



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**MODIFIKASI MEKANISME PADA MESIN BUBUT  
KONVENSIONAL UNTUK PROSES SPINNING**

**TUGAS AKHIR**

**TRI YUDA ANANDA SUSIAWAN**

**40040219650087**

**PROGRAM STUDI**

**REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK**

**SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**NOVEMBER 2023**



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**MODIFIKASI MEKANISME PADA MESIN BUBUT  
KONVENSIONAL UNTUK PROSES SPINNING**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan**

**TRI YUDA ANANDA SUSIAWAN**

**40040219650087**

**PROGRAM STUDI**

**REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK**

**SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**NOVEMBER 2023**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang  
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Tri Yuda Ananda Susiawan

NIM : 40040219650087

Tanda Tangan :

Tanggal : 27 November 2023



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEKOLAH VOKASI  
PROGRAM STUDI  
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

Jalan Prof. Sudarto, S.H. Tembalang Semarang  
Kode Pos 50275  
Telp/Fax (024) 7471379  
Laman www.vokasi.undip.ac.id  
e-mail Vokasi@live.undip.ac.id

## SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

### SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 216/PA/PPM/VI/2023

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

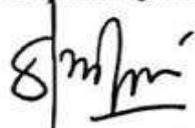
Nama : Tri Yuda Ananda Susiawan  
NIM : 40040219650087  
Judul Proyek Akhir : Modifikasi Mesin Bubut Konvensional Menjadi Mesin  
Bubut Spinning  
Dosen Pembimbing : 1. Didik Ariwibowo, S.T., M.T.  
2. Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.  
NIP : 1. 197007152003121001  
2. 197110301998021001

#### Isi Tugas:

1. Modifikasi mesin bubut konvensional menjadi mesin bubut spinning pada workshop kampus pleburan undip semarang
2. Menguji dan menganalisa modifikasi mesin bubut konvensional menjadi mesin bubut spinning dengan plat aluminium.
3. Membuat prototype dan/atau paten sederhana dan/atau HAKI hak cipta dan/atau jurnal publikasi.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 6 April 2023  
Ketua PSD IV  
Rekayasa Perancangan Mekanik

  
Sri Utami Handayani, S.T., M.T.  
NIP. 197609152003122001

#### Tembusan:

1. Sekretaris Prodi
2. Dosen Pembimbing Proyek Akhir

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Tri Yuda Ananda Susiawan

NIM : 40040219650087

Program Studi : Rekayasa Perancangan Mekanik

Judul Tugas Akhir : Modifikasi Mekanisme Pada Mesin Bubut Konvensional  
Untuk Proses Spinning

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Meaknik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing 1 : Didik Ariwibowo, S. T., M. T ( .....)  
Pembimbing 2 : Dr. Seno Darmanto, ST., MT. ( .....)  
Penguji 1 : Sri Utami Handayani, ST, MT. ( .....)  
Penguji 2 : Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes ( .....)

Semarang, 27 November 2023

Ketua PSD IV

Rekayasa Perancangan Mekanik

Sri Utami Handayani, ST, MT

NIP: 197609152003122001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN  
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tri Yuda Ananda Susiawan  
NIM : 40400219650087  
Jurusan/Program Studi : D IV Rekayasa Perancangan Mekanik  
Departemen : Teknologi Industri  
Fakultas : Sekolah Vokasi  
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (None-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Modifikasi Mekanisme Pada Mesin Bubut Konvensional Untuk Proses Spinning”** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Semarang, 27 November 2023

Tri Yuda Ananda Susiawan

NIM.40040219650087

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayah kepada setiap ciptaan-Nya. Sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad Shallahu alaihi wassalam inspirator kebaikan yang tiada pernah kering untuk digali.

Laporan tugas akhir ini disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi.

Laporan Tugas akhir tidak dapat penulis selesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Banyak orang yang berada di sekitar penulis, baik secara langsung maupun tidak, telah memberi dorongan yang berharga bagi penulis. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si. Selaku Dekan Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
2. Ibu Dr. Ida Hayu Dwimawanti, M.M. Selaku Wakil Dekan I Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
3. Ibu Sri Utami Handayani, ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
4. Bapak Didik Ariwibowo, S. T., M. T. Selaku Dosen pembimbing saya dalam penyusunan materi dan konsep dari proyek tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Seno Darmanto, ST., MT. Selaku Dosen penguji sekaligus pembimbing dalam penyusunan konsep penulisan tugas akhir ini

6. Orang Tua yang selalu memberikan dorongan mental dan materi.
7. Mas Arif dan mas nopek selaku teknisi usaha mesin bubut yang membimbing dilapangan dan sudah membantu proses serta penambahan wawasan mengenai spinning
8. Seluruh rekan seperjuangan Tugas Akhir.
9. Teman – teman Kost yang selalu menerima keluhan kesah dan memberi solusi.
10. Teman - teman Jurusan Rekayasa Perancangan Mekanik 2019 yang saya banggakan.

Bahwa laporan tugas akhir ini jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih atas saran dan kritik yang diberikan untuk perbaikan dan penyempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, 27 November 2023

Tri Yuda Ananda Susiawan

40040219650087

# MODIFIKASI MEKANISME MESIN BUBUT KONVENSIONAL UNTUK Pengerjaan Spinning

## Abstrak

Proses spinning telah banyak dikerjakan oleh mesin CNC. Elemen dalam proses spinning seperti mandrel dan mekanisme penekan diutilisasi oleh mesin CNC dengan cara pemrograman komputer. Secara bisnis, penggunaan mesin bubut konvensional untuk proses spinning masih menjanjikan. Namun, modifikasi pada mesin bubut konvensional diperlukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis parameter proses spinning menggunakan mesin bubut konvensional termodifikasi. Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu: (i) pembuatan mandrel, (ii) pembuatan mekanisme penekan, (iii) pemasangan mandrel dan mekanisme penekan, (iv) pengujian. Mandrel berperan sebagai cetakan dengan bentuk sesuai desain, dan dibuat dengan bahan baja St 37. Mekanisme penekan terdiri dari roller penekan dan lengan penekan. Bahan roller besi cor (*cast iron*) sedangkan lengan penekan adalah besi plat. Mandrel dipasang pada mesin bubut dengan cara dicekam pada *head-stock*. Modifikasi mesin bubut dilakukan dengan cara melepas pemegang pahat (*tool post*) dan menggantinya dengan mekanisme penekan yang dipasang sedemikian sehingga titik terluar roller memiliki ketinggian sama dengan sumbu mesin bubut. Pengujian dilakukan dengan memasang *blank plate* aluminium tebal 1 mm di ujung mandrel dan ditekan oleh *tail-stock*. Mandrel diputar sehingga *blank plate* mengikuti putaran mandrel, dan kemudian mekanisme penekan digerakkan menekan plat sesuai dengan kontur mandrel. Kecepatan putar mandrel divariasikan pada 300 rpm, 440 rpm, dan 720 rpm. Bentuk mangkok dan ketebalan akhir dari plat mangkok diukur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan putar optimal adalah pada 440 rpm, yang menghasilkan bentuk mangkok sempurna. Ketebalan plat terkecil sebesar 0,5 mm terjadi pada radius belokan 30°.

**Kata Kunci :** bubut spinning, mandrel, metal spinning, roller, mangkok

## **DESIGN MODIFICATIONS OF CONVENTIONAL LATHE FOR SPINNING WORK**

### **Abstract**

*The spinning process has been widely carried out by CNC machines. Elements in the spinning process such as the mandrel and pressing mechanism are utilized by the CNC machine by means of computer programming. From a business perspective, the use of conventional lathes for the spinning process is still promising. However, modifications to conventional lathes are required. The aim of this research is to analyze the parameters of the spinning process using a modified conventional lathe. The research stages carried out were: (i) making the mandrel, (ii) making the pressing mechanism, (iii) installing the mandrel and pressing mechanism, (iv) testing. The mandrel acts as a mold with a shape according to design, and made from St 37 steel. The pressing mechanism consists of a pressing roller and a pressing arm. The roller material was cast iron while the pressing arm plate iron. The mandrel installed on the lathe by means of a grip on the head-stock. Modifications to the lathe were carried out by removing the tool post and replacing it with a pressing mechanism which was installed so that the outermost point of the roller was at the same height as the lathe axis. The test was carried out by installing a 1 mm thick aluminum blank plate at the end of the mandrel and pressed by the tail-stock. The mandrel was rotated so that the blank plate follows the rotation of the mandrel, and then the pressing mechanism was moved to press the plate according to the contour of the mandrel. The mandrel rotation speed was varied at 300 rpm, 440 rpm, and 720 rpm. The shape of the bowl and the final thickness of the bowl plate were measured. The test results show that the optimal rotation speed was 440 rpm, which produces a perfect bowl shape. The smallest plate thickness of 0.5 mm occurs at a bend radius of 30°.*

*Keywords: lathe spinning, mandrel, metal spinning*

## Daftar Isi

|  |          |
|--|----------|
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....   | i        |
| SURAT TUGAS PROYEK AKHIR.....  | ii       |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR<br>UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS ..... | iv       |
| KATA PENGANTAR .....   | v        |
| Abstrak.....   | vii      |
| Daftar Isi.....  | ix       |
| Daftar Gambar.....   | xiv      |
| Daftar Tabel .....   | xvii     |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>   | <b>1</b> |
| <b>1.1 Latar Belakang .....</b>  | <b>1</b> |
| <b>1.2 Perumusan Masalah dan Batasannya .....</b>  | <b>2</b> |
| 1.2.1. Rumusan Masalah .....   | 2        |
| 1.2.2. Pembatasan Masalah .....  | 3        |
| <b>1.3 Tujuan dan Manfaat .....</b>  | <b>3</b> |
| <b>1.4 Luaran .....</b>  | <b>4</b> |
| <b>BAB II DASAR TEORI .....</b>  | <b>5</b> |
| <b>2.1 Mesin Bubut Konvensional.....</b>   | <b>5</b> |
| <b>2.2 Klasifikasi Umum .....</b>  | <b>5</b> |
| 2.2.1. Bubut Ringan .....  | 5        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 2.2.2.     | Mesin Bubut Sedang .....                            | 6         |
| 2.2.3.     | Mesin Bubut Standar .....                           | 6         |
| 2.2.4.     | Mesin Bubut Berat .....                             | 7         |
| <b>2.3</b> | <b>Klasifikasi Berdasarkan Pengerjaannya.....</b>   | <b>7</b>  |
| 2.3.1      | Mesin Bubut Senter.....                             | 8         |
| 2.3.2      | Mesin Bubut Lintang .....                           | 9         |
| 2.3.3      | Mesin Bubut Vertical .....                          | 9         |
| 2.3.4      | Mesin Bubut Turret.....                             | 10        |
| 2.3.5      | Mesin Bubut Copy. ....                              | 11        |
| 2.3.6      | Mesin Bubut Kontrol (CNC).....                      | 11        |
| <b>2.4</b> | <b>Bagian Bagian Utama Bubut Konvensional .....</b> | <b>12</b> |
| 2.4.1      | Penjepit (chuck) .....                              | 13        |
| 2.4.2      | Meja Mesin Bubut.....                               | 13        |
| 2.4.3      | Rumah Pahat .....                                   | 14        |
| 2.4.4      | Tail stock.....                                     | 15        |
| 2.4.5      | Poros Transporter .....                             | 15        |
| 2.4.6      | Eretan (carriage).....                              | 16        |
| 2.4.7      | Tuas Pengatur Kecepatan.....                        | 17        |
| <b>2.5</b> | <b>Dasar Teori .....</b>                            | <b>17</b> |
| <b>2.6</b> | <b>Metal Spinning.....</b>                          | <b>19</b> |
| 2.6.1      | Bagian Utama Metal Spinning.....                    | 20        |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| <b>2.7</b>  | <b>Pemilihan Bahan Material.....</b>                           | <b>25</b> |
| 2.7.1.  | Baja karbon .....  | 26        |
| 2.7.2.  | Besi Cor.....  | 28        |
| 2.7.3.  | Aluminium .....  | 30        |
| <b>2.8</b>  | <b>Mikrometer Sekrup.....</b>                                  | <b>41</b> |
| <b>2.9</b>  | <b>Cara Kerja atau Prinsip Kerja Mesin Bubut Spinning.....</b> | <b>41</b> |
| <b>2.10</b>   | <b>Gaya yang Bekerja pada Proses Metal Spinning.....</b>       | <b>44</b> |
| <b>BAB III PROSEDUR PELAKSANAAN TUGAS AKHIR .....</b> |  | <b>46</b> |
| <b>3.1.</b>   | <b>Kajian Literatur .....</b>                                  | <b>47</b> |
| <b>3.2.</b>   | <b>Menentukan Design Konsep Mesin Bubut Spinning .....</b>     | <b>47</b> |
| 3.2.1.  | Mandrel .....  | 49        |
| 3.2.2.  | Roller.....  | 49        |
| 3.2.3.  | Tangkai Roller.....  | 50        |
| 3.2.4.  | Penahan Tangkai Roller .....                                   | 51        |
| 3.2.5.  | Dudukan Tuas Pembentuk .....                                   | 51        |
| 3.2.6.  | Clamp.....   | 52        |
| 3.2.7.  | Plat Aluminium.....  | 53        |
| 3.2.8.  | Bearing .....  | 53        |
| <b>3.3.</b>   | <b>Tahapan Perancangan Bubut Spinning .....</b>                | <b>54</b> |
| <b>3.4.</b>   | <b>Spesifikasi Mesin Bubut Konvensional .....</b>              | <b>54</b> |
| <b>3.5.</b>   | <b>Fabrikasi Komponen-Komponen Alat .....</b>                  | <b>57</b> |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| 3.5.1.      | Plat Aluminium .....                                  | 57        |
| 3.5.2.      | Oli.....  | 58        |
| 3.5.3.      | Amplas .....  | 58        |
| 3.5.4.      | Mandrel .....   | 59        |
| 3.5.5.      | Roller.....   | 59        |
| 3.5.6.      | Tangkai Roller.....                                   | 60        |
| 3.5.7.      | Penahan Tangkai Roller .....                          | 61        |
| 3.5.8.      | Dudukan Tuas Pembentuk .....                          | 61        |
| 3.5.9.      | Penjepit Tailstock / Clamp.....                       | 62        |
| 3.5.10.     | Bearing .....   | 62        |
| 3.5.11.     | Kunci Rumah Pahat.....                                | 63        |
| 3.5.12.     | Kunci Inggris .....                                   | 63        |
| 3.5.13.     | Kunci Chuck.....                                      | 64        |
| 3.5.14.     | Kuas.....   | 64        |
| 3.5.15.     | Jangka Sorong .....                                   | 65        |
| 3.5.16.     | Gunting Aluminium .....                               | 65        |
| <b>3.5.</b> | <b>Penyusunan Alat.....</b>                           | <b>66</b> |
| <b>3.6.</b> | <b>Pengujian Modifikasi Mesin Bubut Spinning.....</b> | <b>67</b> |
| 3.6.1.      | Ceklis Kelengkapan .....                              | 67        |
| 3.6.2.      | Uji Fungsi.....                                       | 67        |
| 3.6.3.      | Uji Ketebalan Akhir .....                             | 68        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3.7. Pengambilan Data, Analisis Data dan Pembahasan .....</b> | <b>69</b> |
| 3.7.1 Pengambilan Data .....                                     | 69        |
| 3.7.2 Analisis Data .....  | 69        |
| 3.7.3 Pembahasan.....  | 69        |
| <b>3.8. Lokasi Penelitian .....</b>                              | <b>70</b> |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                         | <b>71</b> |
| <b>4.1. Pemasangan Komponen Untuk Pengerjaan Spinning.....</b>   | <b>71</b> |
| 4.1.1. Peletakan Mandrel.....                                    | 71        |
| 4.1.2. Peletakan Set Penekan pada Rumah Pahat.....               | 72        |
| 4.1.3. Peletakan Clam pada Tailstock .....                       | 73        |
| <b>4.2. Hasil Assambly pada Mesin Bubut Konvensional.....</b>    | <b>73</b> |
| <b>4.3. Pengujian Komponen-Komponen.....</b>                     | <b>74</b> |
| <b>4.4. Hasil Pengerjaan Produk.....</b>                         | <b>74</b> |
| <b>4.5. Pengujian Ketebalan Hasil Akhir Plat .....</b>           | <b>75</b> |
| <b>4.6. Kalkulasi Design Bahan .....</b>                         | <b>77</b> |
| <b>4.7. Perhitungan Pengerjaan Produk .....</b>                  | <b>78</b> |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>  | <b>83</b> |
| <b>5.1. Kesimpulan .....</b>                                     | <b>83</b> |
| <b>5.2. Saran.....</b>   | <b>84</b> |
| Daftar Pustaka .....   | 85        |
| LAMPIRAN.....  | 87        |

## Daftar Gambar

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 2.1.</b> Mesin bubut ringan .....              | 6  |
| <b>Gambar 2.2.</b> Mesin bubut sedang .....              | 6  |
| <b>Gambar 2.3.</b> Mesin Bubut Standar .....             | 7  |
| <b>Gambar 2.4.</b> Mesin bubut berat .....               | 7  |
| <b>Gambar 2.5.</b> Mesin bubut center .....              | 8  |
| <b>Gambar 2.6.</b> Mesin bubut lintang .....             | 9  |
| <b>Gambar 2.7.</b> Mesin bubut vertikal .....            | 10 |
| <b>Gambar 2.8.</b> Mesin bubut turret.....               | 10 |
| <b>Gambar 2.9.</b> Mesin bubut copy .....                | 11 |
| <b>Gambar 2.10.</b> Mesin bubut cnc.....                 | 12 |
| <b>Gambar 2.11.</b> Bagian-bagian utama mesin bubut..... | 12 |
| <b>Gambar 2.12 .</b> Chuck.....                          | 13 |
| <b>Gambar 2.13.</b> Meja mesin bubut .....               | 14 |
| <b>Gambar 2.14.</b> Rumah pahat .....                    | 15 |
| <b>Gambar 2.15.</b> Poros transporter .....              | 16 |
| <b>Gambar 2.16.</b> Eretan.....                          | 17 |
| <b>Gambar 2.17.</b> Metal spinning manual .....          | 20 |
| <b>Gambar 2.18.</b> Mandrel.....                         | 21 |
| <b>Gambar 2.19.</b> Headstock .....                      | 22 |
| <b>Gambar 2.20.</b> Penjepit pada metal spinning .....   | 23 |
| <b>Gambar 2. 21.</b> Roller dan pegangan roller.....     | 24 |
| <b>Gambar 2.22.</b> Dudukan roller .....                 | 25 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 2.23.</b> Diagram tegangan regangan pada aluminium .....      | 39 |
| <b>Gambar 2.24.</b> Penentuan tegangan leleh dengan metode offset ..... | 40 |
| <b>Gambar 2.25.</b> Tiga komponen gaya yang bekerja pada .....          | 44 |
| <b>Gambar 2.26.</b> Sudut istimewa trigonometri .....                   | 44 |
| <b>Gambar 3.1.</b> Skema diagram alir .....                             | 46 |
| <b>Gambar 3.2.</b> Design modifikasi mesin bubut spinning .....         | 47 |
| <b>Gambar 3.3.</b> Mandrel.....   | 49 |
| <b>Gambar 3.4.</b> Roller .....   | 49 |
| <b>Gambar 3.5.</b> Tangkai roller.....                                  | 50 |
| <b>Gambar 3.6.</b> Penahan tangkai roller .....                         | 51 |
| <b>Gambar 3.7.</b> Dudukan tuas pembentuk .....                         | 52 |
| <b>Gambar 3.8.</b> Penjepit tail stock.....                             | 52 |
| <b>Gambar 3.9.</b> Plat aluminium.....                                  | 53 |
| <b>Gambar 3.10.</b> Bearing.....  | 53 |
| <b>Gambar 3.11.</b> Mesin bubut type JXC J-46 .....                     | 55 |
| <b>Gambar 3.12.</b> Blank plat aluminium .....                          | 57 |
| <b>Gambar 3.13.</b> Oli .....   | 58 |
| <b>Gambar 3.14.</b> Amplas .....  | 58 |
| <b>Gambar 3.15.</b> Mandrel.....  | 59 |
| <b>Gambar 3.16.</b> Roller .....  | 59 |
| <b>Gambar 3.17.</b> Tangkai roller.....                                 | 60 |
| <b>Gambar 3.18.</b> Penahan tangkai roller .....                        | 61 |
| <b>Gambar 3.19.</b> Dudukan tuas pembentuk .....                        | 61 |
| <b>Gambar 3.20.</b> Penjepit tailstock.....                             | 62 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 3.21.</b> Bearing.....  | 62 |
| <b>Gambar 3.22.</b> Kunci rumah pahat.....                                      | 63 |
| <b>Gambar 3.23.</b> Kunci inggris .....   | 63 |
| <b>Gambar 3.24.</b> Kunci chuck.....  | 64 |
| <b>Gambar 3.25.</b> Kuas .....  | 64 |
| <b>Gambar 3.26.</b> Jangka sorong .....   | 65 |
| <b>Gambar 3.27.</b> Gunting aluminium.....                                      | 65 |
| <b>Gambar 3.28.</b> Gambar assembly alat pada mesin bubut .....                 | 66 |
| <b>Gambar 3. 29.</b> Gambar pengujian ketebalan akhir.....                      | 68 |
| <b>Gambar 4.1.</b> Gambar sebelum peletakan mandrel.....                        | 71 |
| <b>Gambar 4.2.</b> Gambar setelah mandrel pada headstock.....                   | 71 |
| <b>Gambar 4.3.</b> Gambar sebelum peletakan set penekan pada rumah pahat.....   | 72 |
| <b>Gambar 4.4.</b> Gambar setelah peletakan modifikasi set penekan roller ..... | 72 |
| <b>Gambar 4.5.</b> Gambar sebelelum peletakkan clamp .....                      | 73 |
| <b>Gambar 4.6.</b> Gambar setelah peletakkan clamp pada tailstock .....         | 73 |
| <b>Gambar 4.7.</b> Gambar modifikasi mesin bubut spinning.....                  | 73 |
| <b>Gambar 4.8.</b> Pengujian komponen modifikasi .....                          | 74 |
| <b>Gambar 4.9.</b> Hasil pengujian berbentuk mangkok .....                      | 74 |
| <b>Gambar 4.10.</b> Spesimen uji ketebalan awal.....                            | 76 |
| <b>Gambar 4.11.</b> Spesimen uji ketebalan akhir .....                          | 76 |
| <b>Gambar 4.12.</b> Gambar proyeksi tampak atas.....                            | 79 |
| <b>Gambar 4.13.</b> Gambar tampak samping kanan.....                            | 80 |
| <b>Gambar 4.14.</b> Gambar Tampak depan.....                                    | 80 |

## **Daftar Tabel**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabel 2.1.</b> Tabel seri aluminium s1000 dan kegunaannya .....   | 31 |
| <b>Tabel 4. 1.</b> Hasil pengujian ketebalan spesimen .....          | 76 |
| <b>Tabel 4.2.</b> Tabel uji bending di Universitas Sanatadharma..... | 78 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia perindustrian terdapat banyak proses-proses pembentukan plat logam. Salah satu proses pembentukan plat logamnya dengan cara metal spinning/shear spinning, yaitu istilah yang digunakan untuk menggambarkan pembentukan logam, pengurangan lapisan logam dengan kombinasi sumbu simetris, gerak rotasi dan kekuatan tekan.

Metal spinning adalah proses pembentukan logam, dimana piringan dari logam yang diputar dengan kecepatan tinggi dan dibentuk menjadi menyerupai pola (mandrel). Beberapa parameter penting yang mempengaruhi proses metal spinning meliputi: material, kecepatan putar, pelumasan, desain alat, dan tekanan deformasi.

Material yang digunakan sebagai bahan utama dalam proses metal spinning. Sifat-sifatnya seperti kekuatan, keuletan, dan kemampuan deformasi sangat penting dalam menentukan kemungkinan bentuk dan kualitas akhir produk. Seperti contoh mandrel yang di gunakan memakai bahan besi st 37, besi st 37 termasuk besi baja karbon rendah yang mempunyai kandungan karbon <0,3%, maka dari itu besi st 37 di klasifikasikan sebagai *low carbon steel*. Besi st 37 ini kekuatannya relatif rendah, lunak, tetapi keuletannya liuggi, mudah dibentuk dan dimachining. Namun baja ini tidak dapat dikeraskan. (Suarsana, Diktat Pengetahuan Material Teknik, 2017)

Kecepatan putar spindle atau chuck tempat mandrel dipasang dalam proses spinning. Kontrol yang tepat terhadap kecepatan putar sangat krusial untuk memastikan distribusi tekanan yang merata dan deformasi yang sesuai.

Penggunaan bahan pelumas (lubrikasi) untuk mengurangi gesekan antara *blank plate* dan alat penekan (roller). Ini bertujuan untuk meningkatkan kelancaran proses pembentukan dan memperpanjang umur alat.

Desain alat memengaruhi pola deformasi *blank plate* yang mengikuti pola mandrel dan membentuk hasil akhir dari proses spinning. Bentuk, ukuran, dan material dari mandrel akan memengaruhi akurasi dan kehalusan bentukan yang dihasilkan.

Tekanan yang diterapkan pada *blank plate* selama proses pembentukan. Pengaturan tekanan yang akurat sangat penting untuk menghindari cacat atau distorsi pada *blank plate* yang sedang diproses.

Pada workshop prodi D4 jurusan Rekayasa Perancangan Mekanik kampus Pleburan terdapat mesin bubut konvensional yang sudah lama tidak difungsikan, sehingga penulis memiliki ide atau gagasan terhadap mesin bubut konvensional tersebut agar memiliki nilai tambah yaitu dengan memodifikasi mesin bubut konvensional tersebut menjadi mesin bubut metal spinning tanpa merubah part komponen secara permanen sehingga dapat dilepas pasang komponen tersebut. Oleh Karen itu, kegiatan proyek akhir akan mengambil topik rancang bangun mandrel dan mekanisme penekan yang diinstalasi ke mesin bubut konvensional.

## **1.2 Perumusan Masalah dan Batasannya**

### **1.2.1. Rumusan Masalah**

Dengan melakukan analisis untuk modifikasi pada mesin bubut konvensional untuk proses spinning, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendesign mandrel atau cetakan tersebut?

2. Bagaimana memasang atau menginstalasi mandrel pada mesin bubut konvensional?
3. Bagaimana menginstalasi pendorong atau clamp pada tail stock agar mengikuti putaran pada mandrel stabil?
4. Bagaimana menentukan kepresisian alat tersebut?
5. Bagaimana operasional mesin bubut termodifikasi agar menjadi mesin bubut spinning?

#### 1.2.2. Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam perancangan ini agar nantinya tercapai tujuan dalam penelitian tersebut adalah:

1. Dimensi mandrel maksimum 156 mm dengan panjang maksimum 84 mm yang digunakan berfokus pada cetakan mangkok dengan ukuran kecil
2. Material yang digunakan adalah plat aluminium tebal 1 mm dengan diameter 180 mm.
3. Menggunakan roller dengan diameter terluar 52 mm dan radius permukaan 12 mm.
4. Proses pengukuran ketebalan akhir menggunakan micrometer sekrup atau jangka sorong.
5. Untuk perhitungan gaya yang bekerja hanya untuk pengerjaan yang dapat diukur dan alat ukur yang dipunya/digunakan

### 1.3 Tujuan dan Manfaat

#### Tujuan Penelitian

Tujuan dalam proyek tugas akhir ini, antara lain:

1. Merancang bangun alat spinning dengan mendasarkan mekanisme kerja mesin bubut
2. Untuk mengetahui pemilihan material yang digunakan untuk mesin bubut spinning
3. Pengujian bubut spinning termodifikasi.
4. Menggabungkan beberapa komponen part agar pengerjaan spinning dapat dilakukan tanpa memodifikasi permanen komponen pada bubut konvensional
5. Menginvestigasi pengaruh parameter design terhadap hasil spinning.

#### **Manfaat Penelitian**

1. Memberikan ilmu pengetahuan umum dalam bidang pembentukan.
2. Memberikan referensi teknik teknik pembentukan metal spinning sebagai salah satu pembentukan alternatif yang efektif dan efisien.
3. Memberikan informasi mengenai pengaruh hasil dari penambahan kecepatan terhadap kekasaran dan ketebalan pada proses metal spinning.
4. Dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian lain yang juga berkaitan dengan metode metal spinning

#### **1.4 Luaran**

Pelaksanaan Proyek akhir ini menghasilkan luaran, yaitu:

1. Mesin bubut termodifikasi menjadi mesin bubut spinning
2. Laporan proyek akhir
3. HKI

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Mesin Bubut Konvensional**

Mesin bubut adalah salah satu jenis mesin perkakas yang digunakan untuk proses pemotongan benda kerja yang dilakukan dengan membuat sayatan pada benda kerja dimana pahat digerakkan secara translasi dan sejajar dengan sumbu dari benda kerja yang berputar. Prinsip kerja mesin bubut ialah menghilangkan bagian dari benda kerja untuk memperoleh bentuk tertentu dimana benda kerja diputar dengan kecepatan tertentu bersamaan dengan dilakukannya proses pemakanan oleh pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerak translasi dari pahat disebut gerak makan (*feeding*). (Taufiq, 1993)

#### **2.2 Klasifikasi Umum**

Pada dasarnya mesin bubut dikelompokkan menjadi beberapa kategori dengan melihat segi dimensi dan kegunaannya, yaitu: mesin bubut ringan, mesin bubut sedang, mesin bubut produksi benda kerja dengan dimensi besar

##### **2.2.1. Bubut Ringan**

Mesin bubut ringan digunakan untuk proses pembuatan dengan benda kerja dengan dimensi kecil. Biasanya mesin bubut jenis ini digunakan pada industri rumahan (home industry) karena mudah dipindahkan dan dapat diletakkan di atas meja sesuai dengan kebutuhan. Seperti terlihat pada gambar 2.1 Mesin bubut ini umumnya memiliki panjang tidak lebih dari 120 cm.



**Gambar 2.1.** Mesin bubut ringan  
(Atmantawarna, Henggar Patria, 2013)

### 2.2.2. Mesin Bubut Sedang

Biasanya digunakan pada dunia pendidikan atau pusat pelatihan. Namun mesin ini juga dapat digunakan pada industri skala kecil seperti bengkel-bengkel perawatan. Selain mudah dioperasikan, mesin bubut sedang dapat digunakan untuk pengerjaan benda kerja dengan diameter 20cm dan panjang 10cm.



**Gambar 2.2.** Mesin bubut sedang  
(Atmantawarna, Henggar Patria, 2013)

### 2.2.3. Mesin Bubut Standar

Mesin bubut jenis ini merupakan mesin bubut yang banyak digunakan pada umumnya. Baik dalam dunia perindustrian ataupun dalam pendidikan dan latihan. Mesin ini memiliki komponen yang sama dengan mesin bubut ringan dan sedang. Mesin bubut standar seperti Gambar 2.3 dikatakan mesin bubut standar karena

memiliki komponen tambahan seperti lampu untuk membantu penerangan saat proses kerja, sistem pendingin air untuk mencegah mata pahat cepat aus karena panas, bak penampung geram dan rem untuk menghentikan proses pembubutan pada saat terjadi kesalahan kerja atau dalam kondisi darurat.



**Gambar 2.3.** Mesin Bubut Standar  
(Atmantawarna, Henggar Patria, 2013)

#### 2.2.4. Mesin Bubut Berat

Mesin bubut berat pada Gambar 2.4 digunakan untuk proses pengerjaan berat dan digunakan pada industri skala besar. Pada dasarnya cara kerja dan penggunaannya sama saja dengan tipe lainnya, hanya saja mesin ini membutuhkan alat bantu penyangga dan center bila melakukan pengerjaan benda kerja yang panjang.



**Gambar 2.4.** Mesin bubut berat  
(Atmantawarna, Henggar Patria, 2013)

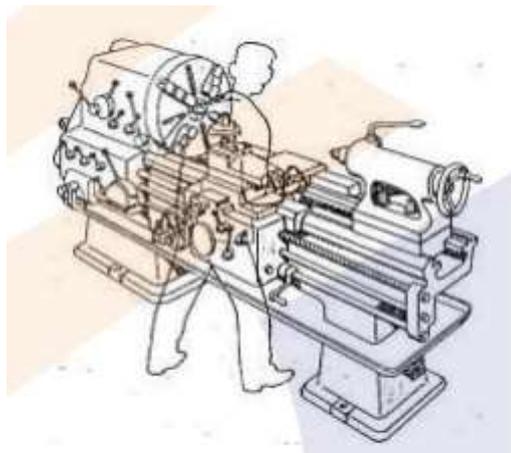
### 2.3 Klasifikasi Berdasarkan Pengerjaannya

Mesin bubut di buat berdasarkan kebutuhan dalam menyelesaikan jenis-jenis pekerjaan, berdasarkan hal itu mesin bubut dapat dibedakan menjad:

1. Mesin bubut senter (centre lathe).
2. Mesin bubut lintang (facing lathe).
3. Mesin bubut vertikal (vertical turning and boring mill).
4. Mesin bubut turret.
5. Mesin bubut copy.
6. Mesin bubut kontrol (CNC).

### 2.3.1 Mesin Bubut Senter

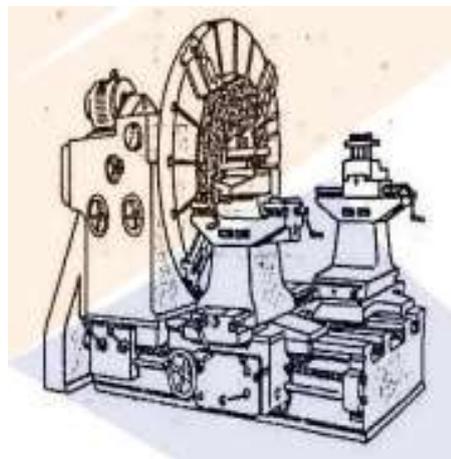
Mesin bubut ini pekerjaan dapat dilakukan diantara dua senter, yaitu diantara senter kepala tetap (headstock) dan senter kepala lepas (tailstock). Pada kepala tetap dapat dipasang cekam tiga rahang empat rahang dan atau kolet sebagai pamegang benda kerja. Sedangkan kepala lepas berfungsi sebagai penyangga benda kerja pada sisi yang lainnya. Pada kasus khusus kepala lepas pada mesin bubut senter ini dapat digeser beberapa mili meter keluar dari pusat mesin bubut untuk melakukan pembubutan tirus.



**Gambar 2.5.** Mesin bubut center  
(Jurnal lab. Pemesinan polban)

### 2.3.2 Mesin Bubut Lintang

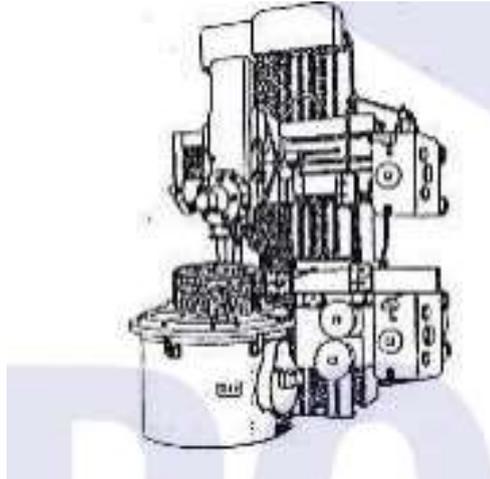
Mesin bubut lintang digunakan untuk membubut benda kerja yang pendek dengan diameter yang besar dan tidak memungkinkan untuk dikerjakan pada mesin bubut senter. Benda kerja dicekam pada cekam tiga rahang atau empat rahang atau pada cekam yang dapat diatur (independen chuck).



**Gambar 2.6.** Mesin bubut lintang  
(Jurnal lab. Pemesinan polban)

### 2.3.3 Mesin Bubut Vertical

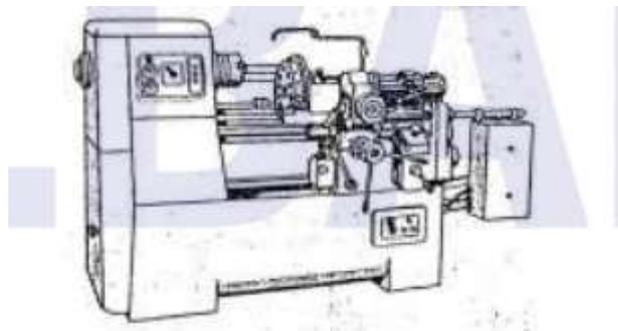
Mesin ini selain berfungsi untuk membubut juga dapat digunakan untuk melebarkan lubang. Benda kerja dipasang pada suatu meja yang dapat berputar dengan posisi vertikal, sedangkan alat potong dipasang pada spindel yang dapat bergerak naik dan turun serta dapat bergerak pada arah radial. Mesin bubut ini digunakan untuk mengerjakan benda kerja yang besar dan berat.



**Gambar 2.7.** Mesin bubut vertikal  
(Jurnal lab. Pemesinan polban)

#### 2.3.4 Mesin Bubut Turret

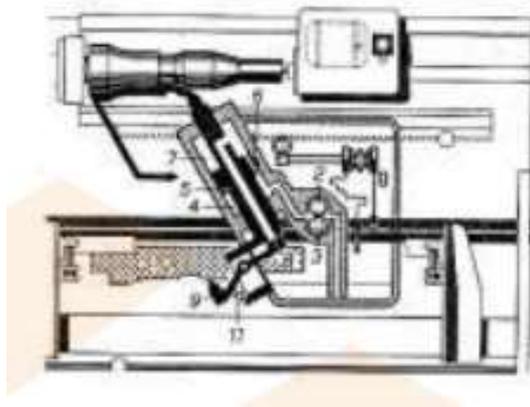
Mesin bubut ini digunakan untuk membuat benda kerja secara masal dengan ukuran yang seragam. Beberapa alat potong dipasang pada suatu turret dengan sekali set-up yang berarti karakteristik dari mesin bubut jenis ini bahwa mata pahat untuk operasi berurutan dapat disetting dalam kesiagaan untuk penggunaan yang sesuai dalam urutannya. Mesin bubut turret memiliki kemampuan khusus terutama untuk mengerjakan material secara identik. Maksud identik disini adalah mesin dapat bekerja sesuai dengan urutan kerja yang telah diatur oleh operator untuk melakukan produksi bahan kerja.



**Gambar 2.8.** Mesin bubut turret  
(Jurnal lab. Pemesinan polban)

### 2.3.5 Mesin Bubut Copy.

Mesin bubut copy yang mekanismenya diperlihatkan dalam gambar 2.9 digunakan untuk meniru bentuk benda kerja yang sudah kita siapkan sebelumnya. Dengan memasang peralatan hidrolik pada eretan pahat, maka pahat bubut akan bergerak menyesuaikan diri dengan bentuk benda kerja yang sudah kita siapkan sebelumnya.



**Gambar 2.9.** Mesin bubut copy  
(Jurnal lab. Pemesinan polban)

### 2.3.6 Mesin Bubut Kontrol (CNC).

Mesin bubut ini adalah mesin jenis mesin bubut moderen, Mesin CNC merupakan mesin yang dibatasi PC yang memanfaatkan bahasa numerik (informasi pemesanan dengan kode angka, huruf dan gambar) sesuai norma. Pada dasarnya mesin CNC merupakan instrumen mesin terprogram yang bekerja bergantung pada desain benda kerja yang pertama kali direncanakan melalui produk seperti AutoCAD. Sehingga disimpulkan bahwa mesin CNC merupakan mesin perkakas otomatis yang dioperasikan melalui komputer yang menggunakan input berupa numeric dan mesin ini digunakan dalam proses manufaktur yang menggunakan

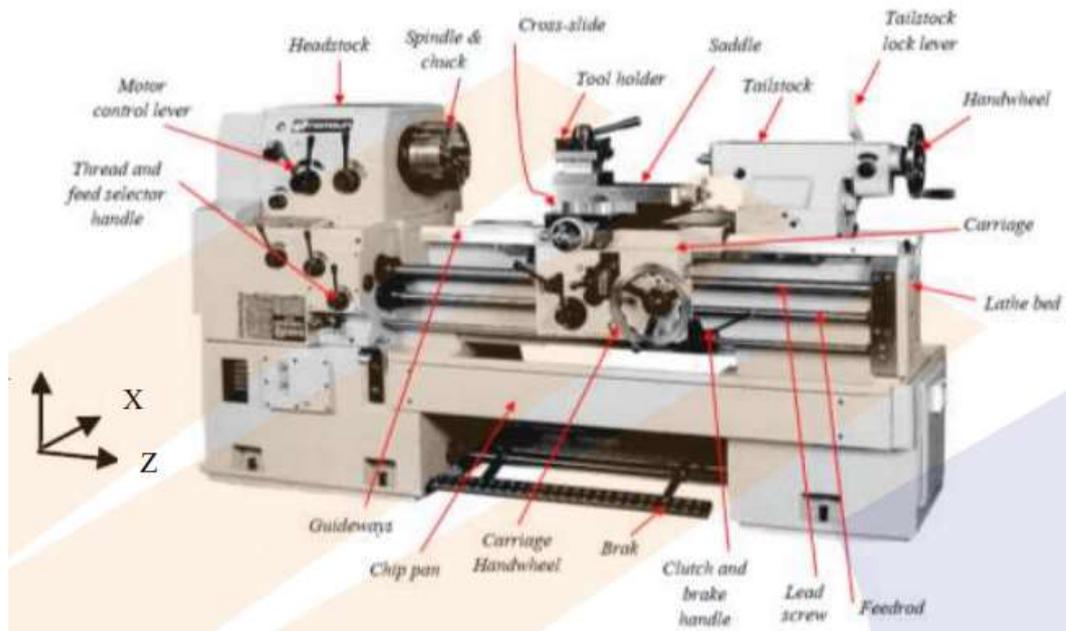
kontrol terkomputerisasi dan peralatan mesin, semua gerakannya dikontrol melalui komputer dengan tingkat ketelitian yang sangat tinggi.



**Gambar 2.10.** Mesin bubut cnc  
(CV. Teknik jaya component)

#### 2.4 Bagian Bagian Utama Bubut Konvensional

Bagian-bagian mesin bubut seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.11 sesungguhnya dapat dibedakan menjadi beberapa bagian utama, yaitu: chuck, meja mesin bubut, rumah pahat, tailstock, poros transporter, eretan dan terakhir tuas pengatur kecepatan.



**Gambar 2.11.** Bagian-bagian utama mesin bubut

(Jurnal lab.pemesinan polban)

#### 2.4.1 Penjepit (chuck)

Penjepit merupakan komponen dari mesin bubut yang berfungsi sebagaiudukan benda kerja untuk menjepit saat proses pembubutan berlangsung. Ada dua macam chuck pada mesin bubut sesuai dengan kegunaan masing-masing yaitu chuck rahang tiga dan chuck rahang empat. Seperti ditunjukkan Gambar 2.12, chuck rahang tiga berfungsi untuk mencekam benda kerja berbentuk silindris. Chuck tipe ini bila salah satu rahang di putar/stel maka rahang lainnya akan secara otomatis mengikuti rahang yang di putar. Sedangkan chuck rahang empat berfungsi untuk mencekam benda kerja nonsilindris dan digunakan untuk pembubutan eksentrik. Chuck rahang empat pada setiap rahangnya dapat di atur masing-masing, yang artinya setiap rahang di atur secara bergantian mengikuti bentuk benda kerja.



**Gambar 2.12 . Chuck**

(Atmantawarna, Henggar Patria, 2013)

#### 2.4.2 Meja Mesin Bubut

Meja mesin bubut berfungsi sebagaiudukan seperangkat eretan yang meluncur memanjang dan merupakan tumpuan gaya pemakanan waktu

pembubutan. Bentuk dukungan ini bermacam-macam, ada yang datar dan ada yang salah satu atau kedua sisinya mempunyai ketinggian tertentu. Permukaan meja bubut harus halus dan rata, sehingga gerakan kepala lepas dan lain-lain di atasnya lancar. Bila alas ini kotor atau rusak akan mengakibatkan jalannya eretan tidak lancar sehingga akan diperoleh hasil pembubutan yang tidak baik atau kurang presisi sehingga diperlukan perawatan. Pada gambar 2.13 terlihat meja mesin bubut.



**Gambar 2.13.** Meja mesin bubut

(Atmantawarna, Henggar Patria, 2013)

#### 2.4.3 Rumah Pahat

Penjepit pahat digunakan untuk menjepit atau memegang pahat, yang bentuknya ada beberapa macam diantaranya seperti ditunjukkan Gambar 2.14. Jenis sangat praktis digunakan karena dapat menjepit empat buah pahat sekaligus, sehingga dalam suatu pengerjaan bila memerlukan empat macam pahat dapat dipasang dan disetel sekaligus.



**Gambar 2.14.** Rumah pahat  
(Atmantawarna, Henggar Patria, 2013)

#### 2.4.4 Tail stock

Tail stock berfungsi untuk menopang benda kerja, memasang mata bor, dan tapping. Tail stock seperti ditunjukkan dipasang di atas meja bubut bagian ujung kanan dan dapat digerakkan sepanjang alas mesin. Tinggi dari tail stock sama dengan center

#### 2.4.5 Poros Transporter

Poros transporter (Gambar 2.15) merupakan sebuah poros berulir segi empat atau trapesium yang berfungsi untuk membawa eretan saat bekerja secara otomatis. Pengerjaan otomatis ini biasanya digunakan saat membubut ulir yang bertujuan untuk mendapatkan jarak pemakanan teratur. Selain itu juga dapat digunakan untuk proses grooving dengan cara menyambung roda gigi poros transporter ke roda gigi Chuck.



**Gambar 2.15.** Poros transporter  
(Atmantawarna, Henggar Patria, 2013)

#### 2.4.6 Eretan (carriage)

Eretan seperti ditunjukkan gambar 2.16 merupakan bagian mesin bubut yang berfungsi untuk mengatur penyayatan benda kerja. Ada beberapa eretan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Eretan memanjang (longitudinal carriage) bergerak sepanjang alas mesin, eretan melintang (cross carriage) yang bergerak melintang alas mesin dan eretan atas (top carriage). Eretan melintang dan eretan atas berfungsi untuk mengatur kedalaman makan pahat saat proses pembubutan ulir, alur, tirus, champer dan lain-lain yang ketelitiannya bisa mencapai 0,01 mm. Dudukan eretan atas dapat diatur dengan cara memutar sesuai kebutuhan dan sumbu putar dari eretan ini bisa sampai posisi 360° . Eretan ini tidak dapat dijalankan secara otomatis, melainkan hanya dengan cara manual.



**Gambar 2.16.** Eretan

(Atmantawarna, Henggar Patria, 2013)

#### 2.4.7 Tuas Pengatur Kecepatan

Tuas pengatur kecepatan seperti ditunjukkan Gambar 2.11 digunakan untuk mengatur kecepatan poros transporter dan sumbu pembawa pada mesin bubut. Kecepatan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan, misalkan untuk pembubutan pengkasaran digunakan kecepatan rendah sedangkan untuk mendapatkan hasil permukaan yang lebih halus digunakan kecepatan yang lebih tinggi.

### 2.5 Dasar Teori

Pemilihan mesin bubut konvensional tertentu untuk pengerjaan spinning harus didasarkan pada berbagai pertimbangan teknis yang relevan dengan proses spinning yang ingin dilakukan. Berikut adalah beberapa alasan mengapa harus memilih mesin bubut bertipe jxc j46 untuk pengerjaan spinning:

Kecepatan dan akurasi bisa diartikan, mesin bubut yang tepat harus dapat menghasilkan putaran dengan kecepatan yang sesuai dan akurasi yang tinggi. Ini penting untuk menghasilkan produk spinning yang berkualitas tinggi dengan toleransi yang ketat. Kapasitas kerja yang mana perlu memilih mesin bubut yang memiliki kapasitas kerja yang sesuai dengan ukuran dan jenis material yang akan

digunakan dalam proses spinning. Mesin yang terlalu kecil atau terlalu besar mungkin tidak cocok untuk proses pekerjaan yang akan dilakukan. Jenis bahan bisa diartikan, mesin bubut harus sesuai dengan jenis bahan yang akan diproses. Misalnya, mesin bubut untuk aluminium mungkin berbeda dengan mesin bubut untuk plastik atau kayu. Kemampuan tooling, dimana spesifikasi mesin bubut harus dapat mendukung alat dan perlengkapan yang sesuai dengan jenis spinning yang akan dilakukan. Ini mencakup chuck, rumah pahat, dan perlengkapan lainnya. Dan yang terakhir yakni pertimbangkan anggaran yang dimiliki. Pilih mesin bubut yang sesuai dengan ukuran spesifikasi yang dibutuhkan, tetapi jangan mengorbankan kualitas dan kinerja.

Mesin Proses spinning adalah suatu proses pemesinan yang digunakan untuk proses pembentukan plat logam sesuai dengan bentuk mandrel, dengan menggunakan berbagai *tool* dan *roller*. Prosesnya mandrel dicekam menggunakan chuck yang berputar pada sumbunya dan plat yang akan dibentuk ditempelkan pada mandrel sehingga berputar seirama dengan mandrel sedangkan roller bergerak aksial dengan melakukan proses penekanan pada plat sehingga plat akan berubah bentuk yang semula lembaran akan berubah bentuk mengikuti bentuk mandrel. (Kalpakjian, Serope 2001).

Berdasarkan hasil dan pembahasan venkateshwarlu,G.,dkk, (2013) menyatakan bahwa keakuratan dimensi cangkir aluminium pada proses metal spinning. Dari percobaan,ditemukan bahwa kekasaran permukaan akhir lebih baik dengan kecepatan tinggi dari gelas yang terbentuk, kekasaran permukaan akhir lebih baik pada tingkat laju pemakanan yang lebih rendah. Mengilustrasikan pada ketebalan akhir berkenaan dengan kecepatan rotasi seperti yang dapat dilihat ketika

kecepatan rotasi meningkat, ketebalan berkurang. Dan Sebaliknya, pada kecepatan rendah dapat dihasilkan ketebalan yang lebih tinggi.

Berdasarkan hasil dan pembahasan Udayani,K.,dkk (2017) menyatakan bahwa beberapa parameter dipertimbangkan selama percobaan proses metal spinning pada lembaran Aluminium. Mandrel speed (rpm) Kecepatan dimana mandrel berada diputar sepanjang porosnya sendiri yang difiksasi pada chuck dan bubut memegang lembar kerja. Dua tingkat kecepatan yaaitu 310 rpm & 500 rpm dipertimbangkan untuk eksperimen. Yang menghasilkan bahwa kecepatan 310 rpm mempunyai tingkat kekasaran yang lebih besar daripada kecepatan 500 rpm, dengan menggunakan tebal bahan yang sama dan radius roller yang sama.

Aluminium mudah dikerjakan, tetapi juga mudah hancur, dan akibat kemudahan pada saat proses spinning kadang kadang menghasilkan bagian yang rusak setelah proses selesai yang dapat di spinning kadang-kadang menghasilkan bagian yang mudah rusak setelah banyak pekerjaan telah dilakukan. Selain menjadi bahan yang baik untuk barang seperti piring, tidak ada keuntungan menggunakan aluminium.

## **2.6 Metal Spinning**

Metal spinning adalah suatu proses pembentukan lembaran logam dengan kombinasi gerak putar mandrel dan gaya tekan sehingga menghasilkan produk yang sesuai dengan bentuk pola mandrel. Proses metal spinning sangat cocok digunakan dalam industri kecil menengah karena biayanya murah dan tidak memerlukan peralatan yang mahal, hanya saja diperlukan latihan berkali - kali untuk membuat lembaran logam sesuai dengan mandrel. Meskipun metal spinning sempat kehilangan eksistensinya dengan digantinya dengan proses deep drawing dan

proses lainnya, namun dalam beberapa tahun terakhir ini mulai digunakan lagi untuk proses serbaguna pembuatan komponen ringan (Kalpakjian, Serope 2001).



**Gambar 2.17.** Metal spinning manual  
(Groover Mikell P, 2010)

Sedangkan cara kerja metal spinning secara garis besar yaitu blank plat yang sudah siap diletakkan ke mandrel dengan cara dijepit oleh penjepit, setelah itu mandrel diputar dengan kecepatan yang telah ditentukan lalu roller menekan plat secara terus menerus sehingga plat menjadi bentuk yang diinginkan sesuai bentuk mandrelnya (Pratik Pawar 2017).

#### 2.6.1 Bagian Utama Metal Spinning

##### 1. Mandrel

Mandrel diproses spinning adalah bagian penting, karena pada nantinya hasil plat yang dibentuk akan menyesuaikan bentuk pola mandrel, mandrel inilah yang nantinya akan berputar maka dari itu pola atau bentuk mandrel haruslah simetris melingkar karena jika asimetris maka tidak bisa dilakukan proses spinning .



**Gambar 2.18.** Mandrel

(Mandar sawan, 2017).

Berdasarkan Tapase, dkk (2014) menyatakan bahwa Kualitas produk terbaik sebagian komponen dicapai ketika berputar dengan kecepatan tinggi, pengaruh mandrel pada kekuatan mandrel hampir diabaikan. Dan pengaruh kecepatan rotasi pada variasi gaya aksial dan radial diabaikan. Untuk penggunaan bahannya sendiri pada umumnya menggunakan bahan ST-37 sudah cukup dalam batas pengerjaan penggunaan bahan mandrel dimana karakteristik dari baja ST37 memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 %. Baja ini sering dipakai juga untuk konstruksi-konstruksi mesin yang saling bergesekan seperti roda gigi, poros, dll karena sangat ulet. Baja karbon rendah dengan kadar karbon 0,05-0,3% (low carbon steel) sifatnya mudah ditempa dan mudah dimesin. Untuk permukaan dari mandrel itu sendiri harus halus tanpa ada garis dan juga lapisan bertingkat antara yang lainnya guna menjadikan hasil produk yang sempurna dimana nanti mempengaruhi hasil akhir dari produk. Secara khusus, kekasaran permukaan memegang peranan penting pada kualitas produk dan merupakan salah satu parameter yang penting untuk mengevaluasi dari hasil proses keakurasian permesinan (Petropoulos et al., 2009).

## 2. Headstock

Headstock berfungsi untuk memasang mandrel yang terhubung dengan motor listrik. Headstock juga mempunyai beberapa tipe yaitu tipe mencekam dan tipe ulir. Pada saat merencanakan mandrel harus menyesuaikan dengan tipe headstock.



**Gambar 2.19.** Headstock

(Mandar sawan, 2017).

Di bagian Headstock ini terdapat spindel yang berguna untuk memutar mandrel. Kecepatan putar dari spindel ini juga berpengaruh terhadap hasil dari metal spinning (Mandar sawan, 2017). Pada diameter pembuka chuck ini juga berperan penting dikarenakan mempengaruhi kestabilan putaran dari benda objek yang akan digunakan nantinya.

## 3. Penjepit

Penjepit pada metal spinning berfungsi sebagai penahan plat saat mandrel berputar, selain itu penjepit juga berfungsi sebagai titik tengah/center, penjepit pada metal spinning sebenarnya hampir sama bentuk dan fungsinya dengan kepala lepas di mesin bubut hanya saja penjepit ini bentuknya tidak lancip melainkan tumpul/datar (Mandar sawan, 2017).



**Gambar 2.20.** Penjepit pada metal spinning  
(Mandar sawan, 2017).

#### 4. Roller

Roller pada metal spinning juga memiliki peran yang penting dimana bentuk roller ini seperti roda pipih yang dijepit dan diberi tuas besi memanjang untuk pegangan, roller ini nantinya akan berputar ketika menyentuh plat pada saat proses spinning sehingga gesekan yang ditimbulkan bisa berkurang. Dilihat pada fungsi roller pada pengerjaan spinning bahan yang digunakan untuk pembuatan roller harus lebih kuat dibandingkan penggunaan mandrel dikarenakan roller merupakan bagian yang sangat penting dalam pengerjaan spinning yang dimana harus memiliki bahan yang kuat dan tahan karat serta memiliki daya hantar panas yang cukup baik guna mempermudah pengerjaan spinning, maka dipertimbangkan penggunaan cast iron dalam pembuatannya. Pada saat proses spinning plat akan ditekan menggunakan roller sampai plat membentuk pola mandrel, sedangkan tuas pegangan roller pada umumnya satu batang memanjang ada juga yang dua batang yang mana hal ini disesuaikan dengan kemauan pekerja.



**Gambar 2. 21.** Roller dan pegangan roller  
(Mandar sawan, 2017).

Banyak percobaan yang telah dilakukan menggunakan parameter roller, Seperti variasi diameter roller dan radius roller. Pada memvariasi radius roller menegaskan bahwa nilai-nilai radius yang lebih tinggi memberikan stabilitas membentuk lebih besar karena bidang kontak dengan lembaran logam lebih besar. ( Pratik Pawar, 2017 )

Berdasarkan Tapase, dkk (2014) menyatakan dalam pembuatan roller ada beberapa yang perlu diperhatikan dalam menentukan diameter roller dan radius roller yaitu :

- Diameter roller

Roller memiliki diameter yang beragam, dengan kecepatan mandrel rendah diameter roller kecil, dan viskositas pelumas rendah memberikan permukaan akhir yang lebih halus.

- Radius roller

Radius roller memiliki efek signifikan pada akurasi dimensi. Ukuran radius roller mempengaruhi kualitas permukaan. Radius roller yang lebih besar akan memberikan kualitas permukaan yang lebih baik.

## 5. Dudukan roller

Dudukan roller digunakan untuk memudahkan penekanan roller dan konstan dalam menekan plat, yang mana dudukan roller berbentuk lubang lubang agar memudahkan untuk memindahkannya (Mandar sawan, 2017).



**Gambar 2.22.** Dudukan roller  
(Mandarsawan, 2017).

## 6. Blank plat logam

Hampir semua plat logam dapat dilakukan proses metal spinning, hanya saja setiap jenis logam membutuhkan perlakuan khusus pada setiap pengerjaannya, hal ini tergantung bagaimana sang operator menyiasatinya. Biasanya sang operator membutuhkan latihan berkali kali untuk satu jenis logam yaitu aluminium agar mendapatkan hasil yang maksimal dalam pengerjaannya.

Berdasarkan Mandar sawant (2017) menyatakan diameter Blank plat logam adalah diameter lembaran logam yang digunakan untuk memproduksi komponen produk metal spinning. Beragam diameter yang digunakan dalam metal spinning sesuai dengan kebutuhan produk

### **2.7 Pemilihan Bahan Material**

Pemilihan bahan untuk keperluan bukan suatu hal yang sulit, asalkan tidak disertai dengan berbagai persyaratan, seperti misalnya mudah diperoleh, mudah

dikerjakan atau diproses sehingga menghasilkan mutu yang sesuai dengan spesifikasi. Biasanya persyaratan yang diminta oleh suatu desain konstruksi meliputi sifat-sifat sebagai berikut: 1. Sifat mekanik meliputi: kekuatan, ketanguhan, kekerasan, keuletan kegetasan dan lainnya. 2. Sifat fisik seperti heat conductivity, 3. Sifat Kimia seperti: tahan korosi, aktivitas terhadap bahan kimia.

Proses pemilihan bahan seringkali juga dapat disederhanakan misalnya dengan mempersempit daerah pemilihan, dengan memberi prioritas pada yang biasa digunakan untuk konstruksi yang sejenis. Seperti misalnya pada teknik permesinan baja karbon akan mendapat prioritas pertama untuk dipertimbangkan (karena dalam konstruksi biasanya orang banyak menggunakan baja karbon, mudah diperoleh, harga relatif murah) baru kemudian bila baja karbon tidak memenuhi syarat dicoba mempertimbangkan penggunaan bahan-bahan lain, seperti baja paduan, besi cor, paduan non besi. (Suarsana, Diktat Pengetahuan Material Teknik, 2017)

#### 2.7.1. Baja karbon

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur penguat dalam struktur baja. Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur

bangunan, dan lain sebagainya. Menurut pendefenisian ASM handbook vol.1:148 (1993), baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut:

#### 1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainya. Keuntungan dari *low carbon steel* ini juga terdapat pada kandungan karbon yang rendah dimana fungsi karbon dalam baja untuk pengeras sehingga penggunaan *low carbon steel* lebih mudah dibentuk atau diolah ketimbang baja karbon sedang ataupun tinggi

#### 2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C. Baja karbon ini memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Besarnya kandungan karbon yang terdapat dalam besi memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya

### 2.7.2. Besi Cor

Besi cor (*cast Iron*) dapat didefinisikan sebagai paduan besi yang memiliki kadar karbon lebih dari 1,7 %. Umumnya kadar karbon ini berada pada kisaran antara 2,4 hingga 4 %, merupakan bahan yang relatif mahal, dimana bahan ini diproduksi dari besi kasar atau besi/baja rosok. Benda-benda cor dapat membentuk bagian bentuk yang rumit dibandingkan dengan bentuk-bentuk benda hasil tempa (*wrought*) kendati diperlukan proses machining, akan tetapi dapat diminimalisir dengan memberikan kelebihan ukuran sekecil mungkin dari bentuk yang dikehendaki (*smaller allowance*), oleh karena itu produk penuangan relatif ukurannya dlebihkan sedikit. Proses pengecoran banyak digunakan karena memiliki keunggulan diantaranya dapat membuat produk yang kecil hingga yang paling besar. Produk hasil coran dapat digunakan tanpa harus dikerjakan lebih lanjut atau dilakukan sedikit proses pemesinan. Selain itu dengan proses pengecoran dapat membuat produk-produk sederhana sampai yang paling rumit (Sudjana, 2008)

Adapun jenis-jenis Besi Tuang (*Cast Iron*) adalah sebagai berikut (Sudjana, 2008):

#### 1. Besi tuang Putih (*White Cast Iron*)

Besi tuang putih (*white cast iron*) merupakan besi yang mengandung kadar silikon rendah, dimana pada saat pemadatan besi carbida membentuk graphite di dalam ikatan matrix. Pada besi tuang non-paduan strukturnya berbentuk pearlite. Besi tuang putih (*white cast iron*) memiliki angka kekerasan antara 400 hingga 600 HB dengan tegangan tariknya 270 N/mm<sup>2</sup> dan masih dapat ditingkatkan melalui penurunan kadar karbon sebesar 2,75 sampai 2,9 % menjadi 450 N/mm<sup>2</sup>. Proses machining untuk besi tuang putih dapat dilakukan dengan cara penggerindaan (*grinding*). Besi cor putih ini memiliki sifat yang getas, namun memiliki kekerasan

yang tinggi, sehingga manfaat dari besi tuang putih (*white cast iron*) ini dapat digunakan dalam pembuatan komponen mesin gerinda, kelengkapan penghancur, komponen dapur pemanas (*furnance*) dan lain-lain. Besi tuang putih tidak terdaftar pada british standard. Untuk menurunkan angka kekerasannya besi tuang putih (*white cast iron*) dapat diberi perlakuan panas (*heat treatment*) melalui proses pelunakan (*anealing*), yakni dengan pemanasan pada temperatur 8500°c untuk menguraikan free-karbon yang terbentuk karena pendinginan cepat setelah penuangan (pengecoran). Proses ini dilakukan hanya pada kondisi darurat. Sedangkan pengendalian sifat besi tuang putih ini tetap dengan metoda pengendalian pendinginan dengan “*iron chill*” serta komposisi unsur bahan tuangan sebagaimana yang telah disebutkan.

## 2. Besi tuang Kelabu (*Grey Cast Iron*)

Besi tuang kelabu (*grey cast iron*) merupakan besi yang mengandung unsur graphite yang berbentuk serpihan sehingga memiliki sifat mampu mesin (*machinability*) serta masuk dalam jajaran *British Standards*. Adapun yang membedakan jenis dari besi tuang kelabu ialah nilai tegangannya. Angka kekerasan dari Besi tuang ini ialah antara 155 HB sampai 320 HB tergantung tingkatannya. Manfaat dari besi tuang kelabu (*grey cast iron*) dapat digunakan dalam pembuatan *crankcases, machine tool bed, brake drums, cylinder head*, as pada hidrolis dan lain-lain. Untuk menghilangkan tegangan dalam setelah proses pengecoran, besi tuang kelabu (*grey cast iron*) dapat diberi perlakuan panas (*heat treatment*) yaitu dengan “*stress relieving*” dengan memberikan pemanasan lambat antara 500°C hingga 575°C, dengan holding time sekitar 3 jam diikuti dengan pendinginan secara perlahan-lahan. Proses lain yang dapat dilakukan pada besi tuang kelabu ini ialah

pelunakan (*anealing*), dengan proses ini akan terjadi perbaikan pada strukturnya sehingga dimungkinkan untuk proses machining secara cepat, untuk proses anealing ini dilakukan dengan memberikan pemanasan pada temperatur anealing yaitu 700°C dengan waktu pemanasan (*holding time*) ½-2 jam, dimana akan terbentuk structure pearlite tertutup dalam kesatuan ferrite matrix, namun demikian tingkat kekerasan akan tereduksi sebesar 240 HB sampai 180 HB. Dilihat dari sifat mekanisnya, kekuatan tegang besi cor kelabu lebih rendah dibanding jenis besi cor yang lain hal ini dikarenakan mikrostruktur berupa grafit yang meruncing pada ujungnya sehingga dapat menimbulkan konsentrasi tegangan pada daerah tersebut. Salah satu sifat besi cor kelabu yang paling efektif adalah kemampuannya untuk menyerap energy getaran yang lebih tinggi dari pada baja. Dengan sifat sifat ini besi cor kelabu lebih banyak digunakan sebagai alat berat, landasan mesin, dan poros penghubung.

### 2.7.3. Aluminium

#### 1. Pengertian aluminium

Aluminium merupakan logam yang berwarna putih dan mengkilat, ringan, relatif, lunak dan ulet, serta mempunyai massa jenis relatif rendah. Pada permukaannya terdapat lapisan oksida sehingga terlindung dari klorosidan memiliki konduktivitas panas dan listrik yang tinggi (Mustaqim Ansori, 2017)

#### 2. Macam-macam aluminium

Berdasarkan Faizal (2013) banyak seri aluminium yang biasa digunakan untuk proses pemesinan, berikut macam aluminium dan paduannya serta kode penamaannya:

**Tabel 2.1.** Tabel seri aluminium s1000 dan kegunaannya

| <b>Seri aluminium 1000 dan kegunaannya</b> |               |   |                       |
|--|---------------|---|-----------------------|
| <b>Paduan</b>                              | <b>Al (%)</b> | <b>Unsur paduan</b>   | <b>Kegunaan</b>       |
| 1050                                       | 99.5          | -   | Bahan kimia           |
| 1060                                       | 99.6          | -   | Umum                  |
| 1070                                       | 99.7          | -   | Tebal dinding pipa    |
| 1100                                       | 99.0          | Cu 0.1  | umum, holloware       |
| 1145                                       | 99.45         | -   | lembaran, pelat, foil |
| 1199                                       | 99.99         | -   | Foil                  |
| 1230                                       |               | Si 0.3; Fe 0.3; Cu 4.<br>8–5.8; Mn 0.4–<br>0.8; Mg 0.05; Zn 0.1<br>; Ti 0.15; Li 0.9–<br>1.4; Cd 0.1–0.25 | Tu-144 aircraft       |
| 1350                                       | 99.5          | -   | Penghantar listrik    |
| 1370                                       | 99.7          | -   | Penghantar listrik    |
| 1420                                       | 92.9          | Mg 5.0; Li 2.0; Zr 0.1  | Pesawat terbang       |
| 1421                                       | 92.9          | Mg 5.0; Li 2.0; Mn 0.<br>2; Sc 0.2; Zr 0.1  | Pesawat terbang       |

**Tabel 2.1.** Lanjutan

|      |   |   |
|------|---|---|
| 1424 | Si 0.08; Fe 0.1; Mn<br>0.1–0.25; Mg 4.7–<br>5.2; Zn 0.4–<br>0.7; Li 1.5–<br>1.8; Zr 0.07–<br>0.1; Be 0.02–<br>0.2; Sc 0.05–<br>0.08; Na 0.0015  | - |
| 1430 | Si 0.1; Fe 0.15; Cu<br>1.4–1.8; Mn 0.3–<br>0.5; Mg 2.3–<br>3.0; Zn 0.5–<br>0.7; Ti 0.01–<br>0.1; Li 1.5–<br>1.9; Zr 0.08–<br>0.14; Be 0.02–<br>0.1; Sc 0.01–<br>0.1; Na 0.003; Ce 0.<br>2–0.4; Y 0.05–0.1 | - |
| 1440 | Si 0.02–<br>0.1; Fe 0.03–<br>0.15; Cu 1.2–<br>1.9; Mn 0.05; Mg 0.<br>6–<br>1.1; Cr 0.05; Ti 0.02<br>–0.1; Li 2.1–<br>2.6; Zr 0.10–<br>0.2; Be 0.05–<br>0.2; Na 0.003                                      | - |

**Tabel 2.1.** Lanjutan

|       |   |                                   |
|-------|---|-----------------------------------|
| 1441  | Si 0.08; Fe 0.12; Cu<br>1.5-1.8; Mn 0.001–<br>0.010; Mg 0.7–<br>1.1; Ti 0.01–<br>0.07; Ni 0.02–<br>0.10; Li 1.8–<br>2.1; Zr 0.04–<br>0.16; Be 0.02–0.20   | Be-103 and Be-<br>200 hydroplanes |
| 1441K | Si 0.08; Fe 0.12; Cu<br>1.3–1.5; Mn 0.001–<br>0.010; Mg 0.7–<br>1.1; Ti 0.01–<br>0.07; Ni 0.01–<br>0.15; Li 1.8–<br>2.1; Zr 0.04–<br>0.16; Be 0.002–0.01  | -                                 |
| 1445# | Si 0.08; Fe 0.12; Cu<br>1.3–1.5; Mn 0.001–<br>0.010; Mg 0.7–<br>1.1; Ti 0.01–<br>0.1; Ni 0.01–<br>0.15; Li 1.6–<br>1.9; Zr 0.04–<br>0.16; Be 0.002–<br>0.01; Sc 0.005–<br>0.001; Ag 0.05–<br>0.15; Ca 0.005–<br>0.04; Na 0.0015 | -                                 |

**Tabel 2.1.** Lanjutan

|      |   |                                |
|------|---|--------------------------------|
| 1450 | Si 0.1; Fe 0.15; Cu<br>2.6–<br>3.3; Mn 0.1; Mg 0.1;<br>Cr 0.05; Zn 0.25; Ti<br>0.01–0.06; Li 1.8–<br>2.3; Zr 0.08–<br>0.14; Be 0.008–<br>0.1; Na 0.002; Ce 0.<br>005–0.05 | An-124 and An-<br>225 aircraft |
| 1460 | Si 0.1; Fe 0.03–<br>0.15; Cu 2.6–<br>3.3; Mg 0.05; Ti 0.0<br>1–0.05; Li 2.0–<br>2.4; Zr 0.08–<br>0.13; Na 0.002; Sc 0<br>.05–0.14; B 0.0002–<br>0.0003                    | Tu-156 aircraft                |

**Tabel 2.1.** Lanjutan

|        |   |   |
|--------|---|---|
| V-1461 | Si 0.8; Fe 0.01–<br>0.1; Cu 2.5–<br>2.95; Mn 0.2–<br>0.6; Mg 0.05–<br>0.6; Cr 0.01–<br>0.05; Zn 0.2–<br>0.8; Ti 0.05; Ni 0.05<br>–0.15; Li 1.5–<br>1.95; Zr 0.05–<br>0.12; Be 0.0001–<br>0.02; Sc 0.05–<br>0.10; Ca 0.001–<br>0.05; Na 0.0015 | - |
| V-1464 | Si 0.03–<br>0.08; Fe 0.03–<br>0.10; Cu 3.25–<br>3.45; Mn 0.20–<br>0.30; Mg 0.35–<br>0.45; Ti 0.01–<br>0.03; Li 1.55–<br>1.70; Zr 0.08–<br>0.10; Sc 0.08–<br>0.10; Be 0.0003–<br>0.02; Na 0.0005   | - |

**Tabel 2.1.** Lanjutan

|        |   |   |
|--------|---|---|
| V-1469 | Si 0.1; Fe 0.12; Cu<br>3.2–4.5; Mn 0.003–<br>0.5; Mg 0.1–<br>0.5; Li 1.0–<br>1.5; Zr 0.04–<br>0.20; Sc 0.04–<br>0.15; Ag 0.15–0.6 | - |
|--------|---|---|

a. Seri 1000 (Aluminium murni)

Jenis ini adalah aluminium dengan kemurnian antara 99,0% dan 99,9%. Aluminium dalam seri ini sifatnya yang baik dalam tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik juga memiliki sifat yang memuaskan dalam mampu-las dan mampu-potong. Hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatannya yang rendah. Pada seri 1000 ini terdapat aluminium seri 1100 dimana aluminium ini jika dibentuk dengan metode metal spinning dapat bertambah panjang dengan nilai maksimal 60% dari panjang awalnya. Hal ini disebabkan karena aluminium tipe ini mempunyai sifat yang lunak, sehingga nilai elastisitasnya tinggi. Presentase pertambahan Panjang dari aluminium tipe ini memiliki nilai yang terbesar.

b. Seri 2000 (Paduan Al-Cu)

- Pada aluminium seri ini biasanya terkenal dengan sebutan duraluminium atau super duraluminium.

Kandungan Si yang lebih banyak pada A2014 membuat A2014 dapat ditingkatkan kekuatannya dengan melakukan perlakuan panas pendinginan cepat (*quenching*) lalu dipanaskan lagi di temperatur di bawah suhu rekristalisasi dan

didinginkan dalam udara (*tempering*)

- Kandungan Cu dan Mg yang rendah pada A2117 membuat lebih tidak keras sehingga digunakan untuk bahan rivet.
- Kandungan Ni yang ditambahkan pada A2018 meningkatkan kekuatan tahan panasnya sehingga digunakan untuk komponen tahan panas dengan daerah panas penggunaan antara 200~250°C.

c. Seri 3000 (Paduan Al-Mn)

Penambahan Mn sekitar 1.2% pada A3003 meningkatkan kekuatan 10% dari pada aluminium murni dengan sifat tahan korosi.

d. Seri 4000 (Paduan Al-Si)

Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat diperlakukan. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat-sifatnya, maka paduan jenis Al-Si banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun paduan tempa.

e. Seri 5000 (Paduan Al-Mg)

- A5005 memiliki Mg rendah yang mana digunakan untuk aksesoris.
- Sedangkan paduan yang memiliki Mg antara 2 ~ 5% digunakan untuk material konstruksi seperti A5052, A5056, A5083.
- Untuk meningkatkan kekuatan terhadap korosi tegangan (*stress-corrosion*), Mn dan Cr ditambahkan.

f. Seri 6000 (Paduan Al-Mg-Si)

- Memiliki sifat tahan korosi yang tinggi.
  - A6061 digunakan untuk material konstruksi dan A6063 untuk bingkai arsitektur.
- g. Seri 7000 (Paduan Al-Zn)
- A7075 memiliki kekuatan yang tinggi sehingga banyak digunakan untuk material konstruksi pesawat terbang.

### 3. Sifat fisis aluminium

- Konduktor

Konduktor listrik yang baik juga untuk panas dapat ditempa menjadi lembaran ditarik menjadi kawat dan diekstrusi menjadi bermacam macam penampang.

- Ketahanan terhadap korosi

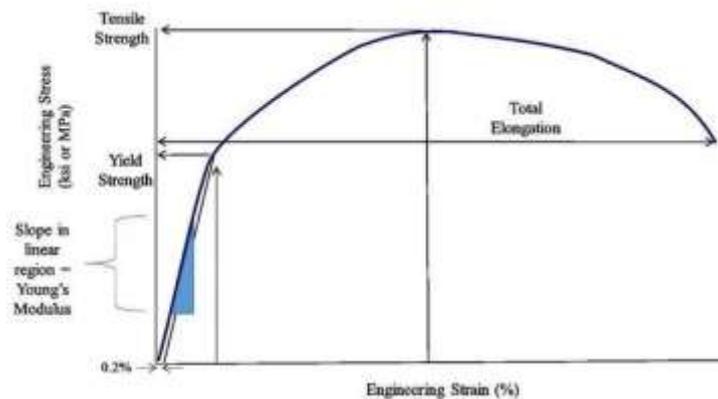
Aluminium mengalami korosi dengan membentuk lapisan oksida yang tipis dimana sangat keras dan pada lapisan ini dapat karat pada aluminium yang berada dibawahnya. Dengan demikian logam aluminium adalah logam yang mempunyai daya tahan korosi yang cukup baik (bilangapak,2011).

### 4. Sifat mekanik aluminium

Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan korosi, hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida dipermukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas, lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh (bilangapak, 2011).

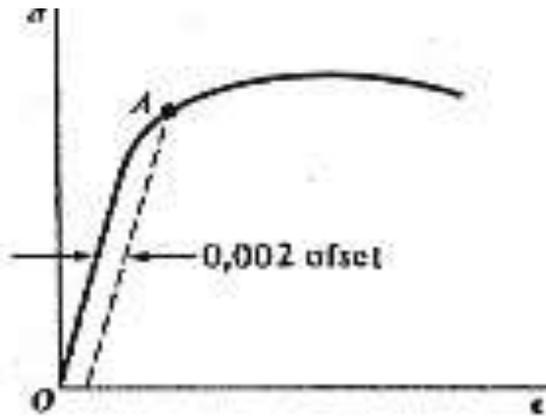
## 5. Tegangan regangan aluminium

Kebanyakan bahan aluminium memiliki ketelitian yang cukup tinggi meskipun mereka tidak memiliki suatu titik leleh yang dapat ditetapkan secara jelas. Sebagai gantinya, mereka memperlihatkan suatu transisi secara berangsur-angsur dari daerah linier ke daerah tak linier, seperti diperlihatkan oleh diagram tegangan-regangan dalam Gambar 2.23.



**Gambar 2.23.** Diagram tegangan regangan pada aluminium  
(Junaidawally, 2013)

Apabila suatu bahan seperti paduan aluminium tidak memiliki titik leleh yang jelas dan masih mengalami regangan-regangan besar setelah tegangan leleh terlewati, maka suatu tegangan leleh sembarang dapat ditentukan melalui metode *offset* (*offset method*). Di sini sebuah garis lurus ditarik sejajar dengan bagian awal kurva yang linier pada diagram tegangan-regangan (lihat Gambar 2.23). Yang berjarak beberapa regangan standar, seperti 0,002 (atau 0,2%). Perpotongan garis offset (*offset line*) ini dengan kurva tegangan-tegangan



**Gambar 2.24.** Penentuan tegangan leleh dengan metode offset  
(Junaidawally, 2017)

(titik A dalam gambar) mendefinisikan tegangan leleh. Karena tegangan ini ditentukan oleh suatu aturan sembarang dan bukanlah sesuatu yang merupakan sifat fisik bahan, maka, ia disebut tegangan leleh ofset (*offset yield stress*). Untuk bahan seperti aluminum, tegangan leleh ofsetnya berada agak sedikit di atas batas tegangan lelehnya (Meirindra, 2014)

#### 6. Pengerasan regangan (*Strain hardening*)

Logam akan naik kekerasannya bila logam tersebut mengalami deformasi plastis akibat pengerjaan dingin (*cold work*). Fenomena ini disebut pengerasan regangan (*strain hardening*) atau penguatan regangan (*strain strengthening*). Dislokasi pada logam akan sulit bergerak akibat deformasi plastis, hal ini disebabkan karena kerapatan dislokasi naik akibat terjadi regangan. Penguatan regangan merupakan proses industri penting yang dipakai untuk mengeraskan logam atau paduan yang tidak bereaksi terhadap perlakuan panas.

Laju pengerasan logam dapat meningkat ataupun berkurang dibandingkan dengan logam murninya, akan Tetapi kekuatan akhir paduan logam padat pengerjaan dingin hampir selalu lebih besar daripada kekuatan akhir logam murni

yang mengalami pengerjaan dingin sampai tingkat yang sama, karena pada sebagian besar proses pengerjaan dingin, satu atau dua ukuran logam berkurang diiringi dengan peningkatan dengan ukuran lainnya, pengerjaan dingin menghasilkan perpanjangan butir dalam arah utama kerja

Di samping perubahan dalam sifat tarik yang diperlihatkan, pengerjaan dingin menghasilkan perubahan dalam sifat fisik lainnya. Biasanya ada penurunan kerapatan sebanyak kurang lebih beberapa per-sepuluh persen, pengurangan yang lumayan dalam (Meirindra, 2014).

## **2.8 Mikrometer Sekrup**

Mikrometer sekrup adalah alat pengukuran yang terdiri dari sekrup terkalibrasi dan memiliki tingkat kepresisian 0.01 mm. Meskipun mengandung kata “mikro”, alat ini tidak tepat digunakan untuk menghitung benda dengan skala mikrometer. Kata “mikro” pada alat ini diambil dari Bahasa Yunani *micros* yang berarti kecil, bukan skala mikro yang berarti  $10^{-6}$ . Sedangkan pada penggunaannya mikrometer sekrup biasa digunakan untuk mengukur diameter atau ketebalan suatu benda yang ukurannya kecil (Studio belajar, 2015).

## **2.9 Cara Kerja atau Prinsip Kerja Mesin Bubut Spinning**

Metal spinning juga dikenal dengan shear spinning, power spinning, flow turning, hydrospinning, dan spin forging. Dalam pembentukan ini biasanya operator atau pekerja akan mengambil plat berbentuk logam yang berbentuk lingkaran dengan memutar plat tersebut dengan kecepatan tinggi lalu diberi tekanan menggunakan roller secara teratur sehingga bentuknya akan mengikuti bentuk dari cetakan atau mandrel. Peralatan yang digunakan pada proses metal spinning pada

dasarnya adalah mesin bubut dengan sedikit modifikasi pada beberapa bagian sehingga dapat membentuk plat logam.

Metode spinning ini biasanya digunakan untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silinder berbahan logam lembaran yang tipis dan mengubahnya menjadi bentuk yang diinginkan. Proses ini umumnya digunakan untuk pembuatan produk seperti mangkuk, cangkir, topi lampu, dan bagian-bagian silinder lainnya.

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam proses pengerjaan spinning dengan mesin bubut:

1. Persiapan bahan baku: pilih bahan logam yang akan digunakan, seperti aluminium, baja, tembaga, atau kuningan. Potong bahan logam tersebut menjadi lembaran yang memiliki ukuran dan bentuk yang sesuai dengan produk yang akan dibuat.
2. Penempatan bahan: pasang lembaran logam pada mesin bubut. Gunakan collet atau chuck yang sudah terdapat mandrel untuk memegang bahan logam dengan kuat dan aman.
3. Penjepitan (clamping): pastikan bahan logam terjepit dengan kuat oleh mesin bubut agar tidak bergerak selama proses spinning.
4. Putaran (rotation): aktifkan mesin bubut dan atur kecepatan putaran sesuai dengan kebutuhan proses spinning.
5. Pembentukan (forming): gunakan alat spinning yang biasanya berbentuk roller dengan roller nose ujung yang tumpul untuk membentuk bahan logam. Alat spinning akan ditekan secara perlahan ke bahan logam yang berputar sehingga membentuknya sesuai dengan desain yang diinginkan. Proses ini memerlukan

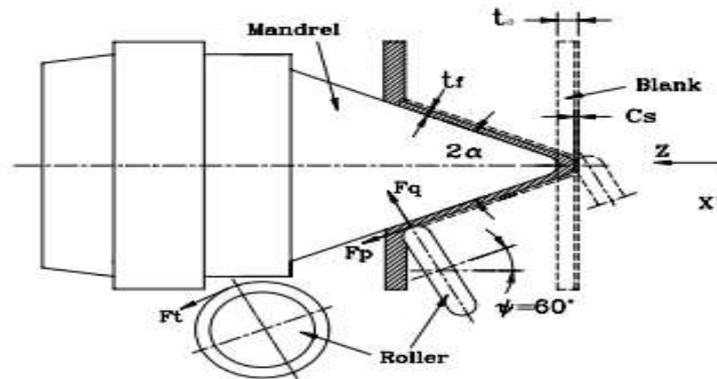
keahlian dalam mengendalikan tekanan dan gerakan alat spinning untuk mencapai bentuk yang diinginkan.

6. Pengawasan dan penyesuaian: selama proses, operator perlu memantau proses spinning untuk memastikan bahwa bentuk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Jika perlu, operator dapat melakukan penyesuaian pada tekanan dan pergerakan alat spinning.
7. Selesai: setelah selesai, benda kerja yang telah dibentuk dengan mesin bubut spinning dapat dilepaskan dari mesin.

Proses pengerjaan spinning dengan mesin bubut biasanya digunakan untuk produksi massal atau dalam pembuatan produk dengan tingkat presisi yang tinggi. Keterampilan operator atau pekerja sangat penting dalam mengendalikan proses ini agar mendapatkan hasil yang diinginkan.

Hasil produk metal spinning dipengaruhi juga oleh beberapa faktor antara lain kecepatan putar mandrel, radius roller, bentuk cetakan, pelumas, dan material yang akan dibentuk. Untuk mendapatkan hasil produk yang maksimal harus menggunakan parameter yang tepat. Parameter tersebut akan mempengaruhi tingkat kekasaran produk yang dihasilkan dari proses metal spinning. Selain mempengaruhi tingkat kekasaran, faktor atau parameter di atas juga mempengaruhi pengurangan ketebalan bahan baku yang digunakan setelah menjadi produk.

## 2.10 Gaya yang Bekerja pada Proses Metal Spinning



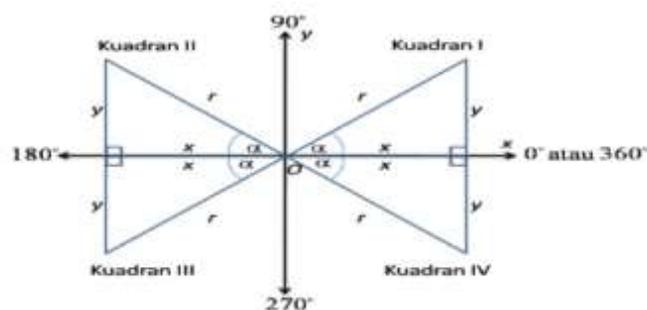
**Gambar 2.25.** Tiga komponen gaya yang bekerja pada Sudut roller saat proses metal spinning

(International Journal of Mechanical Sciences 47 (2005) 902–921)

Gaya tangensial, yaitu gaya yang dihasilkan pada arah kecepatan potong. Gaya aksial, yaitu gaya yang terjadi pada arah gerak makan. Sedangkan gaya radial, yaitu gaya yang arahnya menuju bidang normal pada kecepatan potong (Kosaraju, 2011)

Dalam gambar tersebut di jelaskan bahwa  $F_q$  adalah gaya radial (gaya penekanan / gaya normal),  $F_p$  adalah gaya aksial (feeding force),  $F_t$  adalah gaya tangensial (tangential force)

Untuk sudut gaya penekanan roller bisa menggunakan sudut istimewa trigonometri yang mana seperti pada gambar dibawah yang mana menentukan awal mula penekanan baik dari sisi kiri maupun kanan dari mesin bubut.



**Gambar 2.26.** Sudut istimewa trigonometri

Pada pengerjaan spinning tentunya ada mesin bubut yang bekerja menggunakan daya motor sesuai standar yang dipergunakan yang dimana menghasilkan sebuah torsi untuk memutar mandrel yang mencekam pada headstock

$$P = \tau \times \omega$$

Pada System International (SI):

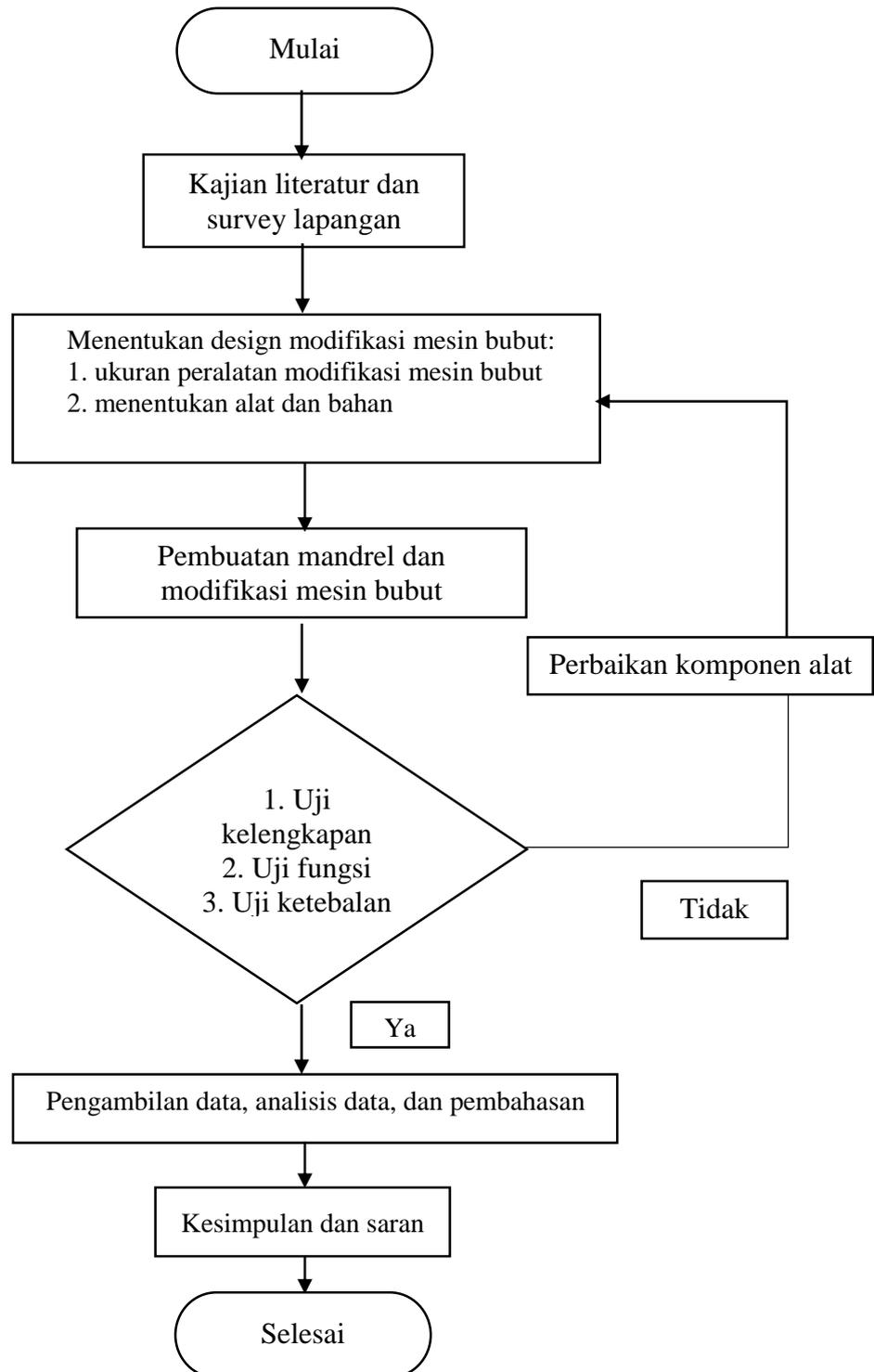
- satuan daya P adalah watt
- satuan torsi  $\tau$  adalah Nm (newton meter)
- satuan kecepatan sudut  $\omega$  adalah radian per detik.

Torsi (momen gaya) adalah ukuran keefektifan gaya yang diberikan atau bekerja pada suatu benda untuk memutar benda tersebut terhadap suatu poros tertentu. Momen gaya menentukan seberapa besar gaya yang diberikan untuk memutar suatu benda terhadap suatu poros tertentu. Untuk gaya yang bekerja tegak lurus dengan lengan gaya (jarak titik poros ke gaya), rumus torsi dinyatakan sebagai berikut:

$$\tau = F \cdot r$$

### BAB III

## PROSEDUR PELAKSANAAN TUGAS AKHIR



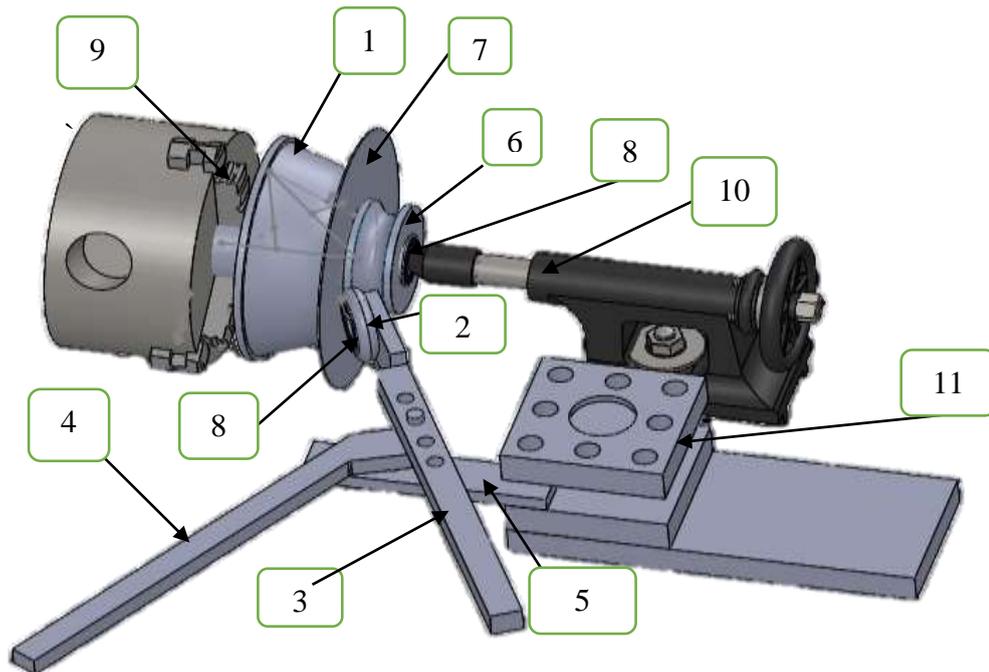
Gambar 3.1. Skema diagram alir

### 3.1. Kajian Literatur

Untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dilakukan beberapa tahapan diantaranya yakni:

1. Kajian literatur melakukan pengkajian terhadap mesin bubut spinning serta mengkaji komponen dan bahan yang digunakan yang sesuai dibutuhkan dalam proses mesin bubut spinning
2. Survey lapangan, yang dilakukan dengan cara mengunjungi beberapa industri mesin bubut spinning dengan interview terhadap pekerja mesin bubut spinning

### 3.2. Menentukan Design Konsep Mesin Bubut Spinning



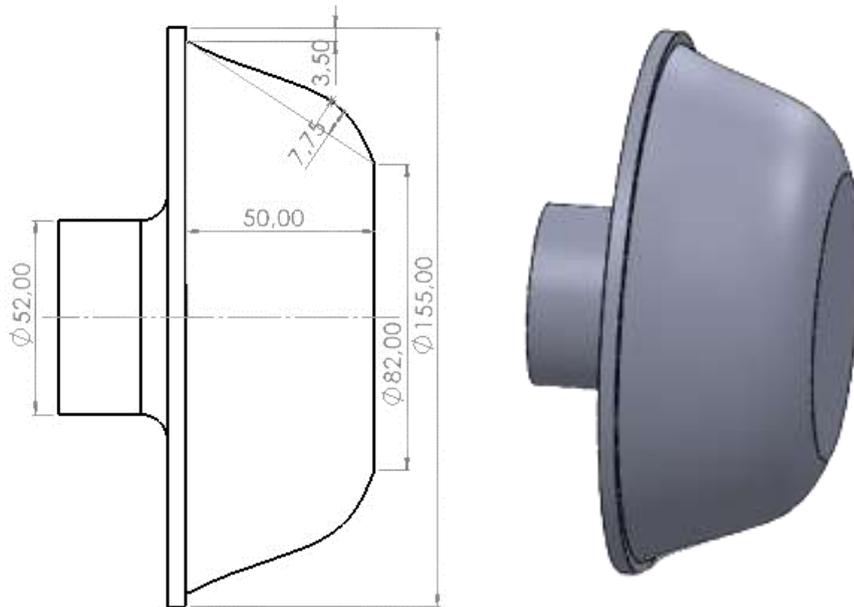
**Gambar 3.2.** Design modifikasi mesin bubut spinning

Keterangan:

- 1) Mandrel
- 2) Roller
- 3) Tangkai roller
- 4) Tuas pembentuk
- 5) Dudukan tuas pembentuk
- 6) Clamp
- 7) Plat Aluminium
- 8) Bearing
- 9) Chuck
- 10) Tailstock
- 11) Rumah pahat

Berikut pada gambar 3.2 merupakan desain perancangan modifikasi yang telah dibuat menggunakan aplikasi Solidworks 2020. Desain ini dibuat sebagai gambaran komponen yang akan dimodifikasi pada mesin bubut konvensional sebelumnya, dengan komponen utama modifikasi utama sebagai berikut: mandrel, dudukan tuas pembentuk, roller, tangkai roller, clamp, bearing

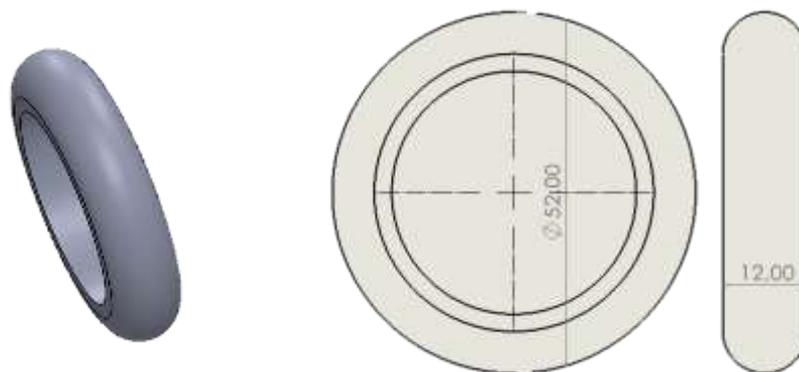
### 3.2.1. Mandrel



**Gambar 3.3.** Mandrel

Gambar 3.3 merupakan gambar design menggunakan aplikasi solidwork dengan spesifikasi diatas, untuk bahan yang dipergunakan dalam pembuatan mandrel menggunakan bahan besi pejal ST 37, untuk mekanisme kerjanya mandrel ini diletakan pada chuck sebagai pola utama cetakan dari spinning yang berbentuk mangkok.

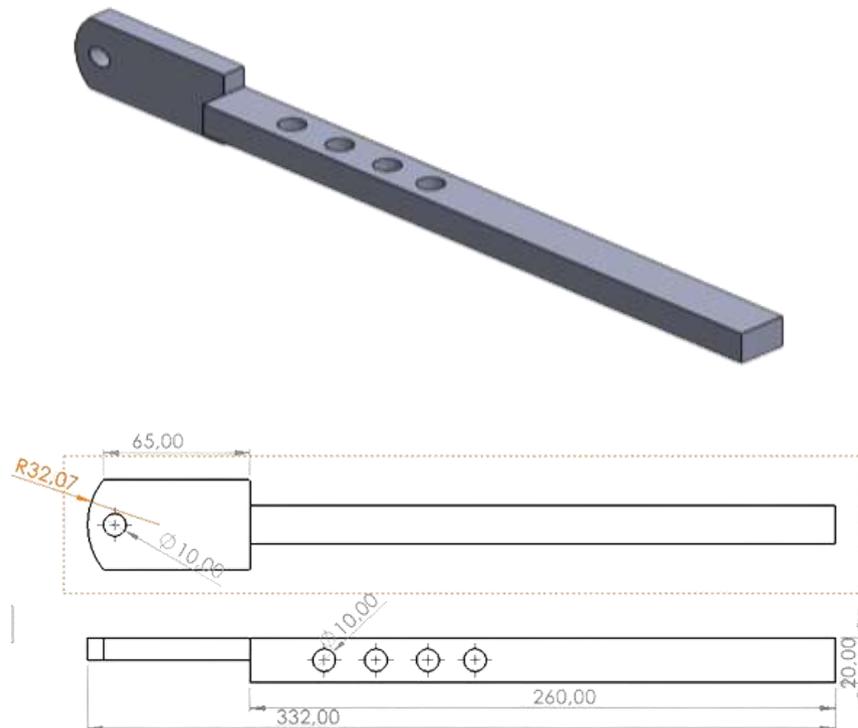
### 3.2.2. Roller



**Gambar 3.4.** Roller

Gambar 3.4 merupakan dimensi dari diameter roller dengan bahan besi cor (cast iron), dikarenakan besi cor juga merupakan konduktor panas yang sangat baik, serta bisa mempertahankan atau menjaga kondisi suhu, Sehingga bahan ini cocok untuk menekan plat aluminium ke mandrel. Bagian ini diletakkan pada bagian ujung tangkai roller dengan pengencang baut dan bearing agar tetap bisa berputar berguna sebagai penekan pada objek uji benda kerja untuk mencetak pola mandrel mangkok

### 3.2.3. Tangkai Roller

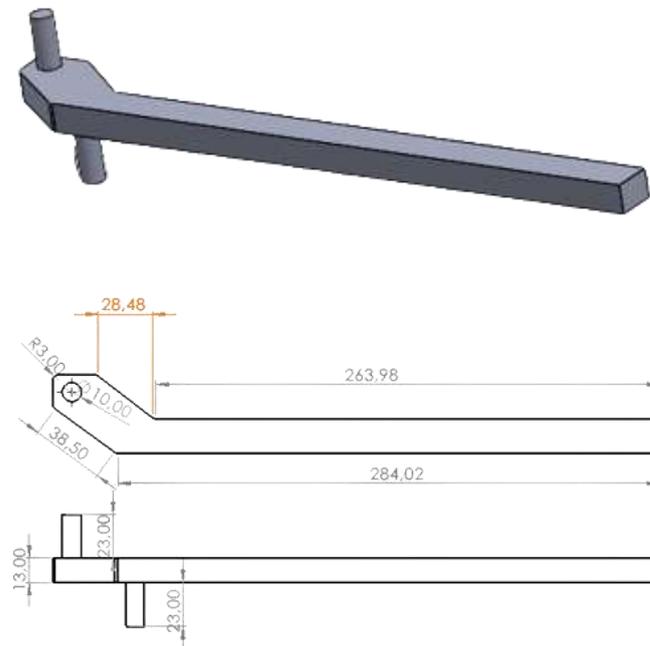


**Gambar 3.5.** Tangkai roller

Gambar 3.5 tuas pembentuk dengan spesifikasi diatas menggunakan bahan besi pejal ST 37 dengan bagian depan terdapat setengah lingkaran ditambah ada lubang untuk menaruh baut dan roller, dan pada bagian penampangnya

terdapat beberapa lubang untuk pemindahan tangkai roller agar mempermudah proses penekanan.

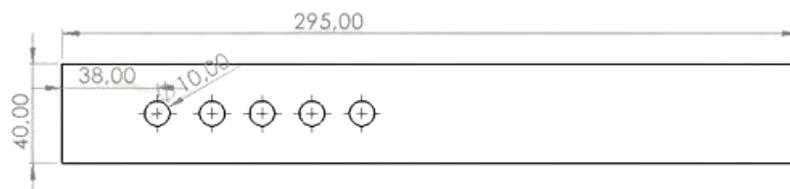
### 3.2.4. Penahan Tangkai Roller

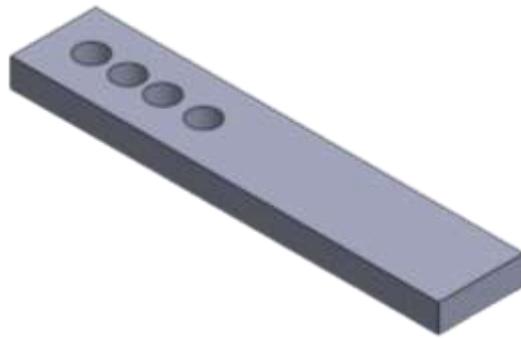


**Gambar 3.6.** Penahan tangkai roller

Penahan tangkai roller berguna sebagai penghubung antara dudukan tuas pembentuk dan tangkai roller agar seimbang. terbuat dari besi ST 37 dengan ukuran spesifikasi sebagai berikut. Untuk mekanisme kerjanya ini ditaruh pada bagian atas dudukan tuas pembentuk. Pada sisi bagian atas dan bawah terdapat ujung besi yang menonjol yang berfungsi sebagai penghubung antara dudukan tuas pembentuk dan tangkai roller.

### 3.2.5. Dudukan Tuas Pembentuk

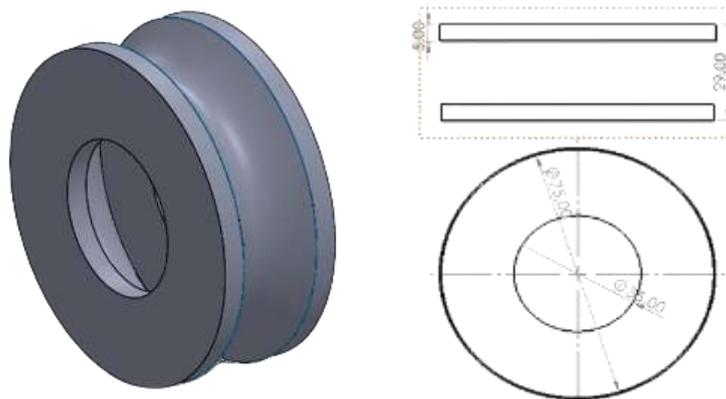




**Gambar 3.7.** Dudukan tuas pembentuk

Gambar 3.7 merupakan spesifikasi dari dudukan tuas pembentuk dengan bahan besi plat. Untuk mekanisme kerjanya dudukan tuas pembentuk ini diletakkan pada rumah pahat yang lalu dikencangkan oleh baut lalu pada bagian ujung terdapat beberapa lubang pada bagian depan berguna sebagai tatakan atau tempat beradanya roller dan penahan roller guna memperpanjang sisi bagian roller agar bisa center pada bagian titik tengah mandrel

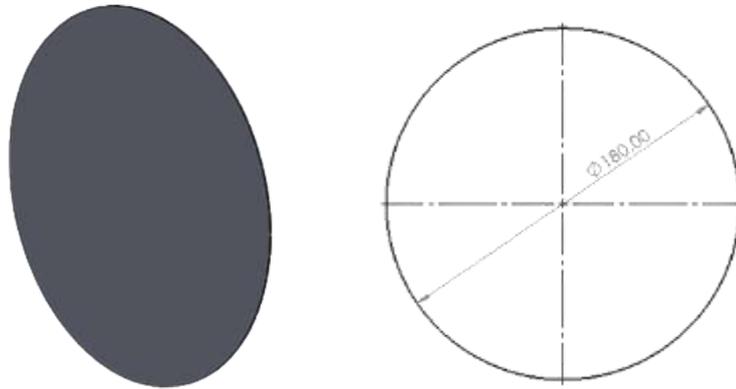
### 3.2.6. Clamp



**Gambar 3.8.** Penjepit tail stock

Clamp ini sebagai penjepit tailstock menggunakan bahan besi yang kemudian terdapat lubang pada bagian tengahnya untuk menaruh bearing untuk penghubung antara tailstock dengan benda kerja aluminium.

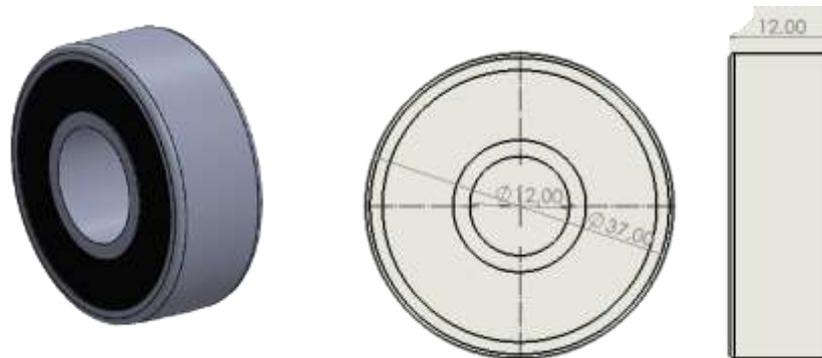
### 3.2.7. Plat Aluminium



**Gambar 3.9.** Plat aluminium

Plat aluminium yang dipergunakan jenis S1000 dikarenakan bahan yang mudah didapat dan lebih mudah dibentuk atau dicetak serta mudah didapatkan di semua toko material dan plat aluminium ini sebagai objek uji benda kerja yang akan dicetak menjadi bentuk pola mandrel mangkok

### 3.2.8. Bearing



**Gambar 3.10.** Bearing

Bearing yang digunakan dengan bahan spesifikasi berikut guna menstabilkan putaran dari bubut tersebut, untuk ukuran spesifikasi menggunakan standart ukuran bearing yang sudah ada ditentukan untuk diameter yang akan dipergunakan. Untuk peletakan penggunaannya itu pada bagian dalam roller (penghubung antara baut, roller dan tangkai roller), lalu

pada bagian penahan tailstock agar komponen yang digunakan tidak rusak yang ditahan oleh bearing agar dapat ikut berputar.

### **3.3. Tahapan Perancangan Bubut Spinning**

Perancangan mesin bubut spinning melibatkan komponen yang perlu didesain adalah komponen yang berhubungan langsung dengan penggerak, antara lain: mandrel untuk proses pencetakan pola yang di design, roller penekan berguna untuk memberi tekanan agar plat dari objek benda kerja berbentuk cetakan, bearing dan penghubung tailstock berguna untuk memberi putaran serta penahan agar benda kerja tetap berada di center.

Untuk tahapan modifikasi mesin bubut spinning ini tidak merubah komponen secara permanen sehingga untuk pengerjaan proyek akhir ini berfokuskan agar mesin bubut konvensional tetap dapat dioperasikan serta adanya nilai lebih dari mesin bubut tersebut agar bisa dioperasikan secara spinning. Sehingga dibutuhkan beberapa part tambahan komponen eksternal agar mesin bubut tersebut dapat dioperasikan secara spinning yaituudukan tuas pembentuk, tangkai roller dan penahannya, clamp bearing sebagai penghubung antara tailstock dengan objek benda kerja, dan mandrel yang diletakkan di chuck sebagai bentuk cetakan yang akan dibuat berbentuk mangkok.

### **3.4. Spesifikasi Mesin Bubut Konvensional**

Untuk spesifikasi mesin bubut yang digunakan merupakan type jxc j-46  
Mesin Bubut Konvensional



**Gambar 3.11.** Mesin bubut type JXC J-46

Mesin bubut yang dipakai memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Spesifikasi Mesin Bubut JXCJ46

Bagian Utama

|   |                 |
|---|-----------------|
| Swing over bed max                                    | : 460 mm        |
| Swing over gap max                                    | : 685 mm        |
| Swing over carriage max                               | : 250 mm        |
| Jarak antara center                                   | : 750 – 1000 mm |
| Jarak antara batang penggerak dengan eretan           |                 |
| batang hantar paling kiri setelah gap blok digerakkan | : 750 – 240 mm  |
| Head Stock  | : 100 – 250 mm  |
| Batang penggerak                                      | : 54 mm         |
| Nomor kecepatan yang ada pada batang penggerak        | : 8             |
| Tingkat kecepatan yang ada pada batang penggerak      | : 56 – 1050 mm  |
| Ruang main antara ground dan sumbu batang penggerak   | : 1070 mm       |

### Pengganti Roda Gigi dan Box

|   |   |
|---|---|
| Permukaan nomor yang didapat setiap inchi                         | : 40                                      |
| Tingkat penguliran yang dapat dilakukan pada setiap inchi (t.p.i) | : 2 - 56                                  |
| Nomor pengulir pada skala metric                                  | : 20                                      |
| Tingkat pengulir yang didapat pada skala metric                   | : 0,56 – 6 mm                             |
|   |   |
| Nomor untuk panjangnya dan cross feed masing-masing               | : 40                                      |
| Batas untuk panjangnya alur tiap putaran spindle                  | : 0,050 – 1,406 mm<br>(0,0020” – 0,054”)  |
| Batas untuk alur bolak-balik tiap putaran spindle                 | : 0,022 – 1,626 mm<br>(0,0009” – 0,0247”) |

### Carriage dan Sandle

|   |                  |
|---|------------------|
| Jarak dari alas untuk pengerjaan ke poros spindle | : 28 mm          |
| Ukuran max untuk pengerjaan tangkai (W x H)       | : 20 x 30 mm     |
| Putaran max untuk compound rest                   | : $\pm 60^\circ$ |
| Main drive motor                                  | : 1.5 kw         |
| Motor speed                                       | : 1420 r/min     |
| Gross weight                                      | : 1195 kg        |

Bahan utama yang digunakan dalam proses pengerjaan spinning adalah sebagai berikut : Blankplat,Oli,dan juga amplas

### 3.5. Fabrikasi Komponen-Komponen Alat

Komponen utama pada fabrikasi alat yang digunakan pada proses pengerjaan spinning adalah sebagai berikut: mandrel, roller, tangkai roller, penahan tangkai roller, dudukan tuas pembentuk, clamp, bearing, dan keperluan alat tambahan dalam proses pengerjaan spinning seperti: oli dan amplas.

#### 3.5.1. Plat Aluminium



**Gambar 3.12.** Blank plat aluminium

Sebagai obyek uji coba yang nanti akan dibuat lingkaran dengan diameter yang akan ditentukan.

### 3.5.2. Oli



**Gambar 3.13.** Oli

Oli sebagai komponen tambahan yang berfungsi untuk pelumas saat proses spinning sebagai pendingin dan pelumas agar objek benda kerja dengan roller yang dibuat tidak cepat haus dan mempermudah pembentukan spinning.

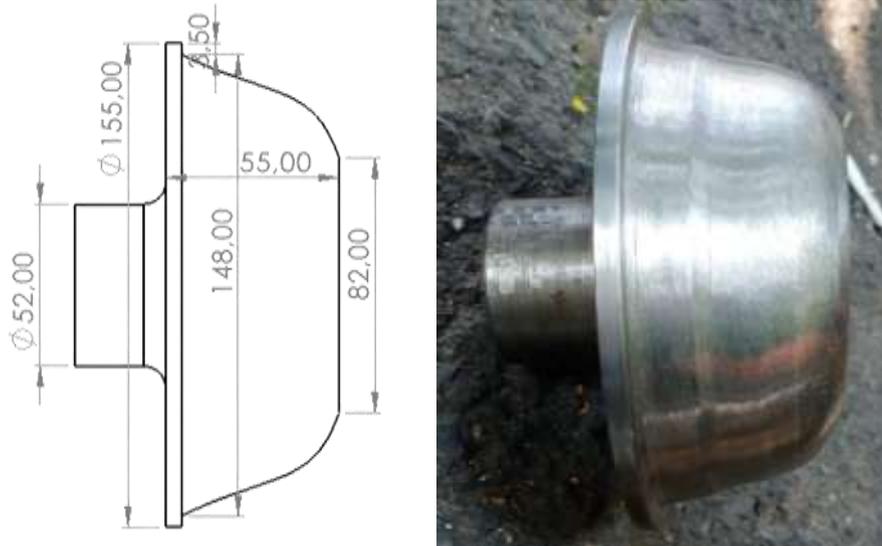
### 3.5.3. Amplas



**Gambar 3.14.** Amplas

Amplas sebagai komponen tambahan ntuk meratakan / menghaluskan permukaan benda kerja aluminium

#### 3.5.4. Mandrel



**Gambar 3.15.** Mandrel

Mandrel (pola) ini berbentuk mangkok dengan spesifikasi diameter terluar 156mm dengan panjang mangkok 55mm, serta memiliki diameter terkecil dengan ukuran 82 mm. Terbuat dari logam besi lembaran dengan tebal maksimal 60 mm yang dilas asitelin untuk diambil ukuran yang diperlukan dengan jenis ST 37 yaitu dikarenakan bahan yang tergolong low carbon steel yang dimana hanya memiliki kadar karbon yang rendah sehingga mudah didapat dan lebih mudah diolah untuk proses pembubutan pola mandrel mangkok.

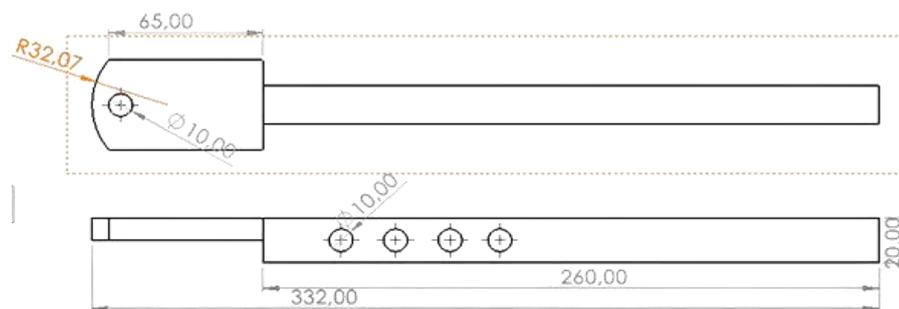
#### 3.5.5. Roller



**Gambar 3.16.** Roller

Roller untuk proses penekanan terhadap objek benda kerja yang akan diuji pada mesin bubut spinning berbahan besi cor dengan tingkat kekerasan lebih tinggi dari mandrel, dan merupakan bahan yang memiliki sifat konduktor yang bagus. Sehingga sangat bermanfaat dalam proses penekanan objek benda kerja yang membutuhkan gesekan panas dari aluminium dengan mandrel. Tingkat permukaan halus wajib ada pada permukaan diameter atau radius roller guna proses penekanan yang terjadi agar secara merata dan menghasilkan objek berbentuk mangkok yang sempurna.

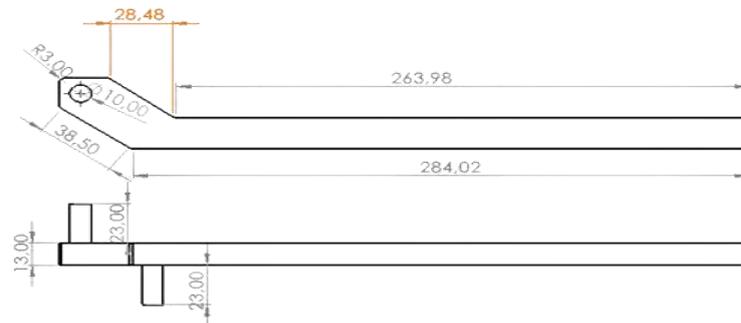
### 3.5.6. Tangkai Roller



**Gambar 3.17.** Tangkai roller

Gambar 3.17 alat ini diletakkan pada bagian atas penahan tangkai roller dan digunakan untuk tempat pin pemindah serta sebagai penghubung antara roller dan bearing yang akan disatukan sebagai komponen utama dalam proses penukan pada spinning dengan bahan ST 37 dengan ukuran yang sudah ditentukan di design.

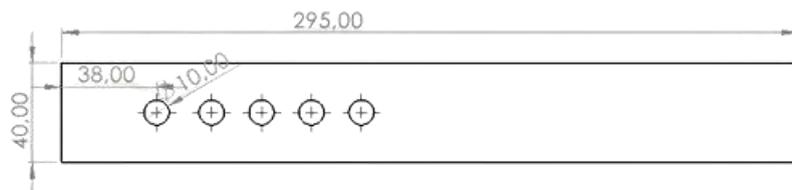
### 3.5.7. Penahan Tangkai Roller



**Gambar 3.18.** Penahan tangkai roller

Bagian komponen ini digunakan untuk tempat penahan tangkai roller agar penekanan stabil, sekaligus membantu pemindahan posisi tangkai roller dalam posisi yang terbaik dalam jangkauan penekanan guna hasil jadi produk nanti yang diinginkan

### 3.5.8. Dudukan Tuas Pembentuk



**Gambar 3.19.** Dudukan tuas pembentuk

Alat ini digunakan untuk tempat mediasi tangkai roller agar berada pada titik tengah mandrel dengan bahan besi plat ST 37 dengan diameter dan ukuran yang sudah ditentukan pada design

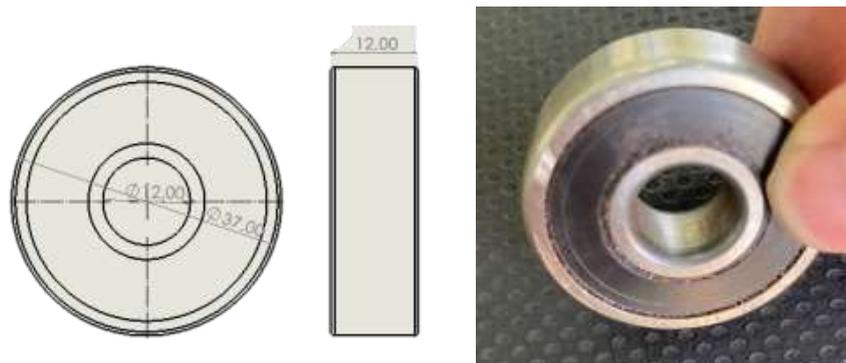
### 3.5.9. Penjepit Tailstock / Clamp



**Gambar 3.20.** Penjepit tailstock

Clamp sebagai penghubung antara tailstock dengan spesimen benda kerja agar putaran objek yang akan diuji berputar secara stabil diantara mandrel dan tailstock.

### 3.5.10. Bearing



**Gambar 3.21.** Bearing

Bearing sebagai pembantu penjepit tailstock agar bisa memutar mengikuti putaran mesin bubut, dan digunakan pada roller agar dapat berputar dan menghubungkan antara roller baut dan bearing. Dengan ukuran standart sebagai

berikut yaitu bearing tipe 6301 2RSH / C3 dengan ukuran diameter terluar yaitu 37 mm, tebal 12 mm dan diameter dalamnya 12 mm untuk dimasukan baut ulir dan ring pengunci agar bearing tetap berada di dalam poros roller

Berikut juga merupakan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengerjaan pembubutan spinning adalah sebagai berikut: kunci set mesin bubut, kunci inggris, kuas, jangka sorong, gunting aluminium

#### 3.5.11. Kunci Rumah Pahat



**Gambar 3.22.** Kunci rumah pahat

Alat ini digunakan untuk mengencangkan dan melepaskan rumah pahat yang terdapat dudukan tuas pembentuk

#### 3.5.12. Kunci Inggris



**Gambar 3.23.** Kunci inggris

Alat ini digunakan untuk mengencangkan dan melepaskan baut pengunci pada bagian tailstock.

### 3.5.13. Kunci Chuck



**Gambar 3.24.** Kunci chuck

Alat ini digunakan untuk mengencangkan dan melepaskan mandrel pada bagian chuck

### 3.5.14. Kuas



**Gambar 3.25.** Kuas

Kuas digunakan mengoleskan oli pada blank aluminium dan roller agar proses pengerjaan objek uji coba tidak kasar dan mengurangi gesekan yang terjadi secara terus menerus yang dapat menyebabkan permukaan benda uji robek.

#### 3.5.15. Jangka Sorong



**Gambar 3.26.** Jangka sorong

Jangka sorongtук mengukur diameter terluar hasil jadi objek plat aluminium berbentuk mangkok dalam pengerjaan spinning.

#### 3.5.16. Gunting Aluminium



**Gambar 3.27.** Gunting aluminium

Alat ini digunakan untuk memotong plat aluminium menjadi bentuk pola lembaran berbentuk lingkaran

### 3.5. Penyusunan Alat



**Gambar 3.28.** Gambar assembly alat pada mesin bubut

1. Menyiapkan specimen yang akan di uji
2. Memasang mandrel pada chuck (diwajibkan presisi dengan chuck )
3. Memasangudukan tuas pembentuk pada rumah pahat
4. Memasang penahan tangkai roller pada tuas pembentuk
5. Memasang roller pada penahan tangkai roller
6. Memasang *blank* plat aluminium diameter 180 mm lalu dihipit diantara *mandrel* dan penjepit.
7. Menghidupkan mesin.
8. Memberikan pelumas ke plat *blank* aluminium dengan kuas.
9. Melakukan proses penekanan pada plat *blank* aluminium dengan menggunakan tuas pembentuk sampai membentuk sesuai bentuk *mandrel*.

10. Melepaskan produk mangkuk yang sudah jadi dari cetakan *mandrel*.

### **3.6. Pengujian Modifikasi Mesin Bubut Spinning**

#### 3.6.1. Ceklis Kelengkapan

Komponen modifikasi mesin bubut spinning akan di cek untuk kelengkapannya setiap komponen, apakah sudah sesuai dan lengkap layak di uji fungsi

#### 3.6.2. Uji Fungsi

Pengujian fungsi dilakukan untuk mengetahui apakah alat kerja kita sudah sesuai dengan apa yang kita kalkulasi kan, dan pengujian di lakukan di laboratorium permesinan balai karya Sekolah Vokasi Kampus Pleburan Undip, untuk proses pengerjaan yang dilakukan dalam pengerjaan spinning ini adalah berupa produk mangkok dengan diameter yang sudah ditentukan, untuk langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan specimen/objek benda yang akan di uji
2. Memasang mandrel pada chuck (diwajibkan presisi dengan chuck )
3. Memasangudukan tuas pembentuk pada rumah pahat
4. Memasang penahan tangkai roller pada tuas pembentuk
5. Memasang roller pada penahan tangkai roller
6. Memasang *blank* plat aluminium diameter 180 mm lalu dihimpit diantara *mandrel* dan penjepit.
7. Menghidupkan mesin.
8. Memberikan pelumas ke plat *blank* aluminium dengan kuas.
9. Melakukan proses penekanan pada plat *blank* aluminium dengan menggunakan tuas pembentuk sampai membentuk sesuai bentuk

*mandrel*.

10. Melepaskan produk mangkuk yang sudah jadi dari cetakan *mandrel*.

### 3.6.3. Uji Ketebalan Akhir

Pengujian ketebalan akhir dilakukan menggunakan alat micrometer skrup digital (lebih diutamakan) yang memiliki angka ketelitian 0.001mm, jika tidak ada maka bisa memakai jangka sorong yang memiliki angka ketelitian 0,01mm. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium permesinan Balai Karya Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.



**Gambar 3. 29.** Gambar pengujian ketebalan akhir

Langkah-langkah pengujian ketebalan akhir:

- a. Menyiapkan spesimen yang akan diuji dengan membersihkannya dari debu yang menempel dan memberikan tanda untuk lintasan *drive unit* pada spesimen.
- b. Menyiapkan jangka sorong digital dan mengkalibrasi dengan menekan tombol zero agar hasil pengukuran lebih akurat.
- c. Mengamati hasil pengukuran pada *display* jangka sorong digital serta melakukan hal yang sama dari titik '1' sampai dengan '9' untuk semua specimen

### **3.7. Pengambilan Data, Analisis Data dan Pembahasan**

#### **3.7.1 Pengambilan Data**

Proses pengambilan data merujuk pada beberapa parameter. parameter yang diperhatikan adalah:

1. Mesin bubut
2. Laju kelengkungan objek berupa aluminium terhadap mandrel (matras) pada mesin bubut spinning (mm/menit)

Prosedur pengambilan data yaitu:

1. Siapkan mesin bubut dan komponen komponen yang sudah dimodifikasi. (Pastikan bagian komponen mesin berfungsi)
2. Pasang komponen pada mesin bubut konvensional dan di nyalakan
3. Catat parameter yang harus diamati
4. Pengambilan data dilakukan

#### **3.7.2 Analisis Data**

Data yang telah dicatat dianalisis menggunakan referensi rumus dari jurnal yang berkaitan

#### **3.7.3 Pembahasan**

Laporan disusun berdasarkan data dan informasi yang dilakukan selama kegiatan penyelesaian proyek akhir. Format laporan menyesuaikan panduan penulisan proyek akhir Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Undip. Performa komponen bubut spinning berdasarkan kriteria yang merujuk pada jurnal.

### **3.8. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di tiga tempat, yaitu:

1. Proses pembuatan komponen metal spinning di buat di bengkel pak Nanda di Jalan Barito Kecamatan Semarang Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah.
2. Proses pengujian ketebalan permukaan spesimen dilakukan di Laboratorium Workshop Fakultas Sekolah Vokasi Kampus Pleburan Universitas Diponegoro, Jalan Hayam Wuruk, Kota Semarang, Jawa Tengah
3. Proses pengujian komponen tambahan metal spinning pada mesin bubut konvensional dilakukan di Laboratorium Workshop Fakultas Sekolah Vokasi Kampus Pleburan Universitas Diponegoro, Jalan Hayam Wuruk, Kota Semarang, Jawa Tengah

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Pemasangan Komponen Untuk Pengerjaan Spinning**

Berikut merupakan hasil part fabrikasi yang sudah dibuat dengan spesifikasi bahan yang diinginkan yakni: peletakan mandrel, set penekan dan clamp yang kemudian akan dipasangkan pada mesin bubut konvensional yang ada di kampus Pleburan menjadi modifikasi mesin bubut metal spinning

##### **4.1.1. Peletakan Mandrel**



**Gambar 4.1.** Gambar sebelum peletakan mandrel



**Gambar 4.2.** Gambar setelah mandrel pada headstock

Peletakan mandrel atau pola pencetakan metal spinning ini berbentuk mangkok, diletakkan pada headstock yang kemudian dikencangkan bagian headstock agar mandrel tetap pada posisi stabil yang diinginkan dan proses pembuatan mangkok tidak bergelombang atau cacat yang disebabkan posisi mandrel yang tidak stabil.

#### 4.1.2. Peletakan Set Penekan pada Rumah Pahat



**Gambar 4.3.** Gambar sebelum peletakan set penekan pada rumah pahat



**Gambar 4.4.** Gambar setelah peletakan modifikasi set penekan roller

Gambar 4.4 diatas merupakan peletakan set penekan roller yang diletakkan pada rumah pahat yang dikencangkan dengan kunci rumah pahat, lalu untuk tingkat ketinggian presisi tangkai roller itu ditambahkan beberapa part modifikasi dan besi

plat agar posisi tangkai roller sejajar dengan awal penekanan center pada bagian sisi depan mandrel.

#### 4.1.3. Peletakan Clam pada Tailstock



**Gambar 4.5.** Gambar sebelum peletakkan clamp



**Gambar 4.6.** Gambar setelah peletakkan clamp pada tailstock

Clamp seperti pada gambar 4.6 diletakkan pada tailstock agar putaran dari mesin bubut ini bekerja secara optimal dan juga berfungsi sebagai penahan agar objek plat aluminium yang nanti akan digunakan tertahan agar tidak jatuh dan nantinya clamp ini akan ikut berputar sesuai dengan putaran dari mandrel.

#### 4.2. Hasil Assambly pada Mesin Bubut Konvensional



**Gambar 4.7.** Gambar modifikasi mesin bubut spinning

Hasil seluruh komponen fabrikasi mesin spinning seperti mandrel,udukan tuas pembentuk, penahan tangkai roller, tangkai roller, roller, dan clamp/bearing, telah terpasang di mesin bubut konvensional

#### 4.3. Pengujian Komponen-Komponen



**Gambar 4.8.** Pengujian komponen modifikasi

Pemasangan uji alat komponen tersebut dilakukan pada mesin bubut konvensional dengan type JXC J46 yang berada di Kampus Pleburan lab TKBM Pemesinan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

#### 4.4. Hasil Pengerjaan Produk



**Gambar 4.9.** Hasil pengujian berbentuk mangkok

Gambar 4.9 merupakan hasil akhir benda jadi dari proses pembubutan spinning dengan bahan aluminium dengan ketebalan awal 1mm dengan diameter dalam terkecil mangkok yaitu 82 mm dan diameter terluar yaitu 156 mm.

Sifat umum dari aluminium sangat lunak, lentur dan mudah dibentuk, sehingga sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan fleksibilitas tinggi atau desain yang kompleks, sehingga cocok dalam pembuatan mangkok dalam tugas akhir ini. Aluminium juga mempunyai sifat umum pada kekuatan rendah dan tidak dapat digunakan pada berbagai keperluan. Dengan memadukan unsur-unsur lainnya, sifat murni aluminium dapat diperbaiki. Adanya penambahan unsur-unsur logam lain akan mengakibatkan berkurangnya sifat tahan korosi dan berkurangnya keuletan dari aluminium tersebut.

Pada material blank plat aluminium yang setelah di proses menggunakan metode spinning, tampak hasil objek benda yang berbentuk mangkok ini menjadi keras(kaku) tetapi rapuh (getas), dalam hal ini berarti objek ketika diberi gaya yang berlebih maka akan sobek atau berlubang. Sehingga dapat menyebabkan kegagalan struktur pada daerah pelengkungan yang ekstrim. Karena faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan antara lain seperti batas transformasi dan batas luluh beban, temperature pemanasan tertinggi, dan distribusi tekanan.

#### **4.5. Pengujian Ketebalan Hasil Akhir Plat**

Pengujian ketebalan dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses metal spinning terhadap perubahan distribusi ketebalan. Pengukuran ini dilakukan menggunakan Jangka sorong digital dengan ketelitian 0.01 mm. Pengujian ketebalan di tentukan pada 9 titik dengan jarak antar titik yaitu 10 mm.



**Gambar 4.10.** Spesimen uji ketebalan awal



**Gambar 4.11.** Spesimen uji ketebalan akhir

**Tabel 4. 1.** Hasil pengujian ketebalan spesimen

| Titik<br>Rpm | Titik |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|              | 1     | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| 300          | 0,9   | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,5 |
| 440          | 0,9   | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,5 |
| 720          | 0,9   | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |

Karena pada titik pelengkungan yang ekstrim, maka rawan terjadinya kegagalan deformasi (sobek) sehingga pada titik tersebut mengalami pengurangan ketebalan yang signifikan. Dengan adanya penekanan dengan roller maka bagian pelengkungan aluminium yang mengenai akan mengalami pengurangan ketebalan

dan adanya penambahan panjang dari aluminium dikarenakan adanya tegangan sisa yang diberikan. Sehingga aluminium akan lebih melebar dari ukuran awal dan akan mengalami pengurangan ketebalan.

#### 4.6. Kalkulasi Design Bahan

1. Blank plat aluminium

$$\begin{aligned}t_f &= t_0 \times \sin \alpha \\ &= 1 \times \sin 30 \\ &= 0,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Keterangan:  $T_f$  = final thickness (ketebalan akhir)

$T_o$  = Initial thickness (ketebalan awal)

Distribusi pengurangan:

$$\begin{aligned}&\frac{(t_0 - t_f)}{t_0} \times 100 \% \\ &= \frac{(1 - 0,5)}{1} \times 100 \% \\ &= 50 \%\end{aligned}$$

Tipe jenis aluminium yang di pakai sebagai obyek uji coba benda kerja adalah aluminium type 1000 – H 14, jenis aluminium ini bersifat murni. Ini adalah logam lunak di antara semua jenis kelas aluminium. Persentase perpanjangan adalah 60% yang lebih besar dari semua jenis grade aluminium. Ini memiliki 99% aluminium dan 1% paduan. Biasanya digunakan dalam peralatan pemrosesan kimia, reflektor cahaya, mangkok dan perhiasan.

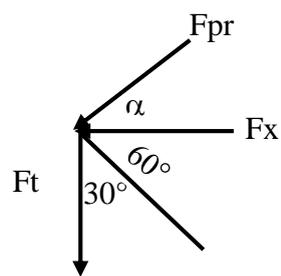
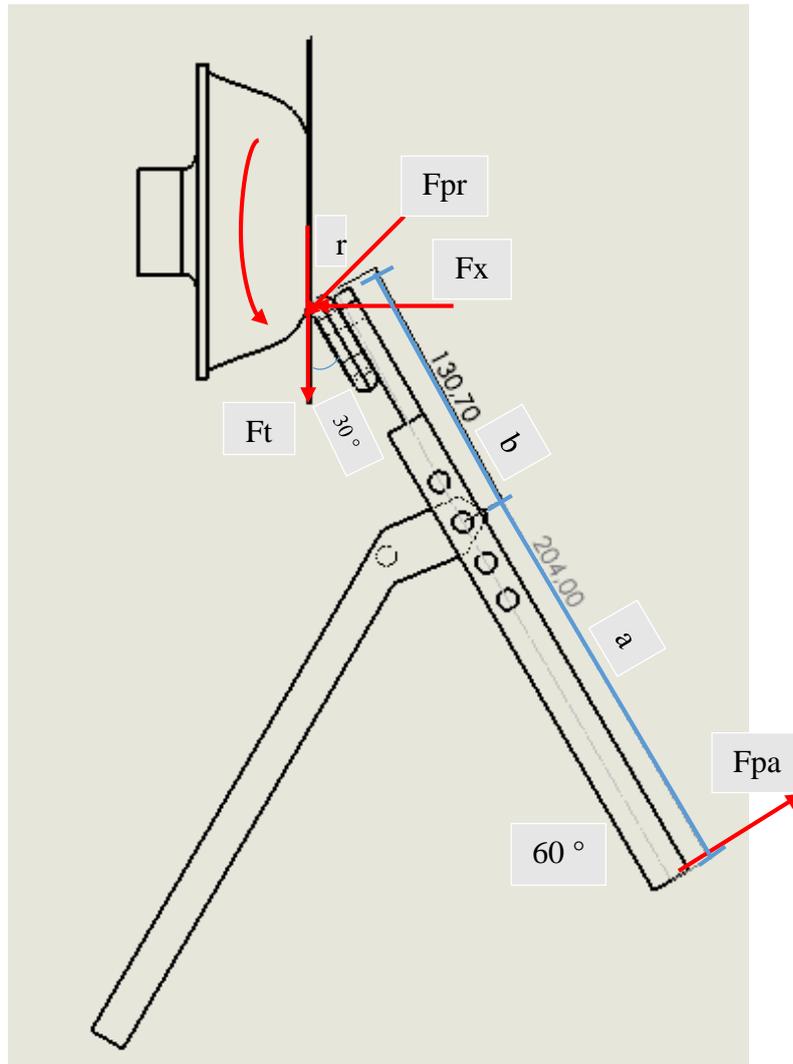
#### 4.7. Perhitungan Pengerjaan Produk

**Tabel 4.2.** Tabel uji bending di Universitas Sanatadharma

| Sec   | Force(Kgf) | Displacement(mm) |
|-------|------------|------------------|
| 45.00 | 45.69      | 7.42             |
| 45.10 | 45.80      | 7.44             |
| 45.20 | 45.88      | 7.46             |
| 45.30 | 45.76      | 7.47             |
| 45.40 | 45.88      | 7.49             |
| 45.50 | 45.88      | 7.51             |
| 45.60 | 45.84      | 7.52             |
| 45.70 | 45.76      | 7.54             |
| 45.80 | 45.88      | 7.56             |
| 45.90 | 45.88      | 7.57             |
| 46.00 | 45.91      | 7.59             |
| 46.10 | 45.88      | 7.61             |
| 46.20 | 45.91      | 7.62             |
| 46.30 | 45.99      | 7.64             |
| 46.40 | 45.99      | 7.66             |
| 46.50 | 45.99      | 7.67             |
| 46.60 | 45.99      | 7.69             |
| 46.70 | 45.91      | 7.71             |
| 46.80 | 45.88      | 7.72             |
| 46.90 | 45.95      | 7.74             |
| 47.00 | 45.95      | 7.76             |
| 47.10 | 45.76      | 7.77             |
| 47.20 | 45.88      | 7.79             |
| 47.30 | 45.76      | 7.81             |
| 47.40 | 45.84      | 7.82             |
| 47.50 | 45.76      | 7.84             |

Tabel di atas di gunakan sebagai rujukan gaya penekan manusia, namun masih dalam bentuk tegak lurus terhadap gaya tangensial, gaya penekan manusia ini kita simbolkan sebagai  $F_x$ , kita memilih angka displacement 7,75mm yang merupakan titik terdalam pembengkekokan dalam pengerjaan spinning (deformasi plastis).

Proyeksi gambar amerika



Gambar 4.12. Gambar proyeksi tampak atas

Keterangan:

$F_{pa}$  = gaya penekan aksi

$F_{pr}$  = gaya penekan reaksi

$F_t$  = gaya tangensial

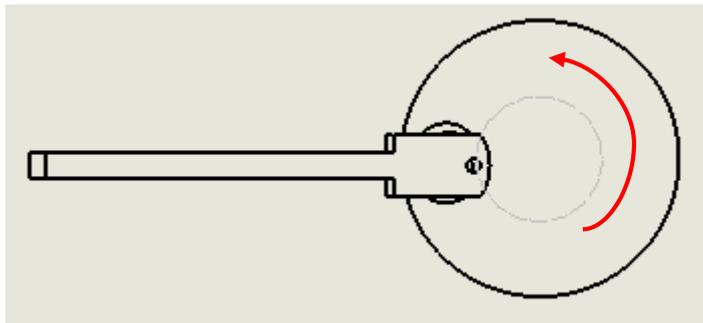
$F_g$  = gaya gesek

$F_x$  = gaya penekan yang di sejajarkan terhadap sumbu x (data di ambil dari uji bending yang tegak lurus terhadap blank plat / obyek)

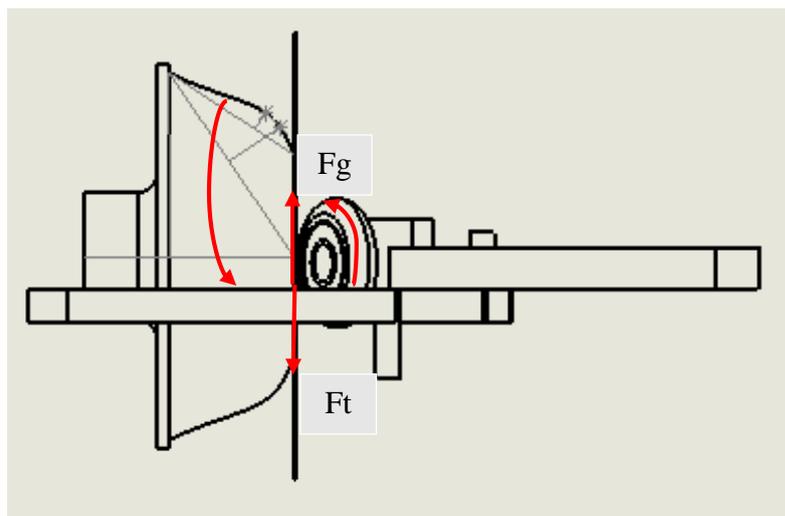
a (jarak  $f_{pa}$  ke titik tumpu) = 204,00 mm

b (jarak  $f_{pr}$  ke titik tumpu) = 130,70 mm

r (jarak titik tengah mandrel ke roller)= 41 mm



**Gambar 4.13.** Gambar tampak samping kanan



**Gambar 4.14.** Gambar Tampak depan

- $F_{pr} = F_x \cos \alpha$   
 $= 459,5 \cos 60$   
 $= 229,75 \text{ N}$
- $F_{pa} = b/a F_{pr}$   
 $= 130,70/204 \times 229,75$   
 $= 147,19 \text{ N}$
- $F_g$  (gaya gesek)  
 $= \mu N$  (gaya normal / gaya penekan reaksi)  
 $= 0,47 \times 229,75$   
 $= 215,965 \text{ N}$
- Momen Ftangensial terhadap Fpenekan( $F_{pr}$ ):  
 $r$ : diameter terkecil mandrel, dimulainya proses penekanan  
 $= F_{pr} \times r$   
 $= 229,75 \text{ N} \times 0,041 \text{ m}$   
 $= 5,603 \text{ Nm}$
- Momen Ftangensial terhadap gaya gesek:  
 $= F_{gesek} \times r$   
 $= 215,965 \text{ N} \times 0,041 \text{ m}$   
 $= 4,427 \text{ Nm}$

$N$  (putaran mesin yang digunakan) = 300 rpm

- Daya yang di butuhkan

$$P = \frac{T \cdot 2\pi \cdot N}{6000}$$

$$= \frac{4,42 \times 2 \times 3,14 \times 300}{6000}$$

$$= 1,38 \text{ Kw}$$

Dari perhitungan diatas, diambil kesimpulan

1. Agar terjadinya deformasi plastis pada blank plat aluminium berbentuk lingkaran diameter 180 mm dengan tebal 1,0 mm,membutuhkan gaya tekan sebesar 14,71 kg
2. Untuk mengetahui momen-momen yang terjadi pada proses metal spinning mempunyai arah dan besaran, momen ft terhadap fpr arahnya ke bawah dan besarannya 5,603 Nm, momen ft terhadap fg, arah ft adalah ke bawah dan arah fg ke atas dan besarannya 4,427 Nm
3. Dari perhitungan daya, dibutuhkan 1,38 Kw, yang mana artinya proses spinning masih bisa di lakukan karena spesifikasi daya motor listrik dari mesin bubut yang digunakan adalah 1,5 Kw.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai analisa pembentuk mangkuk bahan plat alumunium 1.0 mm dengan metode *metal spinning* menggunakan variasi kecepatan putaran (300, 440, dan 720 RPM), dapat diambil simpulan. Simpulan tersebut bisa dipaparkan sebagai berikut:

1. Modifikasi mekanisme mesin bubut konvensional untuk pengerjaan spinning telah dilakukan dan dapat digunakan untuk membuat mangkok berdiameter maksimal 180 mm
2. Material yang di gunakan pada mandrel menggunakan material baja ST37, roller menggunakan besi cor (*grey cast iron*), penahan tangkai roller dan dudukan tuas pembentuk menggunakan material plat besi, *clamp* (penjepit tailstock) menggunakan *pulley* motor.
3. Mesin bubut termodifikasi dapat beroperasi secara konvensional maupun spinning yaitu dengan penambahan komponen eksternal yang dapat di pasang lepas kan sesuai kebutuhan pengerjaan.
4. Mesin bubut dapat digunakan untuk proses spinning tanpa merubah konstruksi secara permanen tetapi hanya menggabungkan mandrel, roller, penahan tangkai roller, dudukan tuas pembentuk, *clamp*.
5. Pengaruh parameter design terhadap hasil spinning di antaranya, bentuk dan ukuran mandrel serta gaya penekan secara langsung mempengaruhi bentuk produk akhir. Mandrel yang dirancang dengan presisi akan menghasilkan bentukan *blank plate* yang sesuai dengan spesifikasi.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh penambahan kecepatan *RPM* (300,440,720 ) pada proses metal spinning dengan bahan plat aluminium dengan tebal 1,0 mm, dilihat dari distribusi ketebalan dinding dan kekasaran permukaan yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal antara lain.

1. Cek kondisi mesin bubut secara berkala, dikarenakan kepala tetap yang sulit di presisikan, sehingga akan berpengaruh pada keberhasilan proses spinning dan keseragaman tabel hasil spinning.
2. Untuk mendapatkan hasil maksimal roller juga perlu dicek secara berkala, karena penggunaan terus menerus akan membuat roller cepat aus dan kasar.
3. Sebelum melakukan *metal spinning* disarankan untuk mencoba berulang kali, karena dalam melakukan *metal spinning* ini memerlukan keahlian khusus dan setiap spesimen memerlukan perlakuan khusus untuk membuat produk bagus dan tidak rusak.

## Daftar Pustaka

- Amol Jadhav, D. C. (2014). Design of Metal Spinning Parameters for General. *International Journal of Engineering Development and Research*.
- Crawshaw, F. D. (1909). Metal Spinning.
- DR.IR. I KT. Suarsana, M. (2017). Pengetahuan material teknik. 10-17.
- Faturokhim, B. I. (2017). Analisa Pengaruh Tegangan Sisa dan Perubahan Distorsi pada Penegelasan Struktur Pressure Vessels PT. Petrokimia grsik dengan variasi welding sequence dengan menggunakan metode elemen hingga. 5.
- Husodo, N. d. (2011). Proses Produksi Produk Wajan Bahan Plat Baja Karbon Dengan Metode Spinning. 309-311.
- Mandar Sawant, A. D. (2017, April). Design and Fabrication of Metal Spinning with Lathe Carriage. *International Journal of Mechanical Engineering*, 5(4), 1-6.
- Ming-Der Chen, R.-Q. H.-H. (2005, april). An analysis of force distribution in shear spinning of cone. *International Journal of Mechanical Sciences*.
- Sanborn, L. D. (1952). *Metal Spinning Adapted to The School Shop*. Kansas State College, Departement of shop practice. Manhattan: Kansas State College.
- Suarsana, I. K. (2017). Diktat Pengetahuan Material Teknik. 37.
- Suarsana, I. K. (2017). Diktat Pengetahuan Material Teknik. Denpasar: UNIVERSITAS UDAYANA.
- Sudjana, H. (2008). *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Tapase, M. d. (2014). Metal Spinning- Design Consideration and parameter of spinning process and its terminology. 3006-3008.

Taufiq, R. (1993). *Proses Permesinan*. Jakarta: Erlangga.

Teknik Pengecoran Logam. (n.d.). In *Pandangan umum teknik pengecoran*.

## LAMPIRAN

### Lampiran Pemilihan Bahan



Lampiran 1. Pemilihan besi untuk pembuatan mandrel



Lampiran 2. Pengambilan besi dengan ukuran yang diperlukan

Lampiran proses pengerjaan modifikasi



Lampiran 3. Proses pembuatan mandrel

Lampiran persiapan pengujian modifikasi mesin bubut



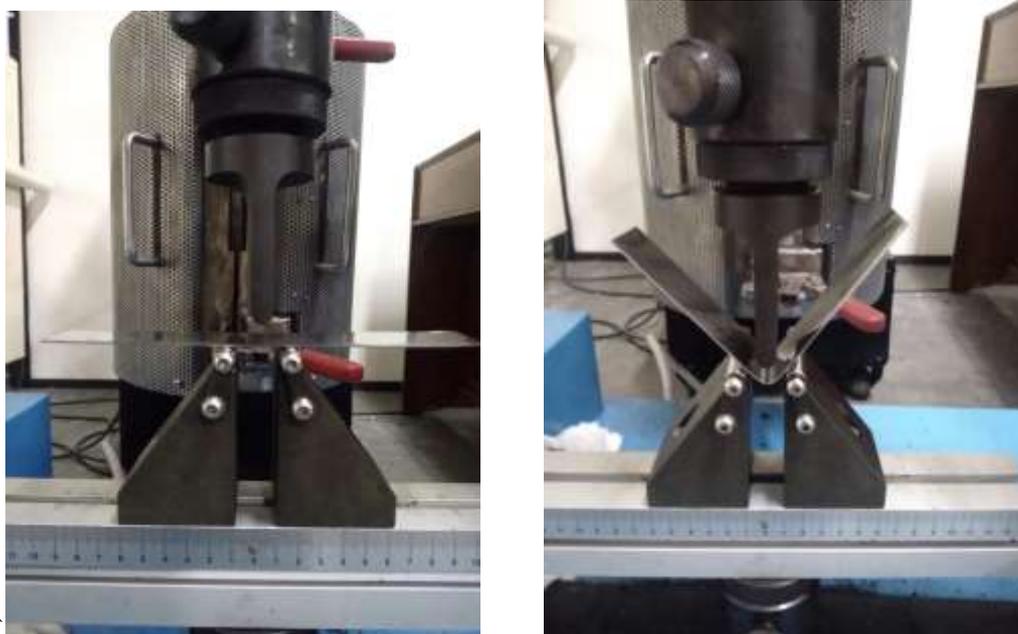
Lampiran 4. Persiapan pengujian fabrikasi bubut spinning di kampus pleburan

Lampiran pengujian fabrikasi alat modifikasi mesin bubut



Lampiran 5. Proses pengujian fabrikasi alat bubut spinning

Lampiran uji bending di Universitas Sanata Dharma



Lampiran 6. Pengujian bending di universitas sanata dharma