

**TUGAS AKHIR**  
**RANCANG BANGUN JIG UJI TARIK PADA MESIN**  
***UNIVERSAL TESTING MACHINE***

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**R. OCKY LAKSAMANA MADYA**  
**1707230041**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : R. Ocky Laksamana Madya  
NPM : 1707230041  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Rancang Bangun Jig Uji Tarik (*Tensile*) Pada Mesin *Universal Testing Machine* (UTM)  
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Agustus 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Affandi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



Chandra A Siregar, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : R. Ocky Laksamana Madya  
Tempat /Tanggal Lahir : Sibolga / 9 Juni 1999  
NPM : 1707230041  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“RANCANG BANGUN JIG TARIK (TENSIL) PADA MESIN UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM)”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Agustus 2023

Saya yang menyatakan,



R. Ocky Laksamana Madya

## ABSTRAK

Industri manufaktur merupakan sektor yang memberikan kontribusi paling besar terhadap perekonomian Indonesia. Bahkan dalam beberapa kegiatan produksi manufaktur terdapat beberapa pekerjaan yang menuntut adanya penggunaan alat bantu salah satunya adalah pengujian tarik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan, memilih dan membuat *jig* uji tarik pada mesin *Universal Testing Material* (UTM). Metode penelitian ini pada penelitian ini berupa perancangan menggunakan software solidworks dan bahan yang digunakan plat baja dengan ketebalan 40mm. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini berupa produk Pengujian yang dilakukan pada spesimen komposit dengan *jig* yang dibuat mampu menguji bahan tersebut dengan titik patah pada spesimen komposit berada di tengah spesimen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *jig* yang di buat sangat mampu diaplikasikan dalam menguji spesimen uji tensile berbahan komposit dan logam sebagai bahan ujinya. Hasil desain perancangan *Jig* uji tarik yang dibuat atau digambar menggunakan software solidworks 2020 dengan ukuran tinggi keseluruhan 240 mm, lebar 130 mm, ketebalan 40 mm. Pembahasan rancangan *jig* akan dibahas perpart material yang digunakan plat baja ukuran 40 mm, ukuran head (116x40x60mm), ukuran body (130x40x120mm), ukuran grip (30x65mm), ukuran base (40x40mm), ukuran ulir (20x97mm). *Jig* ini telah dirancang lebih mudah dan praktis digunakan lebih efisien saat digunakan.

Kata kunci : uji tarik, UTM, mekanika kekuatan material, laboratorium.

## **ABSTRACT**

*The manufacturing industry is a sector that contributes the most to the Indonesian economy. Even in some manufacturing production activities there are several jobs that require the use of assistive devices, one of which is tensile testing. This study aims to determine, select and manufacture tensile test jigs on Universal Testing Material (UTM) machines. The research method in this study was a design using solidworks software and the material used was steel with a thickness of 40mm. The results obtained in this study were tests carried out on composite specimens with a jig that was made to be able to test the material with the fracture point on the composite specimen being in the middle of the specimen. So it can be concluded that the jig made is very capable of being used in testing tensile test specimens made from composites and metal as the test material. The design results of a tensile test jig design made or drawn using solidworks 2020 software with an overall height of 240 mm, width 130 mm, thickness 40 mm. The discussion of the jig design will be discussed per part of the material used steel plate size 40 mm, head size (116x40x60mm), body size (130x40x120mm), grip size (30x65mm), base size (40x40mm), screw size (20x97mm). This jig has been designed to be easier and more practical to use more efficiently when used.*

*Keywords : tensile test, UTM, material strength mechanics, laboratory.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Jig Uji Tarik (*Tensile*) pada mesin *universal testing machine* (UTM)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing sekaligus sebagai Wakil Dekan III Fakultas Teknik yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury, S.T., M.T selaku Dosen Penguji I sekaligus sebagai Dekan Fakultas Teknik dan Bapak M. Yani, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Letda Toni Sulaiman dan Eva Lidarce, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teman – teman sekelas dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, Agustus 2023

R. Ocky Laksamana Madya

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. Desain Produk	4
2.2. <i>Jig</i>	4
2.3. <i>Fixture</i>	10
2.4. Baja	14
2.5. AISI 304	19
2.6. Solidwork 2020	20
2.7. Mesin Bubut	22
2.8. Mesin Bor	25
2.9. Mesin <i>Milling</i>	26
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>19</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.1.1. Tempat	19
3.1.2. Waktu	19
3.2 Bahan dan Alat	20
3.2.1 Alat	20
3.2.2 Bahan	23
3.3 Bagan Alir Penelitian	24
3.4 Rancangan Alat Penelitian	25
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>26</b>
4.1. Hasil Perancangan	26
4.1.1. Tahap Perancangan <i>Body</i>	26
4.1.2. Tahap Perancangan <i>Gripper</i>	27
4.1.3. Tahap Perancangan Batang Ulir	28
4.1.4. Tahap Perancangan <i>Head</i>	29

4.1.5. Tahap Perancangan <i>Base</i>	30
4.2. Pembahasan	30
4.2.1. Tahap Pembuatan Cekam	31
4.2.2. Tahap Pembuatan <i>Gripper</i>	31
4.2.3. Tahap Pembuatan Batang Ulir	32
4.2.4. Tahap Pembuatan <i>Head</i>	32
4.2.5. Tahap Pembuatan <i>Base</i>	33
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>34</b>
5.1. Kesimpulan	34
5.2. Saran	34
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian

19

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Template Jig	5
Gambar 2.2 Plate Jig	5
Gambar 2.3 Sandwich Jig	6
Gambar 2.4 Angle-plate Jig	6
Gambar 2.5 Box Jig	7
Gambar 2.6. Channel Jig	7
Gambar 2.7. Leaf Jig	8
Gambar 2.8. Indexing Jig	8
Gambar 2.9. Trunnion Jig	9
Gambar 2.10. Pump Jig	9
Gambar 2.11. Multistation Jig	10
Gambar 2.12. Fitur Dari Solidwork	11
Gambar 2.13. Bidang Kerja Pada Solidwork	12
Gambar 2.14. Aplikasi sketsa dan dimensi	12
Gambar 2.15 Kondisi Pemotongan	13
Gambar 2.16. Panjang pembubutan rata	15
Gambar 2.17. Pengeboran	16
Gambar 2.18 skematik komponen-komponen mesin milling	17
Gambar 2.19 Mesin milling <i>turret</i> vertikal horizontal	18
Gambar 3.1 <i>Software Solidworks 2020</i>	21
Gambar 3.2 mesin bubut konvensional	21
Gambar 3.3 mesin bor	22
Gambar 3.4 mesin milling	22
Gambar 3.5 mesin gerinda tangan	23
Gambar 3.6 baja plat	23
Gambar 3.7 Bagan Alir Penelitian	24
Gambar 3.8 Rancangan Cekam ( <i>Jig</i> )	25
Gambar 4.1 Hasil Rancangan Alat Bantu Uji Tarik	26
Gambar 4.2 Sketsa Perancangan <i>Body</i>	27
Gambar 4.3 Sketsa Lubang Ulir Pada Cekam	27
Gambar 4.4 Sketsa Perancangan <i>Gripper</i>	28
Gambar 4.5 Sketsa Perancangan Batang Ulir	28
Gambar 4.6 Perancangan Batang Ulir	29
Gambar 4.7 Sketsa Perancangan <i>Head</i>	29
Gambar 4.8 Sketsa Perancangan <i>Base</i>	30
Gambar 4.9 Hasil Pembuatan <i>Jig Uji Tensile Universal Testing Machine</i>	30
Gambar 4.10 Tahap Proses Pembuatan Cekam	31
Gambar 4.11 Tahap Proses Pembuatan <i>Gripper</i>	32
Gambar 4.12 Tahap Proses Pembuatan Batang Ulir	32
Gambar 4.13 Tahap Proses Pembuatan <i>Head</i>	33
Gambar 4.14 Tahap Proses Pembuatan <i>Base</i>	33

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
%	Persen	
°	Derajat	C
C	Celcius	
Kg	Kilogram	Kg
M	Meter	
Cm	Centimeter	
Mm	Milimeter	
l	Mili Liter	ml
Kal	Kalori	Kal
Gr	Gram	gr
N	Negatif	
P	Positif	

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur merupakan sektor yang memberikan kontribusi paling besar terhadap perekonomian Indonesia (Laksani et al, 2012). Untuk itu banyak perusahaan di bidang industri manufaktur mencoba mencari cara untuk menekan biaya produksi dan mempercepat proses produksi tanpa mengurangi kualitas produk yang dihasilkan. Contoh nyata yang paling mudah untuk dilihat di antaranya adalah banyaknya bermunculan alat-alat bantu yang dapat membantu dan bahkan menggantikan pekerjaan manusia tersebut. Namun tidak semua pekerjaan yang ada sekarang sudah memiliki alat bantu yang dapat memudahkan pekerjaan tersebut.

Bahkan dalam beberapa kegiatan produksi manufaktur terdapat beberapa pekerjaan yang menuntut adanya penggunaan alat bantu salah satunya adalah pengujian tarik. Untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan, tentu kita harus mengadakan pengujian terhadap bahan tersebut. Ada empat jenis uji coba yang biasa dilakukan, yaitu uji tarik (tensile test), uji tekan (compression test), uji torsi (torsion test), dan uji geser (shear test). Dalam tulisan ini kita akan membahas tentang uji tarik dan sifat-sifat mekanik logam yang di dapatkan dari interpretasi hasil uji tarik.

Uji tarik adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*). Brand terkenal untuk alat uji tarik antara lain adalah *Shimadzu*, *Instron* dan *Dartec*.

Sebuah mesin uji tarik haruslah mempunyai kondisi yang baik untuk mendapatkan kenyamanan maupun keamanan saat mengoperasikannya. Salah satu usaha untuk menjaga kondisi mesin uji tarik agar tetap baik dibutuhkan

pengecekan rutin pada setiap komponen dan juga mempersiapkan cadangan (sparepart) untuk mengganti komponen yang telah rusak. Kualitas dari mesin uji tarik tentunya akan menurun jika dipakai dalam waktu yang lama dan digunakan dalam pekerjaan-pekerjaan yang berat.

Jig adalah alat khusus yang berfungsi memegang, menahan, atau diletakkan pada benda kerja untuk menjaga posisi benda kerja dan mengarahkan benda kerja sehingga proses manufaktur suatu produk dapat lebih efisien, dimana jig tersebut akan digunakan untuk mempermudah dalam proses penjepitan yang kemudian dilakukan proses pengeboran pada konektor rangka kursi. Sehingga setelah digunakannya jig tersebut pada proses penjepitan, diharapkan proses pengeboran konektor rangka kursi semakin mudah dan semakin cepat dalam pengerjaannya. Selain memudahkan penjepitan pada ragum, Jig juga berfungsi sebagai penyeragam letak lubang pada konektor rangka kursi, agar lubang menjadi center, dan jig tidak mengalami pergeseran saat proses pengeboran (Rasyid, M., & Nur, A., 2020).

Jig and Fixture memiliki 2 kategori, Dedicated dan Modular. Dedicated Fixture biasa digunakan pada benda kerja yang spesifik dan khusus, sehingga tidak dapat digunakan apabila benda kerja tidak memenuhi persyaratan. Berbeda dengan Modular Fixture yang memungkinkan fungsi yang fleksibel seperti contohnya ukuran yang berbeda, benda yang memiliki angle dan material yang digunakan oleh benda tersebut. (Kršulja, M.; Barišić, B. dkk : 2009)

Penelitian yang dilakukan oleh (Harianto, dkk., 2021) menyimpulkan bahwa Hasil pengujian sebelum dimodifikasi didapat nilai pengujian kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) sampel rata-rata sebesar 32,3 MPa, atau terdapat selisih sebesar 20,72 % terhadap hasil pengujian acuan. Setelah dilakukannya modifikasi, hasil pengujian tarik maksimum rata-rata sebesar 30,10 MPa, atau terdapat selisih terhadap nilai acuan sebesar 12,5%. Dari hasil modifikasi lainnya terdapat juga nilai elongasi sebesar 8,22 %, serta data pengukuran terekam dalam bentuk data logger sehingga memungkinkan untuk dibuat grafik hubungan tegangan dan regangan. Cekam baru yang dibuat juga sangat kuat dan mudah untuk digunakan.

Berdasarkan hal tersebut maka saya bertujuan untuk membuat sebuah jig uji tarik yang dapat digunakan dalam kegiatan praktikum di lab Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan, maka dapat dirumuskan pokok persoalan dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang jig uji tarik dengan ukuran standart mesin Universal Testing Machine (UTM) dan menghasilkan produk yang layak di uji pada mesin Universal Testing Machine (UTM).

## 1.3 Ruang Lingkup

Pada penulisan tugas akhir ini, adapun ruang lingkup yang dihadapi adalah:

1. Merancang jig uji tarik menggunakan Software Solidworks dengan ukuran standart Universal Testing Machine (UTM)
2. Bahan Jig Plat Baja 40 mm
3. Jig yang dibuat dan dirancang layak di uji untuk kegunaan mesin Universal Testing Machine (UTM).

## 1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk menentukan rancangan jig yang sesuai standart pada mesin UniversalTesting Machine (UTM).
2. Untuk memilih bahan material jig yang digunakan disesuaikan dengan bahan plat baja 40 mm.
3. Untuk membuat jig uji tarik yang layak diuji pada mesin Universal Testing Machine (UTM).

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian perancangan dan pembuatan jig uji tarik adalah:

1. Menghasilkan jig uji tarik sesuai dengan desain yang telah di rancang
2. Jig uji tarik ini dapat digunakan guna memenuhi kurikulum mahasiswa.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Desain Produk**

Desain produk dapat didefinisikan sebagai generasi ide, pengembangan konsep, pengujian dan pelaksanaan manufaktur (objek fisik) atau jasa. Desain produk merupakan terjemahan dari industrial design. Sebagian para ahli menterjemahkan industrial design dengan desain produk. Desain produk adalah pioner dan kunci kesuksesan sebuah produk menembus pasar sebagai basic bargaining marketing, mendesain sebuah produk berarti membaca sebuah pasar, kemauan pasar, kemampuan pasar, pola pikir pasar serta banyak aspek lain yang akhirnya diterjemahkan dan diaplikasikan dalam perancangan sebuah produk. Kemampuan sebuah produk bertahan dalam siklus sebuah pasar ditentukan oleh bagaimana sebuah desain mampu beradaptasi akan perubahan-perubahan dalam bentuk apapun yang terjadi dalam pasar sehingga kemampuan tersebut menjadi nilai keberhasilan bagi produk itu sendiri dikemudian hari.

Dengan krusialnya bentuk tanggung jawab seorang desainde produk industri dalam perancangan sebuah produk, desainde produk harus memiliki pengetahuan dan riset yang baik sebelum merancang sebuah produk. Proses tersebut tidak ayal lagi membutuhkan waktu yang kadang-kadang tidak singkat dalam perancangannya, ketajaman berpikir dan membaca peluang sangatlah dominan dalam menentukan rating desainer tersebut. Sense dapatlah kita katakanlah begitu, terbentuk dari pengalaman yang panjang dan ditempa berbagai aspek yang melingkupi dan dihadapi sang desainer tersebut (Santoso, 2015).

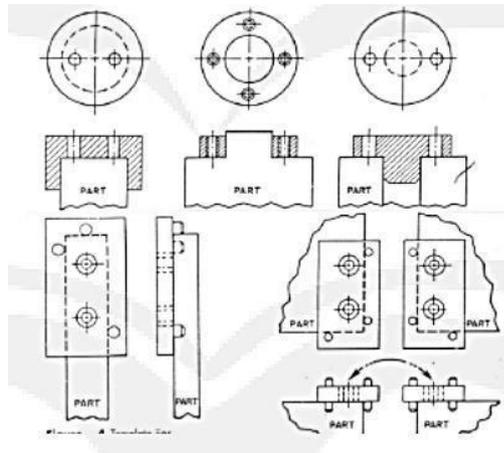
#### **2.2 Jig**

Jig (pengarah) diartikan sebagai suatu alat untuk mengontrol dan mengarahkan alat potong dalam sebuah proses pembentukan benda kerja sedangkan fixture (penempat) adalah alat lainnya yang berfungsi untuk memegang, melokasikan dan menjamin benda kerja agar tetap berada pada posisinya.

Jenis Jig yang digunakan di dunia industri sangat banyak, berikut ini adalah beberapa jenis jig yang sering digunakan dalam dunia industri, seperti terlihat pada gambar 2.1

a. Template jig

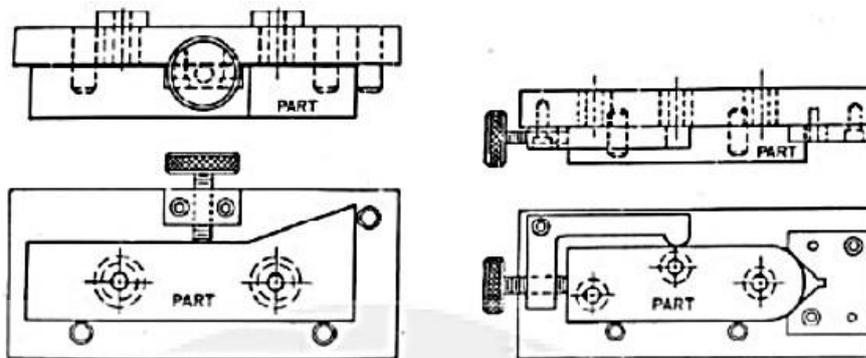
Jenis Jig ini paling sering dipasang di atas atau pada benda kerja, tetapi tidak di-clamp. Jenis jig yang paling sederhana namun paling mahal, digunakan lebih kepada keperluan pencapaian akurasi dari pada kecepatan, seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Template Jig (Hoffman, 2010).

b. Plate jig

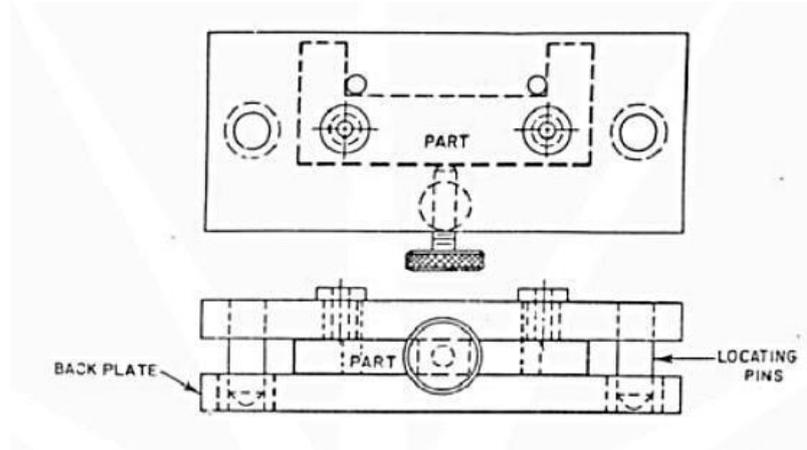
Clamp yang digunakan pada jenis Jig ini menunjukkan perbedaan dari jenis Jig sebelumnya, seperti terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Plate Jig (Hoffman, 1996)

c. Sandwich jig

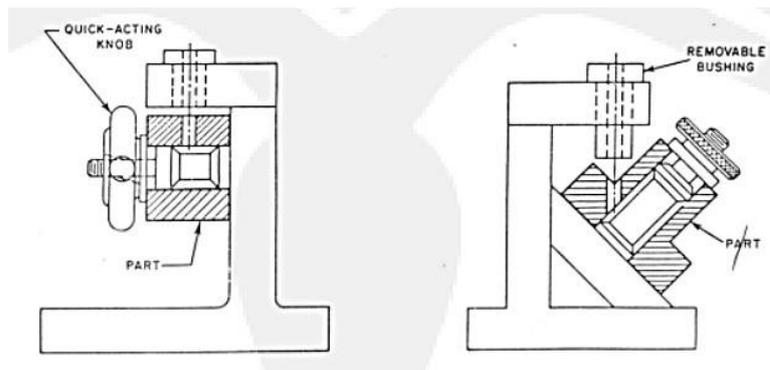
Pengembangan Variasi dari plate jig dengan ditambahkan plat di bagian belakang, lebih cocok untuk pengerjaan komponen tipis atau lunak yang memungkinkan terjadinya bengkokan atau lipatan, seperti terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sandwich Jig (Hoffman, 1996)

d. Angle-plate jig

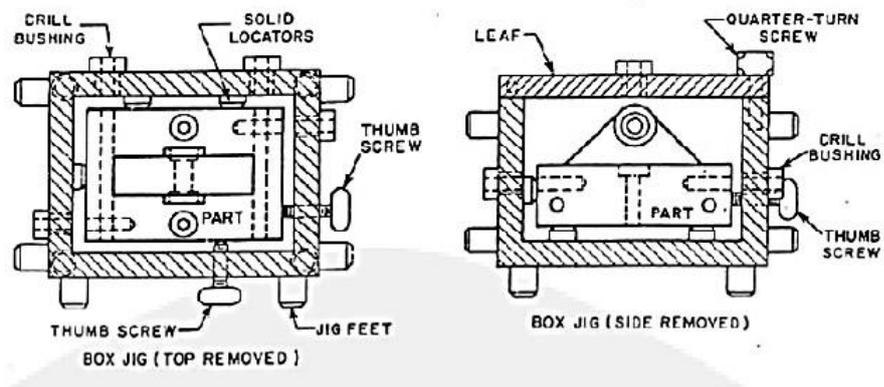
Jenis jig yang digunakan untuk memegang benda kerja yang akan di proses di mesin dengan sudut yang tepat terhadap mounting locator, seperti terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Angle-plate Jig (Hoffman, 1996)

e. Box jig

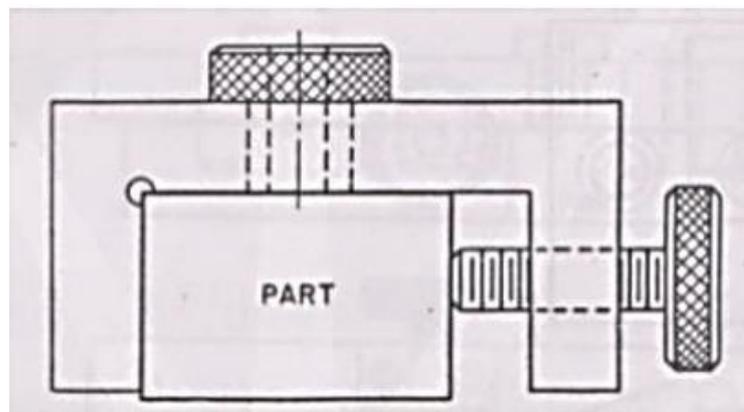
Jenis jig yang dapat memungkinkan pengerjaan pada tiap permukaan benda tanpa perubahan posisi. Pemasangan pada benda kerja adalah dengan mengelilinginya, seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Box Jig (Hoffman, 1996)

f. Channel jig

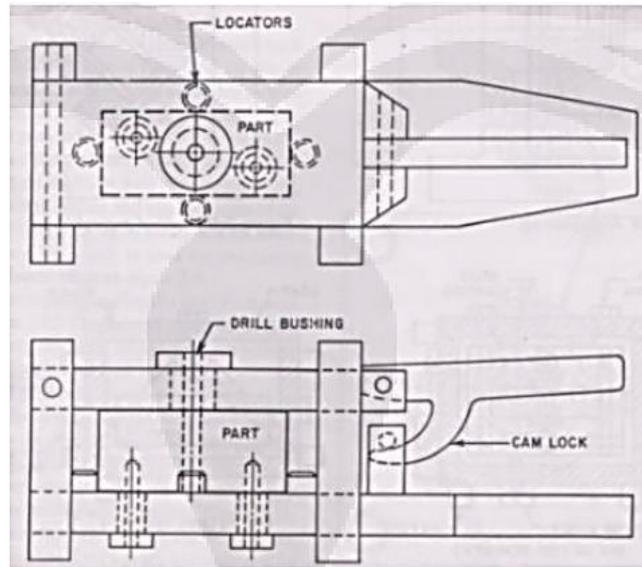
Merupakan jenis Jig yang paling sederhana, benda kerja dicekam dari 2 sisi dan proses pengerjaan pada sisi ke-3, seperti terlihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6. Channel Jig (Hoffman, 1996)

g. Leaf jig

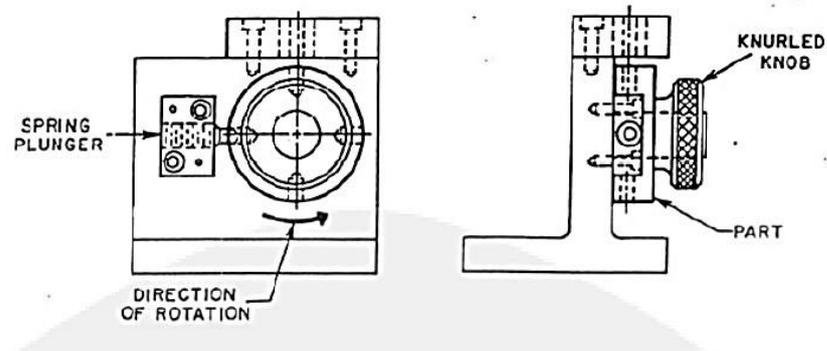
Ukurannya relatif lebih kecil dari box jig. Box jig kecil dengan engsel daun untuk memudahkan pencekaman dan pelepasan benda kerja, seperti terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Leaf Jig (Hoffman, 1996)

h. Indexing jig

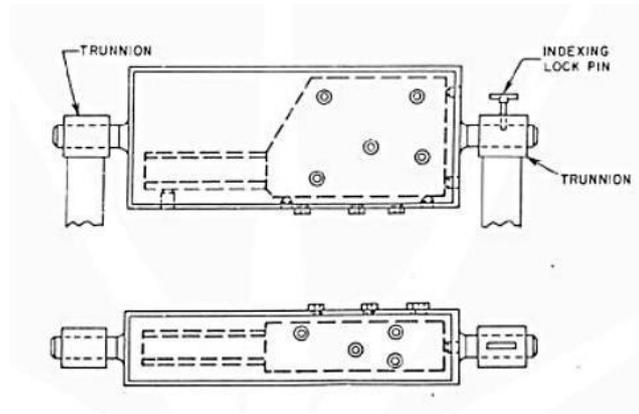
Jenis Jig yang digunakan untuk perluasan lubang atau daerah yang dilakukan pemrosesan dan di sekitar benda kerja. Jig menggunakan komponen tersendiri atau plat referensi dan sebuah plunger, seperti terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Indexing Jig (Hoffman, 1996)

i. Trunnion jig

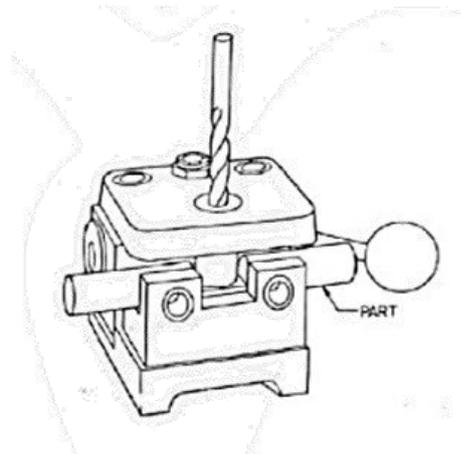
Jenis jig rotary yang digunakan untuk pengerjaan komponen besar stu berprofil unik. Komponen diletakkan ke dalam kotak pembawa, kemudian dipasang pada trunnion, seperti terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Trunnion Jig (Hoffman, 1996)

j. Pump jig

Jig dengan tujuan komersial yang mampu disesuaikan oleh penggunanya dengan tujuan pengerjaan tertentu. Jig ini memiliki plat yang diaktifkan oleh tuas menyebabkan alat ini bisa memasang dan membongkar benda kerja dengan cepat, seperti terlihat pada gambar 2.10.

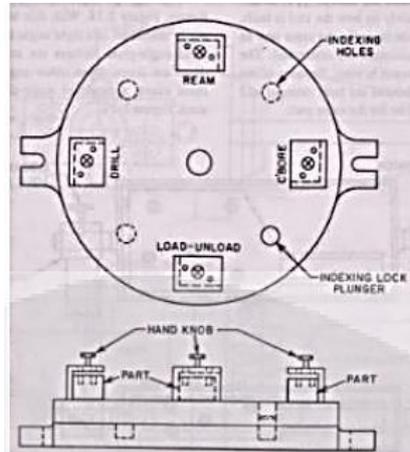


Gambar 2.10. Pump Jig (Hoffman, 1996)

k. Multistation jig

Kemampuan dan fungsi utama Jig ini adalah penempatan benda kerja menunjukkan salah satu contoh Jig jenis ini, pada satu bagian mengebor, bagian lain mengerjakan proses reaming dan kemudian counterboring. Stasiun terakhir digunakan untuk melepaskan komponen yang selesai dikerjakan, lalu memasang komponen baru. Fixture adalah alat produksi yang mampu digunakan untuk penempatan benda kerja, pencekaman, dan

penyanggaannya sehingga aman digunakan untuk proses permesinan. Jenis fixture umumnya dibagi berdasarkan bagaimana proses pembuatannya. Alat ini dibuat lebih kuat dan berat daripada jig karena gaya yang diterima saat penggunaan lebih besar seperti yang terlihat pada gambar 2.11.



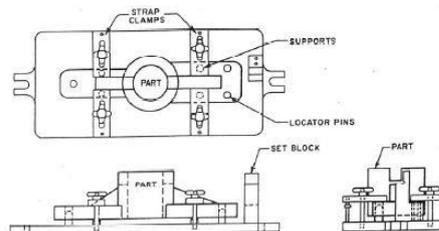
Gambar 2.11. Multistation Jig (Hoffman, 1996).

### 2.3 Fixture

*Fixture* adalah alat produksi yang mampu digunakan untuk penempatan benda kerja, pencekaman, dan penyanggaannya sehingga aman digunakan untuk proses permesinan. Jenis *fixture* umumnya dibagi berdasarkan bagaimana proses pembuatannya. Alat ini dibuat lebih kuat dan berat daripada *jig* karena gaya yang diterima saat penggunaan lebih besar.

Berikut adalah beberapa tipe *fixture* yang sering ditemukan di dunia industri:

#### a. Plate fixture



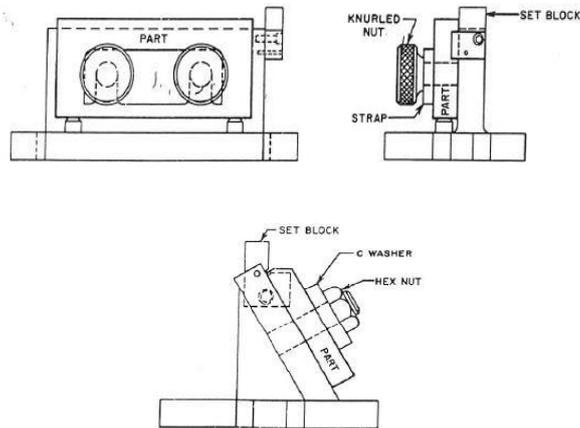
Gambar 2.12. Plate Fixture

(Sumber: Hoffman, 1996, hal 15)

Jenis *Fixture* yang memiliki bentuk paling sederhana ini biasanya dibuat dari plat datar yang memiliki variasi pada pencekaman dan *locator* untuk memgang

dan mengarahkan posisi benda kerja sesuai pada tempatnya. Konstruksi *fixture* ini dapat digunakan pada hampir setiap proses permesinan karena bentuk konstruksi yang sederhana.

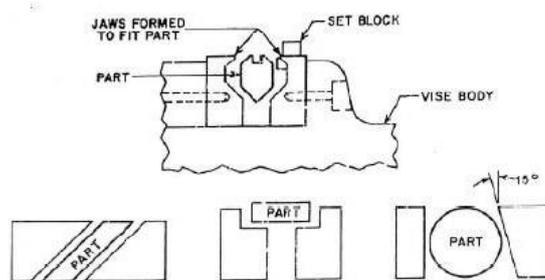
b. *Angle-plate fixture*



Gambar 2.13. *Angle-plate Fixture* dan *Modified Angle-plate Fixture*

(Sumber: Hoffman, 1996, hal 15)

Pengembangan dari *plate fixture* yang digunakan untuk pengerjaan komponen yang tegak lurus dengan locator. Pengerjaan yang tegak lurus dengan *locator*-nya tersebut mampu dipenuhi dengan variasi *plate fixture* ini.

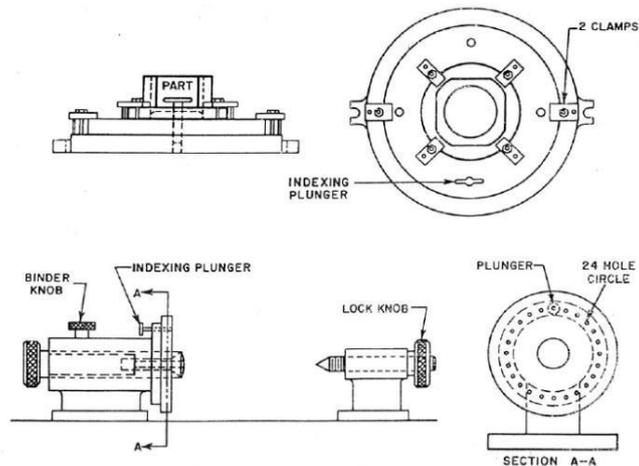


Gambar 2.14. *Vice-jaw Fixture*

(Sumber: Hoffman, 1996, hal 16)

Jenis *fixture* digunakan dalam pengerjaan benda kerja yang kecil. *Vice-jaw* standar akan digantikan dengan *vice-jaw* yang sesuai dengan bentuk benda kerja.

d. *Indexing fixture*

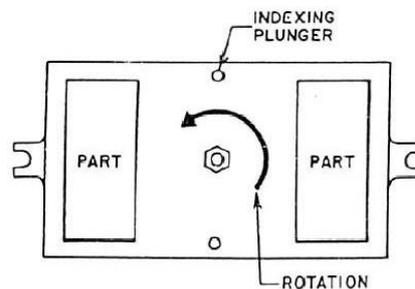


Gambar 2.15. *Indexing Fixture*

(Sumber: Hoffman, 1996, hal 17)

Jenis Fixture ini memiliki bentuk yang hampir sama dengan *indexing jig*, perbedaannya adalah pada permesinan yang memiliki detail rongga lebih spesifik dari *indexing jig*.

e. *Multistation fixture*

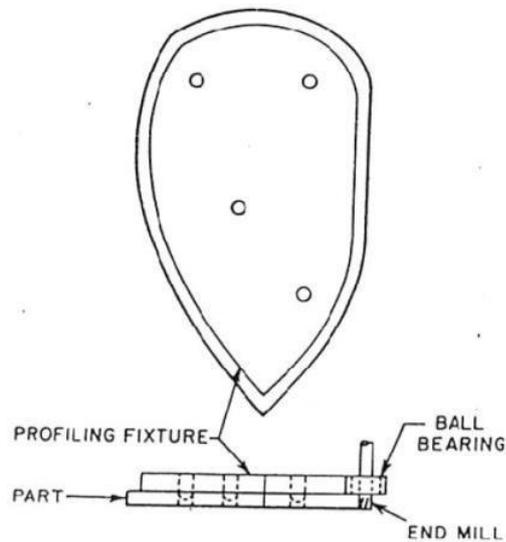


Gambar 2.16. *Multistation Fixture*

(Sumber: Hoffman, 1996, hal 17)

Jenis *fixture* yang mampu digunakan pada proses permesinan yang berkelanjutan dan produksi dengan kecepatan yang tinggi, serta volume produksi yang tinggi. Mesin dapat memasang dan melepas benda kerja saat proses permesinan berlangsung, meskipun memiliki 2 stasiun saja.

f. *ofiling fixture*



Gambar 2.17. *Profiling Fixture*

(Sumber: Hoffman, 1996, hal 17)

Jenis *fixture* ini digunakan untuk mengarahkan alat potong pada pengerjaan kontur yang secara alami tidak mampu dikerjakan di mesin.

#### 2.3.4. Prinsip-prinsip Dalam Perancangan

Menurut James M. Apple (1990), perancangan produk harus memiliki hasil yang berusaha menjamin, antara lain:

- a. Fungsional, yaitu rancangan produk harus dapat melaksanakan fungsi utamanya dengan baik sesuai harapan.
- b. Memiliki kualitas dan mutu baik dari sisi perancang maupun dari sisi pengguna produk tersebut.
- c. Penampilan rancangan tersebut harus menarik dan dapat diterima oleh penggunanya.
- d. Mampu dibuat dalam harga yang ekonomis dan relatif rendah, serta mudah dalam pengoperasiannya.

Pembelajaran dalam perancangan produk perlu dilakukan sebelum memulai perancangan. Menurut Sutrimo (1997), faktor yang harus diperhatikan dalam perancangan produk adalah sebagai berikut:

- a. Kekuatan hasil rancangan.
- b. Berat peralatan yang dihasilkan.
- c. Pembiayaan rancangan.
- d. Ketahanan terhadap korosi dan kemacetan.
- e. Mudah dalam pembuatan
- f. Aman dalam penggunaan
- g. Memiliki nilai estetika
- h. Mengusahakan desain produk dirancang sedemikian rupa supaya dapat menghindari penyimpangan biaya lain.
- i. Pemilihan bahan dan material.
- j. Pemilihan alat pemroses rancangan dan permesinan.

Perancangan alat baru ini dapat memiliki arti penyempurnaan dari alat yang sudah ada maupun pembuatan alat dari belum ada menjadi ada.

#### 2.4 Baja

Baja merupakan kebutuhan mendasar untuk suatu konstruksi, terutama baja dipakai untuk pembuatan sebuah mobil dan sepeda motor. Untuk itu membuat sebuah produk harus melalui uji kekuatan material. Mengingat pentingnya pengetahuan tentang sifat-sifat mekanik dalam rekayasa bahan, maka akan dilakukan pengukuran sifat-sifat mekanik dengan metode tekan. Metode ini dilakukan untuk mengukur kekuatan dan ketahanan suatu material terhadap gaya dinamik yang diberikan secara cepat.

Baja adalah paduan logam yang tersusun dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur penguat. Unsur karbon inilah yang banyak berperan dalam peningkatan performa. Perlakuan panas dapat mengubah sifat baja dari lunak seperti kawat menjadi keras seperti pisau. Penyebabnya adalah perlakuan panas mengubah struktur mikro besi yang berubah-ubah dari susunan kristal berbentuk kubik berpusat ruang menjadi kubik berpusat sisi atau heksagonal.

Dengan perubahan struktur kristal, besi adakalanya memiliki sifat magnetik dan adakalanya tidak. Besi memang bahan yang bersifat unik. Material bangunan yang baik adalah salah satu unsur penting untuk mendirikan sebuah bangunan

yang kokoh. Salah satu material yang sering digunakan sebagai material utama pembangunan bangunan, rumah-rumah, maupun jembatan adalah baja.

### 2.3.1. Sifat-sifat Baja

Adapun sifat-sifat baja sebagai berikut :

#### a. Bahan Homogen

Bahan konstruksi baja banyak diproduksi oleh pabrik-pabrik sehingga sifatnya lebih homogen dan konsisten. Bentuk dan strukturnya lebih terkendali sehingga bangunan yang dihasilkan dengan material baja akan lebih sesuai perencanaan. Karena baja banyak diproduksi pabrik, kualitas dan mutunya pun lebih terjamin.

#### b. Ketangguhan

Baja mempunyai kekuatan lebih tinggi jika dibandingkan dengan material konstruksi lain seperti beton atau kayu. Meski lebih ringan, namun kekuatan per volume-nya lebih tinggi sehingga membuat baja banyak dijadikan sebagai struktur jembatan.

#### c. Elastis

Baja mempunyai sifat elastisitas yang cukup tinggi dan bisa kembali ke bentuk semula jika diberikan tegangan yang tinggi sekali pun, asalkan gayanya tidak melebihi batas elastisitas baja.

#### d. Liat

Baja bersifat liat yang artinya memiliki kekuatan dan daktilitas tinggi. Daktilitas adalah sifat material yang mampu menahan deformasi besar tanpa menyebabkan keruntuhan terhadap beban tariknya. Ini adalah sifat yang penting agar baja tidak mudah hancur karena selama pabrikasi, pengangkutan, dan pelaksanaan, baja akan menerima banyak deformasi.

#### e. Permanen

Baja bersifat tahan lama karena tidak mudah berkarat dan mengalami korosi. Apabila mendapat perawatan yang baik, baja akan berumur sangat panjang sebagai material konstruksi sebuah bangunan. Bahkan menurut sebuah penelitian, baja tidak memerlukan pengecatan sama sekali sebagai perawatannya pada kondisi tertentu. Ini merupakan salah satu alasan

mengapa baja banyak digunakan sebagai material utama konstruksi bangunan (Didit, 2013).

### 2.3.2. Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan tambahan silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P), sulfur (S) dan tembaga (Cu) (Wiryo-smarto, H. dan Toshie Okumoro, 1981). Kadar karbon sangat mempengaruhi sifat dari baja karbon, sehingga baja ini diklasifikasikan berdasarkan kadar karbonnya. Kadar karbon paling tinggi pada baja karbon yaitu sampai 1,7% (Arifin, Syamsul, 1977).

Unsur-unsur baja yang dapat mempengaruhi sifat-sifat baja yaitu:

#### 1. Mangan (Mn)

Semua bahan besi mengandung mangan dalam jumlah yang kecil tetapi untuk tujuan khusus seperti baja keras. Mangan biasanya ditambahkan dalam jumlah yang besar. Baja keras mengandung mangan 13% Mn. Pengaruh yaitu dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, ketahanan terhadap aus, sedangkan pengaruh negatifnya yang ditimbulkan mangan pada baja yaitu menurunkan pembentukan serpih.

#### 2. Silisium (Si)

Semua bahan besi mengandung silisium dalam jumlah yang kecil, tetapi untuk tujuan khusus seperti baja keras biasanya ditambahkan dalam jumlah yang besar, pengaruh yang ditimbulkan dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, dan ketahanan terhadap aus, pengaruh negatif yang ditimbulkan yaitu menurunkan regangan dan mampu tempa.

#### 3. Sulfur (S)

Sulfur dapat menjadikan baja getas pada suhu tinggi maka dari itu dapat merugikan baja yang digunakan pada suhu tinggi, disamping menyulitkan pengerjaan dalam proses pengerolan panas atau proses lainnya. Kadar sulfur biasanya dibuat rendah yaitu lebih rendah dari 0,05%.

#### 4. Nikel (Ni)

Paduan baja dan nikel biasanya digunakan dalam pembuatan magnet permanen dan material yang tahan terhadap panas adapun pengaruh positif yang ditimbulkan nikel adalah dapat meningkatkan kekuatan tarik, keuletan dan ketahanan terhadap karat sedangkan pengaruh negatif yang ditimbulkan adalah menurunkan kecepatan pendinginan dan regangan.

Tabel 2.1 klasifikasi baja karbon (Suharto, 1995)

Jenis	Kelas	Kadar karbon	Kekuatan luluh	Kekuatan tarik	perpanjangan	Kekerasan brinell
Baja karbon rendah	baja lunak khusus	0,08	18-28	32-36	40-30	95-100
	Baja sangat lunak	0,08-0,12	20 - 29	36 - 42	40 - 30	80 - 120
	Baja lunak	0,12-0,20	22 - 30	38 - 48	36 - 24	100 - 130
	Baja setengah lunak	0,20-0,30	24 - 36	44 - 55	32 - 22	112 - 145
Baja karbon sedang	Baja setengah keras	0,30-0,40	30 - 40	50 - 60	30 - 17	140 - 170
Baja karbon tinggi	Baja keras	0,04-0,05	34 - 46	58 - 70	26 - 14	160 - 200
	Baja sangat keras	0,50-0,80	36 - 100	65 - 100	20 - 11	180 - 235

#### 2.3.3. Macam-Macam Baja Karbon

Baja (*steel*) adalah material yang paling banyak dan umum digunakan di dunia industri, hal ini karena baja memberikan keuntungan – keuntungan yang banyak yaitu pembuatannya mudah dan ekonomis. Baja pada dasarnya adalah bentuk perpaduan suatu logam dengan logam induk (*base metal*) besi (Fe), berdasarkan pengertian ini maka baja diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar yaitu baja karbon dan baja paduan (selain karbon). Salah satu

pemanfaatan baja di dunia teknik adalah sebagai bahan atau material konstruksi (struktur) pada bangunan–bangunan seperti pada jembatan, tower, dan rangka gedung. Jenis – jenis baja kontruksi umumnya sangat banyak sekali baik menurut standar ASTM, DIN, JIS, BS dan lain-lain.

Baja karbon digolongkan menjadi tiga kelompok berdasarkan banyaknya karbon yang terkandung dalam baja yaitu :

#### 1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon antara 0,025% – 0,25% C. setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10 – 30 kg karbon.

Tabel 2.2: Kadar baja karbon rendah (Ashby dan David, 1998)

No.	Kadar Karbon	Berat Karbon	Pembuatan
1.	0,025% - 0,25%	10-30 kg	Plat baja, batangan, profil

#### 2. Baja Karbon Menengah

Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) mengandung karbon antara 0,25% - 0,55% C dan setiap satu ton baja karbon mengandung karbon antara 30 – 60 kg. baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja maka baja karbon ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.

Tabel 2.3 : Kadar baja karbon menengah (Ashby dan David, 1998)

No.	Kadar Karbon	Berat Karbon	Pembuatan
1.	0,25% - 0,55%	30-60 kg	Roda gigi, pegas

#### 3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) mengandung kadar karbon antara 0,56% -1,7% C dan setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung

karbon antara 70 – 130 kg. Baja ini mempunyai kekuatan paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji dan lain sebagainya (Didit, 2013).

## 2.5 AISI 304

AISI 304 merupakan baja paduan yang mengandung sedikitnya 11,5% krom berdasar beratnya. Stainless steel memiliki sifat tidak mudah terkorosi sebagaimana logam baja yang lain. Stainless steel berbeda dari baja biasa dari kandungan kromnya. Baja karbon akan terkorosi ketika diekspos pada udara yang lembab. Besi oksida yang terbentuk bersifat aktif dan akan mempercepat korosi dengan adanya pembentukan oksida besi yang lebih banyak lagi. Stainless steel memiliki persentase jumlah krom yang memadai sehingga akan membentuk suatu lapisan pasif kromium oksida yang akan mencegah terjadinya korosi lebih lanjut. Untuk memperoleh ketahanan yang tinggi terhadap oksidasi biasanya dilakukan dengan menambahkan krom sebanyak 13 hingga 26 persen. Lapisan pasif chromium(III) oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) yang terbentuk merupakan lapisan yang sangat tipis dan tidak kasat mata, sehingga tidak akan mengganggu penampilan dari stainless steel itu sendiri. Dari sifatnya yang tahan terhadap air dan udara ini, stainless steel tidak memerlukan suatu perlindungan logam yang khusus karena lapisan pasif tipis ini akan cepat terbentuk kembali ketika mengalami suatu goresan. Peristiwa ini biasa disebut dengan pasivasi, yang dapat dijumpai pula pada logam lain misalnya aluminium dan titanium. Ada berbagai macam jenis dari stainless steel. Ketika nikel ditambahkan sebagai campuran, maka stainless steel akan berkurang kegetasannya pada suhu rendah. Apabila diinginkan sifat mekanik yang lebih kuat dan keras, maka dibutuhkan penambahan karbon. Sejumlah unsur mangan juga telah digunakan sebagai campuran dalam stainless steel. Stainless steel juga dapat dibedakan berdasarkan struktur kristalnya menjadi: austenitic

stainless steel, ferritic stainless steel, martensitic stainless steel, precipitation-hardening stainless steel, dan duplex stainless.

#### 1. Stainless Steel AISI Tipe 304

Baja paduan SS AISI 304 merupakan jenis baja tahan karat austenitic stainless steel yang memiliki komposisi 0.042%C, 1.19%Mn, 0.034%P, 0.006%S, 0.049%Si, 18.24%Cr, 8.15%Ni, dan sisanya Fe.

Beberapa sifat mekanik yang dimiliki baja karbon tipe 304 ini antara lain: kekuatan tarik 646 Mpa, yield strength 270 Mpa, elongation 50%, kekerasan 82 HRB. Stainless steel tipe 304 merupakan jenis baja tahan karat yang serbaguna dan paling banyak digunakan. Komposisi kimia, kekuatan mekanik, kemampuan las dan ketahanan korosinya sangat baik dengan harga yang relative terjangkau. Stainless steel tipe 304 ini banyak digunakan dalam dunia industri maupun skala kecil. Penggunaannya antara lain untuk: tanki dan container untuk berbagai macam cairan dan padatan, peralatan pertambangan, kimia, makanan, dan industri farmasi.

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Baja Tahan Karat AISI 304

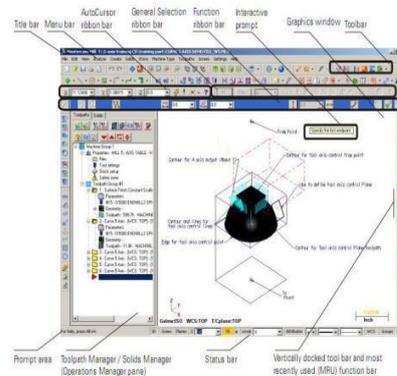
Unsur (%)						
C	Mg	P	S	Si	Cr	Ni
0,08	2,00	0,05	0,03	0,75	18,00	8,00

#### 2.6 Solidworks 2020

Solidwork Solidworks adalah salah satu software yang digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part pemesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3d untuk mempresentasikan part sebelum real partnya dibuat atau tampilan 2D (drawing) untuk gambar proses pemesinan. Solid Work Model (Template) Didalam membuat suatu pemodelan 3D menggunakan Solidwork 2013, maka tahapan awal yang kita buat adalah membuat sketsa gambar dari object desain atau model yang akan kita buat. Proses pembuatan sketsa secara umum dilakukan pada bidang( Plane ) front Plane, dan Right Plane, atau bisa juga pada bidang tertentu lainnya tergantung kepada bagian fitur-fitur dari obyek desain yang akan kita buat.proses sketsa dengan sketch entilities atau sketch

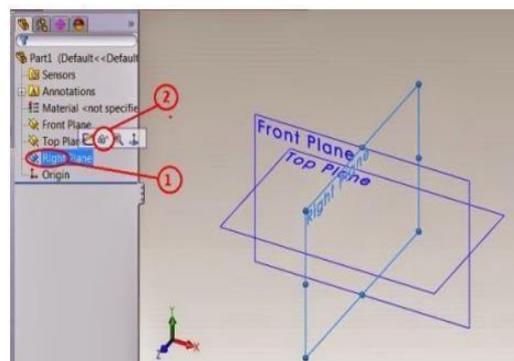
toolbar, untuk melakukan proses peng-sketsaan menggunakan sketch Entities atau sketch tool dapat dilakukan dengan tahapan proses sebagai berikut.

Klik Sketch pada command Manager untuk memunculkan Sketch toolbar, seperti terlihat pada gambar 2.12



Gambar 2.18. Fitur Dari Solidwork (Gunawan, 2018)

Didalam proses pembuatan sketsa, kita diminta untuk menentukan bidang (Plane) dimana kita akan memulai proses pengsketsaan. Pada SolidWork 2020 secara umum ada 3 bidang yang menjadi acuan bagi kita dalam membuat sketsa atau proses pemodelan yaitu Front, Top, Right. Ketika kita meng-klik salah satu perintah pada sketch toolbar maka secara otomatis kita akan diminta untuk menentukan bidang (plane) yang menjadi acuan. Didalam teori mekanikal engineering design bidang acuan ini bisa diartikan sebagai bentuk pandangan dari suatu obyek desain. tampilan perintah yang diminta oleh program solidwork untuk menentukan bidang gambar sketsa, seperti terlihat pada gambar 2.13.

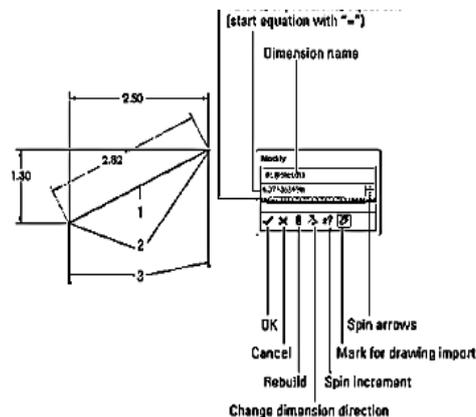


Gambar 2.19. Bidang Kerja Pada Solidwork (Gunawan, 2018).

Setelah kita menentukan bidang gambar yang akan kita jadikan acuan maka kita sudah dapat memulai proses pengsketsaan. proses sketsa dibagi menjadi:

1. Sketsa dalam format 2D
2. Sketsa dalam format 3D

Pada proses pengsketsaan didalam format 2D kita menggunakan acuan sumbu x dan sumbu y, sedangkan pada format 3D kita menggunakan acuan sumbu x, sumbu y dan sumbu z. Proses pengsketsaan selalu diikuti oleh tahapan pemberian dimensi dimana proses pemberian dimensi tersebut dapat kita lakukan dengan mengisi nilai dimensi pada kotak dialog Feature Navigator Design Tree atau bisa juga dengan meng-klik smart dimension pada sketch toolbar dan kemudian klik garis sketsa yang ingin diberikan nilai dimensi, seperti terlihat pada gambar 2.14

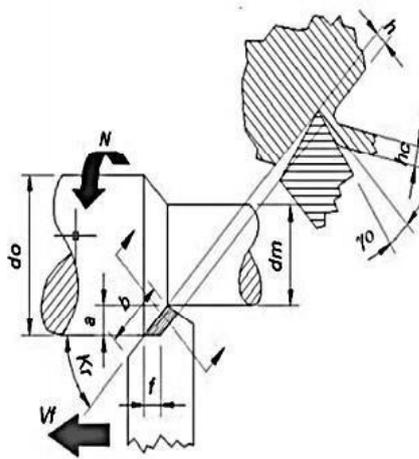


Gambar 2.20. Aplikasi sketsa dan dimensi (Gunawan, 2018).

## 2.7 Mesin Bubut

Proses membubut merupakan salah satu proses pemesinan untuk memproduksi komponen-komponen mesin (Rochim, 1993). Dimana proses bubut termasuk kedalam proses pemesinan yang menggunakan pahat bermata tunggal (single point cutting tool). Benda kerja dipegang oleh pencekam yang dipasangkan diujung poros utama. Dengan mengatur lengan pengatur yang terdapat pada sisi muka kepala diam, putaran poros utama (n) dapat dipilih. Harga putaran poros utama umumnya dibuat bertingkat, dengan aturan yang telah distandarkan, misalnya : 120, 210, 420, 620, 1000, dan 2000 rpm. Untuk mesin

bubut dengan putaran motor variabel, ataupun dengan sistem transmisi variabel, kecepatan putaran poros utama tidak lagi bertingkat melainkan berkesinambungan (continue). Pahat dipasangkan pada kedudukan pahat dan kedalaman potong adalah setengah harga tersebut). Pahat bergerak translasi bersama-sama dengan eretan dan gerakannya diatur dengan lengan pengatur pada rumah roda gigi. Elemen-elemen dasar dari proses membubut yang dapat diketahui atau diihitung dengan menggunakan rumus yang dapat engan seperti terlihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.21 Kondisi Pemotongan (Rochim, 1993)

##### 5. Kecepatan Putaran Mesin Bubut

Kecepatan putaran mesin bubut adalah, kemampuan kecepatan putar mesin bubut untuk melakukan pemotongan atau penyayatan dalam satuan putaran/menit. Maka dari itu untuk mencari besarnya putaran mesin sangat dipengaruhi oleh seberapa besar kecepatan potong dan keliling benda kerjanya. Mengingat nilai kecepatan potong untuk setiap jenis bahan sudah ditetapkan secara baku, maka komponen yang bisa diatur dalam proses penyayatan adalah putaran mesin/benda kerjanya. Dengan demikian rumus dasar untuk menghitung putaran mesin bubut adalah:

$$C_s = \frac{\pi \times d \times n}{1000} (m/s) \quad (2.1)$$

Karena satuan kecepatan potong ( $C_s$ ) dalam meter/menit sedangkan satuan diameter benda kerja dalam milimeter, maka satuannya harus

disamakan terlebih dahulu yaitu dengan mengalikan nilai kecepatan potongnya dengan angka 1000 mm. Maka rumus untuk putaran mesin menjadi :

$$n = \frac{1000 \times Cs}{\pi \times d} (Rpm) \quad (2.2)$$

## 6. Kecepatan Pemakanan

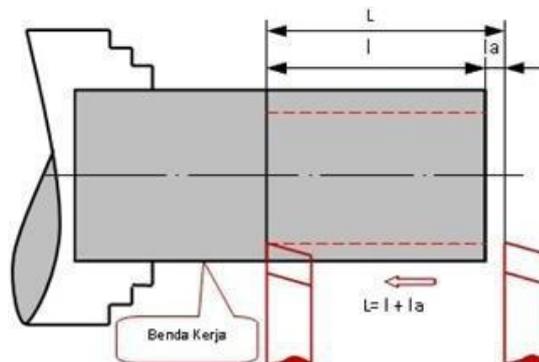
Kecepatan pemakanan atau ingsutan ditentukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor, diantaranya: kekerasan bahan, kedalaman penyayatan, sudut-sudut sayat alat potong, bahan alat potong, ketajaman alat potong dan kesiapan mesin yang akan digunakan. Kesiapan mesin ini dapat diartikan, seberapa besar kemampuan mesin dalam mendukung tercapainya kecepatan pemakanan yang optimal. Disamping beberapa pertimbangan tersebut, kecepatan pemakanan pada umumnya untuk proses pengasaran ditentukan pada kecepatan pemakanan tinggi karena tidak memerlukan hasil permukaan yang halus (waktu pembubutan lebih cepat), dan pada proses penyelesaiannya/finising digunakan kecepatan pemakanan rendah dengan tujuan mendapatkan kualitas hasil penyayatan yang lebih baik sehingga hasilnya halus (waktu pembubutan lebih cepat). Besarnya kecepatan pemakanan (F) pada mesin bubut ditentukan oleh seberapa besar bergesernya pahat bubut (f) dalam satuan mm/putaran dikalikan seberapa besar putaran mesinnya dalam satuan putaran. Maka rumus untuk mencari kecepatan pemakanan (F) adalah ;

$$F = f \times n (mm / menit) \quad (2.3)$$

## 7. Waktu Pemesinan Bubut

Dalam membuat suatu produk atau komponen pada mesin bubut, lamanya waktu proses pemesinannya perlu diketahui/dihitung. Hal ini penting karena dengan mengetahui kebutuhan waktu yang diperlukan, perencanaan dan kegiatan produksi dapat berjalan lancar. Apabila diameter benda kerja, kecepatan potong dan kecepatan penyayatan/ penggeseran pahatnya diketahui, waktu pembubutan dapat dihitung.

Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu pemesinan bubut adalah, seberapa besar panjang atau jarak tempuh pembubutan ( $L$ ) dalam satuan mm dan kecepatan pemakanan ( $F$ ) dalam satuan mm/menit. Pada gambar dibawah menunjukkan bahwa, panjang total pembubutan ( $L$ ) adalah panjang pembubutan rata ditambah star awal pahat ( $l_a$ ), atau:  $L_{total} = l_a + l$  (mm). Untuk nilai kecepatan pemakanan ( $F$ ), dengan berpedoman pada uraian sebelumnya  $F = f \cdot n$  (mm/putaran) seperti terlihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.22. Panjang pembubutan rata.

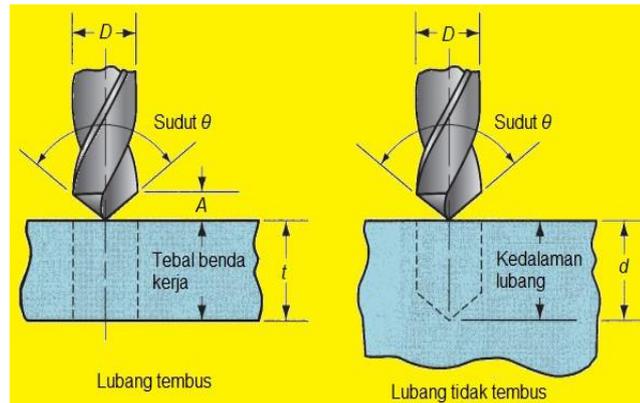
Berdasarkan prinsip-prinsip yang telah diuraikan diatas, maka perhitungan waktu pemesinan bubut rata ( $t_m$ ) dapat dihitung dengan rumus :

$$L = l_a + l \text{ (mm)} \quad (2.4)$$

$$F = f \cdot n \text{ (mm/menit)} \quad (2.5)$$

## 2.8 Mesin Bor

Pengeboran atau *drilling* merupakan salah satu proses permesinan yang sering digunakan. Proses pengeboran adalah proses pembuatan lubang pada benda padat. Supaya proses pengeboran optimal, diperlukan beberapa rumus pengeboran, seperti terlihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.23. Pengeboran (Groover, Mikell P., 2010)

Rumus untuk mencari kecepatan putaran bor :

$$n = \frac{v}{\pi \times D} \quad (2.6)$$

Rumus yang sama tetap digunakan pada pengeboran dengan benda kerja yang berputar, sedangkan mata bor tetap diam. *Feed* yang disarankan kira-kira sebanding dengan diameter bor; *feed* yang lebih tinggi digunakan pada bor berdiameter lebih besar. Karena ada dua *cutting edge* pada ujung bor, ketebalan *chip* yang tidak dipotong oleh masing-masing *cutting edge* adalah setengah dari *feed*. *Feed* dapat dikonversi ke *feed rate* menggunakan persamaan:

$$fr = Nf \quad (2.7)$$

Rumus untuk mencari waktu pengeboran pada lubang yang tembus :

$$T_m = \frac{t + A}{fr} \quad (2.8)$$

Rumus untuk mencari waktu pengeboran pada lubang yang tidak tembus :

$$T_m = \frac{d + A}{fr} \quad (2.9)$$

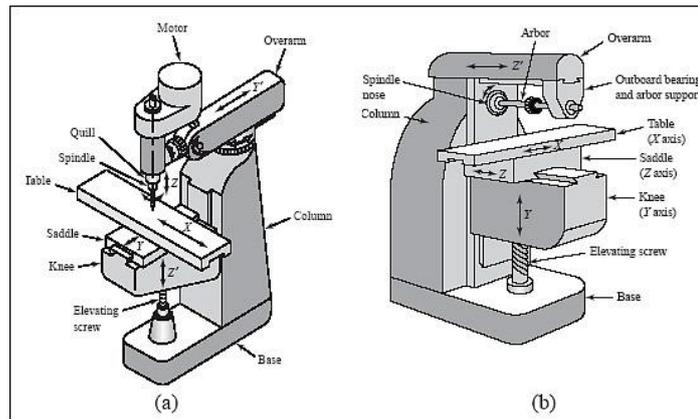
Rumus untuk mencari banyaknya volume bahan yang dibor tiap menit :

$$R_{mr} = \frac{\pi \times D^2 \times fr}{4} \quad (2.10)$$

## 2.9 Mesin Milling

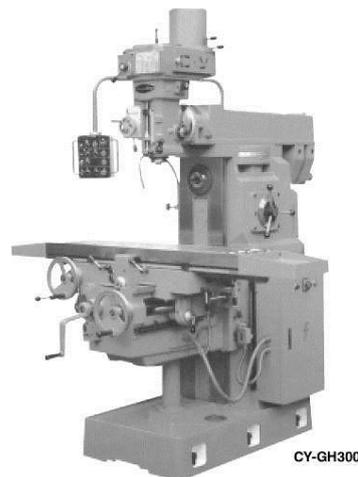
Proses pemesinan frais adalah proses penyayatan benda kerja dengan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan

gigi potong yang banyak yang mengitari pahat ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk. Mesin yang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar pahat, dan penyayatannya disebut mesin frais (*Milling Machine*) seperti terlihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 skematik komponen-komponen mesin milling.

Mesin milling ada yang dikendalikan secara mekanis (konvensional manual) dan dengan bantuan CNC. Mesin konvensional manual ada biasanya spindelnya ada dua macam yaitu horisontal dan vertikal. Sedangkan mesin frais dengan kendali CNC hampir semuanya adalah mesin frais vertical, seperti terlihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.24 Mesin milling *turret* vertikal horizontal

Perhitungan Dari cutting speed maka putaran mesin dapat diperoleh dari :

$$n = \frac{1000 \times cs}{\pi \times D} \quad (2.11)$$

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

##### 3.1.1. Tempat

Tempat pelaksanaan dan pembuatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

##### 3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul						
2	Studi Literatur						
3	Perancangan Alat <i>Jig</i>						
4	Pembuatan <i>Jig</i>						
5	Penyelesaian Tulisan						
6	Seminar Hasil						

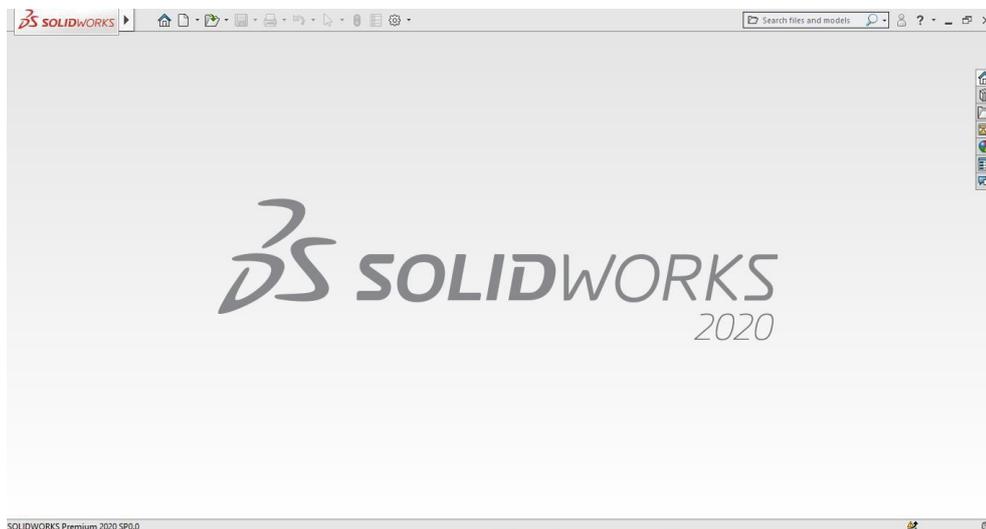
## 3.2. Bahan dan Alat

### 3.2.1. Alat

#### 1. *Software Solidworks*

*Software solidworks* merupakan program komputer yang berfungsi untuk merancang alat pirolisis sampah plastik menjadi bahan bakar. *Software* ini memiliki lisensi resmi dengan *serial number* 9710015706707616D3XGZ2BC , dapat dilihat pada gambar 3.1. Spesifikasi minimum untuk menjalankan perangkat lunak solidworks 2020.

- Intel® Core™ i3-5005 CPU @ 2.00 GHz.
- Memory 4 GB.
- Sistem Operasi Windows 8.1 64-bit.



Gambar 3.1 *Software Solidworks 2020.*

#### 2. Mesin Bubut

Mesin bubut pada penelitian ini digunakan untuk membuat poros atau ulir yang akan digunakan dalam pembuatan *jig* atau cekam, selain itu mesin ini nantinya akan membuat lubang pada *jig* agar center sehingga cekam yang di buat dapat bekerja secara maksimal.

### 3. Mesin Bor

Mesin bor juga nantinya digunakan dalam membuat lubang benda-benda yang kecil.

### 4. Mesin *Milling*

Mesin *milling* pada penelitian ini digunakan sebagai alat untuk membuat profil dari jig yang akan di buat sesuai dengan perancangan.

### 5. Mesin Gerinda Tangan

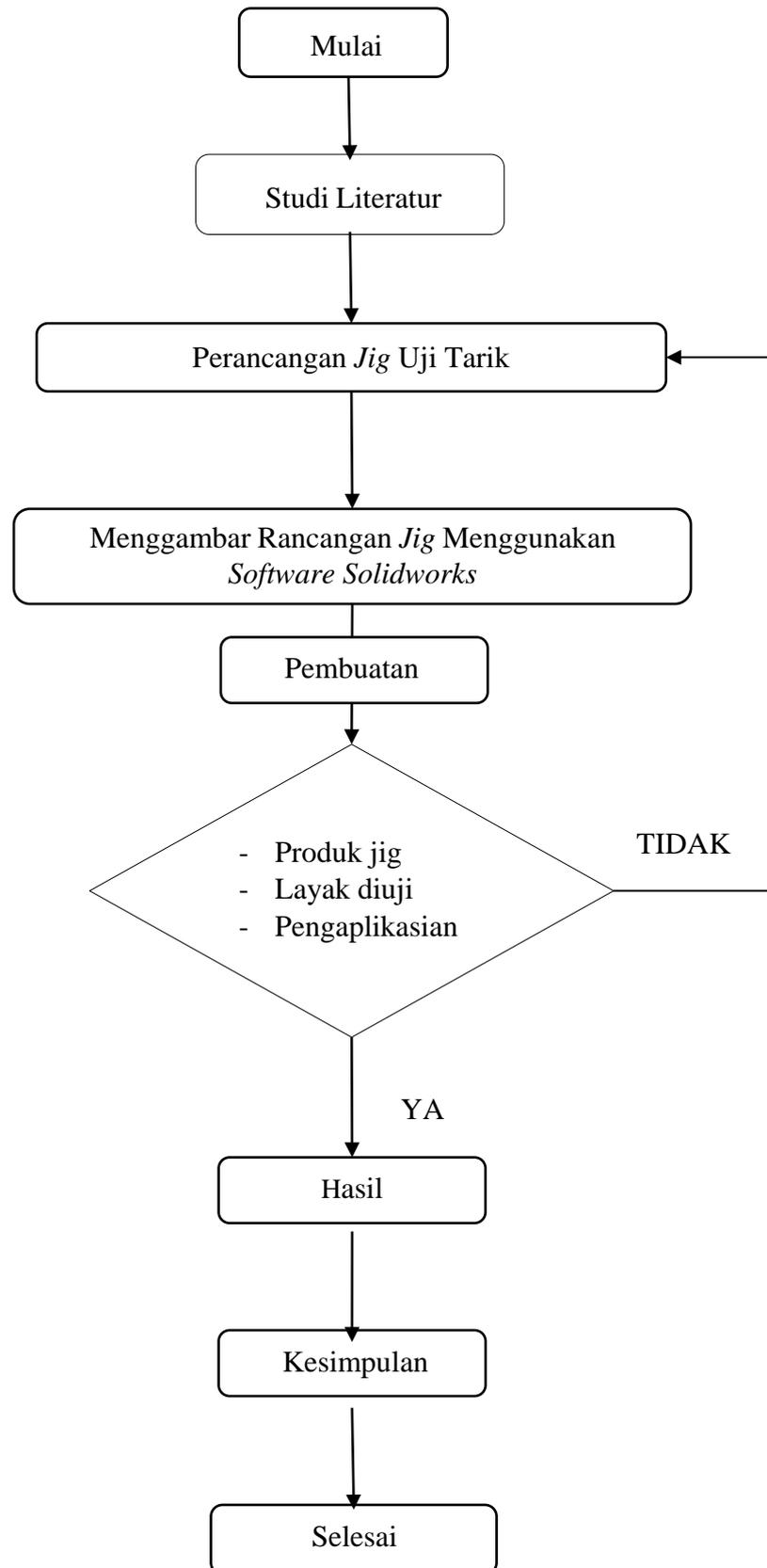
Mesin gerinda tangan digunakan sebagai alat untuk meratakan permukaan atau bagian yang tajam dari hasil proses pemesinan.

#### 3.2.2. Bahan

##### 1. Baja Plat

Bahan yang digunakan untuk pembuatan *Jig* adalah jenis baja yang mampu terhadap kekuatan, kelenturan, kealotan, kekerasan dan ketangguhan terhadap korosi. baja mempunyai daya tarik, lengkung, dan tekan yang sangat besar.

### 3.3. Bagan Aliran Penelitian



Gambar 3.7 Bagan Alir Penelitian

### 3.4. Prosedur Perancangan

Adapun proses prosedur perancangan jig uji tarik pada mesin *Universal Testing Machine* dengan menggunakan *Software Solidworks 2020* sebagai berikut:

1. Melakukan perancangan pada *Body* mengawali dengan fitur *Front Plane* lalu klik *sketch* selanjutnya pilih perintah *line*.
2. Melakukan perancangan pada *Gripper* mengawali dengan fitur *Front Plane* lalu klik *sketch* selanjutnya pilih perintah *line*. Buat sketsa gambar yang sudah ditentukan klik *exit sketch* lalu pilih menu *feature* selanjutnya pilih perintah *Extruded boss* dengan ukuran 30 mm sebagai tebal *gripper*
3. Melakukan perancangan pada *Head* mengawali mengawali dengan fitur *Front Plane* lalu klik *sketch* selanjutnya pilih perintah *line*. Buat sketsa gambar yang sudah ditentukan klik *exit sketch* lalu pilih menu *feature* selanjutnya pilih perintah *Extruded boss* dengan ukuran 40 mm sebagai tebal *head*
4. Melakukan perancangan pada *Threaded* mengawali mengawali dengan fitur *Front Plane* lalu klik *sketch* selanjutnya pilih perintah *line*. Buat sketsa gambar yang sudah ditentukan klik *exit sketch* lalu pilih menu *feature* selanjutnya pilih perintah *Extruded boss* dengan ukuran 40 mm sebagai tebal *Threaded*.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil

##### a. Komposisi AISI 304

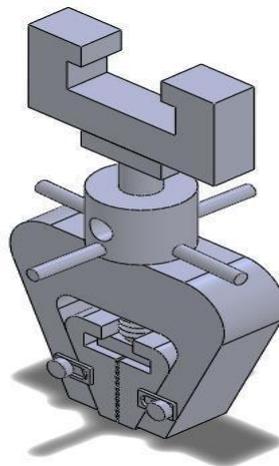
AISI 304 memiliki komposisi sifat kimia yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 komposisi kimia AISI 304

Element	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
Weight (%)	< 0,07	< 2,0	< 1,0	17 - 19	8,5 - 10,5	< 0,045	< 0,03
Weight (%)	0,0468	1,313	0,3446	17,87	8,289	0,0182	-
Weight (%)	0,06	1,38	0,32	18,4	8,17	-	-
Weight (%)	0,04	1,15	0,006	17,9	9,5	-	-
Weight (%)	0,09	1,42	0,29	14,08	8,413	-	-

##### b. Desain

Berdasarkan konsep dari rancangan *jig* pada bab 3 maka pada penelitian ini dipilih konsep rancangan dengan bentuk seperti gambar (a). Konsep diatas dipilih berdasarkan kebutuhan yang ada di laboratorium mekanika kekuatan material fakultas teknik program studi teknik mesin universitas muhammadiyah sumatera utara. Perancangan dan pembuatan alat bantu *jig* uji tarik pada mesin *universal testing machine* didapat dari perancangan menggunakan *software solidworks*. Pemilihan model didapatkan dengan mempertimbangkan kriteria desain alat yang dibutuhkan seperti yang terlihat pada gambar 4.1.



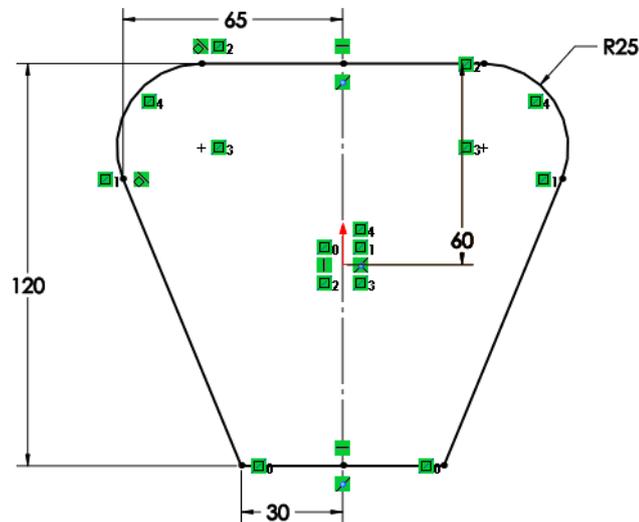
Gambar 4.1 Hasil Rancangan Alat Bantu Uji Tarik

## 4.2. Pembahasan

Tahapan awal pada pembuatan desain adalah penentuan spesifikasi dari alat yang akan dibuat. Perancangan alat ini dimulai dari pembuatan desain cekam dahulu. Berikut ini langkah – langkah pembuatan desain cekam.

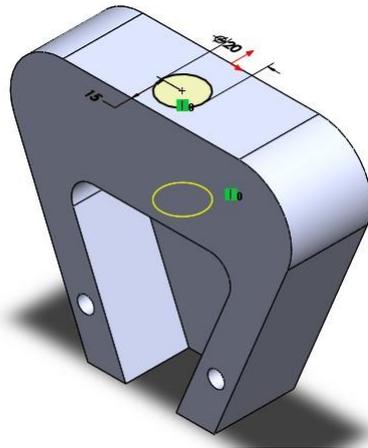
### 4.2.1. Tahap Perancangan *Body*

1. Buka *Software Solidworks* > klik *New* > pilih *Part* > klik OK
2. Pilih *Front Plane* > klik *Sketch* > pilih perintah *Line*
3. Buat sketsa gambar seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini > *Exit Sketch*.



Gambar 4.2 Sketsa Perancangan *Body*

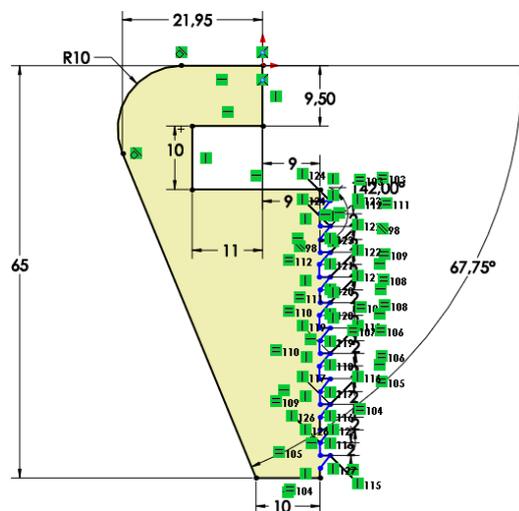
4. Pilih menu *Feature* > pilih perintah *Extruded boss / base* > berikan ukuran 38 mm sebagai tebal dari *body*.
5. Pilih *Face* bagian atas pada cekam > klik *Sketch* > pilih *Circle* > berikan ukuran diameter lubang ulir 20 mm seperti yang terlihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Sketsa Lubang Ulir Pada Cekam

#### 4.2.2. Tahap Perancangan Gripper

1. Buka *Software Solidworks* > klik *New* > pilih *Part* > klik OK
2. Pilih *Front Plane* > klik *Sketch* > pilih perintah *Line*
3. Buat sketsa gambar seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini > *Exit Sketch*.



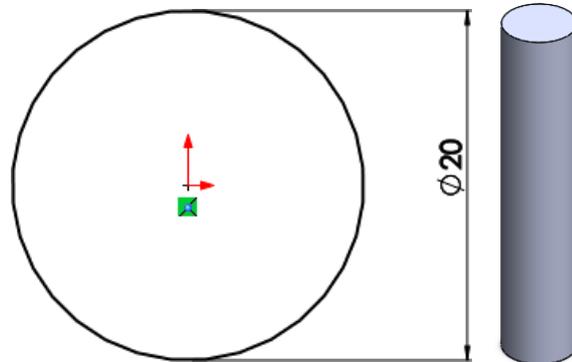
Gambar 4.4 Sketsa Perancangan Gripper

4. Pilih menu *Feature* > pilih perintah *Extruded boss / base* > berikan ukuran 30 mm sebagai tebal dari gripper.

#### 4.2.3. Tahap Perancangan Batang Ulir

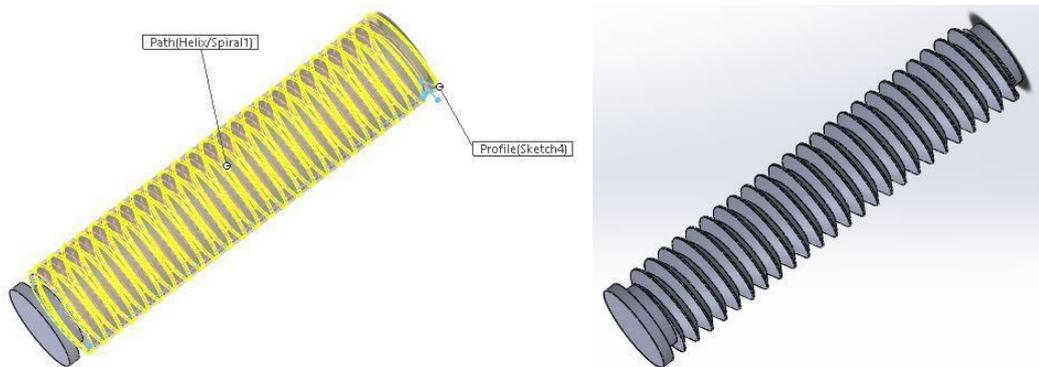
1. Buka *Software Solidworks* > klik *New* > pilih *Part* > klik OK

- Pilih *Top Plane* > klik *Sketch* > pilih perintah *Circle* > *Smart Dimension* berikan ukuran 20 mm. seperti yang terlihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Sketsa Perancangan Batang Ulir

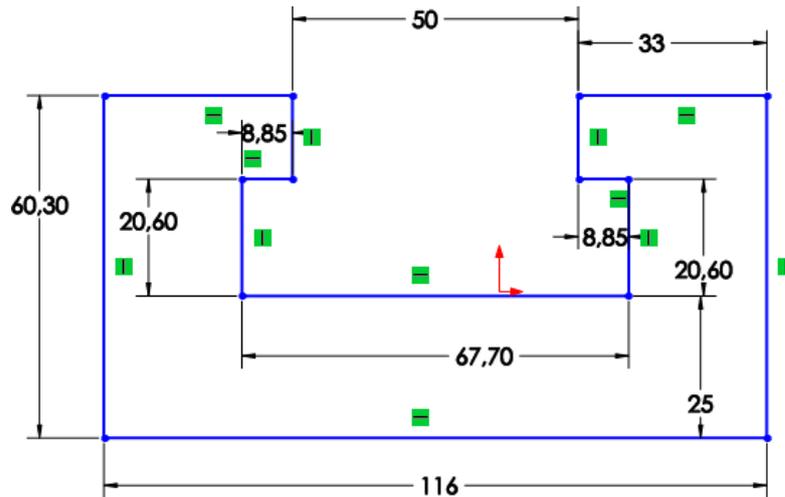
- Pilih menu *Feature* > pilih perintah *Extruded Boss/Base* > berikan ukuran 100 mm untuk panjang batang ulir.
- Pilih menu *Feature* > pilih perintah *Helix And Spiral* > pilih *Height And Pitch* > *Variable Pitch* > OK.
- Pilih menu *Feature* > pilih *Swept Cut* > *Profile And Path* > pilih *Sketch* diameter > *helix / spiral*



Gambar 4.6 Perancangan Batang Ulir

#### 4.2.4. Tahap Perancangan *Head*

- Buka *Software Solidworks* > klik *New* > pilih *Part* > klik OK
- Pilih *Front Plane* > klik *Sketch* > pilih perintah *Line*
- Buat sketsa gambar seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini > *Exit Sketch*.

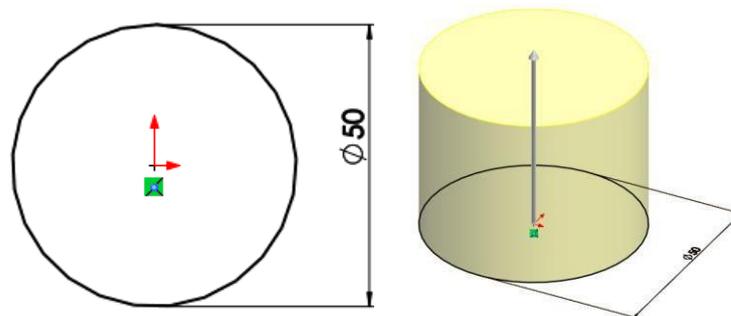


Gambar 4.7 Sketsa Perancangan *Head*

4. Pilih menu *Feature* > pilih perintah *Extruded Boss/Base* > berikan ukuran 25 mm untuk ketebalan dudukan poros.

#### 4.2.5. Tahap Perancangan *Base*

1. Buka *Software Solidworks* > klik *New* > pilih *Part* > klik OK
2. Pilih *Top Plane* > klik *Sketch* > pilih perintah *Circle* > pilih *Smart Dimension* berikan ukuran diameter 50 mm seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini > *Exit Sketch*.



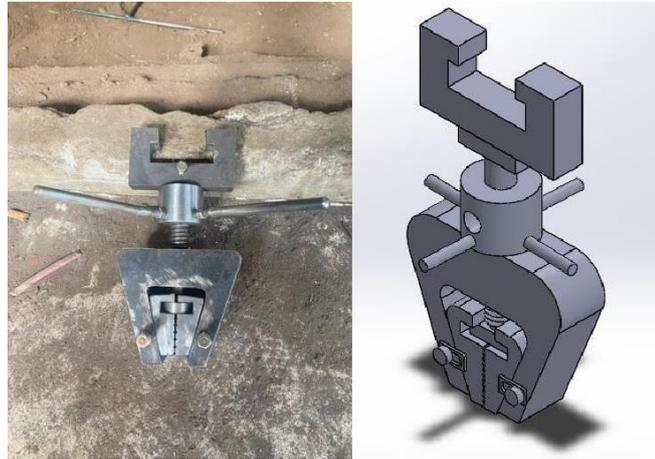
Gambar 4.8 Sketsa Perancangan *Base*

3. Pilih menu *Feature* > pilih perintah *Extruded Boss/Base* > berikan ukuran 40 mm untuk tinggi *base*.

#### 4.3. Tahap Pembuatan *Jig*

Perancangan dan pembuatan *jig* sebagai alat bantu uji *tensile universal testing machine* didapat dari pendesainan menggunakan *software solidworks*

2014. Pemilihan model didapatkan dengan mempertimbangkan kriteria yang dibutuhkan dengan kriteria desain alat. Adapun proses pembuatan *jig* sebagai alat bantu uji tensile. Pada pembuatan alat bantu uji *tensile universal testing machine* disesuaikan dengan model yang telah di desain sebelumnya seperti yang terlihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hasil Pembuatan *Jig Uji Tensile Universal Testing Machine*

#### 4.3.1. Tahap Pembuatan Cekam

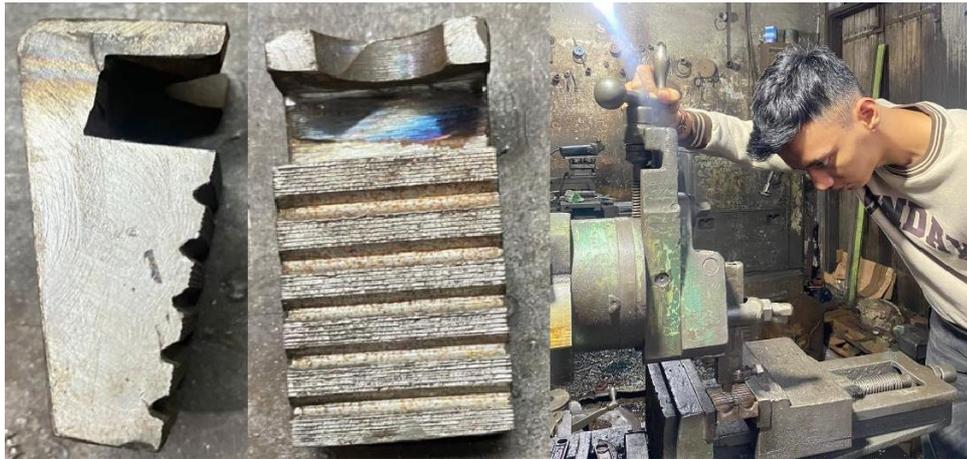
Tahapan pembuatan cekam diawali memotong plat dengan ketebalan 38 mm, kemudian plat tersebut dibentuk menggunakan mesin milling dan dilanjutkan dengan membubut bagian tengah sebagai tempat batang ulir yang akan membuat *gripper* naik dan turun, proses pengerjaan cekam seperti yang terlihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Tahap Proses Pembuatan Cekam

#### 4.3.2. Tahap Pembuatan *Gripper*

Metode yang dilakukan dalam pembuatan *gripper* menggunakan pemotongan las pada plat dengan ketebalan 30 mm, selanjutnya plat tersebut di gerinda untuk merapikan sisi bekas pemotongan plat, lalu plat tersebut di bentuk menggunakan mesin sekrup untuk membuat gigi dari gripper agar dapat mengikat specimen yang akan di uji tensile seperti yang terlihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Tahap Proses Pembuatan *Gripper*

#### 4.3.3. Tahap Pembuatan Batang Ulir

Pembuatan batang ulir diawali dengan memotong baja silinder dengan diameter 20 mm panjang 100 kemudian di bubut untuk meratakan permukaan silinder lalu di ulir dengan kisar ulir kasar untuk memberikan kekuatan terhadap penguncian specimen yang akan di uji pada mesin uji *tensile universal testing machine* seperti yang terlihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Tahap Proses Pembuatan Batang Ulir

#### 4.3.4. Tahap Pembuatan *Head*

Pembuatan *base* menggunakan beberapa langkah yang dilakukan memotong plat menggunakan pemotongan las dengan ketebalan plat 25 mm. setelah plat dipotong kemudian plat dibentuk dengan menggunakan mesin *milling*, selanjutnya plat dibubut pada bagian tengah sebagai tempat yang akan mengikat batang ulir pada *head* seperti yang terlihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Tahap Proses Pembuatan *Head*

#### 4.3.5. Tahap Pembuatan *Base*

Pembuatan base dilakukan dengan cara memotong baja silinder berdiameter 30 mm, kemudian baja tersebut di bubut untuk meratakan permukaan silinder. Kemudian 3 sisi dari silinder dilubangi untuk dibuat pemegang guna mempermudah memutar *base* seperti yang terlihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Tahap Proses Pembuatan *Base*

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan *jig uji tensile universal testing machine* dengan *software solidworks 2020* dapat di ambil beberapa kesimpulan bahwa :

1. Pengujian yang dilakukan pada spesimen komposit dengan *jig* yang dibuat mampu menguji bahan tersebut dengan titik patah pada spesimen komposit berada di tengah spesimen tersebut.
2. Pengujian yang dilakukan pada spesimen logam dengan *jig* yang di buat mampu menguji bahan tersebut dengan titik patah spesimen berada pada leher spesimen uji.
3. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *jig* yang di buat sangat mampu digunakan dalam menguji spesimen uji tensile berbahan komposit dan logam sebagai bahan ujinya.

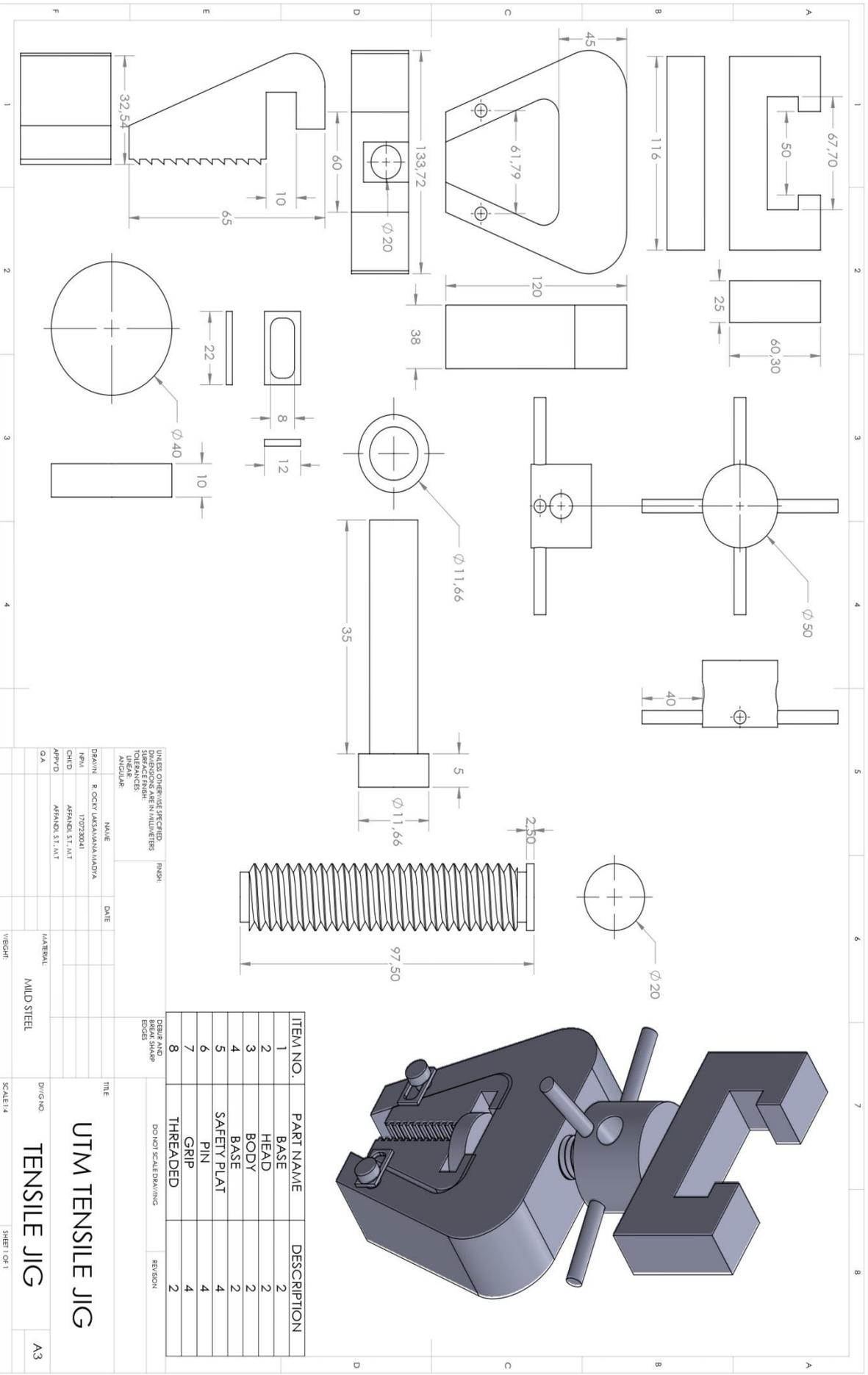
#### 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan mengenai pembuatan *jig* spesimen uji tarik yang ada di laboratorium mekanika kekuatan material program studi teknik mesin fakultas teknik universitas muhammadiyah sumatera utara adalah sebagai berikut :

1. Ukuran *jig* dibuat berdasarkan beberapa material yang berbeda sebagai sarana pengujian yang *real* terhadap pengujian material yang berbeda.
2. Bentuk dan ukuran *gripper* sebaiknya dibuat dengan bentuk berbeda guna mengetahui perbedaan hasil pengujian yang didapatkan terhadap *gripper* yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Groover, M. P. 2010. *Fundamentals of Modern Manufacturing*. United States of America.
- Gunawan, A. 2022. Percobaan Regangan Pada Plat Stainless Steel Menggunakan Software Solidworks 2016. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 2(6).
- Harianto, R., Sujana, I., & Taufiqurrahman, M. 2021. Modifikasi Mesin Uji Tarik Kapasitas 5000 Newton Untuk Meningkatkan Nilai Keakuratan Pengujian. *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 2(2), 197-203.
- Hoffman, Edward G.; 1996; "Jig and Fixture Design Fourth Edition"; Delmar Publishers Inc, New York.
- Kršulja, M., Barišić, B., & Kudlaček, J. 2009. Assembly setup for modular fixture machining process. *Advanced engineering*, 3(1).
- Laksani, C. S., Prihadyanti, D., Triyono, B., & Kardoyo, H. 2012. Model Technological Learning Guna Meningkatkan Kemampuan Teknologi dan Kinerja Inovasi Di Perusahaan Sektor Industri Manufaktur Indonesia. *Laporan Penelitian Pappiptek*.
- Prasetyo, H., Rispianda, R., & Adanda, H. 2016. Rancangan Jig Dan Fixture Pembuatan Produk Cover On-Off. *Teknoin*, 22(5).
- Rasyid, M., & Nur, A. 2020. *Perbaikan Mesin Drill Bangku Menjadi Gang Drill Dan Penambahan Rangkaian Kelistrikan Dengan Menggunakan Magnetic Contactor Di Laboratorium Teknologi Mekanik Ist Akprind Yogyakarta* (Doctoral dissertation, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta).
- Rochim, T. 1993. Teori dan teknologi proses pemesinan. *Jakarta High. Educ. Dev. Support Proj.*
- Santoso, S. 2015. *AMOS 22 untuk structural equation modelling*. Elex Media Komputindo.
- Shubhavardhan, R. N., & Surendran, S. 2012. Friction welding to join stainless steel and aluminum materials. *India International Journal of Metallurgical Science and Engineering*, 3(7), 53-73.
- Yustyanto, W., Herisiswanto, H., & Akbar, M. Perancangan Jig & Fixture Press Tool Pada Mesin Press Bending PPBL 70/25 Di Laboratorium Teknologi Produksi Universitas Riau. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 6, 1-8.



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : R. Ocky Laksamana Madya  
Npm : 1707230041  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Sibolga, 09 Juni 1999  
Alamat : Jl. Hijrah No.31 Sibolga  
Agama : Islam  
Email : laksamanamadya21@gmail.com  
No. Handphone : 0822 - 7666 - 6006

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. SD NEGERI 081232                        | Tahun 2005-2011 |
| 2. SMP NEGERI 1 SIBOLGA                    | Tahun 2011-2014 |
| 3. SMA NEGERI 3 SIBOLGA                    | Tahun 2014-2017 |
| 4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara | Tahun 2017-2023 |