

#### 3. Menentukan Parameter Pemesinan

Menentukan parameter pemesinan ini yang berdasarkan properties pahat dan jenis material, meliputi kecepatan putaran mesin, gerak makan, dan faktor koreksi selama proses pemesinan. Dimana parameter ini nantinya akan berpengaruh ke dalam elemen dasar pemesinan, seperti kecepatan putaran mesin, gaya pemotongan, waktu pemesinan dan daya pemesinan.

#### 4. Menghitung Elemen Dasar Pemesinan

Menghitung elemen dasar ini bertujuan agar dapat diketahui berapa daya dan waktu pemesinan yang didapatkan setelah dilakukan perencanaan proses pemesinan dan penentuan parameter pemesinan. Ketika daya pemotongan dan waktu

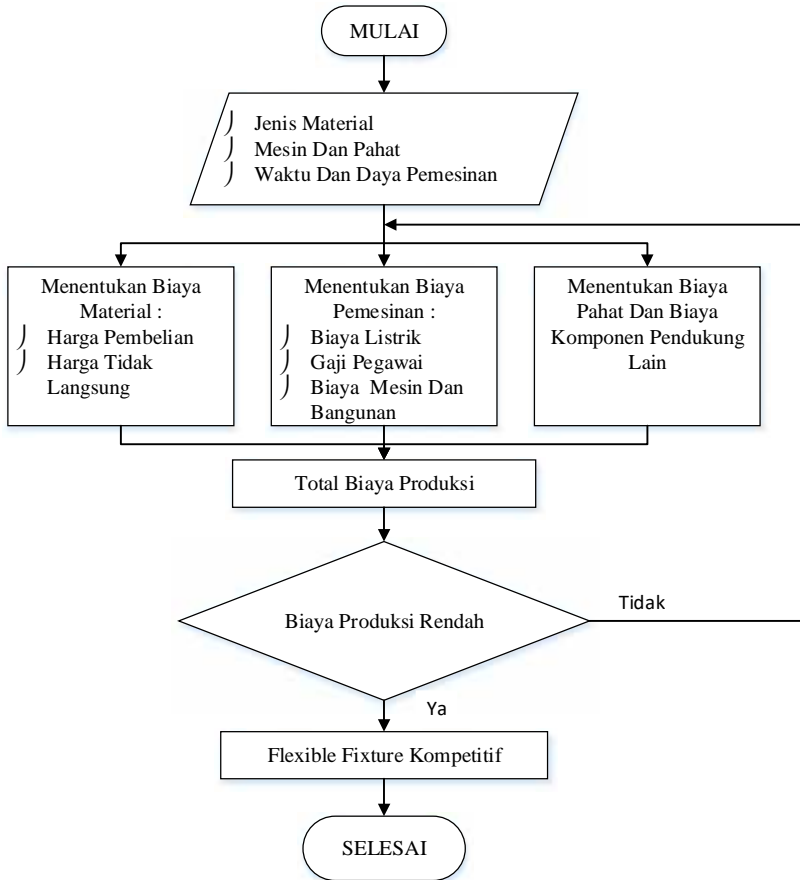
pemotongan tinggi maka dilakukan proses perencanaan pemesinan kembali. Daya potong yg rendah akan berdampak terhadap biaya listrik, sehingga akan mempengaruhi biaya pembuatan alat.

#### 5. Pembuatan *Flexible Fixture*

Ketika sudah tercapai perhitungan daya dan waktu pemesinan yang rendah, proses pembuatan *flexible fixture* ini dapat dilaksanakan.

### **3.3 Diagram Alir Analisa Biaya Produksi**

Adapun diagram alir dari Analisa Biaya Produksi yang akan dilakukan untuk analisa proses pemesinan dan biaya pembuatan *flexible fixture* akan dijelaskan pada Gambar 3.3 di bawah ini :



*Gambar 3.3 Flowchart Analisa Biaya*

Berdasarkan Gambar 3.3 Diagram Alir Flowchart Analisa Biaya di atas dapat dijelaskan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Input data

Pada tahap ini input data meliputi jenis material, mesin yang digunakan, pahat yang digunakan, waktu

dan daya proses pemesinan. Dimana, penentuan jenis material merupakan hasil dari proses perencanaan yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya, serta waktu dan daya pemesinan di dapatkan setelah dilakukan perhitungan elemen dasar pemesinan.

## 2. Menentukan Besar Biaya

Pada tahap ini dilakukan penentuan untuk besarnya biaya yang akan dikeluarkan untuk proses pembuatan *flexible fixture*. Biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan, seperti biaya material, biaya pemesinan, dan biaya pahat yang digunakan. Dimana, untuk pembelian material terdapat biaya tak langsung yang ditentukan.

## 3. Total Biaya Produksi

Merupakan biaya total yang dikeluarkan untuk memproduksi komponen alat *flexible fixture*. Diharapkan biaya total yang dikeluarkan rendah dan mampu bersaing dengan harga pada pasaran umumnya.

## 4. Hasil Kompetitif di Pasaran

Pada tahap ini diharapkan harga jual dari *flexible fixture* ini dapat bersaing di pasaran dan tidak terlampaui jauh dari harga yang direncanakan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB IV**

### **ANALISA PROSES PEMESINAN**

Pada bab ini akan dibahas tentang analisa proses pemesinan yang meliputi perencanaan urutan pemesinan, perhitungan elemen dasar pemesinan sampai didapatkan waktu dan daya pemesinan yang sesuai dengan teori dan metodologi yang tercantum pada bab sebelumnya.

#### **4.1 Rancangan Proses Pengerjaan**

Pada dasarnya setiap proses pemesinan seharusnya direncanakan dengan baik. Berdasarkan gambar teknik suatu komponen dapat direncanakan dan dirancang langkah pengerjaannya dengan urutan yang paling baik. Bila jenis proses dan jenis mesin perkakas telah ditetapkan, maka tindakan selanjutnya adalah memilih jenis perkakas potong (cutting tool) yang sesuai dengan urutan pengerjaan. Kondisi pemotongan ( $v$ ,  $f$ ,  $a$ ) ditentukan untuk memenuhi tujuan perencanaan, yaitu menghasilkan komponen yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan pada gambar teknik.

Setelah hal-hal diatas telah diketahui maka proses pengerjaan dapat dilakukan sesuai dengan pengerjaan yang telah ditetapkan. Setiap akan memulai pengerjaan pada proses pemesinan selalu diawali dengan langkah-langkah persiapan pemesinan yang diantaranya terdiri dari :

1. Mempersiapkan gambar tiap komponen penyusun.
2. Mempersiapkan mesin-mesin perkakas.
3. Mempersiapkan material benda kerja (mild steel)
4. Mempersiapkan pahat potong (Facemill, Karbida, HSS)
5. Mempersiapkan alat bantu pencekaman benda kerja

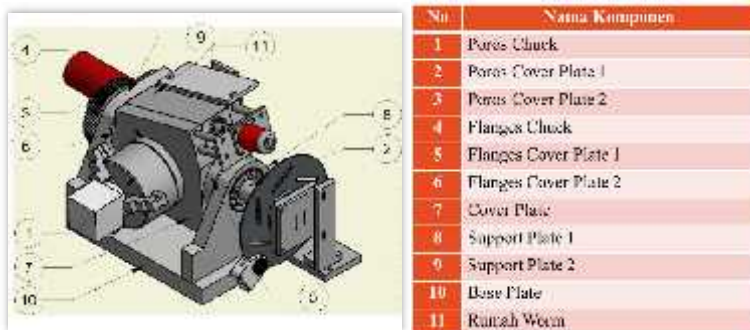
6. Persiapan proses pemotongan (Penentuan parameter pemotongan :  $a, f, v$ )

#### 4.2 Pembuatan *Flexible Fixture*

Untuk proses pembuatan *flexible fixture* ini memerlukan beberapa komponen diantara lain adalah sebagai berikut :

- Motor DC berfungsi sebagai penggerak dari chuck, yang dibutuhkan 2 ukuran yang berbeda untuk bergerak  $360^\circ$  dan  $90^\circ$ .
- Gear Set berfungsi sebagai transmisi motor servo ke chuck dan cover plate.
- Base Plate sebagai landasan dasar dari *flexible fixture*, berfungsi menghubungkan *flexible fixture* dan mesin perkakas.
- Support Plate sebagai tempat perputaran poros  $90^\circ$ .
- Poros Chuck dan yang berfungsi sebagai transmisi daya motor.
- Cover Plate yang berfungsi untuk tempat Worm Gear dan Bevel Gear.
- Perangkat Elektronik yang berfungsi untuk mengatur gerak dari *flexible fixture*, yang dikontrol oleh Arduino Mega.
- Bearing yang menggunakan linear ball bearing.
- Chuck, alat pencekam benda kerja.
- Baut dan mur.

Komponen utama yang akan dibuat dan dianalisa pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini :



Gambar 4.1 Komponen Utama Flexible Fixture

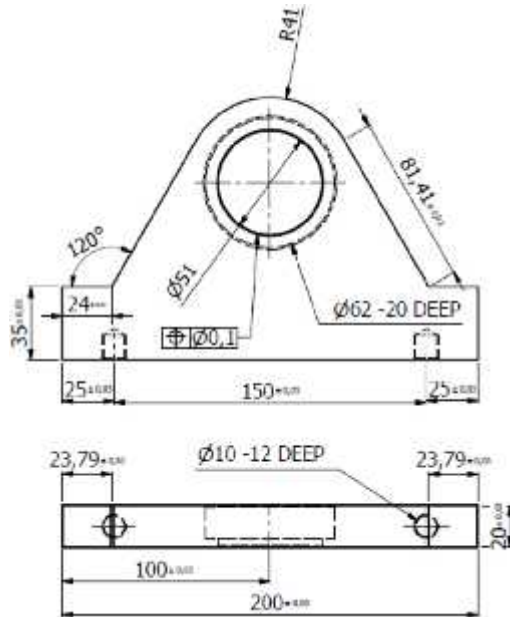
Sedangkan, untuk komponen pendukung lain yaitu komponen yang merupakan barang jadi dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komponen Pendukung Flexible Fixture

No.	Nama Komponen	No.	Nama Komponen
1	Coupling Motor Ø8mm	10	Mur Baut
2	Bearing Ø30mm	11	Cakram Rem
3	Bearing Ø10mm	12	Pasak 5x5mm
4	Worm	13	Arduino Mega
5	Worm Gear	14	Komponen sensor
6	Bevel Gear Ø100mm	15	Panel Box Arduino
7	Motor DC	16	Potensio Meter
8	Chuck Ø4inch	17	Power Supply
9	Dudukan Sensor	18	Assembly, Dll

## 4.2.1 Proses Permesinan untuk Support Plate 1

### 4.2.1.1 Dimensi dan Ukuran Benda



Gambar 4.2 Support Plate 1

- Material : JIS S45C
- Ukuran material yang tersedia : Tebal 25 mm
- Tensile Strength : 58 kg/mm<sup>2</sup>.
- Yield Strength : 35 kg/mm<sup>2</sup>.
- Kekerasan : 55 HRC (229 HB).

### 4.2.1.2 Mesin Perkakas dan Pahat yang Digunakan

) Mesin Bubut :

- Type : CZ-1340G/1
- Daya : 2 HP

- Putaran spindel : 70, 120, 190, 300, 460, 750, 1250, 2000 rpm
- Pahat yang digunakan : HSS (67 HRC)

) Mesin Milling :

- Type : RF-31
- Daya : 2 HP
- Putaran spindel : 150, 225, 255, 350, 400, 500, 650, 850, 1150, 1200, 1500, 1600, 2300, 3000 rpm
- Pahat yang digunakan : facemill HSS 6mm, 4 gigi ; facemill HSS 40mm, 4 gigi.

) Mesin Drill

- Type : KTF-22
- Daya : 2 HP
- Putaran spindel : 155, 250, 320, 450, 515, 640, 900, 1200, 1550, 1700, 2490, 2850, 4200 rpm
- Pahat yang digunakan : HSS *Twice Drill* ;  $K_r = 70^\circ$

#### 4.2.1.3 Menentukan Parameter dan Elemen Dasar Pemesinan

1) *Proses mengurangi ketebalan (25 mm menjadi 21mm)*

Pada proses mengurangi ketebalan menggunakan mesin milling dengan pahat carbida ( $\text{Ø}50 \text{ mm}$ ; 4 flutes) ini perlu adanya parameter yang harus ditentukan terlebih dahulu, misalnya gerak makan, kecepatan potong dan kedalaman potong. Sehingga nantinya dapat ditentukan seberapa besar waktu dan daya pemesinan yang akan didapatkan. Adapun parameter yang ditentukan adalah sebagai berikut :

(a) Gerak makan ( $f$ )

Besarnya gerak makan pada mesin dapat dicari dengan berpedoman pada penjelasan dari tabel yang

terdapat pada referensi [3], untuk proses milling dengan pahat Carbida diketahui dari grafik 16-14 diperoleh nilai  $f_s = 0,5$  mm/rev dan besarnya  $Z_f$  didapatkan dari tabel 16-5 diketahui  $Z_f = 0,8$ . Sehingga, gerak makan ( $f$ ) yang direkomendasikan yaitu :

$$\begin{aligned} f &= f_s \cdot Z_f \\ f &= 0,5 \times 0,8 \\ f &= 0,4 \text{ mm/rev} \end{aligned}$$

**(b) Kec. Potong ( $v$ ) dan kec. putaran mesin ( $n$ )**

Dari referensi [3] di lampiran 1, grafik 16-14 dengan material JIS S45C; HB 229 diketahui  $v_s = 1,7$  m/s dan dari tabel 16-5 diketahui  $Z_v = 1$ . Sehingga, kecepatan potong yaitu :

$$\begin{aligned} v &= v_s \cdot Z_v \\ v &= 1,7 \times 1 \\ v &= 1,7 \text{ m/s} = 102 \text{ m/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui besarnya nilai kecepatan potong, nilai dari putaran mesin dapat dicari dengan mensubstitusi nilai kecepatan putaran potong kedalam persamaan di bawah ini, maka nilai putaran poros utama ( $n$ ) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} v &= X \frac{f d n}{1000} \\ n &= X \frac{v \cdot 1000}{f d} \\ n &= X \frac{102 \cdot 1000}{f \cdot 50} \\ n &= 649 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Jadi, kecepatan putaran mesin adalah sebesar 650 rpm sesuai dengan data (n) pada mesin yang digunakan dan kecepatan potong aktual dari proses milling ini adalah:

$$v = X \frac{f \cdot 50 \cdot 650}{1000}$$

$$v = 102,1 \text{ m/min}$$

**(c) Kecepatan makan ( $v_f$ )**

Dengan diperoleh nilai kecepatan putaran mesin, kecepatan makan dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$v_f = f \cdot n \cdot z_m$$

$$v_f = 0,4 \cdot 650 \cdot 4$$

$$v_f = 1040 \text{ mm/min}$$

**(d) Waktu Pemesinan ( $t_c$ )**

Lama waktu yang diperlukan untuk proses pemotongan dengan kedalaman potong 1 mm ( $i=4$ ) dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$t_c = X \frac{l_r \cdot i}{v_f}$$

Dimana :

$$\lambda_t = \lambda_v + \lambda_w + \lambda_n ; \text{ mm,}$$

$$\lambda_n = 2 \text{ mm; } \lambda_w = 200 \text{ mm; } \lambda_v = 2 \text{ mm}$$

Maka :

$$t_c = X \frac{204 \cdot 4}{1040}$$

$$t_c = 0,39 \text{ menit}$$

Waktu produktif pemotongan untuk mengurangi ketebalan total 4 mm adalah 0,39 menit.

(e) Kecepatan penghasilan geram ( $v_t$ )

Kecepatan penghasilan geram dari proses milling ini adalah sebagai berikut :

$$v_t = 1000 \cdot f \cdot v \cdot a$$

$$v_t = 1000 \times 0,4 \times 102,1 \times 4$$

$$v_t = 1733,3 \text{ mm}^3/\text{s}$$

## (f) Gaya dan Daya pemotongan (W)

Untuk mencari besarnya daya pemotongan (W) perlu dicari gaya potong ( $P_c$ ). Menurut referensi [5], untuk mencari gaya potong harus ditentukan *Spesific Cutting Force* ( $K_c$ ) dengan persamaan sebagai berikut :

$$K = \frac{(1m)^z}{h^z} \cdot K_{1.1} \cdot K \cdot K \cdot K \cdot K$$

Dimana :

$h$  (tebal geram)  $f$

$z$  = konstanta material Tabel 13.1 [5]

$K_{c1.1}$  = gaya potong spesifik material pada  $h = b = 1$

$$K_\gamma = 1 - \frac{\gamma_t - \gamma_0}{1}$$

$K_v = 1,0$  untuk carbida  
 $1,2$  untuk HSS

$$K_{ver} = 1,3$$

$$K_{st} = 1,2$$

Maka,

$$K = \frac{(1m)^{0,1}}{0,4^{0,1}} \cdot 2770 \cdot 0,94 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1$$

$$K = 4618 \text{ N/mm}^2$$



Setelah didapatkan *Spesific Cutting Force (Kc)* dengan lebar geram ( $b$ ) yang tepotong dari referensi [5]:

$$b \times \frac{a}{\sin kr}; kr = 90^\circ$$

$$b \times \frac{2}{\sin 90^\circ} \times 2mm$$

Maka, dapat dihitung besar gaya potong sebagai berikut:

$$Pc = b \cdot h \cdot Kc$$

$$Pc = 2 \cdot 0,4 \cdot 4618$$

$$Pc = 3694 N$$

Sehingga, dengan jumlah mata potong yang kontak terhadap benda kerja ( $z_m$ ) adalah 1 buah dan efisiensi ( ) dari mesin diasumsikan sebesar 0,75, maka dapat dihitung daya pemotongan per-gigi dengan persamaan sebagai berikut :

$$W \times \frac{F_c \cdot v \cdot z_m}{60 \cdot y}$$

$$W \times \frac{3694 \times 102 \times 1}{60 \times 0,75}$$

$$W = 8373 \text{ Watt}$$

## 2) Proses pembuatan lubang ( $\varnothing 5 \text{ mm}$ )

Pada proses pembuatan lubang ini perlu adanya parameter yang harus ditentukan terlebih dahulu, seperti gerak makan, kecepatan potong dan kedalaman potong. Sehingga dapat ditentukan besar waktu dan daya pemesinan. Adapun parameter yang ditentukan adalah sebagai berikut :

(a) Gerak makan ( $f$ )

Besarnya gerak makan pada mesin dapat dicari dengan berpedoman pada penjelasan dari tabel yang terdapat pada referensi [3], untuk proses *drilling* dengan pahat HSS tipe *twist drill* ( $\alpha = 120^\circ$ ) diketahui dari grafik 16-14 diperoleh nilai  $f_s = 0,38$  mm/rev dan besarnya  $Z_f$  didapatkan dari tabel 16-5 diketahui  $Z_f = 1$ . Sehingga, gerak makan ( $f$ ) yang direkomendasikan yaitu :

$$\begin{aligned} f &= f_s \cdot Z_f \\ f &= 0,38 \times 1 \\ f &= 0,38 \text{ mm/rev} \end{aligned}$$

**(b) Kec. Potong ( $v$ ) dan kec. putaran mesin ( $n$ )**

Dari referensi [3], grafik 16-14 di lampiran 1 dengan material baja JIS S45C; 229 HB diketahui  $v_s = 0,45$  m/s dan dari tabel 16-5 diketahui  $Z_v = 1$ . Sehingga, kecepatan potong yaitu :

$$\begin{aligned} v &= v_s \cdot Z_v \\ v &= 0,45 \times 1 \\ v &= 0,45 \text{ m/s} = 18,9 \text{ m/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui besarnya nilai kecepatan potong, nilai dari putaran mesin dapat dicari dengan mensubstitusi nilai kecepatan putaran potong kedalam persamaan di bawah ini, maka nilai putaran poros utama ( $n$ ) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} v &= n \frac{f d}{1000} \\ n &= \frac{v \cdot 1000}{f d} \\ n &= \frac{18,9 \cdot 1000}{0,38 \cdot 5} = 1203 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Jadi, kecepatan putaran mesin yang digunakan adalah 1200 rpm sesuai dengan data pada mesin yang digunakan dan kecepatan potong aktual dari proses drilling ini adalah :

$$v = \frac{f \cdot 1200}{1000}$$

$$v = 18,85 \text{ m/min}$$

(c) Kecepatan makan ( $v_f$ )

Dengan diperolehnya nilai kecepatan putaran mesin, kecepatan makan dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$v_f = f \cdot n \cdot z_m$$

$$v_f = 0,38 \cdot 1200 \cdot 2$$

$$v_f = 456 \text{ mm/min}$$

(d) Waktu Pemesinan ( $t_c$ )

Lama waktu yang diperlukan untuk proses pemotongan dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_i}{v_f}$$

Dimana :

$$\lambda_t = \lambda_v + \lambda_w + \lambda_n ; \text{ mm,}$$

$$\lambda_n = \frac{d/2}{\tan kr} \times \frac{5/2}{\tan 70} \times 0,91 \text{ mm}$$

$$\lambda_w = 12 \text{ mm;}$$

$$\lambda_v = 2 \text{ mm}$$

Maka,

$$t_c \times \frac{14,91 \times 1}{456}$$

$$t_c = 0,04 \text{ menit}$$

Waktu pemotongan untuk satu lubang diameter 5 mm dengan tebal 12 mm adalah 0,04 menit, waktu ini merupakan waktu potong teoritis yang tidak melibatkan waktu penarikan geram (*drilling with dwell*). Dimana, jika dilibatkan waktu penarikan geram dengan panjang penarikan tiap pemotongan ( $\lambda_w$ ) = 5 mm, dan terjadi 3 kali proses pemotongan, yaitu sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} \lambda_v = 2 \text{ mm} & \lambda_{w1} = 5 \text{ mm} & \lambda_{w3} = \\ 12 \text{ mm} & \lambda_o = 2 \text{ mm} & \\ \lambda_n = 0,91 \text{ mm} & \lambda_{w2} = 10 \text{ mm} & v_f = 456 \\ \text{mm/min} & & \end{array}$$

➤ Waktu Pemotongan  $\lambda_{w1}$

$$\lambda_{t1} = \lambda_v + \lambda_n + \lambda_{w1}$$

$$\lambda_{t1} = 7,91 \text{ mm}$$

Maka,

$$t_c \times \frac{7,91 \times 1}{456}$$

$$t_c = 0,02 \text{ menit}$$

➤ Waktu Pemotongan  $\lambda_{w2}$

$$\lambda_{t2} = \lambda_v + \lambda_n + \lambda_{w2}$$

$$\lambda_{t2} = 12,91 \text{ mm}$$

Maka,

$$t_c \times \frac{12,91 \times 1}{456}$$

$$t_c = 0,03 \text{ menit}$$

➤ Waktu Pemotongan  $\lambda_{w3}$

$$\lambda_{t3} = \lambda_v + \lambda_n + \lambda_{w3} + \lambda_o$$

$$\lambda_{t3} = 16,91 \text{ mm}$$

Maka,

$$t_c \times \frac{16,91 \times 1}{456}$$

$$t_c = 0,05 \text{ menit}$$

Sehingga, waktu pemotongannya adalah 0,1 menit untuk satu lubang diameter 5 mm.

(e) Kecepatan penghasiian geram ( $v_t$ )

Untuk mencari kecepatan penghasiian geram harus diketahui besar kedalaman potong pada proses drilling, yaitu :

$$a \times \frac{d}{2} \times \frac{5}{2} \times 2,5 \text{ mm}$$

Maka, kecepatan penghasiian geram dari proses drilling ini adalah sebagai berikut :

$$v_t = 1000 \cdot f \cdot v \cdot a$$

$$v_t = 1000 \times 0,38 \times 18,85 \times 2,5$$

$$v_t = 299 \text{ mm}^3/\text{s}$$

(f) Gaya dan Daya pemotongan (W)

Sebelum mencari besarnya daya pemotongan (W) perlu dicari terlebih dahulu besarnya gaya potong ( $P_c$ ), untuk menentukan gaya potong harus ditentukan dulu gaya potong spesifik ( $k_c$ ). Besarnya gaya potong spesifik

( $k_c$ ) material baja JIS S45C dengan ketebalan geram ( $h$ ) = 0,1 mm, dapat dilihat pada pada Tabel 13.1 referensi [5]. Didapatkan,  $K_c$  sebesar 3975 N/mm<sup>2</sup>. Maka, didapatkan besarnya gaya potong ( $P_c$ ) adalah :

$$P_c = 1,2 \cdot A \cdot K_c \cdot C$$

Dimana :

$$C = 1,3 \text{ pada } 10-30 \text{ m/min}$$

$$1,1 \text{ pada } 31-80 \text{ m/min}$$

$$A \times \frac{d \cdot f}{4} \times \frac{5 \times 0,38}{4} \times 0,475 \text{ mm}^2$$

Maka,

$$P_c = 1,2 \times 0,475 \times 3975 \times 1,3$$

$$P_c = 2945 \text{ N}$$

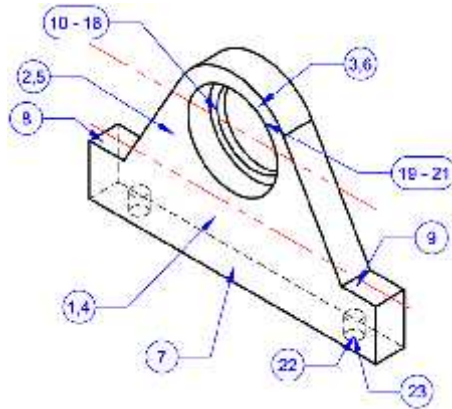
Setelah diketahui besarnya gaya potong dan dengan efisiensi dari mesin diasumsikan sebesar 0,75, maka besarnya daya potong ( $W$ ) dapat dicari berdasarkan referensi [2], dengan persamaan:

$$W \times \frac{P_c \cdot v \cdot z}{2 \cdot 60 \cdot y}$$

$$W \times \frac{2945 \times 18,9 \times 2}{2 \times 60 \times 0,75}$$

$$W \times 1237 \text{ Watt}$$

Sehingga, didapatkan hasil perhitungan dari proses pemesinan komponen *Support Plate 1* selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.2 untuk parameter pemotongan dan Tabel 4.3 untuk elemen dasar pemesinan, berdasarkan urutan pemesinan pada Gambar 4.3 di bawah ini :

Gambar 4.3 Urutan Pemesinan *Support Plate 1*Tabel 4.2 Parameter Pemotongan *Support Plate 1*

No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf (m/s)	vs (m/s)	Zv
<b>A. Milling</b>															
1	Permukaan 1	2	2	50	50	50	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
2	Permukaan 2	2	2	50	50	50	4	134	2	2	138	0,5	0,8	1,7	1
3	Permukaan 3	2	2	50	50	50	4	80	2	2	84	0,5	0,8	1,7	1
4	Finishing 1	2	0,5	50	50	50	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
5	Finishing 2	2	0,5	50	50	50	4	134	2	2	138	0,5	0,8	1,7	1
6	Finishing 3	2	0,5	50	50	50	4	80	2	2	84	0,5	0,8	1,7	1
7	Perm Samping 1	1	0,5	20	20	20	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
8	Perm Samping 2	2	0,5	20	20	20	4	25	2	2	29	0,5	0,8	1,7	1
9	Perm Samping 3	2	0,5	20	20	20	4	35	2	2	39	0,5	0,8	1,7	1
<b>B. Bubut</b>															
10	Center Drilling	1	2,5	5	5	5	2	20	2,046	2	24,05	0,38	1	0,45	0,7
11	Drilling Out	1	2,5	10	5	7,5	2	20	4,092	2	26,09	0,38	1	0,45	0,7
12	Turning	1	4	10	18	14	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
13	Turning	1	4	18	26	22	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
14	Turning	1	4	26	34	30	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
15	Turning	1	4	34	42	38	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
16	Turning	1	3	42	48	45	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
17	Finishing Turn	1	0,5	48	49	48,5	1	20	2	2	24	0,38	0,5	0,45	1,3
18	Finishing Turn	1	0,5	49	50	49,5	1	20	2	2	24	0,38	0,5	0,45	1,3
19	Turning	1	4	50	58	54	1	15	2	2	19	0,38	1	0,45	1
20	Turning	1	1,5	58	61	59,5	1	15	2	2	19	0,38	1	0,45	1
21	Finishing Turn	1	0,5	61	62	61,5	1	15	2	2	19	0,38	0,5	0,45	1,3
<b>C. Drilling</b>															
22	Center Drilling	2	2,5	5	5	5	2	12	2,046	2	16,05	0,38	1	0,45	0,7
23	Drilling	2	2,5	10	5	7,5	2	12	4,092	2	18,09	0,38	1	0,45	0,7

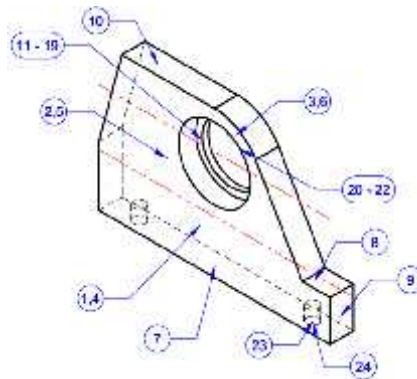
Tabel 4.3 Elemen Dasar Pemesinan *Support Plate 1*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan												
		f (mm/ rev)	v (m/ min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc I,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>r</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)
<b>A. Milling</b>														
1	Permukaan 1	0,4	102	649,1	650	1040	1733,33	0,39	2770	0,40	0,94	0,75	8374	3694
2	Permukaan 2	0,4	102	649,1	650	1040	1733,33	0,27	2770	0,40	0,94	0,75	8374	3694
3	Permukaan 3	0,4	102	649,1	650	1040	1733,33	0,16	2770	0,40	0,94	0,75	8374	3694
4	Finishing 1	0,4	102	649,1	650	1040	433,333	0,39	2770	0,40	0,94	0,75	2093	923,6
5	Finishing 2	0,4	102	649,1	650	1040	433,333	0,27	2770	0,40	0,94	0,75	2093	923,6
6	Finishing 3	0,4	102	649,1	650	1040	433,333	0,16	2770	0,40	0,94	0,75	2093	923,6
7	Perm Samping 1	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,08	2770	0,40	0,94	0,75	2093	923,6
8	Perm Samping 2	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,02	2770	0,40	0,94	0,75	2093	923,6
9	Perm Samping 3	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,03	2770	0,40	0,94	0,75	2093	923,6
<b>B. Bubut</b>														
1	Center Drilling	0,38	18,9	1203	1250	475	311	0,051	3975	0,11	1	0,75	1237	2945
2	Drilling Out	0,38	18,9	801,8	1250	475	467	0,055	3975	0,11	1	0,75	2474	5891
3	Turning	0,38	27,0	613,6	750	285	836	0,084	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
4	Turning	0,38	27,0	390,5	460	175	806	0,137	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
5	Turning	0,38	27,0	286,4	300	114	717	0,211	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
6	Turning	0,38	27,0	226,1	300	114	908	0,211	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
7	Turning	0,38	27,0	190,9	190	72	511	0,332	2985	0,29	0,96	0,75	2692	4486
8	Finishing Turn	0,19	35,1	230,3	190	36	46	0,665	3975	0,15	0,96	0,75	428	549
9	Finishing Turn	0,19	35,1	225,6	190	36	47	0,665	3975	0,15	0,96	0,75	428	549
10	Turning	0,38	27,0	159,1	190	72	817	0,263	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
11	Turning	0,38	27,0	144,4	120	46	213	0,417	2985	0,29	0,96	0,75	1346	2243
12	Finishing Turn	0,19	35,1	181,6	190	36	58	0,526	3975	0,15	0,96	0,75	428	549
<b>C. Drilling</b>														
13	Drilling	0,38	18,9	1203	1200	456	299	0,07	3975	0,15	1	0,75	1237	2945
14	Drilling	0,38	18,9	801,8	900	342	336	0,106	3975	0,15	1	0,75	2474	5891
Total Waktu (Menit)								5,56	Total Daya (Watt)				68369	

#### 4.2.2 Proses Permesinan untuk *Support Plate 2*

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Support Plate 2* yang berdasarkan urutan proses pemesinan pada Gambar 4.4, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 di bawah ini :



Gambar 4.4 Urutan Pemesinan *Support Plate 2*Tabel 4.4 Parameter Pemotongan *Support Plate 2*

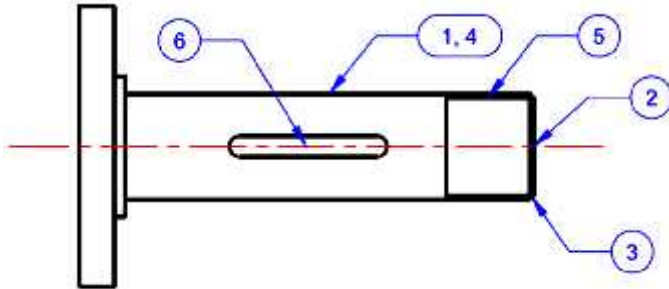
No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf (m/s)	vs (m/s)	Zv
<b>A. Milling</b>															
1	Permukaan 1	2	2	50	50	50	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
2	Permukaan 2	2	2	50	50	50	4	167	2	2	171	0,5	0,8	1,7	1
3	Permukaan 3	2	2	50	50	50	4	126	2	2	130	0,5	0,8	1,7	1
4	Finishing 1	2	0,5	50	50	50	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
5	Finishing 2	2	0,5	50	50	50	4	167	2	2	171	0,5	0,8	1,7	1
6	Finishing 3	2	0,5	50	50	50	4	126	2	2	130	0,5	0,8	1,7	1
7	Perm Samping 1	1	0,5	20	20	20	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
8	Perm Samping 2	1	0,5	20	20	20	4	25	2	2	29	0,5	0,8	1,7	1
9	Perm Samping 3	1	0,5	20	20	20	4	35	2	2	39	0,5	0,8	1,7	1
10	Perm Samping 4	1	0,5	20	20	20	4	80	2	2	84	0,5	0,8	1,7	1
<b>B. Bubut</b>															
11	Center Drilling	1	2,5	5	5	5	2	20	2,046	2	24,05	0,38	1	0,45	0,7
12	Drilling Out	1	2,5	10	5	7,5	2	20	4,092	2	26,09	0,38	1	0,45	0,7
13	Turning	1	4	10	18	14	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
14	Turning	1	4	18	26	22	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
15	Turning	1	4	26	34	30	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
16	Turning	1	4	34	42	38	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
17	Turning	1	3	42	48	45	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
18	Finishing Turn	1	0,5	48	49	48,5	1	20	2	2	24	0,38	0,5	0,45	1,3
19	Finishing Turn	1	0,5	49	50	49,5	1	20	2	2	24	0,38	0,5	0,45	1,3
20	Turning	1	4	50	58	54	1	15	2	2	19	0,38	1	0,45	1
21	Turning	1	1,5	58	61	59,5	1	15	2	2	19	0,38	1	0,45	1
22	Finishing Turn	1	0,5	61	62	61,5	1	15	2	2	19	0,38	0,5	0,45	1,3
<b>C. Drilling</b>															
23	Drilling	2	2,5	5	5	5	2	12	2,046	2	16,05	0,38	1	0,45	0,7
24	Drilling	2	2,5	10	5	7,5	2	12	4,092	2	18,09	0,38	1	0,45	0,7

Tabel 4.5 Elemen Dasar Pemesinan *Support Plate 2*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan												
		f (mm/ rev)	v (m/ min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc I,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>r</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)
<b>A. Milling</b>														
1	Permukaan 1	0,4	102	649,1	650	1040	1733,33	0,392	2770	0,4	0,94	0,75	8374	3694
2	Permukaan 2	0,4	102	649,1	650	1040	1733,33	0,329	2770	0,4	0,94	0,75	8374	3694
3	Permukaan 3	0,4	102	649,1	650	1040	1733,33	0,25	2770	0,4	0,94	0,75	8374	3694
4	Finishing 1	0,4	102	649,1	650	1040	433,333	0,392	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
5	Finishing 2	0,4	102	649,1	650	1040	433,333	0,329	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
6	Finishing 3	0,4	102	649,1	650	1040	433,333	0,25	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
7	Perm Samping 1	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,08	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
8	Perm Samping 2	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,011	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
9	Perm Samping 3	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,015	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
10	Perm Samping 4	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,033	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
<b>B. Bubut</b>														
11	Center Drilling	0,38	18,9	1203	1250	475	311,012	0,051	3975	0,11	1	0,75	1237	2945
12	Drilling Out	0,38	18,9	801,8	1250	475	466,518	0,055	3975	0,11	1	0,75	2474	5891
13	Turning	0,38	27	613,6	750	285	836	0,084	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
14	Turning	0,38	27	390,5	460	174,8	805,745	0,137	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
15	Turning	0,38	27	286,4	300	114	716,571	0,211	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
16	Turning	0,38	27	226,1	300	114	907,657	0,211	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
17	Turning	0,38	27	190,9	190	72,2	510,557	0,332	2985	0,29	0,96	0,75	2692	4486
18	Finishing Turn	0,19	35,1	230,3	190	36,1	45,8556	0,665	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5
19	Finishing Turn	0,19	35,1	225,6	190	36,1	46,8011	0,665	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5
20	Turning	0,38	27	159,1	190	72,2	816,891	0,263	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
21	Turning	0,38	27	144,4	120	45,6	213,18	0,417	2985	0,29	0,96	0,75	1346	2243
22	Finishing Turn	0,19	35,1	181,6	190	36,1	58,1468	0,526	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5
<b>C. Drilling</b>														
23	Drilling	0,38	18,9	1203	1200	456	298,571	0,07	3975	0,11	1	0,75	1237	2945
24	Drilling	0,38	18,9	801,8	900	342	335,893	0,106	3975	0,11	1	0,75	2474	5891
Total Waktu (Menit)								5,87	Total Daya (Watt)				70463	

#### 4.2.3 Proses Permesinan untuk Poros Chuck

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Poros Chuck* yang berdasarkan urutan proses pemesinan pada Gambar 4.5, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 di bawah ini :

Gambar 4.5 Urutan Pemesinan *Poros Chuck*Tabel 4.6 Parameter Pemotongan *Poros Chuck*

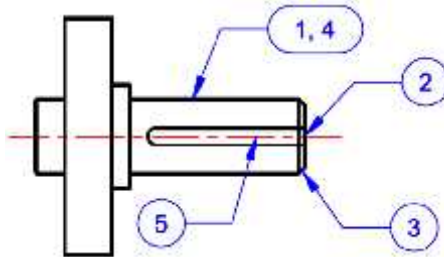
No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf	vs (m/s)	Zv
A. Bubut															
1	Turning	1	2	35	31	33	1	125	2	2	129	0,38	1	0,45	1
2	Facing	4	2	31	31	31	1	15,5	2	2	19,5	0,38	1	0,45	1
3	Chamfer 1x45	1	1	31	31	31	1	1,414	2	2	5,414	0,38	1	0,45	1
4	Finishing	1	0,5	31	30	30,5	1	117	2	2	121	0,38	0,5	0,45	1,3
5	Ulir M30x3	3	0,5	30	27,75	28,88	1	25	2	2	29	0,38	1	0,45	0,7
B. Milling															
6	Alur Pasak	3	1	6	6	6	4	39	0	2	41	0,38	1	0,45	0,8

Tabel 4.7 Elemen Dasar Pemesinan *Poros Chuck*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan												
		f (mm/rev)	v (m/min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc 1,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>γ</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)
A. Bubut														
1	Turning	0,38	27	260,3	300	114	394,114	1,132	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991
2	Facing	0,38	27	277,1	300	114	370,229	0,684	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991
3	Chamfer 1x45	0,38	27	277,1	300	114	185,114	0,047	2985	0,29	0,96	0,75	897	1495
4	Finishing	0,19	35,1	366,2	460	87,4	69,816	1,384	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5
5	Ulir M30x3	0,38	18,9	208,3	190	72,2	54,6013	1,205	2985	0,29	0,96	0,75	314	747,7
B. Milling														
6	Alur Pasak	0,38	21,6	1145	1150	1748	174,8	0,02	2770	0,38	0,94	0,75	1018	2121
								Total Waktu (Menit)	4,47	Total Daya (Watt)			6245,9	

#### 4.2.4 Proses Permesinan untuk Poros Cover Plate 1

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Poros Cover Plate 1* yang berdasarkan urutan proses pemesinan pada Gambar 4.6, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 di bawah ini :



Gambar 4.6 Urutan Pemesinan *Cover Plate 1*

Tabel 4.8 Parameter Pemotongan *Poros Cover Plate 1*

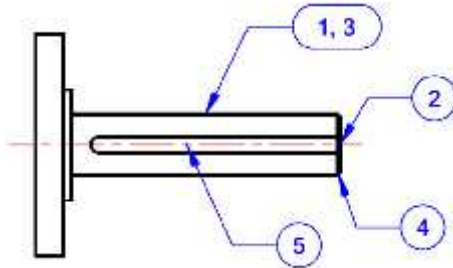
No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf	vs (m/s)	Zv
A. Bubut															
1	Turning	1	2	35	31	33	1	75	2	2	79	0,38	1	0,45	1
2	Facing	5	2	31	31	31	1	15,5	2	2	19,5	0,38	1	0,45	1
3	Chamfer 2x45	1	1	31	31	31	1	2,83	2	2	6,83	0,38	1	0,45	1
4	Finishing Turn	1	0,5	31	30	30,5	1	65	2	2	69	0,38	0,5	0,45	1,3
B. Milling															
5	Alur Pasak	3	1	6	6	6	4	53	2	0	55	0,38	1	0,45	0,8

Tabel 4.9 Elemen Dasar Pemesinan *Poros Cover Plate 1*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan												
		f (mm/rev)	v (m/min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc 1,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>y</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)
A. Bubut														
1	Turning	0,38	27	260,3	300	114	394,114	0,693	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991
2	Facing	0,38	27	277,1	300	114	370,229	0,855	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991
3	Chamfer 1x45	0,38	27	277,1	300	114	185,114	0,06	2985	0,29	0,96	0,75	897	1495
4	Finishing Turn	0,19	35,1	366,2	460	87,4	69,816	0,789	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5
B. Milling														
5	Alur Pasak	0,38	21,6	1145	1150	1748	174,8	0,094	2770	0,38	0,94	0,75	1018	2121
Total Waktu (Menit)								2,49	Total Daya (Watt)				5932	

#### 4.2.5 Proses Permesinan untuk Poros Cover Plate 2

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Poros Cover Plate 2* yang berdasarkan urutan proses pemesinan pada Gambar 4.7, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 di bawah ini :



Gambar 4.7 Urutan Pemesinan *Poros Cover Plate 2*

Tabel 4.10 Parameter Pemotongan *Poros Cover Plate 2*

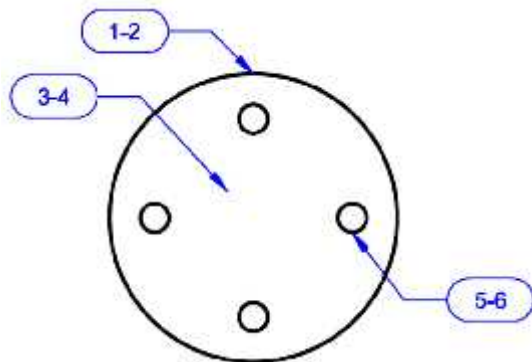
No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf	vs (m/s)	Zv
A. Bubut															
1	Turning	1	2	35	31	33	1	115	2	2	119	0,38	1	0,45	1
2	Facing	9	2	31	31	31	1	15,5	2	2	19,5	0,38	1	0,45	1
3	Finishing Turn	1	0,5	31	30	30,5	1	115	2	2	119	0,38	0,5	0,45	1,3
4	Chamfer 1x45	1	1	30	30	30	1	1,414	2	2	5,414	0,38	1	0,45	1
B. Milling															
5	Alur Pasak	3	1	6	6	6	4	90	2	0	92	0,38	1	0,45	0,8

Tabel 4.11 Elemen Dasar Pemesinan *Poros Cover Plate 2*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan													
		f (mm/rev)	v (m/min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc I,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>r</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)	
A. Bubut															
1	Turning	0,38	27	260,3	300	114	394,114	1,044	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991	
2	Facing	0,38	27	277,1	300	114	370,229	1,539	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991	
3	Finishing Turn	0,19	35,1	366,2	300	57	45,5321	2,088	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5	
4	Chamfer 1x45	0,38	27	286,4	300	114	179,143	0,047	2985	0,29	0,96	0,75	897	1495	
B. Milling															
5	Alur Pasak	0,38	21,6	1145	1150	1748	174,8	0,158	2770	0,38	0,94	0,75	1018	2121	
								Total Waktu (Menit)	4,88	Total Daya (Watt)			5932		

#### 4.2.6 Proses Permesinan untuk Flanges Chuck

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Flanges Chuck* yang berdasarkan urutan proses pemesinan pada Gambar 4.8, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 di bawah ini :



Gambar 4.8 Urutan Pemesinan *Flanges Chuck*

Tabel 4.12 Parameter Pemotongan *Flanges Chuck*

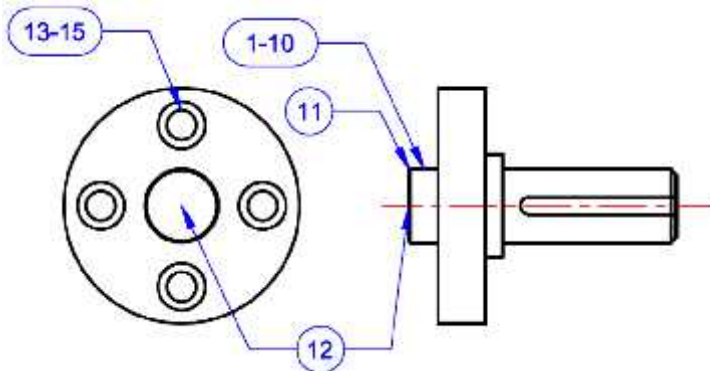
No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf (m/s)	vs (m/s)	Zv
A. Bubut															
1	Turning	1	2	85	81	83	1	15	2	2	19	0,38	1	0,45	1
2	Finishing Turn	1	0,5	81	80	80,5	1	15	2	2	19	0,38	0,5	0,45	1,3
3	Facing	4	1	80	80	80	1	40	2	2	44	0,38	1	0,45	1
4	Finishing Face	1	0,5	80	80	80	1	40	2	2	44	0,38	0,5	0,45	1,3
B. Drilling															
5	Drilling	4	2,5	5	5	5	2	10	2,046	2	14,05	0,38	1	0,45	0,7
6	Drilling	4	1,5	8	5	6,5	2	10	3,273	2	15,27	0,38	1	0,45	0,7

Tabel 4.13 Elemen Dasar Pemesinan *Flanges Chuck*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan												
		f (mm/ rev)	v (m/ min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc I,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>r</sub>	η	W (Watt)	Pe (N)
A. Bubut														
1	Turning	0,38	27	103,5	120	45,6	396,503	0,417	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991
2	Finishing Turn	0,19	35,1	138,7	120	22,8	48,07	0,833	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5
3	Facing	0,38	27	107,4	120	45,6	191,086	3,86	2985	0,29	0,96	0,75	897	1495
4	Finishing Face	0,19	35,1	139,6	120	22,8	47,7714	1,93	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5
B. Drilling														
5	Drilling	0,38	18,9	1203	1200	456	298,571	0,123	3975	0,15	0,96	0,75	1152	2743
6	Drilling	0,38	18,9	925,2	900	342	174,664	0,179	3975	0,15	0,96	0,75	691	1646
Total Waktu (Menit)								7,34	Total Daya (Watt)			5390		

#### 4.2.7 Proses Permesinan untuk Flanges Cover Plate 1

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Flanges Cover Plate 1* yang berdasarkan urutan proses pemesinan pada Gambar 4.9, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 di bawah ini :

Gambar 4.9 Urutan Pemesinan *Flanges Cover Plate 1*

Tabel 4.14 Parameter Pemotongan *Flanges Cover Plate 1*

No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf (m/s)	vs (m/s)	Zv
<b>A. Bubut</b>															
1	Turning	1	2,5	85	80	82,5	1	30	2	2	34	0,38	1	0,45	1
2	Turning	1	4	80	72	76	1	10	2	2	14	0,38	1	0,45	1
3	Turning	1	4	72	64	68	1	10	2	2	14	0,38	1	0,45	1
4	Turning	1	4	64	56	60	1	10	2	2	14	0,38	1	0,45	1
5	Turning	1	4	56	48	52	1	10	2	2	14	0,38	1	0,45	1
6	Turning	1	4	48	40	44	1	10	2	2	14	0,38	1	0,45	1
7	Turning	1	4	40	32	36	1	10	2	2	14	0,38	1	0,45	1
8	Turning	1	4	32	24	28	1	10	2	2	14	0,38	1	0,45	1
9	Turning	1	3,5	24	17	20,5	1	10	2	2	14	0,38	1	0,45	1
10	Finishing Turn	1	0,5	17	16	16,5	1	10	2	2	14	0,38	0,5	0,45	1,3
11	Chamfer 0.5x45	1	0,5	16	16	16	1	0,71	2	2	4,71	0,38	1	0,45	1
12	Facing	2	2	16	16	16	1	8	2	2	12	0,38	1	0,45	1
<b>B. Drilling</b>															
13	Drilling	4	2,5	5	5	5	2	16	2,046	2	20,05	0,38	1	0,45	0,7
14	Drilling	4	2,5	10	5	7,5	2	16	4,092	2	22,09	0,38	1	0,45	0,7
15	Drilling	4	3	16	10	13	2	10	6,547	2	18,55	0,38	1	0,45	0,7

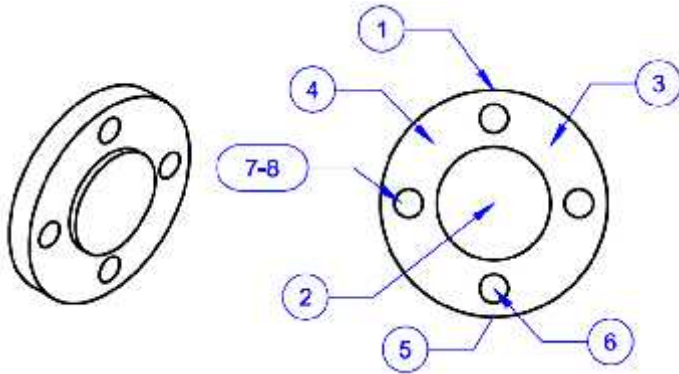
Tabel 4.15 Elemen Dasar Pemesinan *Flanges Cover Plate 1*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan												
		f (mm/rev)	v (m/min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc 1,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>γ</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)
<b>A. Bubut</b>														
1	Turning	0,38	27	104,1	120	45,6	492,643	0,746	2985	0,29	0,96	0,75	2243	3738
2	Turning	0,38	27	113	120	45,6	726,126	0,307	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
3	Turning	0,38	27	126,3	120	45,6	649,691	0,307	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
4	Turning	0,38	27	143,2	120	45,6	573,257	0,307	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
5	Turning	0,38	27	165,2	190	72,2	786,636	0,194	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
6	Turning	0,38	27	195,2	190	72,2	665,615	0,194	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
7	Turning	0,38	27	238,6	190	72,2	544,594	0,194	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
8	Turning	0,38	27	306,8	300	114	668,8	0,123	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
9	Turning	0,38	27	419,1	460	174,8	656,957	0,08	2985	0,29	0,96	0,75	3140	5234
10	Finishing Turn	0,19	35,1	676,9	750	142,5	61,5804	0,098	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5
11	Chamfer 0.5x45	0,38	27	536,9	460	174,8	73,2495	0,027	2985	0,29	0,96	0,75	449	747,7
12	Facing	0,38	27	536,9	460	174,8	292,998	0,137	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991
<b>B. Drilling</b>														
13	Drilling	0,38	18,9	1203	1200	456	298,571	0,176	2985	0,11	1	0,75	929	2212
14	Drilling	0,38	18,9	801,8	900	342	335,893	0,258	3975	0,11	1	0,75	2474	5891
15	Drilling	0,38	18,9	462,6	450	171	349,329	0,434	3975	0,11	1	0,75	3959	9426
Total Waktu (Menit)								3,58	Total Daya (Watt)			40537		



#### 4.2.8 Proses Permesinan untuk Flanges Cover Plate 2

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Flanges Cover Plate 2* yang berdasarkan urutan proses pemesinan pada Gambar 4.10, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17 di bawah ini :



Gambar 4.10 Urutan Pemesinan *Flanges Cover Plate 2*

Tabel 4.16 Parameter Pemotongan *Flanges Cover Plate 2*

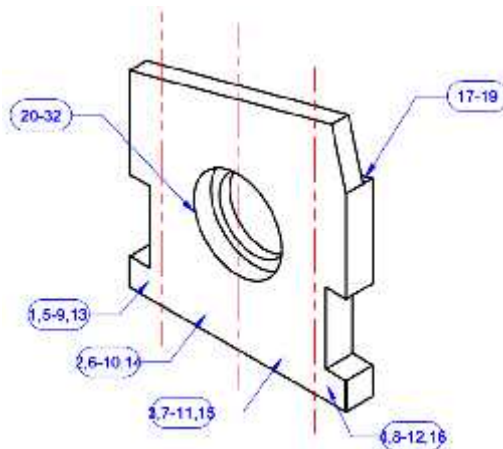
No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf	vs (m/s)	Zv
A. Bubut															
1	Turning	1	2	85	81	83	1	15	2	2	19	0,38	1	0,45	1
2	Facing	1	2	81	81	81	1	40	2	2	44	0,38	1	0,45	1
3	Facing	1	2	81	81	81	1	41	2	2	45	0,38	1	0,45	1
4	Facing	1	1	81	81	81	1	41	2	2	45	0,38	1	0,45	1
5	Finishing Turn	1	0,5	81	80	80,5	1	15	2	2	19	0,38	0,5	0,45	1,3
B. Drilling															
6	Drilling	4	2,5	5	5	5	2	15	2,046	2	19,05	0,38	1	0,45	0,7
7	Drilling	4	2,5	10	5	7,5	2	15	4,092	2	21,09	0,38	1	0,45	0,7
8	Drilling	4	3	16	10	13	2	10	6,547	2	18,55	0,38	1	0,45	0,7

Tabel 4.17 Elemen Dasar Pemessinan *Flanges Cover Plate 2*

No	Urutan Proses Pemessinan	Elemen Dasar Pemessinan												
		f (mm/ rev)	v (m/ min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc 1,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>r</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)
<b>A. Bubut</b>														
1	Turning	0,38	27	103,5	120	45,6	396,503	0,417	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991
2	Facing	0,38	27	106,1	120	45,6	386,949	0,965	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991
3	Facing	0,38	27	106,1	120	45,6	386,949	0,987	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991
4	Facing	0,38	27	106,1	120	45,6	193,474	0,987	2985	0,29	0,96	0,75	897	1495
5	Finishing Turn	0,19	35,1	138,7	190	36,1	76,1108	0,526	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5
<b>B. Drilling</b>														
6	Drilling	0,38	18,9	1203	1200	456	298,571	0,167	3975	0,11	1	0,75	1237	2945
7	Drilling	0,38	18,9	801,8	900	342	335,893	0,247	3975	0,11	1	0,75	2474	5891
8	Drilling	0,38	18,9	462,6	450	171	349,329	0,434	3975	0,11	1	0,75	3959	9426
Total Waktu (Menit)								4,73	Total Daya (Watt)			14378		

#### 4.2.9 Proses Permesinan untuk Cover Plate

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Cover Plate* yang berdasarkan urutan proses pemessinan pada Gambar 4.11, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19 di bawah ini :

Gambar 4.11 Urutan Pemessinan *Cover Plate*

Tabel 4.18 Parameter Pemotongan *Cover Plate*

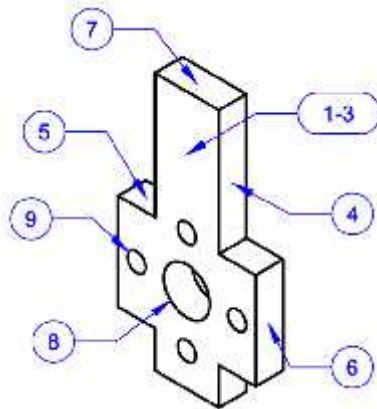
No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf (m/s)	vs (m/s)	Zv
A. Milling															
1	Permukaan Luar 1	2	2,5	40	40	40	4	179	2	2	183	0,5	0,8	1,7	1
2	Permukaan Luar 2	2	2,5	40	40	40	4	169	2	2	173	0,5	0,8	1,7	1
3	Permukaan Luar 3	2	2,5	40	40	40	4	159	2	2	163	0,5	0,8	1,7	1
4	Permukaan Luar 4	2	2,5	40	40	40	4	149	2	2	153	0,5	0,8	1,7	1
5	Finishing Luar 1	2	0,5	40	40	40	4	179	2	2	183	0,5	0,8	1,7	1
6	Finishing Luar 2	2	0,5	40	40	40	4	169	2	2	173	0,5	0,8	1,7	1
7	Finishing Luar 3	2	0,5	40	40	40	4	159	2	2	163	0,5	0,8	1,7	1
8	Finishing Luar 4	2	0,5	40	40	40	4	149	2	2	153	0,5	0,8	1,7	1
9	Permukaan Dlm 1	2	1,5	40	40	40	4	179	2	2	183	0,5	0,8	1,7	1
10	Permukaan Dlm 2	2	1,5	40	40	40	4	169	2	2	173	0,5	0,8	1,7	1
11	Permukaan Dlm 3	2	1,5	40	40	40	4	159	2	2	163	0,5	0,8	1,7	1
12	Permukaan Dlm 4	2	1,5	40	40	40	4	149	2	2	153	0,5	0,8	1,7	1
13	Finishing Dlm 1	2	0,5	40	40	40	4	179	2	2	183	0,5	0,8	1,7	1
14	Finishing Dlm 2	2	0,5	40	40	40	4	169	2	2	173	0,5	0,8	1,7	1
15	Finishing Dlm 3	2	0,5	40	40	40	4	159	2	2	163	0,5	0,8	1,7	1
16	Finishing Dlm 4	2	0,5	40	40	40	4	149	2	2	153	0,5	0,8	1,7	1
17	Dudukan Worm 1	6	2	40	40	40	4	155	2	2	159	0,5	0,8	1,7	1
18	Dudukan Worm 2	2	1	40	40	40	4	155	2	2	159	0,5	0,8	1,7	1
19	Finishing	2	0,5	40	40	40	4	155	2	2	159	0,5	0,8	1,7	1
B. Bubut															
20	Center Drilling	1	2,5	5	5	5	2	40	2,046	2	44,05	0,38	1	0,45	0,7
21	Drilling Out	1	2,5	10	5	7,5	2	40	4,092	2	46,09	0,38	1	0,45	0,7
22	Turning	1	4	10	18	14	1	40	2	2	44	0,38	1	0,45	1
23	Turning	1	4	18	26	22	1	40	2	2	44	0,38	1	0,45	1
24	Turning	1	4	26	34	30	1	40	2	2	44	0,38	1	0,45	1
25	Turning	1	4	34	42	38	1	40	2	2	44	0,38	1	0,45	1
26	Turning	1	4	42	50	46	1	40	2	2	44	0,38	1	0,45	1
27	Turning	1	0,5	50	51	50,5	1	40	2	2	44	0,38	1	0,45	1
28	Turning	1	0,5	51	52	51,5	1	40	2	2	44	0,38	1	0,45	1
29	Turning	2	4	52	59	55,5	1	25	2	2	29	0,38	1	0,45	1
30	Turning	2	2	59	63	61	1	25	2	2	29	0,38	1	0,45	1
31	Finishing Turn	2	0,5	63	64	63,5	1	25	2	2	29	0,38	0,5	0,45	1,3
32	Chamfer 1x45	2	1	64	64	64	1	1,414	2	2	5,414	0,38	0,5	0,45	1

Tabel 4.19 Elemen Dasar Pemesinan *Cover Plate*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan												
		f (mm/ rev)	v (m/ min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc I,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>r</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)
<b>A. Milling</b>														
1	Permukaan Luar 1	0,4	102	811,4	850	1360	2266,67	0,269	2770	0,4	0,94	0,75	10467	4618
2	Permukaan Luar 2	0,4	102	811,4	850	1360	2266,67	0,254	2770	0,4	0,94	0,75	10467	4618
3	Permukaan Luar 3	0,4	102	811,4	850	1360	2266,67	0,24	2770	0,4	0,94	0,75	10467	4618
4	Permukaan Luar 4	0,4	102	811,4	850	1360	2266,67	0,225	2770	0,4	0,94	0,75	10467	4618
5	Finishing Luar 1	0,4	102	811,4	850	1360	453,333	0,269	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
6	Finishing Luar 2	0,4	102	811,4	850	1360	453,333	0,254	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
7	Finishing Luar 3	0,4	102	811,4	850	1360	453,333	0,24	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
8	Finishing Luar 4	0,4	102	811,4	850	1360	453,333	0,225	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
9	Permukaan Dlm 1	0,4	102	811,4	850	1360	1360	0,269	2770	0,4	0,94	0,75	6280	2771
10	Permukaan Dlm 2	0,4	102	811,4	850	1360	1360	0,254	2770	0,4	0,94	0,75	6280	2771
11	Permukaan Dlm 3	0,4	102	811,4	850	1360	1360	0,24	2770	0,4	0,94	0,75	6280	2771
12	Permukaan Dlm 4	0,4	102	811,4	850	1360	1360	0,225	2770	0,4	0,94	0,75	6280	2771
13	Finishing Dlm 1	0,4	102	811,4	850	1360	453,333	0,269	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
14	Finishing Dlm 2	0,4	102	811,4	850	1360	453,333	0,254	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
15	Finishing Dlm 3	0,4	102	811,4	850	1360	453,333	0,24	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
16	Finishing Dlm 4	0,4	102	811,4	850	1360	453,333	0,225	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
17	Dudukan Worm 1	0,4	102	811,4	850	1360	1813,33	0,701	2770	0,4	0,94	0,75	8374	3694
18	Dudukan Worm 2	0,4	102	811,4	850	1360	906,667	0,234	2770	0,4	0,94	0,75	4187	1847
19	Finishing	0,4	102	811,4	850	1360	453,333	0,234	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
<b>B. Bubut</b>														
20	Center Drilling	0,38	18,9	1203	1250	475	311,012	0,093	3975	0,11	1	0,75	1237	2945
21	Drilling Out	0,38	18,9	801,8	1250	475	466,518	0,097	3975	0,11	1	0,75	2474	5891
22	Turning	0,38	27	613,6	750	285	836	0,154	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
23	Turning	0,38	27	390,5	300	114	525,486	0,386	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
24	Turning	0,38	27	286,4	300	114	716,571	0,386	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
25	Turning	0,38	27	226,1	300	114	907,657	0,386	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
26	Turning	0,38	27	186,8	190	72,2	695,87	0,609	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
27	Turning	0,38	27	170,1	190	72,2	95,4931	0,609	2985	0,29	0,96	0,75	449	747,7
28	Turning	0,38	27	166,8	190	72,2	97,384	0,609	2985	0,29	0,96	0,75	449	747,7
29	Turning	0,38	27	154,8	190	72,2	839,583	0,803	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981
30	Turning	0,38	27	140,8	120	45,6	291,406	1,272	2985	0,29	0,96	0,75	1794	2991
31	Finishing Turn	0,19	35,1	175,9	190	36,1	60,0377	1,607	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5
32	Chamfer 1x45	0,19	27	134,2	120	22,8	76,4343	0,475	3975	0,15	0,96	0,75	658	1097
Total Waktu (Menit)								12,61	Total Daya (Watt)				127414	

#### 4.2.10 Proses Permesinan untuk Cover Plate Samping 1

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Cover Plate Samping 1* yang berdasarkan urutan proses pemesinan pada Gambar 4.12, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21 di bawah ini :

Gambar 4.12 Urutan Pemesinan *Cover Plate Samping 1*Tabel 4.20 Parameter Pemotongan *Cover Plate Samping 1*

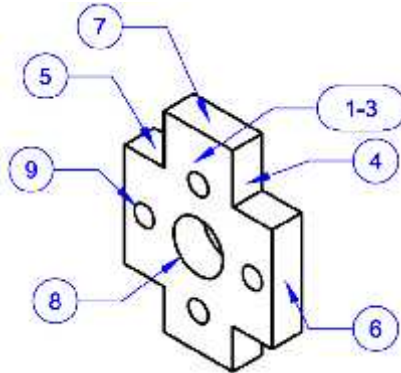
No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf	vs (m/s)	Zv
A. Milling															
1	Permukaan Luar	3	1,5	25	25	25	4	140,5	2	2	144,5	0,5	0,8	1,7	1
2	Finishing Luar	3	0,5	25	25	25	4	140,5	2	2	144,5	0,5	0,8	1,7	1
3	Permukaan Dlm	3	0,5	25	25	25	4	140,5	2	2	144,5	0,5	0,8	1,7	1
4	Perm Samping 1	2	0,5	20	20	20	4	68	2	2	72	0,5	0,8	1,7	1
5	Perm Samping 2	6	0,5	20	20	20	4	20	2	2	24	0,5	0,8	1,7	1
6	Perm Samping 3	2	0,5	20	20	20	4	52,5	2	2	56,5	0,5	0,8	1,7	1
7	Perm Samping 4	2	0,5	20	20	20	4	35	2	2	39	0,5	0,8	1,7	1
B. Drilling															
8	Drilling	4	2,5	5	5	5	2	10	2,046	2	14,05	0,38	1	0,45	0,7
9	Drilling	4	2,5	10	5	7,5	2	10	4,092	2	16,09	0,38	1	0,45	0,7

Tabel 4.21 Elemen Dasar Pemessinan *Cover Plate Samping 1*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan													
		f (mm/ rev)	v (m/ min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc 1,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>r</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)	
A. Milling															
1	Permukaan Luar	0,4	102	1298	1200	1920	1200	0,226	2770	0,4	0,94	0,75	6280	2771	
2	Finishing Luar	0,4	102	1298	1200	1920	400	0,226	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6	
3	Permukaan Dlm	0,4	102	1298	1200	1920	400	0,226	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6	
4	Perm Samping 1	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,056	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6	
5	Perm Samping 2	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,056	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6	
6	Perm Samping 3	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,044	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6	
7	Perm Samping 4	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,03	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6	
B. Drilling															
8	Drilling	0,38	18,9	1203	1200	912	190	0,062	3975	0,11	1	0,75	1237	2945	
9	Drilling	0,38	18,9	801,8	850	646	201,875	0,1	3975	0,11	1	0,75	2474	5891	
Total Waktu (Menit)								1,03	Total Daya (Watt)			22552			

#### 4.2.11 Proses Permesinan untuk Cover Plate Samping 2

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Cover Plate Samping 2* yang berdasarkan urutan proses pemesinan pada Gambar 4.13, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.22 dan Tabel 4.23 di bawah ini :

Gambar 4.13 Urutan Pemesinan *Cover Plate Samping 2*

Tabel 4.22 Parameter Pemotongan *Cover Plate Samping 2*

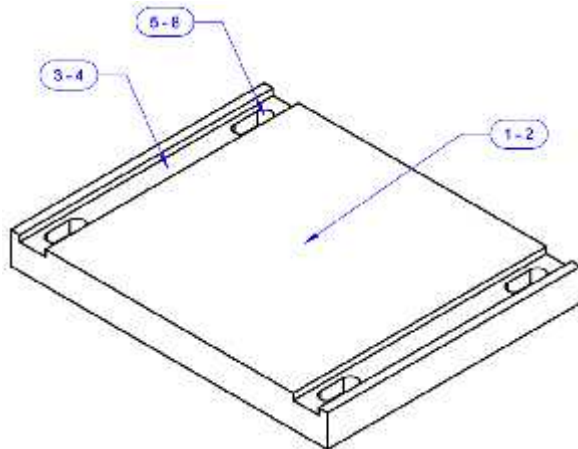
No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf (m/s)	vs (m/s)	Zv
A. Milling															
1	Permukaan Luar	3	1,5	25	25	25	4	97,5	2	2	101,5	0,5	0,8	1,7	1
2	Finishing Luar	3	0,5	25	25	25	4	97,5	2	2	101,5	0,5	0,8	1,7	1
3	Permukaan Dlm	3	0,5	25	25	25	4	97,5	2	2	101,5	0,5	0,8	1,7	1
4	Perm Samping 1	2	0,5	20	20	20	4	25	2	2	29	0,5	0,8	1,7	1
5	Perm Samping 2	6	0,5	20	20	20	4	20	2	2	24	0,5	0,8	1,7	1
6	Perm Samping 3	2	0,5	20	20	20	4	52,5	2	2	56,5	0,5	0,8	1,7	1
7	Perm Samping 4	2	0,5	20	20	20	4	35	2	2	39	0,5	0,8	1,7	1
B. Drilling															
8	Drilling	4	2,5	5	5	5	2	10	2,046	2	14,05	0,38	1	0,45	0,7
9	Drilling	4	2,5	10	5	7,5	2	10	4,092	2	16,09	0,38	1	0,45	0,7

Tabel 4.23 Elemen Dasar Pemesinan *Cover Plate Samping 2*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan												
		f (mm/rev)	v (m/min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc I,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>r</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)
A. Milling														
1	Permukaan Luar	0,4	102	1298	1200	1920	1200	0,159	2770	0,4	0,94	0,75	6280	2771
2	Finishing Luar	0,4	102	1298	1200	1920	400	0,159	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
3	Permukaan Dlm	0,4	102	1298	1200	1920	400	0,159	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
4	Perm Samping 1	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,023	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
5	Perm Samping 2	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,056	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
6	Perm Samping 3	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,044	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
7	Perm Samping 4	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,03	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
B. Drilling														
8	Drilling	0,38	18,9	1203	1500	1140	237,5	0,049	3975	0,11	1	0,75	1237	2945
9	Drilling	0,38	18,9	801,8	850	646	201,875	0,1	3975	0,11	1	0,75	2474	5891
Total Waktu (Menit)								0,78	Total Daya (Watt)				22552	

#### 4.2.12 Proses Permesinan untuk Base Plate

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Base Plate* yang berdasarkan urutan proses pemesinan pada Gambar 4.14, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.24 dan Tabel 4.25 di bawah ini :



Gambar 4.14 Urutan Pemesinan Base Plate

Tabel 4.24 Parameter Pemotongan Base Plate

No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf	vs (m/s)	Zv
A. Milling															
1	Permukaan Atas	10	2	50	50	50	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
2	Finishing	10	0,5	50	50	50	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
3	Alur	4	2	20	20	20	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
4	Finishing Alur	2	0,5	20	20	20	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
5	Drilling	8	2,5	5	5	5	2	20	2,046	2	24,05	0,38	1	0,45	0,7
6	Drilling	8	2,5	10	5	7,5	2	20	4,092	2	26,09	0,38	1	0,45	0,7
7	Drilling	8	5	20	10	15	2	10	8,184	2	20,18	0,38	1	0,45	0,7
8	Alur Baut	16	2,5	20	20	20	4	18	2	2	22	0,5	0,8	1,7	1

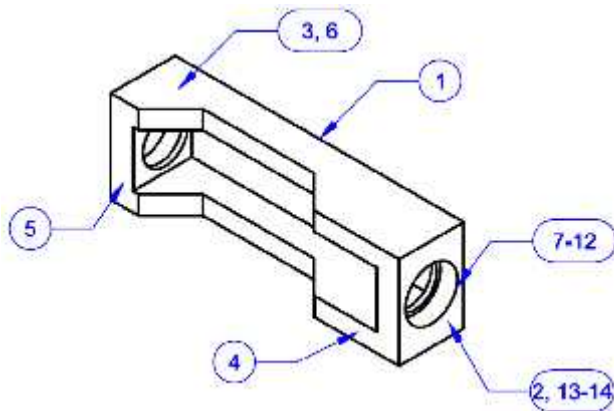


Tabel 4.25 Elemen Dasar Pemesinan *Base Plate*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan												
		f (mm/ rev)	v (m/ min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc 1,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>r</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)
A. Milling														
1	Permukaan Atas	0,4	102	649,1	650	1040	1733,33	1,962	2770	0,4	0,94	0,75	8374	3694
2	Finishing	0,4	102	649,1	650	1040	433,333	1,962	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
3	Alur	0,4	102	1623	1600	2560	1706,67	0,319	2770	0,4	0,94	0,75	8374	3694
4	Finishing Alur	0,4	102	1623	1600	2560	426,667	0,159	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6
5	Drilling	0,38	18,9	1203	1200	912	190	0,211	3975	0,11	1	0,75	1237	2945
6	Drilling	0,38	18,9	801,8	850	646	201,875	0,323	3975	0,11	1	0,75	2474	5891
7	Drilling	0,38	18,9	400,9	400	304	380	0,531	3975	0,11	1	0,75	4948	11782
8	Alur Baut	0,4	102	1623	1600	2560	2133,33	0,138	2770	0,4	0,94	0,75	10467	4618
Total Waktu (Menit)								5,60	Total Daya (Watt)			40061		

#### 4.2.13 Proses Permesinan untuk Rumah Worm

Untuk hasil perhitungan parameter dan elemen dasar pemotongan pada *Rumah Worm* yang berdasarkan urutan proses pemesinan pada Gambar 4.15, dapat dilihat berturut – turut pada Tabel 4.26 dan Tabel 4.27 di bawah ini :

Gambar 4.15 Urutan Pemesinan *Rumah Worm*

Tabel 4.26 Parameter Pemotongan *Rumah Worm*

No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z	lw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	lt (mm)	fs (mm/rev)	Zf	vs (m/s)	Zv
<b>A. Milling</b>															
1	Permukaan Atas	2	1,5	50	50	50	4	156	2	2	160	0,5	0,8	1,7	1
2	Sisi Bearing	2	0,5	50	50	50	4	35	2	2	39	0,5	0,8	1,7	1
3	Perm. Samping	2	2	35	35	35	4	156	2	2	160	0,5	0,8	1,7	1
4	Sisi Bawah 1	2	0,5	10	10	10	4	156	2	2	160	0,5	0,8	1,7	1
5	Sisi Bawah 2	2	0,5	10	10	10	4	50	2	2	54	0,5	0,8	1,7	1
6	Finishing Samping	2	0,5	35	35	35	4	156	2	2	160	0,5	0,8	1,7	1
<b>B. Bubut</b>															
7	Center Drilling	2	2,5	5	5	5	2	11,5	2,046	2	15,55	0,38	1	0,45	0,7
8	Drilling Out	2	2,5	10	5	7,5	2	11,5	4,092	2	17,59	0,38	1	0,45	0,7
9	Turning	2	4	10	18	14	1	11,5	2	2	15,5	0,38	1	0,45	1
10	Turning	2	2,5	18	23	20,5	1	11,5	2	2	15,5	0,38	1	0,45	1
11	Finishing Turn	2	0,5	23	24	23,5	1	11,5	2	2	15,5	0,38	0,5	0,45	1,3
12	Turning	2	1,5	24	27	25,5	1	9	2	2	13	0,38	1	0,45	1
13	Finishing Turn	2	0,5	27	28	27,5	1	9	2	2	13	0,38	0,5	0,45	1,3
14	Facing	2	0,5	50	50	50	1	0,5	2	2	4,5	0,38	1	0,45	1
<b>C. Drilling</b>															
15	Drilling	2	2,25	4,5	4,5	4,5	2	5	1,841	2	8,841	0,38	1	0,45	0,7

Tabel 4.27 Elemen Dasar Pemesinan *Rumah Worm*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan													
		f (mm/rev)	v (m/min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm <sup>3</sup> /s)	tc (min)	Kc 1,1 (N/mm <sup>2</sup> )	h	k <sub>r</sub>	η	W (Watt)	Pc (N)	
<b>A. Milling</b>															
1	Permukaan Atas	0,4	102	649,1	650	1040	1300	0,308	2770	0,4	0,94	0,75	6280	2771	
2	Sisi Bearing	0,4	102	649,1	650	1040	433,333	0,075	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6	
3	Perm. Samping	0,4	102	927,3	850	1360	1586,67	0,235	2770	0,4	0,94	0,75	8374	3694	
4	Sisi Bawah 1	0,4	102	3245	3000	4800	400	0,067	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6	
5	Sisi Bawah 2	0,4	102	3245	3000	4800	400	0,023	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6	
6	Finishing Samping	0,4	102	927,3	1200	1920	560	0,167	2770	0,4	0,94	0,75	2093	923,6	
<b>B. Bubut</b>															
7	Center Drilling	0,38	18,9	1203	1250	475	311,012	0,065	3975	0,11	1	0,75	1237	2945	
8	Drilling Out	0,38	18,9	801,8	1250	475	466,518	0,074	3975	0,11	1	0,75	2474	5891	
9	Turning	0,38	27	613,6	750	285	836	0,109	2985	0,29	0,96	0,75	3589	5981	
10	Turning	0,38	27	419,1	460	174,8	469,255	0,177	2985	0,29	0,96	0,75	2243	3738	
11	Finishing Turn	0,19	35,1	475,2	460	87,4	53,7926	0,355	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5	
12	Turning	0,38	27	336,9	300	114	228,407	0,228	2985	0,29	0,96	0,75	1346	2243	
13	Finishing Turn	0,19	35,1	406,1	460	87,4	62,9488	0,297	3975	0,15	0,96	0,75	428	548,5	
14	Finishing Turn	0,38	27	171,8	190	190	94,5476	0,047	2985	0,29	0,96	0,75	465	775,6	
<b>C. Drilling</b>															
15	Drilling	0,38	18,9	1336	1200	456	241,843	0,039	3975	0,11	1	0,75	1113	2651	
								Total Waktu (Menit)		2,27		Total Daya (Watt)		36351	

### 4.3 Total Waktu dan Daya Pemessinan

Dari hasil perhitungan waktu pemesinan tiap komponen seperti yang telah dilakukan, didapatkan waktu pemesinan dan daya total yang ditampilkan pada Tabel 4.28 di bawah ini :

Tabel 4.28 Waktu Total dan Daya Total Pemessinan

No	Nama Komponen	Total Daya dan Waktu Pemessinan	
		Waktu (menit)	Daya (Watt)
1	Poros Chuck	4,47	6245,90
2	Poros Cover Plate 1	2,49	5931,88
3	Poros Cover Plate 2	4,88	5931,88
4	Flanges Chuck	7,34	5390,42
5	Flanges Cover Plate 1	3,58	40537,36
6	Flanges Cover Plate 2	4,73	14378,24
7	Cover Plate	12,61	127413,55
8	Cover Plate Samping 1	1,03	22552,30
9	Cover Plate Samping 2	0,78	22552,30
10	Support Plate 1	5,56	68369,45
11	Support Plate 2	5,87	70462,89
12	Base Plate	5,60	40061,37
13	Rumah Worm	2,27	36351,24
<b>Jumlah Total</b>		<b>59,64</b>	<b>466178,79</b>

Dari Tabel 4.28 di atas dapat diketahui bahwa waktu total dari proses pemesinan ini sebesar 59,64 menit dengan penambahan komponen waktu non produktif dari proses permesinan untuk setiap proses dianggap sama, yaitu pemasangan benda kerja 18 detik, waktu penyiapan 18 detik, waktu pengakhiran 6 detik, pengambilan produk 6 detik, pengukuran produk 12 detik. Sehingga, waktu total proses yaitu sebesar 226,26 menit. Dan daya total sebesar 466178,79 Watt. Dimana, waktu dan daya total ini nantinya dapat digunakan sebagai acuan untuk estimasi biaya produksi.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **ANALISA BIAYA PRODUKSI**

Pada bab ini akan dibahas tentang analisa biaya produksi pembuatan tiap – tiap komponen flexible fixture yang meliputi biaya material, biaya proses produksi, dan biaya pahat yang sesuai dengan teori dan metodologi yang tercantum pada bab sebelumnya.

#### **5.1 Analisa Biaya Produksi Untuk *Support Plate 1***

Di bawah ini merupakan perhitungan biaya produksi untuk salah satu komponen utama *Flexible Fixture*, yaitu *Support Plate 1* :

##### **5.1.1 Biaya Material**

Untuk mendapatkan biaya material per produk *Support Plate 1* ini didapatkan dari persamaan sebagai berikut :

$$CM = CMO + CMi$$

Dimana :

Material komponen ini adalah S45C, dengan bentuk yang sama dengan tebal yang berbeda dari desain yang ada;  
Massa Jenis =  $7850 \text{ kg/m}^3$  (Sumber : *matweb.com-s45c*) ;  
Harga material per kg adalah Rp 40.000,00 ;  
Sehingga dapat diketahui massa benda kerja adalah:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 7850 \text{ kg/mm}^3 \times 397342,4875 \times 10^{-9} \text{ mm}^3$$

$$m = 3,12 \text{ kg}$$

- *Harga pembelian (CMO)*

$$CMO = \text{Rp } 40.000,00 \times 3,12 \text{ kg} = \text{Rp } 124.765,55/ \text{ produk}$$

- *Biaya tak langsung (CMi)*

$CMi = \text{Rp } 12.476,55/\text{produk}$ , termasuk di dalamnya adalah biaya untuk memotong material menjadi bentuk

yang siap dilakukan proses pemesanan yaitu 10% dari harga volumenya.

Dari persamaan di atas dapat dihitung biaya material per produk adalah :

$$CM = \text{Rp } 124.765,54 + \text{Rp } 12.476,55 = \text{Rp } 137.242,10/\text{produk}$$

Jadi, biaya material untuk pembuatan *Support Plate 1* adalah **Rp 137.242,10/produk**

### 5.1.2 Biaya Proses Produksi

Biaya proses produksi dapat diperinci menjadi biaya listrik, biaya mesin, biaya bangunan tempat mesin, dan biaya operator yang mengerjakan.

) *Biaya Listrik*

Dari perhitungan sebelumnya dapat diperoleh besar waktu dan daya pemesinan untuk pembuatan *Support Plate 1*. Dengan asumsi tarif listrik per kWh Rp 1.467,28 dan total waktu pemesinan adalah 28,56 menit.

Dari data tersebut besarnya biaya operasi mesin dapat diperoleh dengan persamaan di bawah ini :

$$C = W \times \frac{T}{60 m} \times \frac{1 w}{1000 w} \times T \quad li$$

$$C = 68369,45 W \times \frac{28,56}{60 \times 1000} \times \text{Rp } 1.467,28$$

$$C = R \ 47.757,23/p$$

Jadi, tarif listrik untuk pembuatan komponen *Support Plate 1* adalah **Rp 47.757,23**

) *Biaya Operator*

Biaya operator dapat diperoleh dengan mengasumsikan bahwa operator menerima upah bulanan sesuai UMK 2017, yaitu sebesar Rp Rp. 3.583.312,00 per bulan. Sehingga besarnya biaya untuk operator dapat diperoleh dengan:

$$C_o = \frac{u \text{ Rp}}{(2 a \times 8ja \times 6 m)} \times T$$

$$C_o = \frac{3.583.312}{(2 a \times 8ja \times 6 m)} \times 28,56$$

$$C_o = \text{Rp } 10.661,76$$

Jadi, biaya operator untuk pembuatan *Support Plate I* ini adalah **Rp 10.661,76**

) *Biaya Mesin*

Harga Mesin dan kelengkapannya diperkirakan Rp 250.000.000,00. Apabila ditetapkan dengan periode penyusutan selama 5 tahun, dengan bunga, pajak, asuransi sebesar 25%, maka biaya tetap bagi mesin adalah sebagai berikut:

$$C = 250.000.000 \left( \frac{0,25(1 + 0,25)^5}{(1 + 0,25)^5 - 1} \right)$$

$$C = \text{Rp } 92.500.000,00/\text{tahun}$$

$$C = \text{Rp } 175,99/\text{produk.menit}$$

Jadi biaya tetap mesin untuk pembuatan *Support Plate I* adalah :

$$\text{Rp } 175,99 \times 28,56 \text{ menit} = \text{Rp } 5.026,94/\text{produk}$$

) *Biaya Bangunan*

$$\begin{aligned} \text{Luas Bangunan Workshop} &= 200\text{m}^2 \\ \text{Harga tanah + bangunan} &= \text{Rp } 10.000.000,00/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Apabila ditetapkan periode penyusutan 20 tahun, pajak, bunga, asuransi ditetapkan sebesar 25%. Maka penyusutan bangunan diperkirakan sebesar:

$$C = 200 \times 10.000.000 \left( \frac{0,25(1 + 0,25)^2}{(1 + 0,25)^2 - 1} \right)$$

$$C = \text{Rp } 505.800.000,00/\text{tahun}$$

Luas bangunan yang dipergunakan untuk alat-alat permesinan adalah 150 m<sup>2</sup>. Maka, dengan demikian biaya tak langsung per satuan luas lantai adalah :

$$\text{Rp } 505.800.000 / 150 \text{ m}^2 = \text{Rp } 3.372.000/\text{tahun.m}^2$$

Luas daerah yang digunakan untuk mesin pembuat *Support Plate 1* diperkirakan 10 m<sup>2</sup>. Maka, dapat dihitung biaya variabel langsungnya adalah:

$$C = \text{Rp } 3.372.000/\text{tahun.m}^2 \times 10 \text{ m}^2$$

$$C = \text{Rp } 33.720.000,00/\text{tahun}$$

$$C = \text{Rp } 64,16/\text{produk.menit}$$

Jadi, Biaya variabel tetap untuk pembuatan *Support Plate 1* adalah :

$$\text{Rp } 64,16 \times 28,56 \text{ menit} = \mathbf{\text{Rp } 1.832,65/\text{produk}}$$

Maka, dapat diketahui biaya total untuk biaya pemesinan (Cp) *Support Plate 1* ini adalah:

$$C_p = \text{Rp } 47.757,23 + \text{Rp } 10.661,76 + \text{Rp } 5.026,94$$

$$\text{Rp } 1.832,65$$

$$C_p = \mathbf{\text{Rp } 65.278,57}$$

### 5.1.3 *Biaya Pahat*

Sebelum mencari besarnya biaya pahat perlu dicari terlebih dahulu besarnya perkiraan umur pahat yang



digunakan. Besarnya perkiraan umur pahat dapat diperkirakan dengan:

$$v \cdot T^n = C$$

Dimana :

T = Umur Pahat ( min )

v = Kecepatan Potong ( m / min )

C = Konstanta (harga umur pahat (T) = 1 menit)

Dengan nilai  $n$  diperoleh dari tabel 21.3 pada buku kalpakjian. Misalnya, untuk umur pahat facemill carbide yang digunakan untuk proses milling permukaan 1 adalah sebagai berikut :

$$v = 102 \text{ m/min} ; \quad n = 0,2 ; \quad C = 150$$

Maka, umur pahat pada proses bubut :

$$v \cdot T^n = C$$

$$T = \left( \frac{C}{v} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$T = \left( \frac{150}{102} \right)^{\frac{1}{0,2}}$$

$$T = 6,9 \text{ m}$$

Setelah diketahui besarnya perkiraan umur pahat, besarnya biaya pahat yang dipergunakan dapat dicari dengan menggunakan rumusan:

$$Ce = ce \cdot tc / T$$

Dengan biaya pahat yang ada di pasaran adalah :

- Pahat Bubut HSS : Rp 70.000,00
- Pahat Facemill HSS 6mm : Rp 30.000,00
- Pahat Facemill Carbide Ø40mm : Rp 200.000,00
- Pahat Twistdrill Ø5mm s.d Ø10mm: Rp 58.0000,00

Maka, biaya pahat untuk proses milling permukaan 1 adalah :

$$Ce = Rp 200.000,00 \times 0,05 \text{ menit} / 6,9 \text{ menit}$$

$$Ce = Rp 1.472,05$$

Karena pada tiap proses pemesinan digunakan jenis pahat yang sama, dapat ditampilkan pada tabel 5.1 di bawah ini :

Tabel 5.1 Perkiraan Umur Pahat dan Biaya Pahat Pemesinan  
*Support Plate 1*

No	Proses Pemesinan	v (m/min)	n	C	T (min)
1	Permukaan 1	102	0,2	150	6,9
2	Permukaan 2	102	0,2	150	6,9
3	Permukaan 3	102	0,2	150	6,9
4	Finishing 1	102	0,2	150	6,9
5	Finishing 2	102	0,2	150	6,9
6	Finishing 3	102	0,2	150	6,9
7	Perm Samping 1	102	0,2	150	6,9
8	Perm Samping 2	102	0,2	150	6,9
9	Perm Samping 3	102	0,2	150	6,9
10	Center Drilling	18,9	0,2	150	31488,2
11	Drilling Out	18,9	0,2	150	31488,2
12	Turning	27,0	0,2	150	5292,21
13	Turning	27,0	0,2	150	5292,21
14	Turning	27,0	0,2	150	5292,21
15	Turning	27,0	0,2	150	5292,2
16	Turning	27,0	0,2	150	5292,2
17	Finishing Turn	35,1	0,2	150	1425,3
18	Finishing Turn	35,1	0,2	150	1425,3
19	Turning	27,0	0,2	150	5292,2
20	Turning	27,0	0,2	150	5292,2
21	Finishing Turn	35,1	0,2	150	1425,3
22	Center Drilling	18,9	0,2	150	31488,2
23	Drilling	18,9	0,2	150	31488,2

No	Proses Pemesinan	T (min)	tc (min)	ce (Rp)	Ce (Rp)
1	Permukaan 1	6,9	0,05	200000	1472,05
2	Permukaan 2	6,9	0,05	200000	1597,29
3	Permukaan 3	6,9	0,08	200000	2448,73
4	Finishing 1	6,9	0,14	200000	3992,49
5	Finishing 2	6,9	0,21	200000	6121,83
6	Finishing 3	6,9	0,21	200000	6121,83
7	Perm Samping 1	6,9	0,21	200000	6121,83
8	Perm Samping 2	6,9	0,66	200000	19332,08
9	Perm Samping 3	6,9	0,66	200000	19332,08
10	Center Drilling	31488,2	0,26	70000	0,59
11	Drilling Out	31488,2	0,26	70000	0,59
12	Turning	5292,2	0,53	70000	6,96
13	Turning	5292,2	0,07	70000	0,89
14	Turning	5292,2	0,08	70000	1,01
15	Turning	5292,2	0,30	70000	3,97
16	Turning	5292,2	0,20	70000	2,68
17	Finishing Turn	1425,3	0,12	70000	6,07
18	Finishing Turn	1425,3	0,30	70000	14,73
19	Turning	5292,2	0,20	70000	2,68
20	Turning	5292,2	0,12	70000	1,63
21	Finishing Turn	1425,3	0,08	70000	3,91
22	Center Drilling	31488,2	0,02	58000	0,04
23	Drilling	31488,2	0,03	58000	0,06
Total Biaya Pahat (Rp)					66586,02

Jadi, total biaya pahat untuk pembuatan *Support Plate 1* adalah **Rp 66.586,02**

#### 5.1.4 Total Biaya Produksi

Setelah didapatkan seluruh rincian biaya mulai dari biaya material, biaya proses produksi dan biaya pahat dapat diketahui biaya total untuk pembuatan *Support Plate 1* ini, yaitu sebagai berikut :

Total Biaya = **Rp 137.280,00 + Rp 2.097,05 + Rp 66.586,02**

Total Biaya = **Rp 205.963,07/produk**

## **5.2 Analisa Biaya Produksi Untuk Seluruh Komponen**

Apabila telah didapatkan data-data yang dihasilkan dari tiap komponen yang akan diproduksi serta data lain yang berhubungan dengan analisa biaya produksi. Maka, analisa biaya produksi *flexible fixture* dapat dilakukan. Biaya suatu produk ditentukan oleh biaya material (bahan dasar) dan biaya produksi yang terdiri atas penggabungan beberapa langkah proses pembuatan/permesinan, serta biaya dari komponen pendukung lain.

Berikut ini merupakan rincian biaya produksi dari tiap – tiap komponen *flexible fixture* yang meliputi biaya material, biaya proses produksi/pemesinan, biaya pahat, dan biaya komponen pendukung.

### **5.2.1 Biaya Material**

Tabel 5.2 di bawah ini adalah tabel rincian biaya material yang digunakan untuk tiap komponen utama *flexible fixture*. Dimana, volume merupakan volume material sebelum dilakukan proses pemesinan, dengan dimensi yang belum sesuai desain.

Tabel 5.2 Biaya Material Flexible Fixture

No	Nama Komponen	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa (kg)	Harga Material (Rp/kg)	CMO (Rp)	CMi (Rp)	CM (Rp)
1	Poros Chuck	0,000120	0,94	Rp 40.000,00	Rp 37.762,90	Rp 3.776,29	Rp 41.539,19
2	Poros Cover Plate 1	0,000072	0,57	Rp 40.000,00	Rp 22.657,76	Rp 2.265,78	Rp 24.923,53
3	Poros Cover Plate 2	0,000111	0,87	Rp 40.000,00	Rp 34.741,89	Rp 3.474,19	Rp 38.216,08
4	Flanges Chuck	0,000085	0,67	Rp 40.000,00	Rp 26.726,90	Rp 2.672,69	Rp 29.399,59
5	Flanges Cover Plate 1	0,000170	1,34	Rp 40.000,00	Rp 53.453,81	Rp 5.345,38	Rp 58.799,19
6	Flanges Cover Plate 2	0,000085	0,67	Rp 40.000,00	Rp 26.726,90	Rp 2.672,69	Rp 29.399,59
7	Cover Plate	0,001191	9,35	Rp 40.000,00	Rp374.036,80	Rp 37.403,68	Rp 411.440,48
8	Cover Plate Sampling 1	0,000140	1,10	Rp 40.000,00	Rp 44.069,90	Rp 4.406,99	Rp 48.476,89
9	Cover Plate Sampling 2	0,000110	0,87	Rp 40.000,00	Rp 34.618,50	Rp 3.461,85	Rp 38.080,35
10	Support Plate 1	0,000397	3,12	Rp 40.000,00	Rp124.765,54	Rp 12.476,55	Rp 137.242,10
11	Support Plate 2	0,000495	3,89	Rp 40.000,00	Rp155.551,33	Rp 15.555,13	Rp 171.106,46
12	Base Plate	0,001500	11,78	Rp 40.000,00	Rp471.000,00	Rp 47.100,00	Rp 518.100,00
13	Rumah Worm	0,000130	1,02	Rp 40.000,00	Rp 40.882,80	Rp 4.088,28	Rp 44.971,08
Total Biaya Material (Rp)							Rp1.591.694,53

### 5.2.2 Biaya Proses Produksi

Tabel 5.3 di bawah ini adalah tabel jumlah biaya proses produksi dari tiap komponen utama *flexible fixture*, yang merupakan hasil penjumlahan biaya listrik, biaya bangunan, biaya mesin, dan biaya operator yang mengerjakan komponen – komponen tersebut sesuai dengan perhitungan di atas.

Tabel 5.3 Total Biaya Proses Produksi

No	Nama Komponen	Biaya Listrik (Rp)	Biaya Operator (Rp)	Biaya Mesin (Rp)	Biaya Bangunan (Rp)	Biaya Proses Produksi (Rp)
1	Poros Chuck	Rp 1.607,31	Rp 3.927,86	Rp 1.851,96	Rp 675,16	Rp 8.062,29
2	Poros Cover Plate 1	Rp 1.086,81	Rp 2.796,49	Rp 1.318,52	Rp 480,69	Rp 5.682,51
3	Poros Cover Plate 2	Rp 1.432,70	Rp 3.686,50	Rp 1.738,15	Rp 633,67	Rp 7.491,02
4	Flanges Chuck	Rp 1.758,67	Rp 4.979,80	Rp 2.347,94	Rp 855,98	Rp 9.942,39
5	Flanges Cover Plate 1	Rp 18.420,69	Rp 6.935,89	Rp 3.270,22	Rp 1.192,21	Rp 29.819,01
6	Flanges Cover Plate 2	Rp 4.475,77	Rp 4.751,32	Rp 2.240,21	Rp 816,70	Rp 12.284,00
7	Cover Plate	Rp138.995,81	Rp 16.650,90	Rp 7.850,77	Rp 2.862,13	Rp166.359,61
8	Cover Plate Sampling 1	Rp 5.529,26	Rp 3.742,21	Rp 1.764,42	Rp 643,25	Rp 11.679,14
9	Cover Plate Sampling 2	Rp 5.392,78	Rp 3.649,83	Rp 1.720,87	Rp 627,37	Rp 11.390,85
10	Support Plate 1	Rp 47.757,23	Rp 10.661,76	Rp 5.026,94	Rp 1.832,65	Rp 65.278,57
11	Support Plate 2	Rp 51.477,03	Rp 11.150,76	Rp 5.257,50	Rp 1.916,71	Rp 69.802,00
12	Base Plate	Rp 16.915,14	Rp 6.444,68	Rp 3.038,62	Rp 1.107,78	Rp 27.506,22
13	Rumah Worm	Rp 12.093,28	Rp 5.077,81	Rp 2.394,15	Rp 872,83	Rp 20.438,07
Total Biaya Proses Produksi (Rp)						Rp445.735,68

### 5.2.3 Biaya Pahat

Tabel 5.4 di bawah ini adalah tabel rincian biaya pahat yang digunakan untuk tiap proses pemesinan komponen utama *flexible fixture*.

Tabel 5.4 Total Biaya Pahat

No	Nama Komponen	Biaya Pahat (Rp)
1	Poros Chuck	Rp 95,35
2	Poros Cover Plate 1	Rp 60,21
3	Poros Cover Plate 2	Rp 137,61
4	Flanges Chuck	Rp 142,72
5	Flanges Cover Plate 1	Rp 35,58
6	Flanges Cover Plate 2	Rp 71,14
7	Cover Plate	Rp 149.097,19
8	Cover Plate Samping 1	Rp 21.198,17
9	Cover Plate Samping 2	Rp 15.532,37
10	Support Plate 1	Rp 66.586,02
11	Support Plate 2	Rp 74.236,98
12	Base Plate	Rp 131.981,38
13	Rumah Worm	Rp 23.041,32
Total Biaya Pahat (Rp)		Rp 482.216,05

### 5.2.4 Biaya Komponen Pendukung

Tabel 5.5 di bawah ini adalah tabel rincian biaya komponen pendukung yang digunakan pada *flexible fixture*.

Tabel 5.5 Biaya Komponen Pendukung *Flexible Fixture*

No.	Nama Komponen	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Coupling Motor Ø8mm	1	Pcs	Rp 10.000	Rp 10.000
2	Bearing Ø30mm	4	Pcs	Rp 37.000	Rp 148.000
3	Bearing Ø10mm	2	Pcs	Rp 6.000	Rp 12.000
4	Worm	1	Pcs	Rp 85.000	Rp 85.000
5	Worm Gear	1	Pcs	Rp 65.000	Rp 65.000
6	Bevel Gear Ø100mm	2	Pcs	Rp 65.000	Rp 130.000
7	Motor DC	2	Unit	Rp 350.000	Rp 700.000
8	Chuck Ø4inch	1	Unit	Rp 728.000	Rp 728.000
9	Dudukan Sensor	1	Unit	Rp 100.000	Rp 100.000
10	Mur Baut	1	Pcs	Rp 15.000	Rp 15.000
11	Cakram Rem	1	Unit	Rp 150.000	Rp 150.000
12	Pasak 5x5mm	1	Pcs	Rp 15.000	Rp 15.000
13	Arduino Mega	1	Unit	Rp 165.000	Rp 165.000
14	Komponen sensor	2	Unit	Rp 40.000	Rp 80.000
15	Panel Box Arduino	1	Unit	Rp 200.000	Rp 200.000
16	Potensio Meter	1	Unit	Rp 37.000	Rp 37.000
17	Power Supply	1	Pcs	Rp 100.000	Rp 100.000
18	Assembly, Dll	1	Unit	Rp 550.000	Rp 550.000
Total Biaya Komponen Pendukung (Rp)					Rp 3.290.000

### 5.3 Total Biaya Produksi

Setelah dilakukan analisa biaya produksi untuk tiap – tiap komponen *flexible fixture*, didapatkan rincian biaya produksi mulai dari biaya material, biaya proses produksi, biaya pahat dan biaya komponen pendukung lain, seperti ditampilkan pada Tabel 5.6, sebagai berikut :

Tabel 5.6 Rincian Biaya Produksi *Flexible Fixture*

Komponen Biaya	Total Biaya
Biaya Material	Rp 1.591.694,53
Biaya Proses	Rp 445.735,68
Biaya Pahat	Rp 482.216,05
Biaya Komponen	Rp 3.290.000,00
<b>Total Biaya</b>	<b>Rp 5.809.646,26</b>

Sehingga, dari Tabel 5.6 di atas dapat diketahui bahwa total biaya produksi untuk pembuatan satu unit *flexible fixture* adalah **Rp 5.809.646,26**. Dimana, biaya produksi tersebut dapat digunakan sebagai acuan perhitungan harga jual.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari perencanaan parameter proses pemesinan dengan mesin yang ada, pada pemesinan material benda kerja JIS S45C dengan kekerasan HB 229, gerak makan ( $f_s$ ) yang dipilih; 0,38 mm/rev untuk pahat HSS dan 0,5 mm/rev untuk pahat Carbida. Sedangkan, kecepatan potong ( $v_s$ ) yang dipilih; 0,45 m/s untuk pahat HSS dan 2 m/s untuk pahat Carbida.
2. Waktu pemesinan tiap – tiap komponen yang didapatkan untuk Poros Chuck, Poros Cover Plate, Flanges Chuck, Flanges Cover Plate, Support Plate, Cover Plate, Base Plate, dan Rumah Worm dibutuhkan waktu pemesinan berturut - turut sebagai berikut; 4,47 menit; 7,37 menit; 7,34 menit; 8,31 menit; 11,43 menit; 14,42 menit; 5,60 menit; dan 2,27 menit. Sehingga, diperoleh waktu total proses pemesinan untuk sebuah flexible fixture ini adalah 59,64 menit dan daya total sebesar 466178,79 Watt.
3. Besarnya biaya produksi yang meliputi biaya material, biaya proses produksi, biaya pahat, dan biaya komponen pendukung untuk sebuah *flexible fixture* adalah sebesar Rp 5.809.646,26. Dimana, dengan biaya produksi tersebut dapat digunakan sebagai acuan perhitungan harga jual sebuah *flexible fixture*.

## **6.2 Saran**

Saran yang diperlukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Proses perhitungan sebaiknya dibuat lebih detail dengan menggunakan asumsi-asumsi yang lebih mendekati keadaan yang sebenarnya.
2. Sebaiknya kedalaman potong sekecil mungkin sehingga dapat memperkecil keausan pahat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Deutchman, A. D., Michels, W. J. & Wilson, C. E. 1975. **Machine Design: Theory and Practice, 1st Edition**. Prentice Hall: USA.
- [2] Fischer, Ulrich. 2008. **Mechanical and Metal Trades Handbook, 2nd English Edition**. Verlag Europa Lehrmittel. Nourny, Volmer GmbH & Co. KG, Haan-Gruiten
- [3] Rochim, T. 1995. **Teori dan Teknologi Permesinan: Laboratorium Teknik Produksi**, Jurusan Teknik Mesin, FTI, ITB, Bandung.
- [4] Schey, J. A. 2000. **Introduction to Manufacturing Processes, 3rd Edition**. McGraw-Hill Science, Boston.
- [5] Tsachäch, Heinz. 2007. **Applied Machining Technology**. Springer Dordrecht Heidelberg, New York.
- [6] Pujawan, I. N., 2009. **Ekonomi Teknik, Edisi 2**": Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
- [7] Wicaksono, R. A., 2010. **Analisa Proses Permesinan Dan Biaya Produksi Pada Mesin Hot Press Berbasis PLC: Jurusan Teknik Mesin, FTI, ITS., Surabaya**.
- [8] Djuniardi, Galih. 2012. **Analisa Proses Pemesinan Dan Biaya Pembuatan Flexible Fixture Dengan Bantuan Software Labview: Jurusan Teknik Mesin, FTI, ITS., Surabaya**.
- [9] Gumilang, R. L., 2017. **Perancangan Flexible Fixture Dengan Bantuan Software Autodesk Inventor: Departemen Teknik Mesin, FTI, ITS., Surabaya**.

- [10] Balasubramanian, S., 1999, **Fixture-Based Design Similarity Measures for Variant Fixture**, Master Thesis, Faculty of Graduate School, University of Maryland.
- [11] Bi, Z. M., dan W. J. Zhang, 2001, **Flexible Fixture Design and Automation : Review, Issues and Future Direction**, International Journal of Production Research, Volume 39 No 13 pp 2867 – 2894.
- [12] Hermann, Jeffrey W., S. Balasubramanian & Gurdip Singh, 2000, **Defining Specialized Design Similarity Measure**, International Journal of Production Research Vol. 38 No. 15 pp 3603 – 3621.

## Lampiran 1. Tabel Yang Digunakan

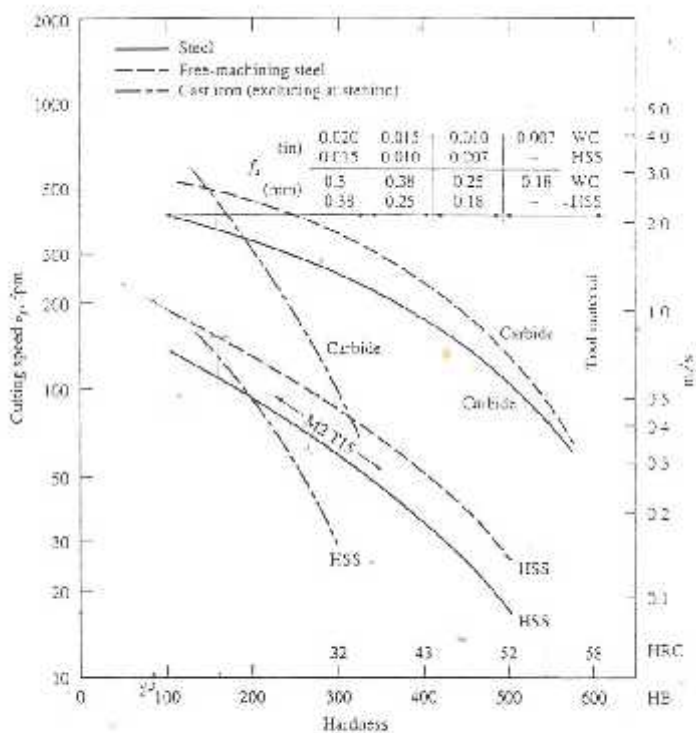


Figure 16-45 Typical speeds and feeds for roughing ferrous materials with a 3.8-mm (0.150-in.) depth of cut. Increase speed by 20% for throwaway carbide inserts; reduce speed by 20–30% for austenitic stainless steels and for tool steels containing over 1% carbon.

Process	$Z_0$	Depth of Cut, mm	$Z_p$	Other
Rough turning	1	4	1	
Finish turning	1.2-1.3/	0.65	0.5	
Form tools, cutoff	0.7			In-feed 0.1 $f$ - 0.3 $f$
Shaping	0.7	4		Feed: HSS, 1.5-4.5 mm WC, 1-1 mm (x1 on Cu, Al, and Mg)
Planing	0.7	4		
Face milling	1	4	0.8-1 <sup>2</sup>	
Slab milling	1	4	0.5 <sup>1</sup>	
Side and slot milling	0.5-0.7	4	0.5 <sup>2</sup>	
End mill, peripheral	1	1.2	0.5-0.25 <sup>1</sup>	For 25-mm diameter cutter
End mill, slotting	1	1.2	0.2 <sup>1</sup>	
Threading, tapping	0.5-0.25			Slower for coarser thread

<sup>1</sup>Extracted from *Machining Data Handbook*, 3d ed., Machinability Data Center, Metal Research Associates, Cincinnati, Ohio, 1980.

<sup>2</sup>Feed per tooth.

NOTE: Speed  $s = v_s Z_0$  and feed  $f = f_s Z_p$ , take  $v_s$  and  $f_s$  from Fig. 16-45 or 16-46.

Material	Hardness		Specific Energy $E_1$	
	HB	HRC	$W \cdot \text{s}/\text{mm}^3$	$\text{hp} \cdot \text{min}/\text{in}^3$
Steels (all)	85–200		2.1	0.8
		35–40	2.4	0.9
		40–50	2.9	1.1
		50–55	3.2	1.4
		55–58	6.0	2.2
Stainless steels	135–275		2.3	0.8
		30–45	2.5	0.9
Cast irons (all)	110–190		1.3	0.5
	190–320		2.4	0.9
Titanium	250–275		2.1	0.8
Superalloys (Ni and Co)	200–360		4.5	1.6
Aluminum alloys	30–150 (500 kg)		0.5	0.2
Magnesium alloys	40–90 (500 kg)		0.3	0.1
Copper		80 HRB	1.8	0.7
Copper alloys		10–80 HRB	1.2	0.5
		80–100 HRB	1.8	0.7
Zinc alloys			0.3	0.1

\* Extrapolated from data in *Machining Data Handbook*, 3d ed., Machinability Data Center, Metcut Research Associates, Cincinnati, Ohio, 1980.

## Lampiran 2. Tabel Specific Cutting Force

Standard values for the specific cutting force <sup>1)</sup>													
Material	Specific cutting force $k_s$ in N/mm <sup>2</sup> for the chip thickness $f$ in mm												
	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,80	1,00	1,50	2,00
S235	3650	3505	3425	3195	3040	2930	2940	2705	2605	2405	2315	2160	2055
E295	5635	4990	4705	4235	3930	3710	3535	3285	3100	2740	2585	2330	2160
E355	4585	4215	4055	3785	3605	3470	3365	3205	3085	2850	2745	2560	2340
C15, C15E	4675	4125	3925	3580	3370	3210	3085	2895	2755	2485	2365	2165	2030
C35, C35E	4425	3895	3670	3290	3045	2865	2725	2525	2375	2095	1910	1765	1635
C45, C45E	4780	4210	3975	3575	3320	3130	2985	2770	2615	2315	2165	1965	1825
C60, C60E	4750	4385	4190	3895	3700	3555	3440	3265	3135	2880	2730	2575	2445
11SMn-P100	2675	2480	2360	2195	2085	2000	1935	1840	1785	1625	1560	1450	1375
16MnCr5	5950	5265	4965	4470	4150	3915	3735	3465	3270	2895	2730	2455	2280
20MnCr5	5775	5135	4855	4385	4085	3860	3690	3435	3245	2885	2730	2475	2295
18CrMo4	4955	4575	4405	4110	3915	3770	3655	3480	3350	3095	2975	2780	2645
34CrAlMo5	4930	4390	4135	3705	3435	3245	3095	2870	2710	2395	2260	2035	1860
42CrMo4	7080	6265	5915	5320	4940	4660	4445	4125	3890	3445	3210	2925	2715
50CrV4	6290	5585	5250	4725	4385	4140	3945	3680	3455	3060	2885	2595	2410
102Cr6	5895	4910	4500	3940	3435	3145	2930	2620	2400	2000	1835	1565	1400
90MnCrV8	5610	5080	4850	4455	4195	4000	3850	3625	3480	3135	2990	2745	2585
X210CrW12	5155	4565	4305	3875	3595	3395	3235	3025	2825	2510	2365	2130	1975
X5CrNi18-10	5730	5190	4955	4550	4285	4085	3935	3705	3535	3200	3055	2805	2640
X30Cr13	5155	4565	4305	3875	3595	3395	3235	3025	2825	2510	2365	2130	1975
TiAlV4	3340	3025	2890	2655	2495	2385	2295	2160	2060	1865	1780	1635	1540
G.JL 150	2315	2100	2005	1840	1730	1650	1590	1500	1430	1295	1235	1135	1085
G.JL 200	2805	2495	2360	2130	1985	1875	1790	1670	1575	1465	1325	1200	1115
G.JL 400	4185	3685	3480	3130	2905	2740	2615	2425	2290	2025	1910	1720	1585
GJS 400	2765	2455	2325	2100	1958	1845	1765	1645	1555	1380	1305	1180	1100
GJS 600	3200	2855	2695	2485	2320	2185	2060	1925	1865	1600	1425	1295	1210
GJS 800	5500	4470	4055	3380	2985	2710	2500	2200	1995	1625	1470	1230	1065
AlCuMg1	2150	1930	1835	1670	1565	1485	1425	1335	1265	1135	1060	965	920
AlMg3	3020	1810	1725	1570	1470	1395	1340	1250	1190	1065	1015	925	865
Al-Si12	2150	1930	1838	1670	1565	1485	1428	1338	1268	1138	1068	968	920
MgAlZn	895	820	785	725	690	660	635	605	580	530	505	470	445
CuZn40Pb2	1740	1600	1535	1425	1365	1300	1260	1195	1150	1055	1015	945	895
CuIn7ZnPt	1780	1565	1480	1335	1245	1175	1125	1045	990	880	830	750	700

<sup>1)</sup> The standard values apply to tools with hard metal edges. Tool wear increases the specific cutting force by approximately 30%. The values specified in the table include this addition. For turning, drilling (page 298) and milling processes (page 300), the effect of the cutting speed on the standard values for the specific cutting force is considered via correction factors C in the upper table.



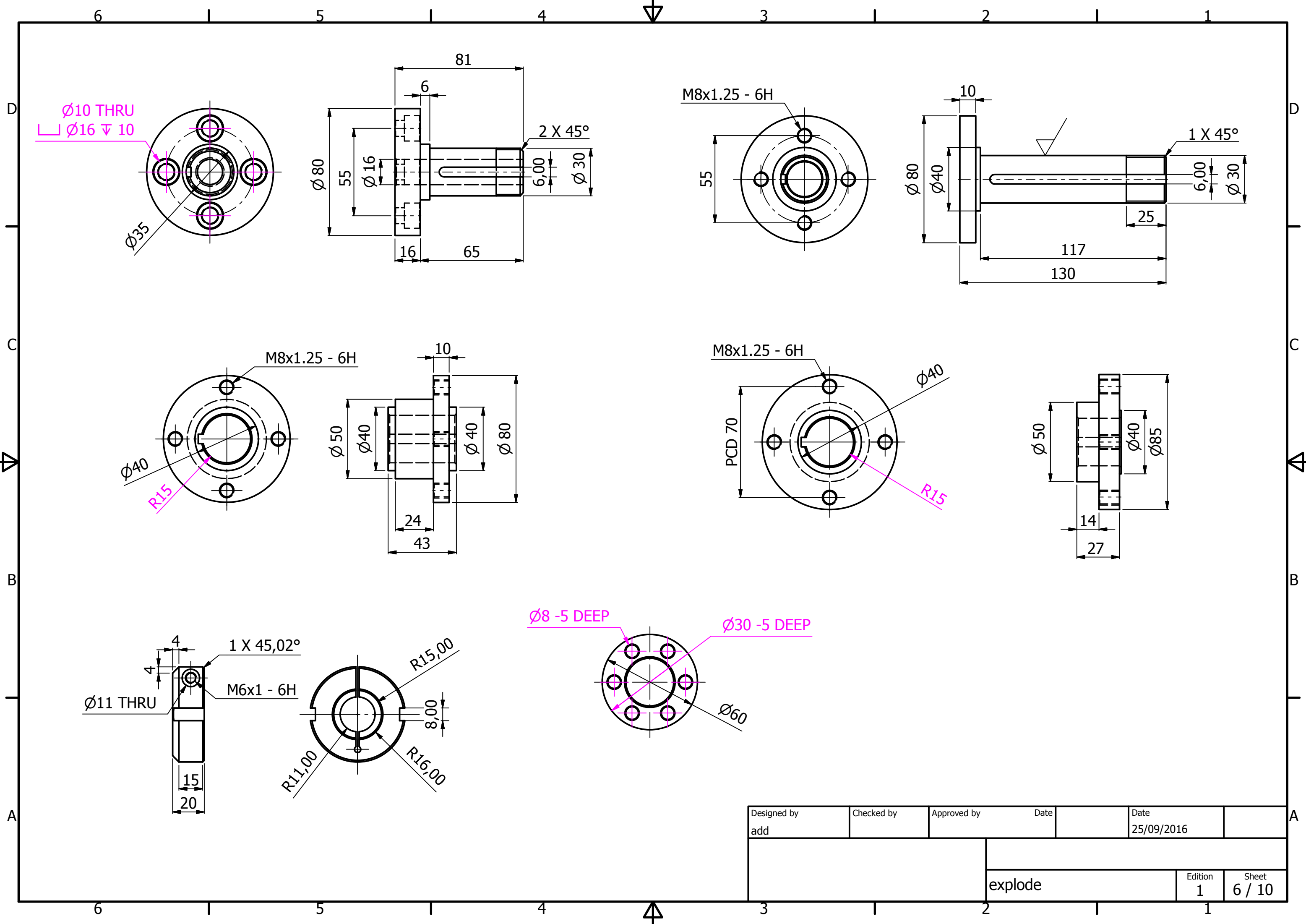
## BIODATA PENULIS



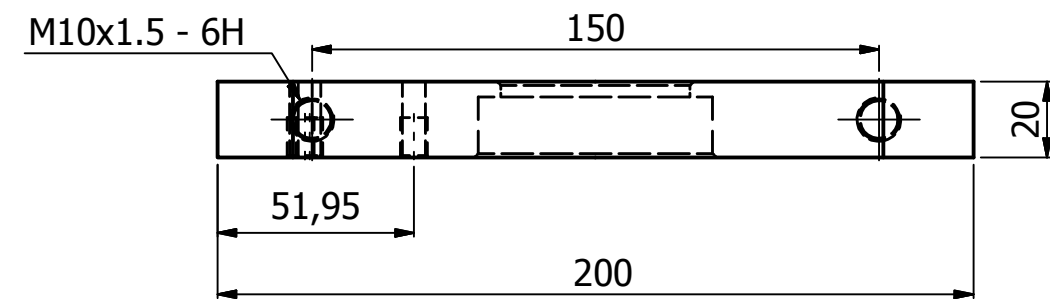
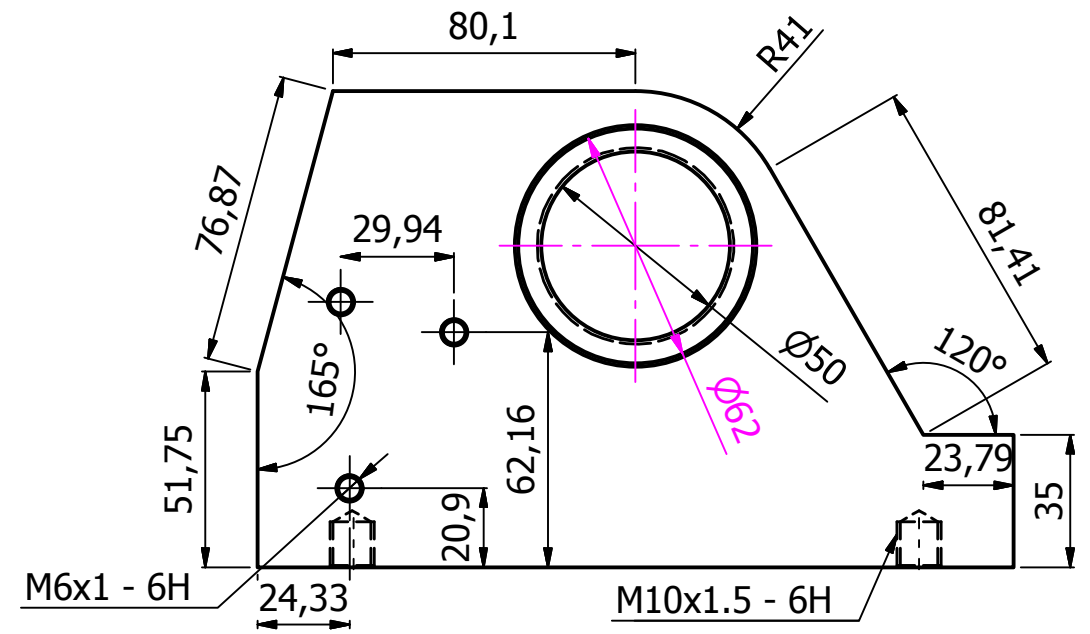
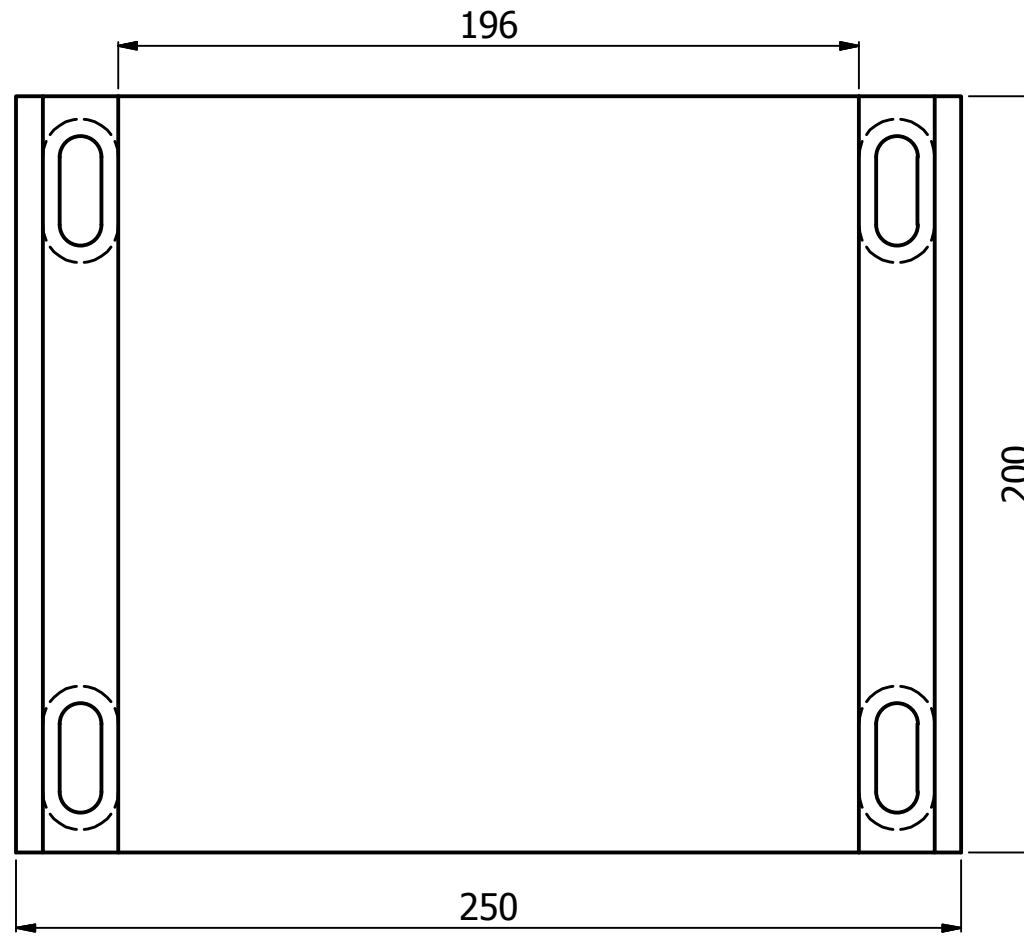
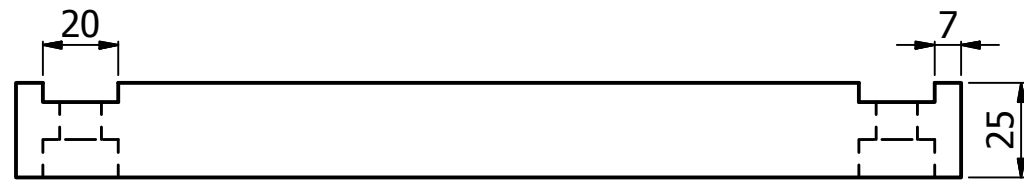
Penulis dilahirkan dari keluarga sederhana di Trenggalek, 17 April 1993, merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Jarwoto, SPd. dan Dra. Umayatin Cholifah. Yang beralamat di Desa Jambu, Kecamatan Tugu, Kabupaten Trenggalek. Pendidikan formal pertama adalah SDN 1 Jambu, MTsN Model Trenggalek, SMAN 2 Trenggalek, dan Jurusan D-3 Teknik Mesin Produksi Kerjasama ITS-DISNAKERTRANSDUK Prov. Jawa Timur melalui seleksi ujian masuk D-3 pada tahun 2011. Kemudian penulis lulus dan diterima di Program Sarjana Departemen Teknik Mesin pada tahun 2015.

Di jurusan D-3 Teknik Mesin Produksi Kerjasama ITS-DISNAKERTRANSDUK ini penulis mengambil spesialisasi di program studi Manufaktur. Penulis dikenal aktif mengikuti kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa ITS pada tahun 2011 dan 2013. Penulis sempat merasakan magang di PT. Dempo Laser Metalindo sebagai Maintenance di Divisi Laser Cutting Machine, Bending Machine, dan Divisi Engineering. Selain itu, ketertarikan penulis terhadap dunia manufaktur mendorongnya berperan aktif untuk menerapkan keterampilannya di dalam maupun di luar kampus, yang disumbangkan dengan peran aktif di Organisasi Forum Komunikasi M3NER-ITS 2011-2014 sebagai anggota dan staf inti, serta mengikuti berbagai kegiatan resmi Nasional yang diadakan oleh ITS salah satunya yaitu KJI-KBGI 2012. Kemudian, di Departemen Teknik Mesin ini penulis termasuk salah satu mahasiswa yang terdaftar di laboratorium Proses Manufaktur.

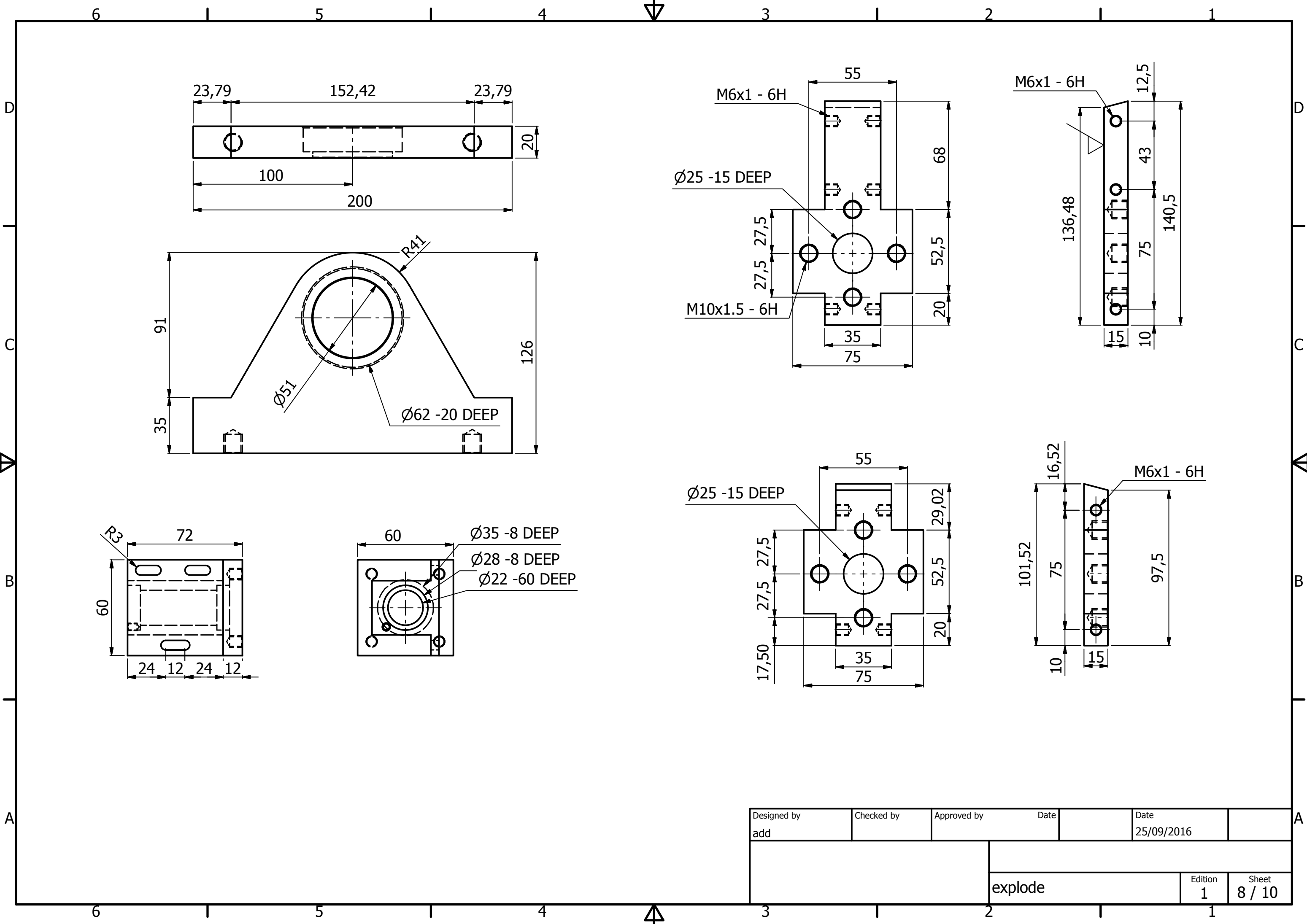
E-mail : [alfanaltamirano@yahoo.co.id](mailto:alfanaltamirano@yahoo.co.id)



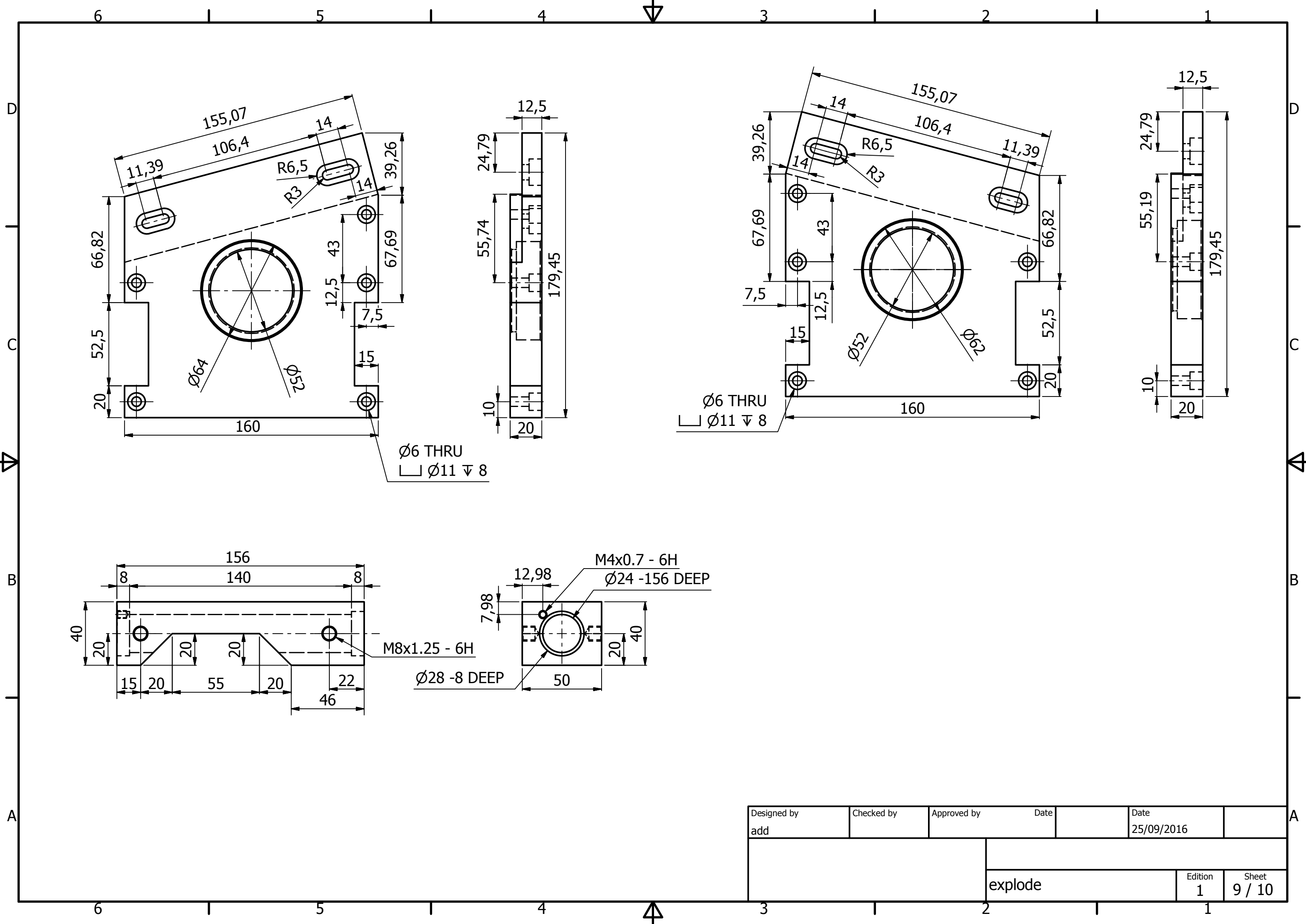
Designed by add	Checked by	Approved by	Date	Date 25/09/2016
explode			Edition 1	Sheet 6 / 10



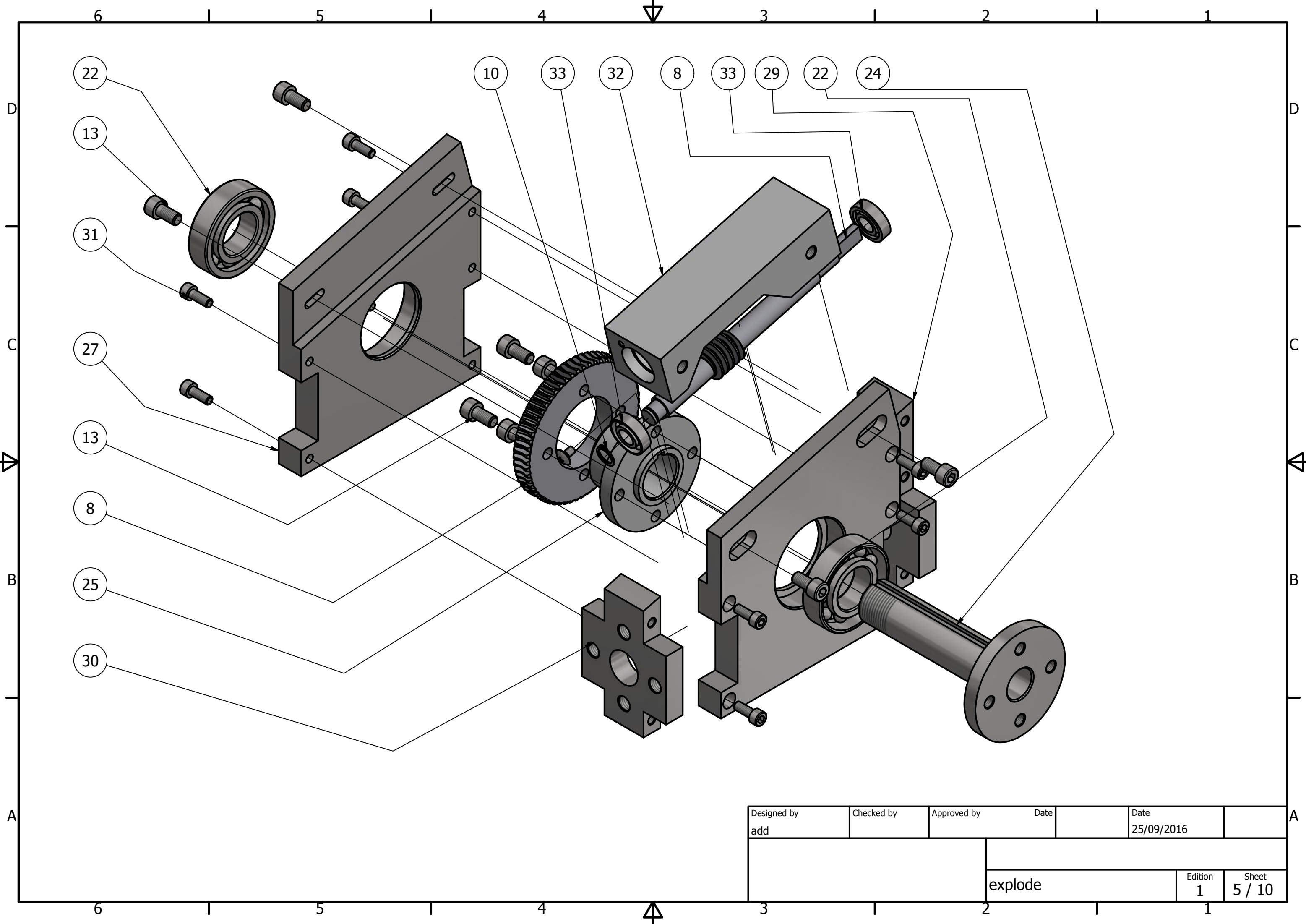
Designed by add	Checked by	Approved by	Date	Date 25/09/2016
			explode	Edition 1
				Sheet 7 / 10



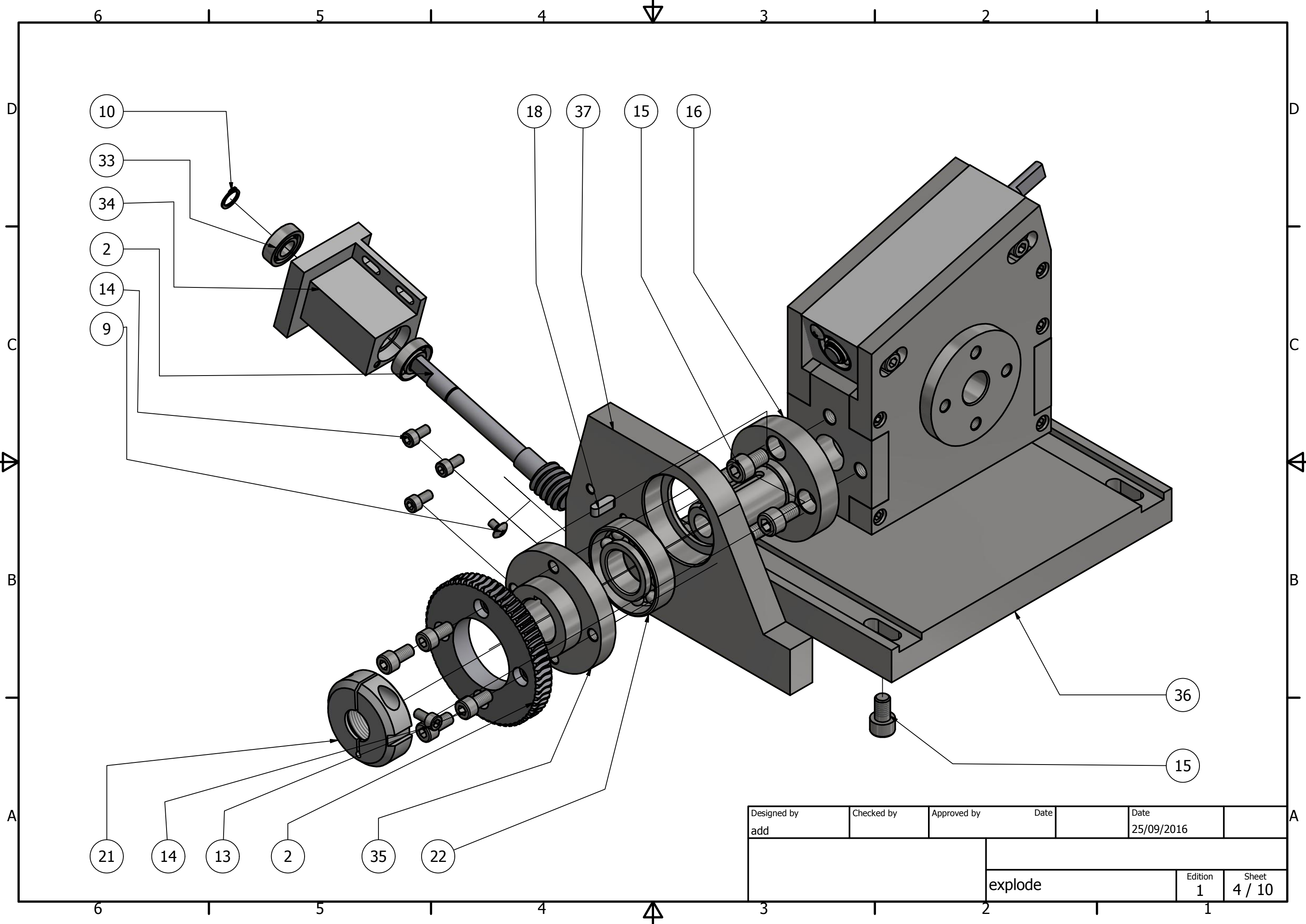
Designed by add	Checked by	Approved by	Date	Date 25/09/2016
explode			Edition 1	Sheet 8 / 10



Designed by add	Checked by	Approved by	Date	Date 25/09/2016
explode			Edition 1	Sheet 9 / 10

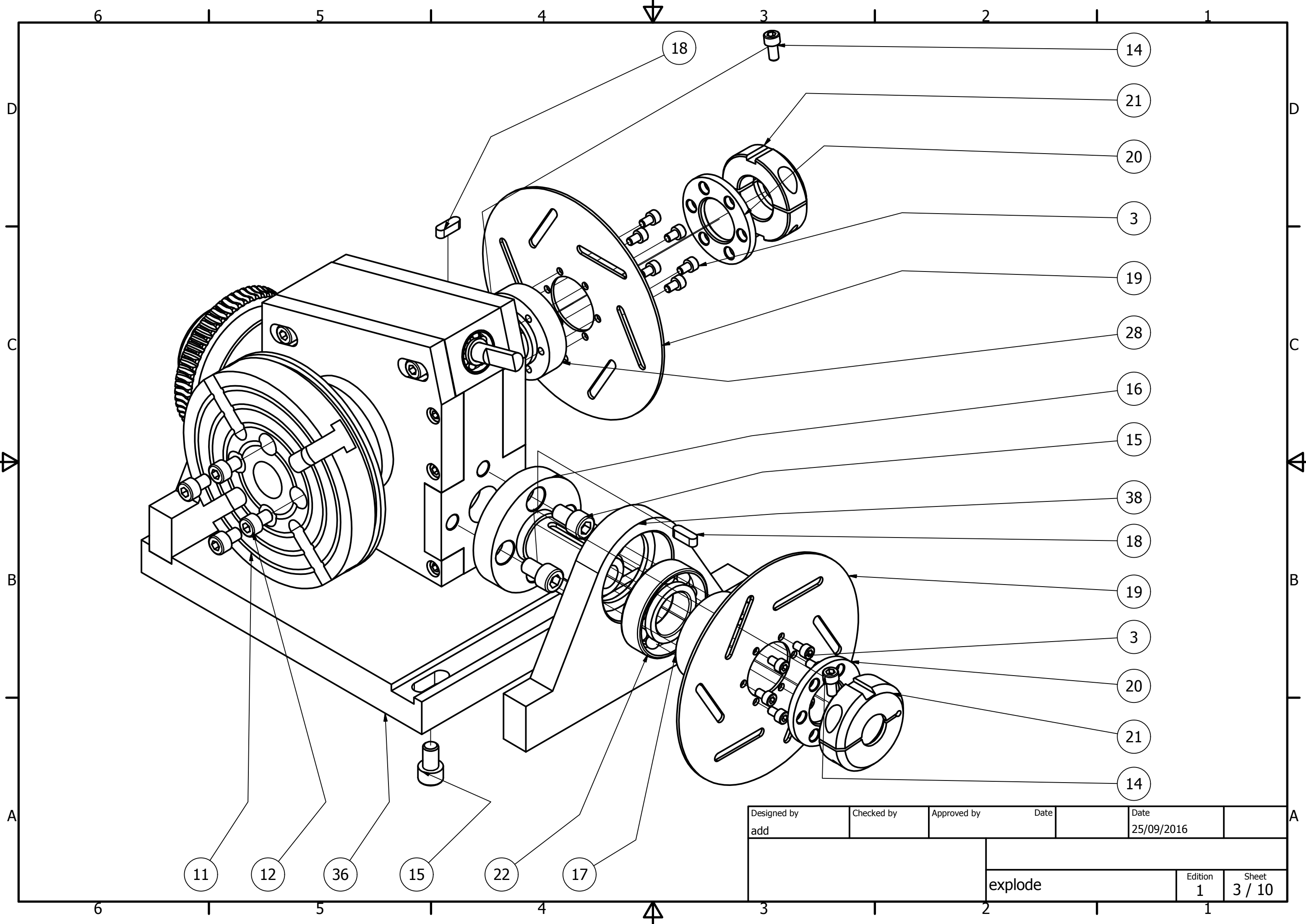


Designed by add	Checked by	Approved by	Date	Date 25/09/2016
			explode	Edition 1
				Sheet 5 / 10



Designed by add	Checked by	Approved by	Date	Date 25/09/2016
			Edition 1	
explode			Sheet 4 / 10	



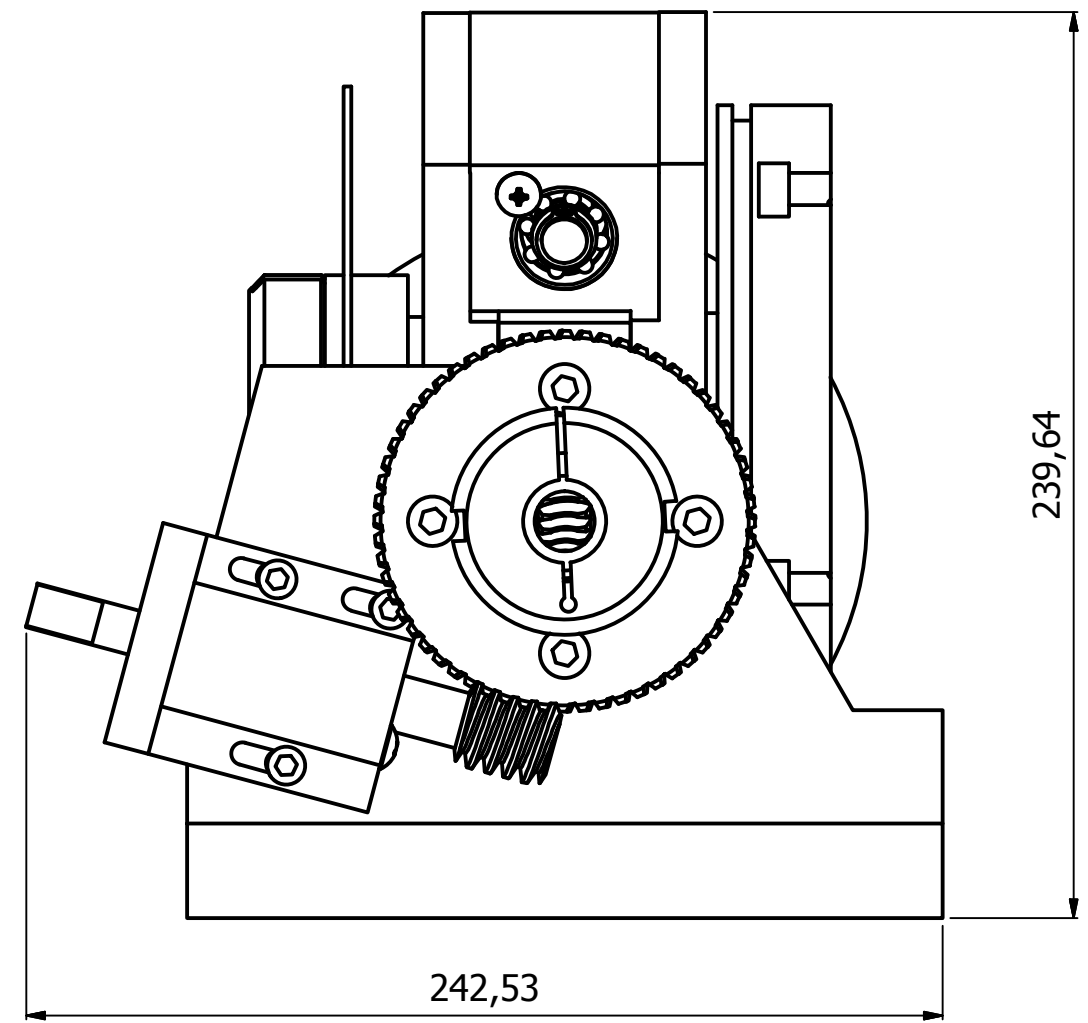
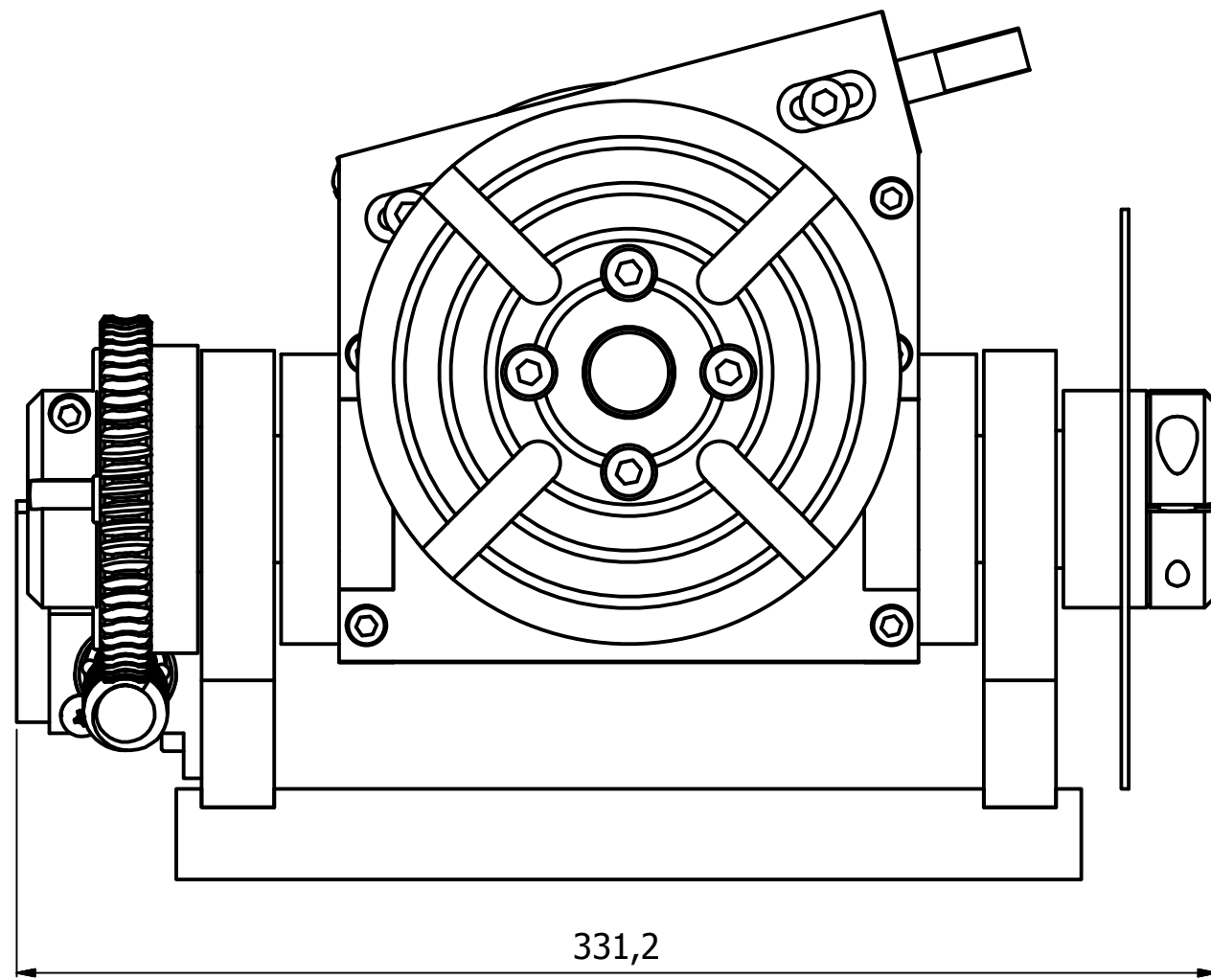


Designed by add	Checked by	Approved by	Date	Date 25/09/2016
explode			Edition 1	Sheet 3 / 10



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
2	1	worm_gear1	
3	12	JIS B 1176 - M5 x 8	Cylinder Head Cap Screw
8	1	worm_gear2	
9	2	JIS B 1111 - M5x8	Truss head screws
10	2	JIS B 2804 - 12x1	Spring Retaining Ring
11	1	table_6in	
12	4	JIS B 1176 - M8 x 12	Cylinder Head Cap Screw
13	12	JIS B 1176 - M8 x 16	Cylinder Head Cap Screw
14	6	JIS B 1176 - M6 x 12	Cylinder Head Cap Screw
15	12	JIS B 1176 - M10 x 16	Cylinder Head Cap Screw
16	2	hub1	
17	1	disc_carrier2	
18	3	key_6x6x19	
19	2	disc_brake	
20	2	spacer	
21	3	lock	
22	4	JIS B 1522 - 7206 30 x 62 x 16	Angular Contact Ball Bearing
24	1	spindle1	
25	1	carrier	
26	1	key_6x6x36	
27	1	base_plate_up1	
28	1	disc_carrier	
29	1	cover_side1	
30	1	cover_side2	
31	10	JIS B 1176 - M6 x 16	Cylinder Head Cap Screw
32	1	bearing_case_worm2	
33	4	JIS B 1522 - 7001 12 x 28 x 8	Angular Contact Ball Bearing
34	1	worm_bearing_base2	
35	1	carrier2	
36	1	support_base2	
37	1	support_side	
38	1	support_side2	
39	1	base_plate_up	

Designed by add	Checked by	Approved by	Date	Date 25/09/2016
explode			Edition 1	Sheet 2 / 10



Designed by add	Checked by	Approved by	Date	Date 25/09/2016	
			explode		
			Edition 1	Sheet 1 / 10	