

**PEMBUATAN MESIN 3D PRINTER DENGAN KAPASITAS  
CETAKAN MINIMAL 200 MM X 200 MM YANG MAMPU  
MENCETAK PRODUK BERBAHAN LOGAM**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**ARYA DWI ADITYA DARMA  
218130097**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 12/5/26

Access From (repository.uma.ac.id)12/5/26

**PEMBUATAN MESIN 3D PRINTER DENGAN KAPASITAS  
CETAKAN MINIMAL 200 MM X 200 MM YANG MAMPU  
MENCETAK PRODUK BERBAHAN LOGAM**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

**OLEH:**

**ARYA DWI ADITYA DARMA  
218130097**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 12/5/26

Access From (repository.uma.ac.id)12/5/26

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

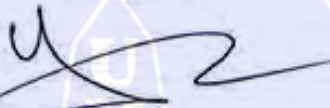
Judul Skripsi : Pembuatan Mesin 3D Printer Dengan Kapasitas  
Cetakan Minimal 200mm x 200mm Yang Mampu  
Mencetak Produk Berbahan Logam

Nama Mahasiswa : ARYA DWI ADITYA DARMA

NIM : 218130097

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh



Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST., MT.  
Pembimbing



Supriatno, ST., MT  
Dekan



Reza Fandi, ST., MT  
Kepala Program Studi

Tanggal Lulus: 2 Oktober 2025

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 29 Oktober 2025

Arya Dwi Aditya Darma  
218130097

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/THESIS UNTUK KEPENTINGAN  
AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arya Dwi Aditya Darma  
NPM : 218130097  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Dari pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pembuatan Mesin 3d Printer Dengan Kapasitas Cetakan Minimal 200 Mm X 200 Mm Yang Mampu Mencetak Produk Berbahan Logam, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal: 29/10/2025  
Yang menyatakan,

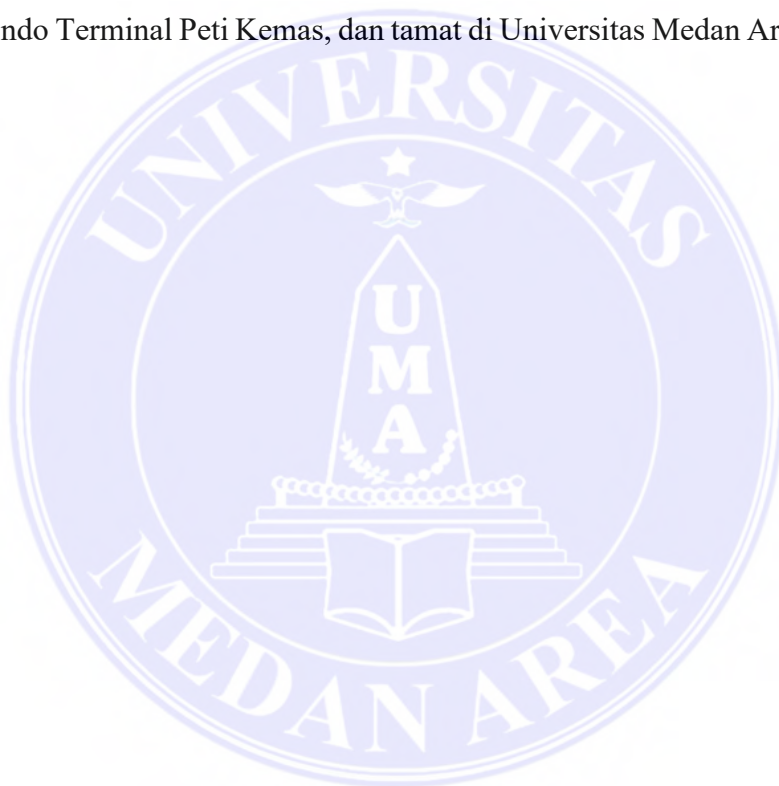


(Arya Dwi Aditya Darma)

## RIWAYAT HIDUP



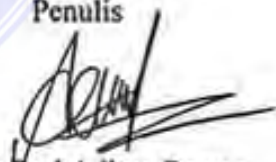
Penulis bernama Arya Dwi Aditya Darma dilahirkan di Medan pada tanggal 29 April 2002 dari ayah Sudarman dan ibu Agustri Widiastuti. Penulis merupakan putra ke dua dari dua bersaudara. Pada tahun 2020 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMKN5 Medan jurusan Teknik Mesin, pada tahun 2021 penulis melanjutkan Pendidikan sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin di Universitas Medan Area. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di sebuah PT.Pelindo Terminal Peti Kemas, dan tamat di Universitas Medan Area tahun 2025.



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga proposal skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Manufaktur dengan judul pembuatan mesin 3D printer dengan kapasitas cetakan minimal 200 x 200 x 200 mm yang mampu mencetak produk berbahan logam. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dekan Dr.Eng.Supriatno,S.T.,MT. dan Ketua Prodi/WD I Dr. Iswandi, ST, MT selaku pembimbing saya Bapak Muhammad Yusuf Rahmasyah Siahaan,ST.MT. yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu terima kasih untuk dukungan penuh untuk penulis sampaikan kepada Orang Tua saya Sudarman dan Agustri Widiastuti yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada saudara serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi/tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempumaan tugas akhir/skripsi/tesis ini. Penulis berharap, tugas akhir/skripsi/tesis dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



Arya Dwi Aditya Darma

218130097

## ABSTRAK

Penelitian ini menyajikan perancangan dan pengembangan mesin 3D printer logam berbiaya rendah dengan kapasitas cetak minimal  $200 \times 200$  mm, menggunakan metode pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG). Printer 3D komersial konvensional umumnya terbatas pada material polimer atau resin, sedangkan printer 3D logam skala industri masih relatif mahal dan sulit diakses oleh usaha kecil dan menengah (UKM). Untuk menjawab keterbatasan tersebut, prototipe dikembangkan di Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Medan Area, melalui tahapan perancangan konsep, pemilihan komponen, proses pemesinan, perakitan, serta pengujian kinerja. Sistem menggunakan rangka aluminium *profile*, transmisi *ball screw*, dan kawat las MIG sebagai bahan cetak. Pergerakan dikendalikan oleh motor stepper pada setiap sumbu yang terintegrasi dengan papan kontrol 3D printer berbasis Arduino Mega 2560. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin mampu mencetak bentuk geometri dasar logam seperti lingkaran dan kotak dengan dimensi sesuai spesifikasi desain. Estimasi total biaya pembuatan sebesar Rp13.883.000 dengan waktu pengembangan sekitar lima bulan. Temuan ini membuktikan bahwa printer 3D logam dengan biaya terjangkau dapat direalisasikan, sehingga berpotensi menjadi solusi bagi UKM dalam melakukan prototyping dan manufaktur komponen logam secara mandiri.

Kata kunci: 3D printing logam, las MIG, manufaktur aditif, prototyping berbiaya rendah

## **ABSTRACT**

*This study presents the design and development of a low-cost metal 3D printer with a minimum printing capacity of  $200 \times 200$  mm, utilizing the Metal Inert Gas (MIG) welding method. Conventional commercial 3D printers are generally limited to polymer or resin materials, while industrial-scale metal 3D printers remain relatively expensive and inaccessible for small and medium enterprises (SMEs). To address this limitation, a prototype was developed at the Mechanical Engineering Laboratory, Universitas Medan Area, through several stages including concept design, component selection, machining, assembly, and performance testing. The system employs an aluminum profile frame, ball screw transmission, and MIG welding wire as the printing material. Movement along each axis is controlled by stepper motors integrated with a 3D printer control board based on Arduino Mega 2560. The testing results indicate that the machine is capable of printing basic metal geometric shapes such as circles and squares with dimensions that meet the design specifications. The total estimated manufacturing cost is Rp13,883,000 with a development time of approximately five months. These findings demonstrate that an affordable metal 3D printer can be realized, offering potential as a practical solution for SMEs to independently perform prototyping and manufacturing of metal components..*

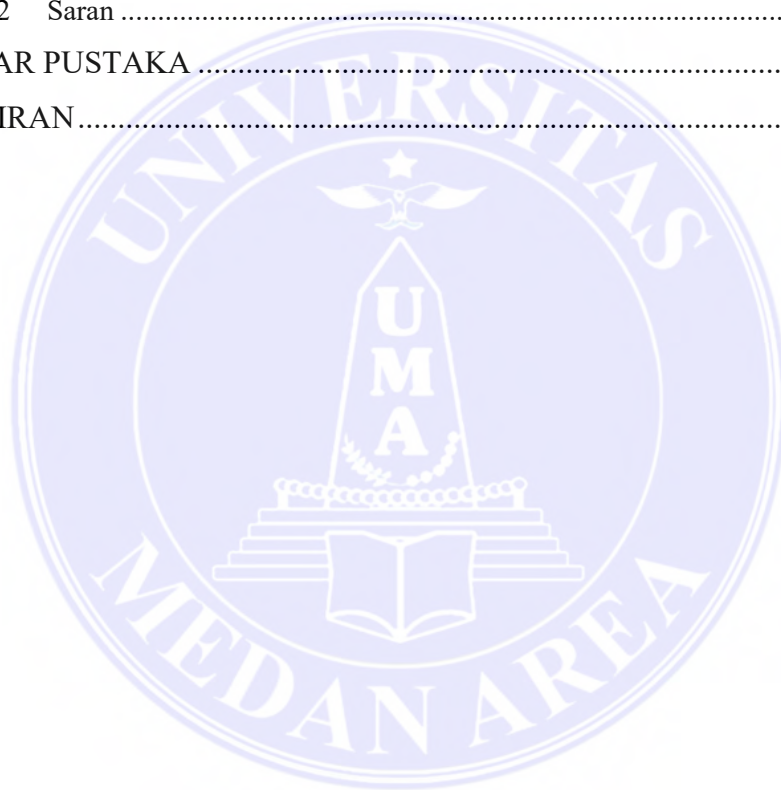
**Keywords:** *metal 3D printing, MIG welding, additive manufacturing, low-cost prototyping*

## DAFTAR ISI

PEMBUATAN MESIN 3D PRINTER DENGAN KAPASITAS CETAKAN MINIMAL 200 MM X 200 MM YANG MAMPU MENCETAK PRODUK BERBAHAN LOGAM.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/ SKRIPSI/ TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pembuatan.....	4
2.1.1 Pembuatan Alat Uji Tarik Universal Dengan Penggerak Servo Motor.....	5
2.1.2 Pembuatan Alat Uji Impak Jatuh Bebas Model <i>Drop Weight Test</i> .....	8
2.1.3 Pembuatan 3D Printer .....	9
2.2 Mesin 3D Printer .....	13

2.3.1 Stereolithography (SLA).....	14
2.3.2 Selective Laser Sintering (SLS) .....	15
2.3.3 Fused Deposition Modelling .....	16
2.3.4 Digital Light Processing (DLP).....	17
2.4 Motor Stepper.....	18
2.4.1 Pengertian Motor Stepper .....	18
2.4.2 Prinsip Kerja Stepper Motor .....	19
2.5 Mikrokontroler.....	21
2.6 Mesin Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ).....	23
2.6.1. Peralatan Las MIG .....	24
2.7 Proses pemesinan .....	25
2.7.1 Mesin Konvensional.....	26
2.7.2 Mesin Otomatis .....	32
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>36</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	36
3.1.1 Waktu Penelitian .....	36
3.1.2 Tempat Penelitian.....	36
3.2 Bahan dan Alat .....	37
3.2.1. Bahan yang di gunakan dalam pengujian ini adalah .....	37
3.2.2. Alat.....	41
3.3 Metode Penelitian.....	43
3.3.1 Populasi Dan Sampel.....	44
3.4 Prosedur Kerja .....	45
3.4.1 Proses Pembuatan.....	46
3.5 Proses Perakitan.....	47
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>49</b>
4.1 Pembuatan Konsep 3D Printer.....	49
4.1.1 Hasil Pembuatan Konsep .....	49
4.2 Pembahasan .....	51

4.2.1 Hasil Pemilihan Konsep.....	51
4.2.2 Daftar Komponen.....	53
4.2.4 Proses Pemesinan.....	58
4.2.5 Proses perakitan panel listrik.....	62
4.2.6 Proses perakitan mesin 3d printer.....	65
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>72</b>
5.1 Simpulan.....	72
5.2 Saran.....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>74</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>77</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Rencana Jadwal Penelitian Tugas Akhir.....	37
Tabel 3. 2. Tabel Populasi.....	46
Tabel 4. 1. Tabel morfologi .....	49
Tabel 4. 2. Pemilihan Konsep .....	50
Tabel 4. 3. Matrix keputusan ( <i>Pugh Chart</i> ).....	52
Tabel 4. 4. Daftar komponen mesin 3d printer .....	53
Tabel 4. 5. Daftar harga komponen alat.....	55
Tabel 4. 6. Biaya Pemesinan.....	55
Tabel 4. 7. Biaya Perakitan dan Finishing .....	56
Tabel 4. 8. Biaya Pengujian .....	56
Tabel 4. 9. Rekapitulasi Total Biaya Pembuatan 3D Printer .....	57
Tabel 4. 10. Hasil perhitungan putaran, kedalaman pemakanan, dan waktu pemotongan	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konsep 1 Mesin Uji Tarik.....	7
Gambar 2.2. Konsep 2 Mesin Uji Tarik.....	7
Gambar 2.3. Konsep 3 Mesin Uji Tarik.....	7
Gambar 2.4. Rancangan Alat Uji <i>Impak Drop Weight Test</i> .....	9
Gambar 2.5. Desain 3D printer .....	9
Gambar 2.6. Kerangka dasar .....	10
Gambar 2.7. Arduino mega 2560 .....	11
Gambar 2.8. <i>Frame</i> aluminium.....	11
Gambar 2.9. Meja area cetak.....	12
Gambar 2.10. Pemasangan komponen 3D printer .....	12
Gambar 2.11. <i>Wiring</i> elektronik.....	13
Gambar 2.12. Uji coba mesin 3D printer .....	13
Gambar 2.13. Skema proses <i>Stereolithography</i> (SLA).....	15
Gambar 2.14. Skema proses <i>Selective Laser Sintering</i> (SLS) .....	16
Gambar 2.15. Skema proses <i>Fused Deposition Modelling</i> .....	17
Gambar 2.16. Skema proses <i>Digital Light Processing</i> (DLP).....	18
Gambar 2.17. Bagian-bagian motor stepper .....	19
Gambar 2.18. Posisi dan waktu untuk singel – step mode motor stepper.....	20
Gambar 2.19. Diagram blok mikrokontroler.....	22
Gambar 2.20. Proses las MIG .....	24
Gambar 2.21. Mesin bubut.....	28
Gambar 2.22. Mesin Bor .....	29
Gambar 2.23. Mesin las listrik .....	31
Gambar 2.24. Gergaji mesin .....	32
Gambar 2.25. Mesin Bubut CNC.....	34
Gambar 2.26. Mesin Frais CNC.....	35
Gambar 3.1. Aluminium v slot.....	37
Gambar 3.2. <i>Rail guide</i> .....	38

Gambar 3.3. <i>Ball Screw</i> .....	38
Gambar 3.4. Motor Stepper.....	39
Gambar 3.5. Power supply .....	39
Gambar 3.6. Board 3D printer.....	40
Gambar 3.7. Baut .....	41
Gambar 3.8. Mesin Bubut Konvensional.....	41
Gambar 3.9. Mesin sekrap .....	42
Gambar 3.10. Mesin Bor Kapasitas 16 mm .....	42
Gambar 3.11. Mesin <i>Hacksaw</i> 16 Inch .....	43
Gambar 3.12. flowchart proses pembuatan Rangka dan Ball screw .....	46
Gambar 3.13. Flowchart Proses Perakitan .....	47
Gambar 3.14. Diagram Alir Penelitian .....	48
Gambar 4.1. Hasil pembuatan konsep 3.....	50
Gambar 4.2. Grafik Matriks Keputusan ( <i>Pugh Chart</i> ) .....	52
Gambar 4.3. Proses pengeboran plat.....	58
Gambar 4.4. Grafik kecepatan putaran pengeboran (N) .....	60
Gambar 4.5. Grafik kedalaman pemakanan (L).....	60
Gambar 4.6. Proses pembubutan <i>facing</i> .....	61
Gambar 4.7. Skematik board ramps 1.4.....	62
Gambar 4.8. Panel kontrol cnc 3d printer mig .....	63
Gambar 4.9. Bagian-bagian mesin 3d printer .....	65
Gambar 4.10. Panel kontrol cnc 3d printer mig .....	66
Gambar 4.11. Arduino mega 2560 .....	67
Gambar 4.12. Frame aluminium 4040 .....	67
Gambar 4.13. <i>Software proterface</i> .....	68
Gambar 4.14. Kalibrasi nilai sumbu <i>pronterface</i> .....	69
Gambar 4.15. Mesin 3d printer las mig.....	69
Gambar 4.16. Desain gambar lingkaran.....	70
Gambar 4.17. Desain gambar kotak.....	70
Gambar 4.18. Hasil pengelasan lingkaran .....	71
Gambar 4.19. Hasil pengelasan kotak.....	71

## DAFTAR NOTASI

X	=	Sumbu koordinat gerak x printer 3D (mm)
Y	=	Sumbu koordinat gerak y printer 3D (mm)
Z	=	Sumbu koordinat gerak z printer 3D (mm)
N	=	Kecepatan putaran spindle (rpm)
V <sub>c</sub>	=	Kecepatan potong (m/min)
d	=	Diameter mata bor (mm)
L	=	Kedalaman pemakanan (mm)
l	=	Panjang benda kerja (mm)
S <sub>r</sub>	=	Kecepatan pemakanan per putaran (rpm/mm)
t <sub>m</sub>	=	Waktu pemotongan atau waktu pengeboran (min)
π	=	Konstanta pi (3,14)
E	=	Nilai parameter ekstruder satuan (mm/min)
M92	=	Kode perintah G-code untuk kalibrasi gerak sumbu
M201	=	Kode perintah G-code untuk kecepatan akselerasi printer 3D
V	=	Tegangan listrik (V)
I	=	Arus listrik yang mengalir (A)
P	=	Daya listrik yang digunakan (W)
T	=	Waktu total proses (min)
A	=	Luas area cetak printer 3D (mm <sup>2</sup> )
m	=	Massa kawat las MIG (kg)
R <sub>p</sub>	=	Biaya proses pemesinan (Rp)
R <sub>t</sub>	=	Biaya total pembuatan printer 3D (Rp).

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1. 1. Latar Belakang

Seiring perkembangan teknologi manufaktur, kebutuhan akan metode produksi yang cepat, presisi, dan fleksibel semakin meningkat. Salah satu solusi yang banyak dikembangkan adalah teknologi 3D printer, yang memungkinkan pembuatan produk dengan bentuk kompleks secara langsung dari model digital. Namun, sebagian besar 3D printer yang tersedia di pasaran saat ini didesain untuk mencetak bahan plastik atau resin, sehingga memiliki keterbatasan dalam memenuhi kebutuhan industri yang memerlukan produk berbahan logam.

Di sektor industri, material logam memiliki peran penting karena sifatnya yang kuat, tahan lama, dan mampu digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti komponen mesin, prototipe alat berat, dan produk kesehatan seperti implan. Akan tetapi, teknologi pencetakan logam umumnya hanya tersedia pada mesin 3D printer berskala besar yang berbiaya sangat mahal, membuatnya sulit dijangkau oleh kalangan UMKM atau individu.

Selain itu, ukuran cetakan pada kebanyakan 3D printer logam sering kali terbatas, sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan untuk mencetak objek dengan dimensi minimal 200 mm x 200 mm, yang banyak dibutuhkan pada aplikasi tertentu seperti pembuatan casing perangkat, komponen kendaraan, atau alat industri lainnya. Hal ini menimbulkan kebutuhan akan mesin 3D printer logam yang ekonomis, efisien, dan memiliki kapasitas cetakan yang lebih besar untuk

mendukung berbagai kebutuhan produksi.

Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan mesin 3D printer dengan kapasitas cetakan minimal 200 mm x 200 mm yang mampu mencetak produk berbahan logam menjadi penting. Mesin ini diharapkan dapat menjadi solusi bagi pelaku industri kecil dan menengah untuk meningkatkan daya saing, efisiensi produksi, serta mendukung inovasi teknologi manufaktur di berbagai sektor.

### **1. 2. Rumusan Masalah**

Bagaimana cara membangun dan merakit mesin 3d printer dengan kapasitas cetakan minimal 200 mm x 200 mm x 200 mm yang mampu mencetak produk berbahan logam.

### **1. 3. Batasan Masalah**

1. Mesin dirancang untuk mencetak objek dengan ukuran minimal **200 mm x 200 mm x 200 mm**.
2. Material pencetakan yang digunakan adalah logam dari kawat las mig.
3. Sistem kontrol menggunakan perangkat dari board Ramps 1.4

### **1. 4. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui proses pembuatan mesin 3d printer yang mampu mencetak produk berbahan logam.
2. Analisis pemilihan konsep untuk pembuatan mesin 3d printer yang mampu mencetak produk berbahan logam.
3. Anailisa biaya membangun dan merakit mesin 3d printer dengan kapasitas cetakan minimal 200 mm x 200 mm x 200 mm yang mampu mencetak produk berbahan logam.

### 1. 5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah menghasilkan mesin 3D printer yang dapat mencetak produk berbahan logam dan diharapkan mampu memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan teknologi, serta memungkinkan bentuk kerja sama dalam memanfaatkan teknologi mesin 3D printer



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pembuatan

Pembuatan merupakan proses teknis yang mengubah bahan baku menjadi barang jadi melalui berbagai tahapan yang teratur dari awal hingga selesai. Proses ini mencakup perencanaan, desain, pengerjaan, pengendalian, hingga tahap akhir. Pembuatan merupakan rangkaian aktivitas dalam pembuatan suatu produk yang melalui beberapa tahap. Proses ini melibatkan berbagai teknik seperti pemesinan, perakitan, dan pengujian guna memastikan produk sesuai dengan standar teknis dan fungsinya. Pembuatan yang dilakukan secara terstruktur akan menghasilkan alat dengan karakteristik baik dan hasil pengujian yang akurat (Hutabarat, J. 2022).

Dalam tahapan pembuatan, langkah awal yang paling penting adalah mengidentifikasi gambar kerjadari desain produk. Tujuannya adalah untuk mengetahui informasi yang terdapat dalam gambar kerja seperti bentuk, ukuran, bahan, serta alat dan teknik pemesinan yang digunakan. Setelah informasi tersebut teridentifikasi, proses pembuatan dapat dimulai dari tahap pemotongan hingga tahap akhir penyelesaian atau finishing. Salah satu proses utama dalam pembuatan adalah machining, yaitu proses pengerjaan yang menggunakan pemesinan sebagai tahapan pemotongan, penyambungan, dan pembentukan pada benda kerja yang akan diubah menjadi produk akhir.

Penggunaan mesin perkakas merupakan bagian integral dari proses

pembuatan produk dalam mengerjakan bahan atau komponen menjadi barang jadi (Soesilo, R. 2024).

### 2.1.1. Pembuatan Alat Uji Tarik Universal Dengan Penggerak Servo Motor

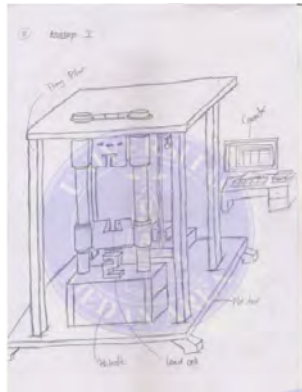
Uji tarik adalah jenis pengujian yang dilakukan dengan menarik bahan uji hingga bahan tersebut mengalami perpanjangan yang terus meningkat secara teratur hingga akhirnya putus. Tujuan dari uji tarik ini adalah menentukan nilai tarik bahan tersebut. Pada dasarnya, uji tarik adalah metode untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan memberikan beban dalam bentuk gaya yang arahnya berlawanan. Dengan cara ini, uji tarik memberikan gaya atau tegangan tarik pada bahan sehingga dapat diketahui dan dideteksi kekuatannya (Gea, F. 2022).

Alat uji tarik biasanya dilengkapi dengan software yang digunakan untuk menyimpan dan memproses data selama proses pengujian. Karena mesin uji tarik yang dijual di pasaran umumnya memiliki harga yang relatif mahal karena memiliki sistem pengolahan data yang canggih dibandingkan mesin uji tarik konvensional, peneliti menciptakan alat uji tarik universal statis dengan penggerak servo motor berkapasitas maksimum 1 kN.

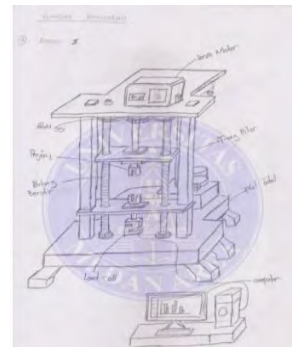
Pembuatan alat uji tarik universal statis dengan penggerak servo motor berkapasitas maksimum 1 kN dilakukan dengan tujuan untuk menciptakan alat yang dilengkapi perangkat lunak pengolah data namun dengan biaya yang lebih murah. Alat ini dirancang agar lebih efektif digunakan dalam pengujian, terutama dalam praktikum uji tarik. Alat uji tarik ini menggunakan servo motor yang

memperubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor servo yang digunakan sebenarnya dioperasikan oleh motor DC, di mana motor DC akan menggerakkan motor servo. Oleh karena itu, arus yang digunakan adalah arus searah. Selain servo motor, pembuatan alat uji tarik ini juga menggunakan sensor berat (load cell). Sensor berat ini adalah perangkat listrik yang mampu mengubah energi satu bentuk menjadi energi lainnya, biasanya digunakan untuk mengubah gaya menjadi sinyal listrik. Pada proses uji tarik, beban yang diberikan akan menyebabkan reaksi terhadap elemen logam pada load cell, yang berakibat pada perubahan bentuk secara elastis.

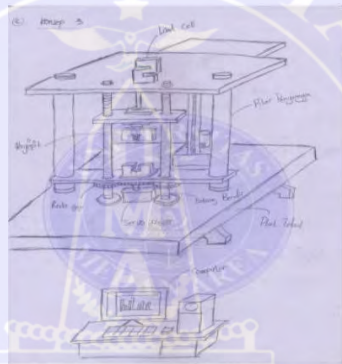
Penggunaan servo motor, sensor dan komponen lainnya merupakan sebuah sistem yang saling bekerja pada saat proses uji tarik sesuai dengan fungsinya masing masing. Pembuatan alat uji tarik ini pada setiap bagiannya di buat satu persatudengan menggunakan mesin teknologi pembuatan seperti mesin bor, mesin bubut,dan juga mesin frais. Komponen pada perancangan alat uji tarik ini terdiri penjepit, *load cell*, *gear*, pelat, *bearing*, baut dan mur, motor dan pipa. Komponen ini akan terpasang menjadi satu pada alat uji tarik dan akan berfungsi sesuai peran kegunaanya. Dalam pembuatan alat uji tarik dengan penggerak servo motor yang Berkapasitas 1 kN ini, perancang membuat beberapa rancangan gambar sebagaipengembangan konsep dan sebagai bentuk evaluasi dari alat yang akan di buat. Berdasarkan tiga konsep rancangan yang telah dibuat oleh perancang seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1. Konsep 1 Mesin Uji Tarik



Gambar 2.1. Konsep 2 Mesin Uji Tarik



Gambar 2.3. Konsep 3 Mesin Uji Tarik

gambar di atas, hanya ada satu rancangan yang dipilih sebagai hasil akhir. Pemilihan rancangan dilakukan melalui survei kuesioner. Rancangan yang dipilih adalah rancangan ketiga. Konsep rancangan tersebut dipilih karena dari hasil survei terlihat bahwa konsep ketiga lebih banyak dipilih oleh responden. Hal ini karena konsep tersebut lebih unggul dibandingkan konsep rancangan lainnya dalam berbagai aspek seperti sistem kerja, bentuk, biaya pembuatan, serta fungsi lainnya.

### 2.1.2. Pembuatan Alat Uji Impak Jatuh Bebas *Model Drop Weight Test*

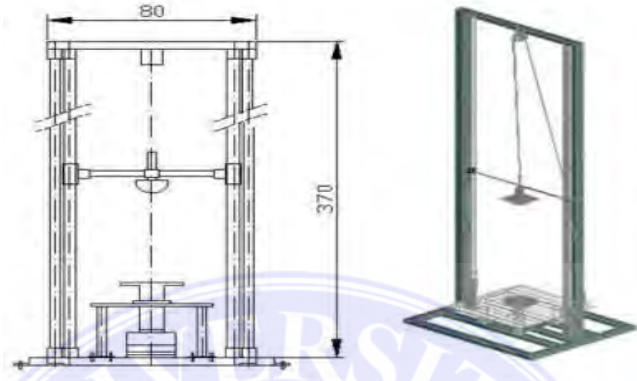
Uji impak jatuh bebas merupakan suatu pengujian yang dilakukan dengan membiarkan benda jatuh bebas dari keadaan yang berhenti, sehingga benda tersebut mengalami peningkatan kecepatan selama proses jatuhnya. Uji drop weight adalah metode yang digunakan untuk menguji material terhadap guncangan atau dampak yang tiba-tiba (Dina, S. F., & Pirmansyah, A. W. 2022). Pembuatan alat uji impak jatuh bebas dengan model drop weight test ini melalui proses re-design yang bertujuan untuk merancang ulang alat uji tersebut agar memiliki karakteristik yang lebih baik.

Alat uji ini dirancang menggunakan software CAD (*computer aided design*) dengan ukuran tinggi 370 cm dan lebar 80 cm. Pembuatan alat mencakup proses pengelasan, pengukuran, pemotongan, serta assembling. Bahan yang digunakan dalam pembuatan alat uji adalah besi hollow dengan ukuran 40 x 60, pipa besi berukuran 2 inci, tali dan katrol, sedangkan rangka utamanya terdiri dari besi hollow, meja landasan anvil, dan pipa besi.

Besi hollow yang digunakan memiliki spesifikasi mild steel, pipa galvanis, dan poros tesrig yang terbuat dari bahan St 35 C. Tujuan umum dari pembahasan ini adalah untuk merancang dan membuat alat uji impak jatuh bebas dengan metode *drop weight test*.

Tujuan pembuatan alat uji impak jatuh bebas yang telah melewati proses re-design ini adalah untuk melakukan pengujian pada material berdasarkan prinsip beban dampak dari benda yang dijatuhkan secara bebas, sehingga dapat

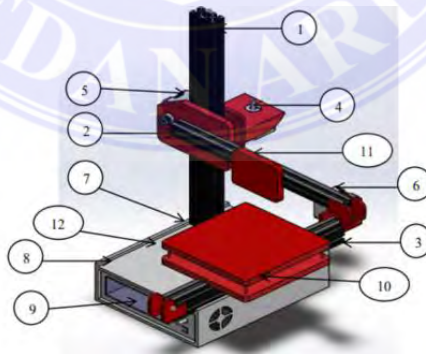
mengukur ketahanan material secara lebih baik.



Gambar 2.2. Rancangan Alat Uji Impak *Drop Weight Test*

Alat ini diciptakan untuk menganalisa pengaruh akibat beban impact yang jatuh bebas pada bahan uji. Pengujian ini biasa di gunakan pada industri untuk menguji ketahanan material.

### 2.1.3. Pembuatan 3D Printer



Gambar 2.3. Desain 3D printer

Keterangan :

1. Frame sumbu Z
2. Frame sumbu Y

3. Frame sumbu X
4. Motor Stepper ekstruder filament
5. Motor Stepper sumbu Y
6. Motor Stepper sumbu X
7. Motor Stepper sumbu Z
8. Rangka dasar
9. Layar LCD
10. Bed atau Build platform
11. Dudukan ekstruder
12. Arduino Mega 2560

Dalam proses merancang mesin 3D Printer ini dengan luas area cetak sumbu X 150 mm, sumbu Y 150 mm, dan sumbu Z 200 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560, sebagai berikut :

1. Pembuatan kerangka dasar 3D Printer menggunakan bahan PVC dengan ukuran panjang 230 mm, lebar 180 mm, dan tinggi 70 mm. selanjutnya dirakit dan dipasang Arduino Mega 2560.



Gambar 2.4. Kerangka dasar



Gambar 2.5. Arduino mega 2560

2. Pembuatan frame aluminium profile 40 x 20 untuk sumbu Z sepanjang 450 mm, sumbu X sepanjang 300 mm, dan aluminium profile 20 x 20 untuk sumbu Y sepanjang 300 mm. Setelah semua dipotong selanjutnya merakit frame dengan kerangka dasar PVC.



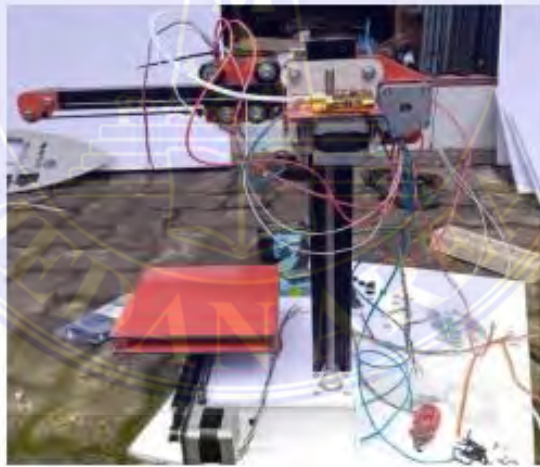
Gambar 26. Frame aluminium

3. Pembuatan meja area cetak sepanjang 150 x 150 mm, dudukan ekstruder, dudukan motor stepper dll. Selanjutnya memasang motor stepper sebanyak 4 buah untuk sumbu X, Y, Z dan ekstruder serta dirakit dengan kerangka 3D Printer.



Gambar 2.7. Meja area cetak

4. Proses penyempurnaan alat dengan memasang komponen seperti ekstruder, heater, limit switch, dan nozzle.



Gambar 2.8. Pemasangan komponen 3D printer

5. Proses menyambung dan menyolder kabel pada rangkaian elektronik seperti Arduino Mega 2560, limit switch, dan ekstruder.



Gambar 2.9. Wiring elektronik

## 6. Mensetting Arduino Mega 2560 dan uji coba Mesin 3D Printer



Gambar 2.10. Uji coba mesin 3D printer

### 2.2 Mesin 3D Printer

Mesin 3D printer adalah alat yang digunakan untuk membuat benda padat tiga dimensi dari desain digital menjadi bentuk yang dapat dilihat, diraba, dan memiliki volume [1]. Konsep awal dari mesin 3D printer ini pertama kali diciptakan oleh seorang ilmuwan dari Jepang bernama Dr. Hideo Kodama pada tahun 1981. Namun, penemuan tersebut tidak bisa dipatenkan karena kurangnya fasilitas dan masalah keuangan. Kemudian ide tersebut dilanjutkan dan dikembangkan oleh tiga

orang dari Prancis, yaitu Jean-Claude André, Olivier de Witte, dan Alain le Méhauté pada tahun 1984. Sayangnya, hal yang sama terjadi, penemuan tersebut juga gagal dipatenkan karena masalah keuangan.

Pada tahun yang sama, metode pembentukan lapis resin pertama ditemukan oleh Charles Chuck Hull, seorang pekerja di perusahaan furnitur yang merasa kesulitan dalam membuat bagian-bagian terkecil dalam proses pembuatan furnitur.

Ia diberi kesempatan oleh perusahaannya untuk menyelesaikan proyek tersebut dalam waktu tiga minggu. Dan akhirnya ia berhasil membuat teknologi canggih pertama yang diberi nama *Stealthography/SLA*. Karena penemuan ini, *Chuck Hull* mendirikan perusahaan di Valencia, California, dan mematenkan teknologi tersebut pada tahun 1986. Produk komersial pertama dari perusahaan Hull, yaitu SLA-1, diperkenalkan pada tahun 1988. Karena kontribusinya, Chuck Hull diberi gelar "*The Father of 3D Printing*". Setelah itu, berkembang berbagai jenis mesin 3D printer di dunia. Namun, di Indonesia sejarah kemunculan mesin 3D printer baru dimulai pada tahun 2010 hingga 2013.

Teknologi 3D printing ini banyak digunakan, terutama untuk membuat purwa rupa (prototype) dalam berbagai bidang seperti industri telepon genggam, perhiasan, penerbangan, otomotif, sepatu, desain industri, arsitektur, konstruksi, bidang kedokteran, industri medis, pendidikan, teknik sipil, serta bidang-bidang lainnya.

### 2.3.1 *Stereolithography (SLA)*

Stereolithografi (SLA) adalah jenis teknologi 3D printing yang awalnya

digunakan pada printer 3D pertama sejak tahun 1980-an. Cara kerjanya melibatkan proses pencetakan lapisan demi lapisan hingga membentuk objek 3D sesuai yang diinginkan. Bahan yang digunakan biasanya berupa cairan yang akan langsung mengeras ketika terkena sinar ultraviolet. Untuk membuat model 3D, biasanya digunakan software AutoCAD, dan file yang dibaca oleh mesin printer harus berformat \*.STL (*Standard Triangle Language*). Proses pencetakan sendiri memerlukan waktu yang bervariasi, tergantung pada ukuran dan dimensi objek 3D yang dicetak.

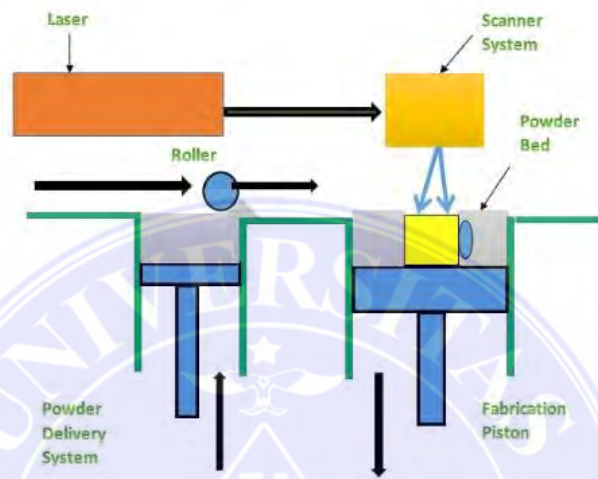


Gambar 2.11. Skema proses *Stereolithography* (SLA)

### 2.3.2 *Selective Laser Sintering* (SLS)

Jenis 3D Printer SLS ini memiliki kemiripan dengan tipe SLA baik bentuk dan cara kerjanya, perbedaannya sendiri terletak pada material yang digunakan untuk dijadikan Objek 3D, Jika 3D Printer SLA memakai cairan, 3D Printer SLS menggunakan material berwujud bubuk yang berbahan dasar kaca, nilon, dan bahkan keramik, 3D printer jenis SLS ini menghasilkan struktur yang lebih kuat

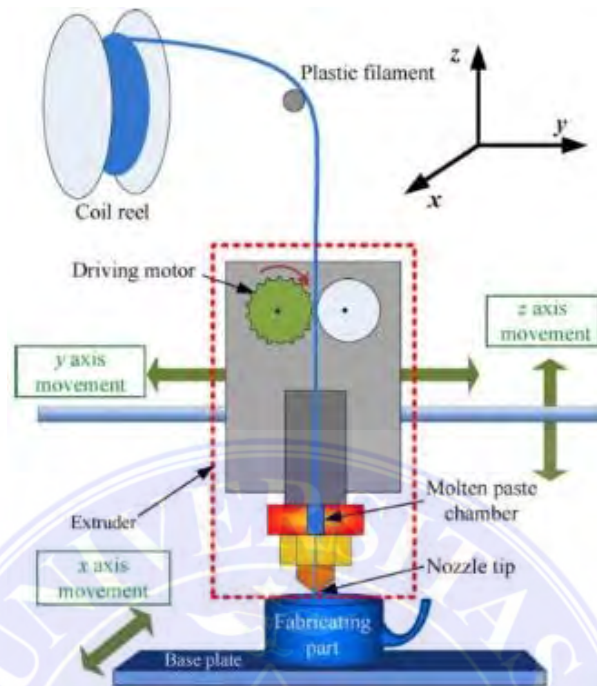
dibandingkan dengan printer SLA. Meskipun permukaan akhirnya cenderung sedikit kasar, 3D printer ini sangat cocok digunakan untuk membuat objek yang terdiri dari berbagai jenis material.



Gambar 2.12. Skema proses *Selective Laser Sintering* (SLS)

### 2.3.3 *Fused Deposition Modelling*

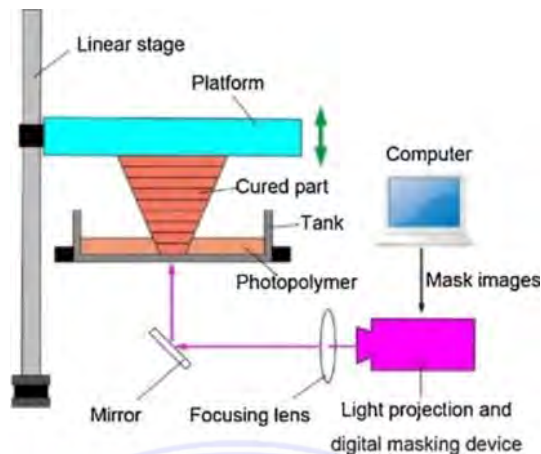
3D Printer FDM (*Fused Deposition Modeling*), yang juga dikenal sebagai Pemodelan Deposisi Gabungan, adalah jenis 3D Printer yang bekerja dengan cara melelehkan bahan berupa *thermoplastic*, lalu menempatkan lapisan demi lapisan secara bertahap dari atas ke bawah hingga membentuk objek yang diinginkan. 3D sesuai dengan apa yang diinginkan. Dibanding tipe lain, 3D Printer FDM merupakan tipe yang paling hemat biaya, ramah lingkungan, dan waktu cetaknya relatif cepat. Kekurangannya yaitu permukaan hasilnya agak kasar dan kurang kuat karena terbuat dari plastik.



Gambar 2.13. Skema proses *Fused Deposition Modelling*

### 2.3.4 *Digital Light Processing (DLP)*

3D Printer DLP (*Digital Light Processing*) atau dalam bahasa Indonesia berarti Pemrosesan Cahaya Digital memiliki kesamaan dengan jenis 3D Printer SLA karena sama-sama menggunakan material resin plastik cair yang akan mengeras jika terpapar cahaya, sedangkan perbedaannya sendiri terletak pada jenis cahaya yang dipakai, SLA menggunakan sinar Ultraviolet, sedangkan 3D Printer DLP memakai layar proyektor dengan pencahayaan digital. Dengan cara kerja seperti itu, 3D Printer DLP mampu mencetak keseluruhan lapisan Objek 3D sekaligus sehingga prosesnya akan sangat cepat serta memiliki hasil cetakan yang baik, jenis ini termasuk populer karena harganya terjangkau dan materialnya tidak terlalu kompleks.



Gambar 2.14. Skema proses *Digital Light Processing* (DLP)

## 2.4 Motor Stepper

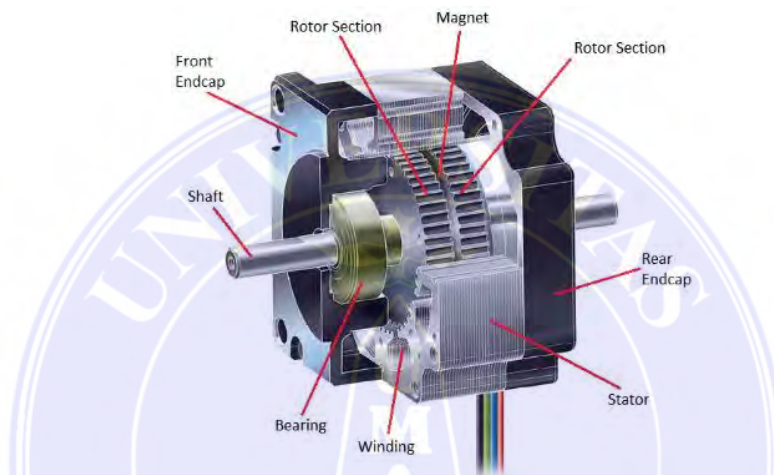
Gerakan motor stepper dikontrol melalui urutan pulsa yang diberikan ke motor tersebut.

### 2.4.1 Pengertian Motor Stepper

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang berfungsi mengubah sinyal listrik berupa pulsa menjadi gerakan mekanis yang terputus-putus. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pengendali motor stepper yang mampu menghasilkan pulsa-pulsa secara teratur. Penggunaan motor stepper memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan motor DC biasa. Keuntungan tersebut meliputi:

1. Sudut putaran motor berkorelasi langsung dengan pulsa yang diberikan, sehingga lebih mudah untuk dikontrol.
2. Motor mampu memberikan torsi maksimal segera saat mulai bergerak.
3. Posisi dan gerakan yang berulang dapat ditetapkan dengan presisi tinggi.
4. Motor memiliki respons yang cepat terhadap perintah mulai, berhenti, dan berbalik
5. Memiliki ketahanan yang tinggi karena tidak memiliki sikat yang

- menyentuh rotor seperti pada motor DC.
6. Dapat menghasilkan putaran lambat, sehingga beban bisa langsung dikaitkan ke porosnya.
  7. Frekuensi putaran bisa diatur secara bebas dan mudah di berbagai rentang yang luas.

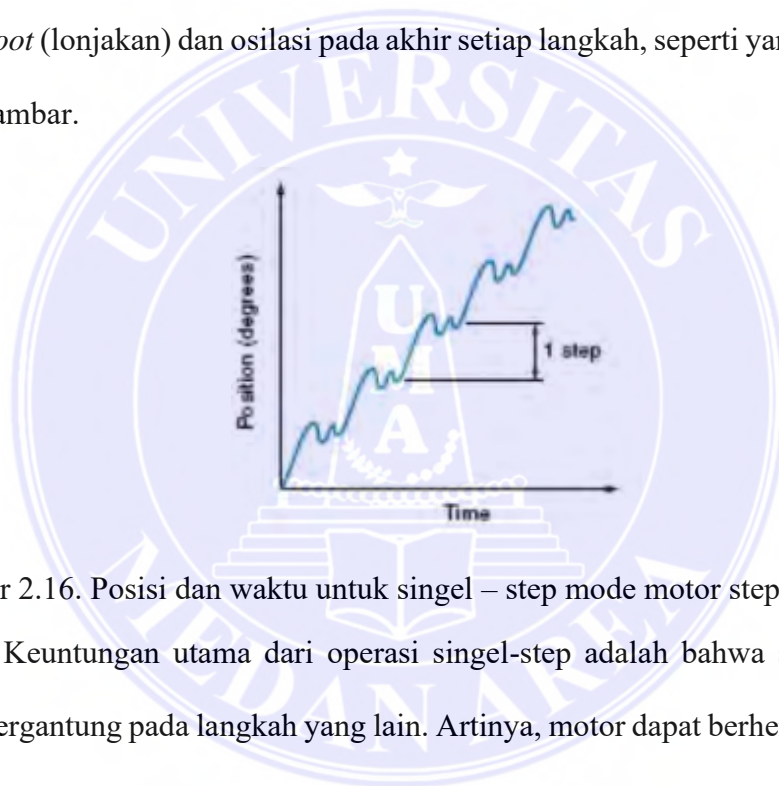


Gambar 2.15. Bagian-bagian motor stepper

#### 2.4.2 Prinsip Kerja Stepper Motor

Motor stepper mampu berputar atau bergerak dengan sudut langkah yang berbeda-beda, tergantung jenis motor yang digunakan. Besar sudut langkah tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan atau aplikasi yang diinginkan. Menurut F I Pasaribu dan I Roza (2019), penggunaan motor stepper dalam operasi putaran menghasilkan gerakan yang cukup tepat dan stabil. Dengan adanya variasi sudut langkah tersebut, pengontrolan menjadi lebih mudah dilakukan, serta pengontrolannya bisa langsung menggunakan sinyal digital tanpa perlu mengandalkan rangkaian closed-loop feedback untuk memantau posisi motor. Oleh karena itu, motor stepper sering digunakan sebagai actuator yang mengandalkan rangkaian digital sebagai

pengontrol driver. Motor stepper memiliki dua mode operasi, yaitu *single step mode* dan *slew mode*. Pada mode single step atau disebut juga *bidirectional mode*, frekuensi langkah cukup rendah sehingga memungkinkan rotor berhenti pada antara setiap langkah, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.14 yang menampilkan grafik posisi terhadap waktu dalam operasi single step. Pada setiap langkah, motor menggerakkan sudut tertentu lalu berhenti. Jika beban motor terlalu kecil, terjadi *overshoot* (lonjakan) dan osilasi pada akhir setiap langkah, seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 2.16. Posisi dan waktu untuk singel – step mode motor stepper

Keuntungan utama dari operasi singel-step adalah bahwa setiap langkah tidak bergantung pada langkah yang lain. Artinya, motor dapat berhenti secara pasti (*dead stop*) atau bahkan berubah arah kapan saja. Hal ini memberikan kontrol yang instan dan sempurna kepada controller dalam mengoperasikan motor. Selain itu, terdapat ketepatan bahwa controller tidak akan kehilangan jumlah langkah (*count*) dan tentu saja posisi motor, karena setiap langkah telah ditetapkan secara tepat. Namun, kelemahan dari mode *singel-step* adalah gerakannya relatif lambat dan tidak halus, terasa berombak. Kecepatan operasi dalam mode *singel-step* biasanya sekitar 5 langkah per detik, yang berarti menghasilkan 12,5 putaran per menit.

## 2.5 Mikrokontroler

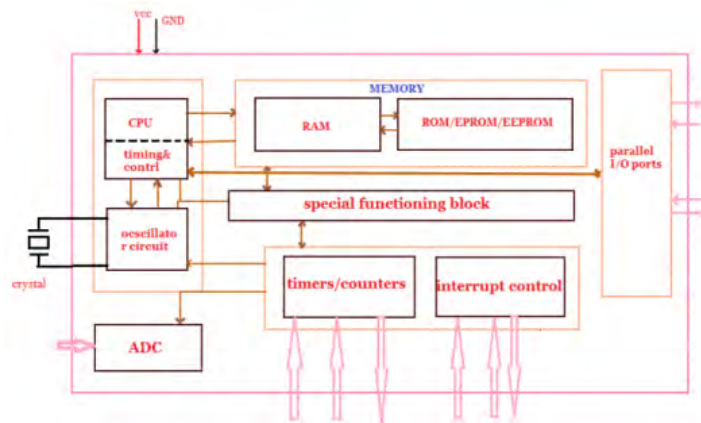
Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang terdapat dalam sebuah chip. Di dalamnya terdapat inti prosesor, memori seperti RAM, memori program, atau keduanya, serta perangkat masukan dan keluaran. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah alat elektronika digital yang memiliki masukan, keluaran, dan kendali, serta bisa diatur dengan program yang dapat ditulis dan dihapus secara khusus.

Cara kerja mikrokontroler adalah dengan membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan komputer kecil yang terletak dalam satu chip, digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, dengan menekankan efisiensi dan biaya yang efektif. Secara harfiah, mikrokontroler bisa disebut sebagai "pengendali kecil", karena sistem elektronik yang sebelumnya memerlukan banyak komponen seperti IC TTL dan CMOS dapat dikurangi dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler.

Meski mikrokontroler bisa digunakan untuk berbagai tujuan, dalam aplikasi biasanya hanya digunakan untuk satu fungsi tertentu.

Mikrokontroler dapat dianggap sebagai chip komputer sejati, karena dalam satu chip sudah terdapat ROM, RAM, port paralel, port serial, counter, dan timer.

Diagram blok dari mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.17. Diagram blok mikrokontroler

Penjelasan singkat mengenai blok diagram microcontroller pada gambar 2.10 diatas adalah sebagai berikut:

1. CPU (*Central Processing Unit*) merupakan bagian inti dari sebuah mikrokontroler. Tugas CPU adalah mengambil setiap instruksi yang berupa kode, menerjemahkannya menjadi bahasa mesin, dan kemudian menjalankannya. Selain itu, CPU juga bekerja untuk menghubungkan berbagai komponen dalam mikrokontroler ke dalam sistem yang lebih luas.
2. Memory berfungsi untuk menyimpan instruksi dan data dari suatu program. Mikrokontroler umumnya dilengkapi dengan berbagai jenis memori seperti RAM, ROM/EPROM/EEPROM, serta memory flash.
3. Port input/output paralel digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler dengan perangkat eksternal yang dibutuhkan dalam sistem. Contohnya adalah LED, layar LCD, motor servo, modul sidik jari, serta perangkat lainnya.
4. Port serial digunakan untuk melakukan komunikasi serial antara mikrokontroler dengan perangkat lainnya, mirip dengan fungsi port paralel.

5. Timer dan counter merupakan fitur penting dalam mikrokontroler. Mikrokontroler biasanya memiliki lebih dari satu timer dan counter. Fungsi utama dari timer dan counter meliputi pengaturan clock, modulasi, pembangkitan pulsa, pengukuran frekuensi, pembuatan osilasi, dan berbagai kegunaan lainnya.

ADC (*Analog to Digital Converter*) berperan untuk mengubah sinyal analog menjadi bentuk digital. Konversi ini dilakukan agar hasilnya dapat ditampilkan dalam bentuk digital, seperti dalam pengukuran suhu yang kemudian ditampilkan pada layar LCD.

6. Kontrol interupsi digunakan untuk menghentikan atau memutus jalannya program dalam keadaan tertentu. Kontrol interupsi terdiri dari dua jenis, yaitu interupsi internal (melalui instruksi) dan interupsi eksternal (melalui pin khusus).
7. Blok fungsi khusus merupakan bagian tambahan dalam mikrokontroler yang dirancang untuk keperluan tertentu. Tidak semua mikrokontroler memiliki bagian ini. Salah satu mikrokontroler yang paling umum digunakan saat ini adalah Arduino. Arduino merupakan platform komputasi fisik berbasis mikrokontroler sederhana dengan sistem open-source. Hardwarenya menggunakan prosesor Atmel AVR, sedangkan softwarenya menggunakan bahasa pemrograman C++ Arduino.

## 2.6 Mesin Las MIG ( *Metal Inert Gas* )

Las MIG adalah metode pengelasan yang menggunakan gas nyala yang dihasilkan dari busur nyala listrik, dimana gas tersebut berfungsi sebagai pencair

untuk metal yang dilas serta metal penambah. Metode ini juga dikenal dengan nama *Solid Wire*. Untuk mencegah terjadinya oksidasi, digunakan gas pelindung berupa gas inert, CO<sub>2</sub>, dan Argon 21. Selain itu, alat *Wire Feeder* berfungsi untuk memutar elektroda dan menjulur keluar saat proses pengelasan berlangsung. Las MIG digunakan untuk mengelas besi atau baja, sedangkan gas pelindung yang digunakan adalah karbon dioksida CO<sub>2</sub>. Gas pelindung tersebut bisa berupa argon, helium, atau bisa juga dicampur keduanya. Untuk menetapkan busur, kadang di tambahkan gas O<sub>2</sub> dengan kadar 2% sampai 5% atau CO<sub>2</sub> dengan kadar 5% sampai 20%. Dengan banyaknya penggunaan las MIG sangat menguntungkan, karena hal-hal yang disebabkan oleh pengelasan ini sangat baik.



Gambar 2.18. Proses las MIG

### 2.6.1. Peralatan Las MIG

#### 1. Mesin las

Mesin induk atau mesin utama yang memiliki komponen – komponen listrik yang menjadikannya sebagai alat multifungsi.

#### 2. Gulungan kawat las

Gulungan kawat atau tembaga yang dimasukkan kedalam ruang di dalam mesin las. Di dalam mesin las tersebut terdapat mesin penarik yang

mengatur kecepatan keluarnya kawat per cm.

### 3. Welding gun

Alat keluarnya kawat jika di tekan dan didekatkan ke benda kerja.

## 2.7 Proses pemesinan

Pada pembuatan terutama dalam bidang teknik terdapat proses tahapan machining yaitu proses pemesinan yang melibatkan penggunaan beberapa mesin sebagai pendukung pengerjaan pada objek yang di buat. Proses *machining* bekerja memproses beberapa bagian pada komponen yang akan di buat suatu produk akhir dengan cara pemotongan, penyayatan serta penyambungan antara logam. Pada prosespemesinan dalam pembuatan di butuhkan penggunaan mesin yang sesuai dengan kebutuhan pengerjaan untuk setiap komponen nya.

Proses pemesinan terbagi menjadi dua jenis yaitu secara otomatis dan secara konvensional. Mesin yang memiliki sistem kerja otomatis yang bisa bekerja dengan sendirinya di kontrol dengan adanya sistem kontrol dari komputer yang telah di program, atau mesin konvensional yang masih menggunakan operator sebagai penggerak manualnya. Mesin konvensional dan otomatis ini di butuhkan pada proses machining sebagai alat yang berfungsi mengerjakan komponen yang di buat menjadi barang jadi.

Proses machining tersebut di lakukan sesuai dengan ketentuan yang di gunakan seperti jumlah ukuran dan bentuk sehingga membantu proses pembuatan dalam pengerjaan setiap komponennya menjadi lebih mudah dan menghasilkan hasil akhir yang baik (Erdani, Y., & Tovani, I. 2023).

### 2.7.1 Mesin Konvensional

Mesin yang masih dioperasikan secara manual dan masih menggunakan manusia sebagai operator untuk proses bekerjanya merupakan mesin konvensional. Penggunaan keterampilan manual dan pengalaman dari operator merupakan kunci dasar dalam mengoperasikan mesin konvensional. Mesin konvensional di gunakan dalam industri teknik, workshop, bahkan pendidikan teknik sebagai bentuk kebutuhan pengerjaan sederhana dan tidak membutuhkan biayaoperasional yang cukup besar (Nurrohkayati, A. S. 2023).

Dalam proses pemesinan konvensional kekurangan yang sering terjadi yaitu waktu pengerjaan yang kurang efisien, hasil kualitas akhir yang dapat tidak sesuai dan kurang bagus karena menggunakan manusia sebagai operator pengerjaan nya dan hasil produksi yang tidak bisa melebihi jumlah maksimal karena kondisi lelah yang terjadi pada operator di bandingkan mesin yang bekerja secara otomatis.

Mesin yang termasuk dalam proses pemesinan konvensional yang di gunakan dalam pembuatan alat uji impak tekanan maksimum 10 bar ini antara lain yaitu mesin bubut, mesin bor, mesin gergaji potoong, mesin las serta mesin konvensional lainnya dalam proses pemesinan yang masi dioperasikan secara manual menggunakan tenaga manusia sebagai operatornya Adapun mesin konvensional yang di gunakan dalam peneliltianini yaitu :

#### 1. Mesin Bubut

Mesin bubut atau Turning Machine adalah mesin yang dalam proses

kerjanya bergerak memutar benda kerja pada sumbu putar dan menggunakan alat potong (pahat bubut) yang bergerak translasi dengan sumbu putar dari benda kerja sebagai penyayat. Material yang akan di bentuk atau yang di sebut benda kerja di ikat pada chuck (pengikat) yang terpasang pada sumbu putar untuk di lakukan pemakanan benda kerja menggunakan pahat bubut sesuai bentuk dan ukuran yang di perlukan. Gerakan putar dari benda kerja di sebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat di sebut gerak umpan. Mesin bubut memiliki beberapa jenis model menurut spesifikasinya antara lain yaitu mesin bubut horizontal, mesin bubut vertikal serta kategori mesin bubut ringan dan berat. Mesin bubut tersebut di gunakan sesuai dengan kebutuhan pengerjaan dan menyesuaikan bentuk dari benda kerjanya (Idris, M. 2023).

Mesin bubut di sebut mesin perkakas karena merupakan salah satu jenis alat yang di gunakan dalam proses pemesinan untuk memotong, membentuk dan mengolah material. Mesin bubut yang di gunakan yaitu mesin bubut *horizontal* jenis Konvensional yaitu mesin bubut yang di operasikan dengan secara manual. Mesin bubut ini dapat berfungsi untuk membubut rata (silindris), pembubutan bagian tepi benda kerja (*facing*), pembubutan tirus, ulir, alur, pembubutan lubang/pegeboran dan jenis pembubutan lainnya. Dalam proses pembubutan secara umum, terdapat tiga parameter utama yaitu kecepatan potong (*Cutting Speed*), gerak pemakanan (*Feeding*), dan kedalaman potong (*Depth of Cut*). Faktor-faktor lain seperti jenis bahan benda kerja, alat yang digunakan, serta putaran spindle ( $n$ ) juga mempengaruhi hasil akhir benda kerja setelah selesai proses pembubutan, seperti yang dikemukakan oleh Saputra (A., Fazhari, S.,

2023).

Proses pembubutan yang di lakukan dalam pembuatan mesin 3d printer ini di lakukan dengan membentuk dan membubut penyesuaian ukuran pada bagian komponen ball screw dan rangka aluminium v slot.



Gambar 2.19. Mesin bubut

## 2. Mesin bor

Mesin bor duduk adalah jenis mesin yang memiliki gerak memutarakan alat potong atau yang di sebut mata bor untuk melakukan pemakanan pada benda kerja yang di bor sehingga menghasilkan bentuk lubang. Mesin bor adalah mesin pembuat lubang dengan cara menekan mata bor yang berputar pada bagian mesin bor kemudian di arahkan pada benda kerja yang akan di lubangi. Pada mesin bor gerak utamanya adalah putaran mata bor dan gerak penghantar adalah naik turunnya mata bor itu sendiri. Gerakan putaran pada mata bor di hasilkan oleh motor listrik yang merubah energi listrik menjadi mekanik. Bor duduk adalah jenis mesin bor yang memiliki desain tetap dengan meja kerja yang dapat diatur tinggi serta gerakan mejanya menyesuaikan benda kerja (Difqi, D. F. U., 2023).



Gambar 2.20. Mesin Bor

Proses pengeboran dilakukan untuk membuat lubang sesuai dengan ukuran yang diinginkan dapat diatur dengan memilih ukuran pada mata bor. Ukuran mata bor yang digunakan menggunakan satuan mm dengan bentuk ujung yang tajam dan lekukan spiral untuk mempermudah sampah hasil sayatan keluar. Pengeboran pada bor duduk memiliki variasi kecepatan yang dapat diatur dalam mengebor sesuai dengan jenis bahan yang akan di bor, kecepatan putar tinggi dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas sedangkan kecepatan putaran rendah digunakan untuk pengeboran material keras atau untuk mendapatkan hasil permukaan yang lebih baik, dengan mengurangi risiko kerusakan pada mata bor dan benda kerja.

Tahapan machining pada proses pengeboran dalam membuat mesin 3d printer ini digunakan untuk melubangi bagian-bagian tertentu pada komponen yang akan digunakan. Bentuk lubang dari hasil pengeboran digunakan sebagai tempat dudukan baut yang berfungsi untuk pengikat dan penyambung antara satu komponen dengan komponen lainnya. Sambungan atau pengikat yang

mengunakan baut pada lubang yang telah di bor bersifat tidak tetap atau dapat di buka pasang. Pengeboran untuk menghasilkan lubang ini di lakukan pada komponen rangka aluminium v slot yang berfungsi sebagai rangka dari mesin 3d prit yang akan di buat dan komponen lainya yang memerlukan bentuk lubang. Mesin bor dapat di lihat pada gambar 2.23.

### 3. Mesin Las

Pengelasan adalah proses menghubungkan dua logam atau lebih menjadi satu bagian dengan cara memanaskan logam tersebut hingga mencapai titik leleh, sehingga dapat menyatu membentuk sambungan yang kuat. Proses ini bisa dilakukan dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan, di mana panas berperan sebagai media untuk melelehkan bagian logam yang akan disambung. (Ritonga, A. S. 2018)

Dalam proses mesin las terdapat beberapa jenis pengelasan yang di gunakan,di antaranya yaitu:

#### 1. Mesin Las Listrik

Mesin las listrik adalah mesin las yang menggunakan arus listrik untuk menghasilkan panas yang di perlukan untuk mencairkan dan menyambung material. Mesin las listrik menggunakan elektroda dalam proses penyambungannya. Elektroda berfungsi sebagai pembakar, sehingga membuat busur las menyala dan menyambungkan antara logam yang akan di sambung.

Pada jenis mesin las listrik terdapat ampere yang berfungsi untuk mengetahui arus listrik yang mengalir pada mesin las, fungsi dari ampere ini

adalah proses peleburan pada elektroda. Semakin tinggi arus yang di berikan maka akan semakin cepat elektroda melebur. Pengaturan ampere dan penggunaan jenis elektro dalam mempengaruhi hasil dari pengelasan.

Cara kerja dari mesin las listrik ini adalah aliran listrik yang bertumpu pada busur listrik menghasilkan energi panas kemudian elektroda yang terpasang mencairkan logam dasar dan mencair serta bercampur dengan bahan yang di las sehingga menghasilkan terak las atau bentuk sambungan las saat logam cair mendingin dan mengeras. Mesin Las listrik dapat di lihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.21. Mesin las listrik

#### 4. Gergaji Mesin

Gergaji mesin memiliki kelebihan pada hasil pemotongan yang lebih halus dan pengerjaan pemotongan yang memakan waktu lebih efisien. Gergaji mesin di gunakan pada pemotongan benda kerja dengan beban kerja yang lebih berat atau biasanya benda kerja yang memiliki diameter cukup besar dan memiliki karakteristik bahan yang keras.. Mesin gergaji potong di ciptakan secara otomatis agar suhu panas dari hasil pemotongan tidak mempengaruhi struktur logam pada benda yang di potong dan bekerja pada waktu pemotongan yang lebih efisien di

banding pemotongan manual.



Gambar 2.22. Gergaji mesin

### 2.7.2 Mesin Otomatis

Otomatisasi merupakan bentuk penggantian tenaga manusia dengan tenaga mesin yang memiliki kelebihan dapat bekerja dan melakukan pengaturan dengan sendirinya tanpa memerlukan tenaga manusia sebagai penggerakannya. Mesin otomatis adalah suatu mesin yang memiliki sistem pengontrolan yang memungkinkannya dapat melakukan suatu tugas tanpa perlu dioperasikan secara terus-menerus oleh operator. Mesin otomatis merupakan suatu rangkaian teknologi yang bertujuan untuk merubah kegiatan yang bersifat manual menjadi otomatis untuk berfungsi mempercepat suatu proses pengerjaan, memiliki hasil produksi yang lebih berkualitas serta kuantitas produksi yang lebih baik (Kaunang, F. J. 2019).

NC (*computer numerical controlled*) atau yang di kenal sebagai mesin CNC adalah mesin yang di kontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa

numerik seperti data perintah yang berisi kode angka, huruf, dan simbol sesuai dengan standard ISO. Mesin CNC memiliki dua atau lebih arah gerakan *tool* yang di sebut dengan sumbu atau *axis*. Gerakan pada *axis* antara lain linier (garis lurus) atau gerakan *circular* (yang merupakan lintasan melingkar). Sumbu pada gerakan linier adalah X, Y, dan Z sedangkan pada nama *axis* pada gerakan *circular* adalah A, B, dan C (Amala, M., 2014).

### 1. CNC Turning Machine

Mesin bubut CNC atau *CNC Turning Machine* merupakan mesin bubut yang bekerja secara otomatis dengan di kendalikan oleh sistem *control* pada komputer yang di program secara abstrak dan di simpan di media penyimpanan dengan prinsip kerja yang di operasikan oleh prosesor untuk menghasilkan pengaturan motor servo pada mesin untuk menggerakkan perkakas yang bergerak menghasilkan proses pemakanan pada benda kerja. Program otomatis pada mesin bubut CNC di kenal sebagai *G-Code* atau kode yang di gunakan untuk mengoperasikannya menggunakan kode G dan M. Pada program mesin bubut CNC kode G memiliki arti geometri sehingga kode G lebih berhubungan dengan perintah perintah geometrik pada mesin seperti arah gerakan pahat, satuan input lainnya, sedangkan pada kode M berfungsi untuk pengaturan mesin seperti pada pergerakan spindle, pengaliran *coolant* dan lainnya.

Prinsip kerja mesin bubut CNC sama dengan mesin bubut konvensional dimana sumbu bergerak melintang serta horizontal dengan sistem koordinat sumbu X dan Y. Sistem kerja mesin bubut CNC dan konvensional juga memiliki kesamaan dimana benda kerja yang di cekam bergerak berputar dan pahat bubut

menyayat benda kerja. Mesin bubut CNC dan konvensional sama-sama mengerjakan proses pembubutan pada jenis pembutan rata, bertingkat, ulir, alur, tirus, pengeboran dan lainnya. Pengerjaan pada mesin bubut CNC lebih menghasilkan hasil pembubutan yang lebih presisi dan kuantitas yang lebih baik (RAMADANA, N. I. 2023). Mesin bubut CNC dapat di lihat pada gambar 2.21.



Gambar 2.23. Mesin Bubut CNC

## 2. CNC Frais

Mesin milling CNC atau Frais adalah jenis mesin yang bekerja secara otomatis dengan adanya sistem kontrol yang telah di program dengan sistem *Computer Numerical Control*. Mesin Frais bekerja menggunakan alat potong yang berputar pada kecepatan tertentu yang dapat di atur sesuai penggunaan untuk membentuk bidang permukaan pada benda kerja. Proses frais menghasilkan pemotongan pada permukaan yang datar, dan berbentuk profil pada ukuran yang di tentukan serta kualitas permukaan dan kehalusan benda kerja sesuai ketentuan (Budiyanto, E., 2020).

Pada mesin frais CNC motor yang di gunakan adalah *motor servo ac*. Motor servo ac di kendalikan oleh program komputer untuk melakukan perintah yang telah terprogram sedangkan mesini Frais konvensional menggunakan motor listrik induksi ac sebagai penggerak nya. Sistem kerja mesin frais cnc dan mesin bubut cnc berbeda dimana pada mesin frais benda kerja diam dan pahat potong yang bergerak sedangkan dalam mesin bubut benda kerja bergerak dan pahat dalam posisi diam. Berdasarkan jenis pahat dan arah pemotongan mesin frais di kelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu mesin frais vertikal untuk pemotongan pada arah vertikal, horizontal khusus untuk pemotongan horizontal dan mesin frais serba guna (*multipurpose*) yang dapat di gunakan secara vertikal maupun horizontal (Hafidz, A. 2008). Mesin frais CNC dapat di lihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.24. Mesin Frais CNC

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1 Waktu Penelitian

Adapun waktu dan penelitian di mulai sejak di keluarkannya surat keputusantugas akhir dan penentuan dosen pembimbing sampai perkiraan jadwal tugas akhir seperti terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Rencana Jadwal Penelitian Tugas Akhir

Aktivitas	Tahun 2025							
	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt
<b>Pengajuan judul</b>								
<b>Penulisan proposal</b>								
<b>Seminar proposal</b>								
<b>Proses penelitian</b>								
<b>Pengelolaan data</b>								
<b>Penyelesaian laporan</b>								
<b>Seminar hasil</b>								
<b>Evaluasi dan persiapan sidang</b>								
<b>Sidang sarjana</b>								

##### 3.1.2 Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area Kampus 1, Jalan Kolam.

## 3.2 Bahan dan Alat

### 3.2.1. Bahan

Bahan yang di gunakan dalam pengujian ini adalah :

#### 1. Aluminium V Slot

Aluminium v slot ini di gunakan sebagai rangka karena memiliki desain konstruksi yang ringan dan kokoh vertikal maupun horizontal seperti gambar 3.1.



Gambar 3.1. Aluminium v slot

#### 2. Rail Guide

Sebagai jalur penuntun atau panduan bagi pergerakan komponen mekanis dalam sistem linear. Komponen ini memastikan gerakan yang stabil, presisi, dan minim gesekan. Dengan menggunakan *rail guide*, beban dapat didistribusikan dengan merata, meningkatkan akurasi dan daya tahan mekanisme.



Gambar 3.2. Rail guide

### 3. *Ball Screw*

Ball screw adalah mekanisme transmisi gerak yang mengubah gerak rotasi menjadi gerak linier atau sebaliknya, dengan efisiensi tinggi. Alat ini terdiri dari batang berulir (*screw*) dan mur (*nut*) yang di dalamnya terdapat bola-bola baja sebagai elemen penggelinding. Bola-bola ini mengurangi gesekan antara *screw* dan *nut*, sehingga menghasilkan gerakan yang presisi, halus, dan membutuhkan tenaga yang lebih kecil dibanding mekanisme ulir biasa.



Gambar 3.3. *Ball Screw*

#### 4. Motor Stepper

Motor stepper ini digunakan sebagai penggerak utama mesin yang memutar ball screw untuk menggerakkan sumbu x y z.



Gambar 3.4. Motor Stepper

#### 5. Power Supply

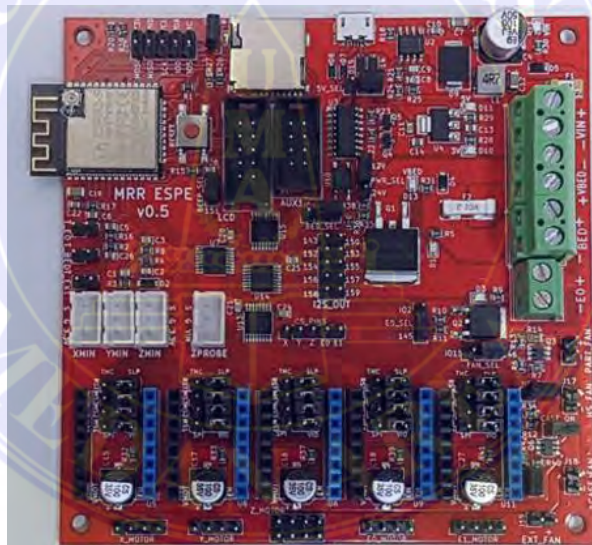
Power supply digunakan untuk memberikan catu daya utama pada rangkaian listrik mesin.



Gambar 3.5. Power supply

## 6. Board 3D Printer

Board 3D printer berfungsi sebagai pusat kendali utama yang mengatur seluruh operasi printer 3D. Board ini mengontrol gerakan motor stepper, pemanasan nozzle, serta menerjemahkan G-code dari desain 3D menjadi perintah untuk menggerakkan komponen printer dengan presisi, memastikan setiap lapisan dicetak dengan akurat. Komponen penting lainnya, seperti *driver* motor dan konektor untuk komponen eksternal, juga terintegrasi pada board ini.



Gambar 3.6. Board 3D printer

## 7. Baut

Baut adalah komponen yang di gunakan dalam bidang teknik. Baut merupakan pengikat berulir yang di gunakan sebagai penyambung ataupun pengikat pada lubang yang telah di tentukan.



Gambar 3.7. Baut

### 3.2.2. Alat

Adapun alat yang di gunakan dalam proses pembuatan mesin 3d printer dengan kapasitas cetakan minimal 200 mm x 200 mm x 200 mm yang mampu mencetak produk berbahan logam yaitu :

#### 8. Mesin bubut

Mesin bubut digunakan untuk membubut bagian komponen yang perlu mendapatkan perubahan bentuk dan ukuran. Mesin bubut yang di gunakan adalah tipe YAM panjang benda kerja 750 mm, *swing* 350mm, dan lubang spindle 45mm.



Gambar 3.8. Mesin Bubut Konvensional

## 9. Mesin Sekrap

Mesin sekrap di gunakan untuk meratakan permukaan benda kerja .  
Mesin ini memiliki panjang langkah 600 mm dan kapasitas daya mesin 3.2 Kw.



Gambar 3.9. Mesin sekrap

## 10. Mesin Bor

Mesin bor yang di gunakan adalah mesin bor duduk merk *Westco* dengan daya 550W, kapasitas bor 16 mm, dan kecepatan 3,300 rpm.



Gambar 3.10. Mesin Bor Kapasitas 16 mm

## 11. Mesin *Hacksaw*

Mesin gergaji atau *hacksaw machine* adalah alat pemotong yang di gunakan dalam pemotongan bahan. Mesin gergaji yang di gunakan ukuran 16 inch dengan menggunakan ukuran mata gergaji 18 gigi per inci.



Gambar 3.11. Mesin Hacksaw 16 Inch

### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang di gunakan dalam penelitian ini, yaitu termasuk ke dalam metode membangun dan merakit. Metode membangun dan merakit merupakan bagian penting pada pembuatan. Metode ini di lakukan pada proses pembuatan mesin 3d printer las mig sehingga bisa mengetahui apa saja yang di lakukan pada proses pembuatan dan perakitanya serta bagaimana cara menganalisis ekonomis material yang di gunakan.

Sistematika pada metode penelitian ini antara lain :

1. Mengumpulkan informasi mengenai alat dan bahan yang akan di buat.
2. Menyiapkan segala alat dan bahan yang di butuhkan.
3. Melakukan proses pembuatan dan perakitan dengan mengidentifikasi gambar kerja dan melewati proses machining.
4. Melakukan proses penjoinan komponen dan finishing pembuatan pada tahap akhir.
5. Melakukan pengujian alat.
6. Melakukan analisa pada hasil pembuatan.

### 3.3.1 Populasi Dan Sampel

Populasi dan Sampel pada penelitian ini terdiri dari beberapa kategori dan bahan material yang di gunakan sebagai komponen alat uji. Populasi dan sampel ini di ambil sebagai data yang menjelaskan jenis bahan, jumlah dan ukuran yang di gunakan. Tujuan pada populasi dan sampel ini di buat untuk mengetahui jumlah keseluruhan dan keterangan pada setiap satuan atau individu yang karakteristik nya akan di teliti. Adapun tabel pada populasi dan sampel pembuatan mesin 3d printer las mig dapat di lihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Tabel Populasi

No	Deskripsi	Bahan / Ukuran	Jumlah
1	Rangka Aluminium V Slot	Aluminium 6063	6
2	Rail Guide	Stainless 304	6
3	Ball Screw	Stainless 304	6
4	Motor Stepper	Nema 23	4
5	Power Supply	Aluminium	1
6	Board 3D Printer	PCB Fiber	1
7	Baut	Baja Krabon	50

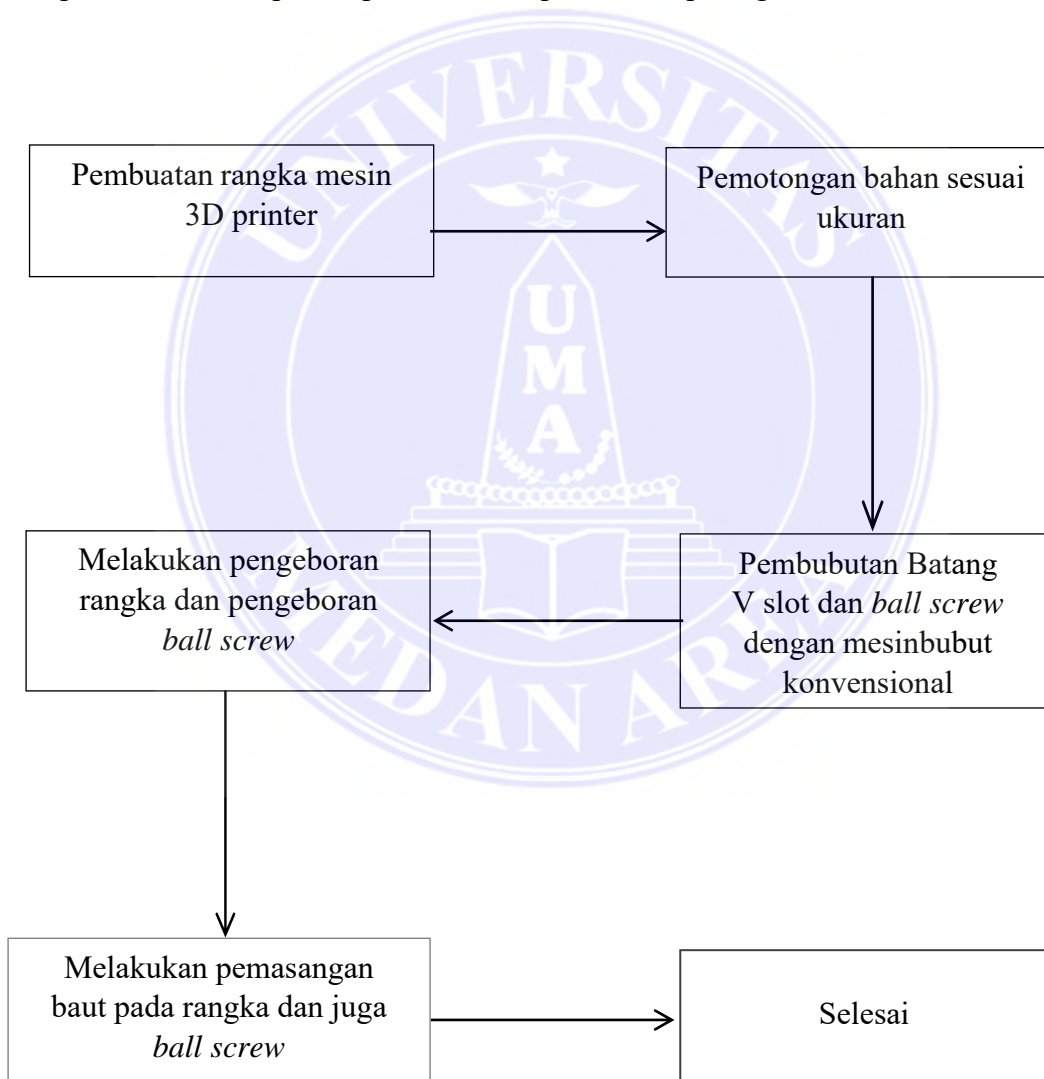
### 3.4 Prosedur Kerja

Berikut adalah prosedur kerja yang di laksanakan :

1. Langkah pertama, mengidentifikasi pada gambar racangan sebagai informasi yang akan di lakukan pada pembuatan
2. Langkah Kedua, menyiapkan alat dan bahan yang di butuhkan.
3. Langkah Ketiga, melakukan proses pembuatan dan perakitan sesuai dengan prosedur yang di tentukan.
4. Langkah keempat, Setelah melakukan dan menyelesaikan proses pembuatan dan perakitan, kemudian melakukan proses finishing sebagai tahap akhir pembuatan.
5. Langkah Terakhir, melakukan pengujian dan perbaikan, apakah alat yang di buat sudah berfungsi dengan baik.

### 3.4.1 Proses Pembuatan

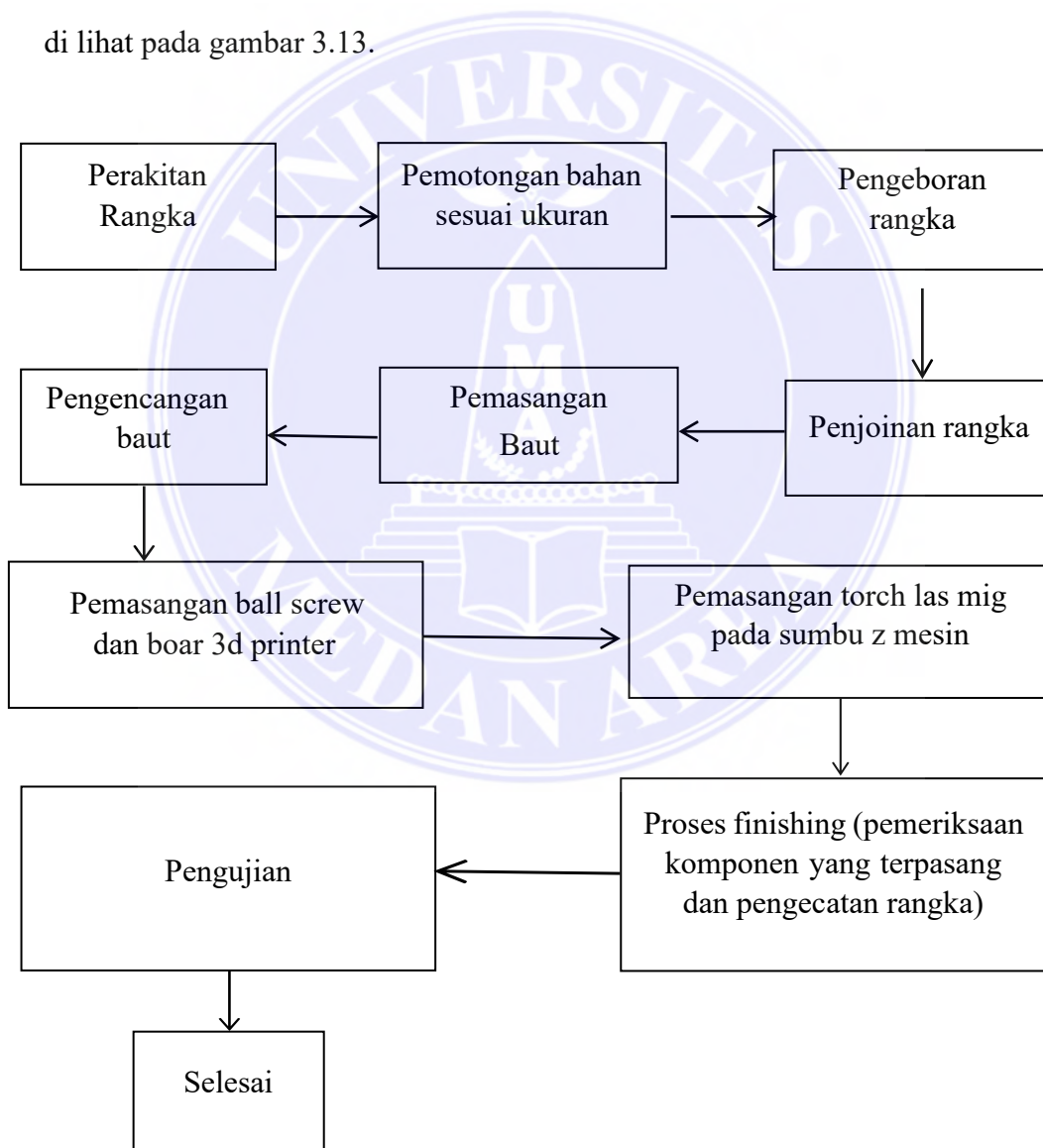
Pada proses pembuatan ini merupakan kegiatan menciptakan produk jadi dengan menggunakan bahan material yang telah sediakan. Pembuatan ini menggunakan mesin perkakas sebagai alat dari proses machining. Adapun proses pembuatan ini di lakukan untuk membuat batang striker dan batang penerus. Urutan proses pembuatan dapat di lihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12. flowchart proses pembuatan Rangka dan Ball screw

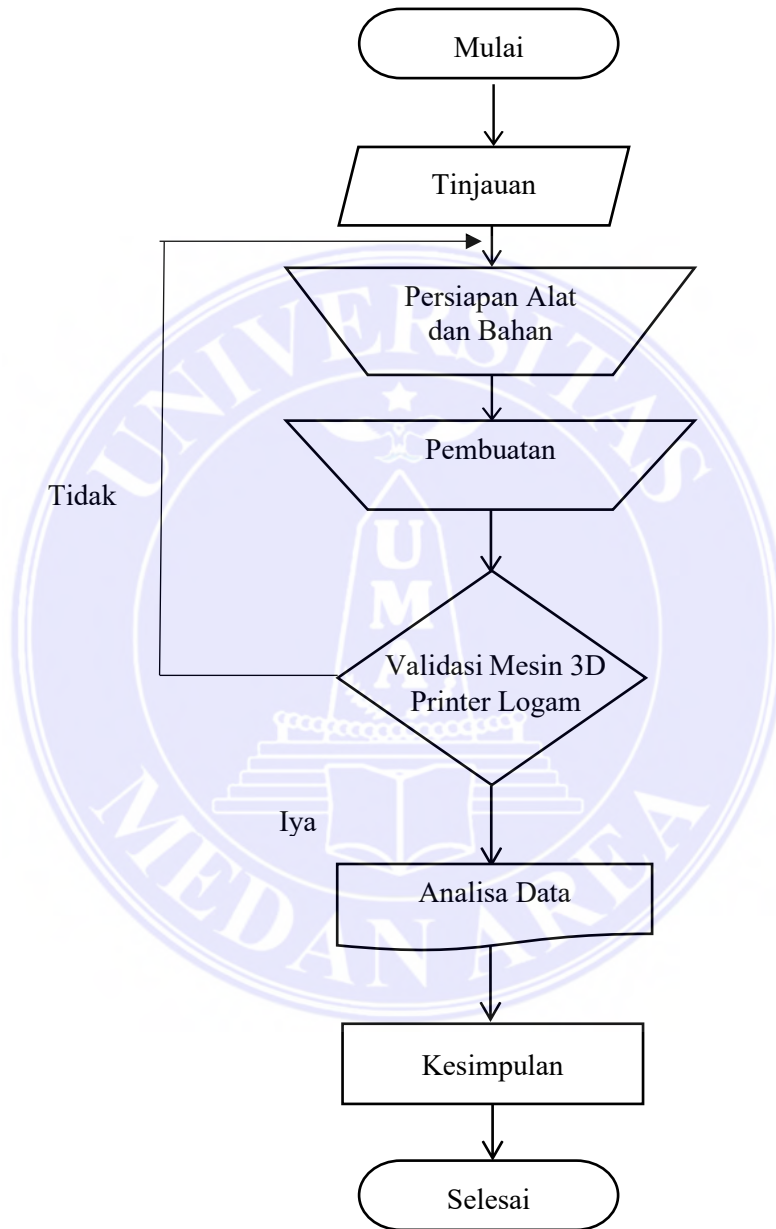
### 3.5 Proses Perakitan

Proses perakitan bertujuan untuk menggabungkan antara satu bagian dengan bagian yang lainya agar menjadi hasil yang utuh. Perakitan ini di lakukan mulai dari bagian yang paling mendasar yaitu mulai dari perakitan bagian rangka sampai perakitan komponen lainya hingga tahap akhir. Proses perakitan ini dapat di lihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13. Flowchart Proses Perakitan

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.14. Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

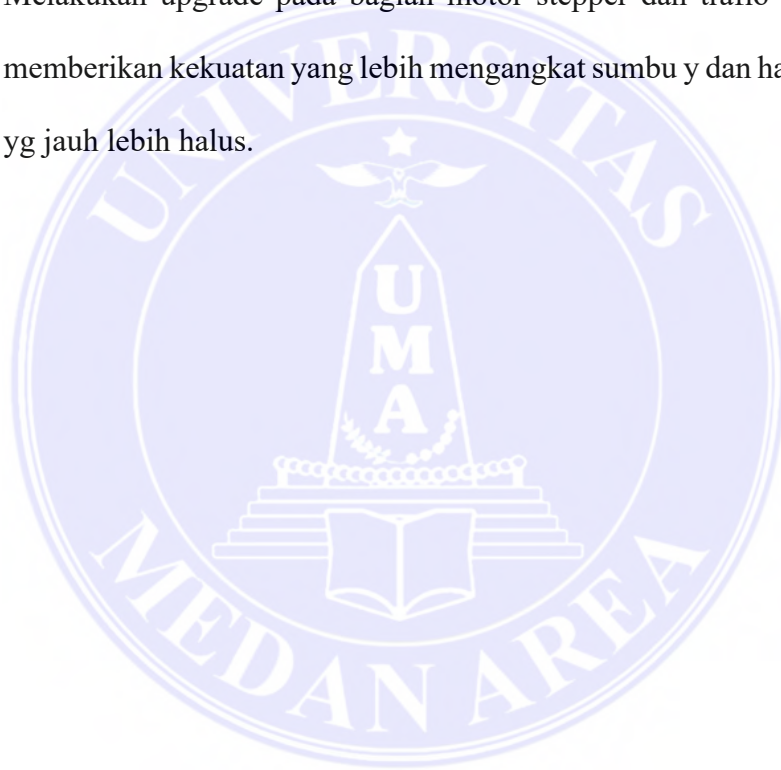
Berdasarkan hasil penelitian tentang pembuatan mesin 3D printer logam dengan kapasitas cetak minimal  $200 \times 200$  mm, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pembuatan mesin 3D printer logam telah berhasil dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, yaitu perancangan, pemesinan, perakitan, dan pengujian. Mesin yang telah dibuat mampu berfungsi sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan, dan memiliki area cetak sebesar  $200 \times 200$  mm.
2. Dalam analisis pemilihan konsep, konsep ketiga terpilih sebagai konsep yang paling tepat. Hal ini dikarenakan konsep tersebut memiliki rangka berbahan aluminium yang kuat, sistem gerak menggunakan motor stepper, serta metode mencetak berbasis kawat las MIG yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.
3. Dalam analisis biaya, total pengeluaran yang dikeluarkan sebesar Rp 13.885.000, angka ini sesuai dengan perkiraan awal (Rp 11–15 juta) dan jauh lebih murah dibandingkan mesin 3D printer logam yang tersedia di pasar. Hasil ini membuktikan bahwa prototipe yang dikembangkan berhasil memenuhi tujuan penelitian yaitu menghasilkan mesin 3D printer logam dengan biaya rendah yang dapat diakses oleh pelaku usaha kecil dan menengah.

## 5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang perlu disampaikan oleh penulis yaitu dijabarkan sebagai berikut.

1. Pada penelitian tahun berikutnya hendaknya mesin 3D Printer ini sudah menggunakan standart keselamatan dan perlindungan kaca dari cipratan hasil pengelasan mig uji.
2. Melakukan upgrade pada bagian motor stepper dan traflo las mig untuk memberikan kekuatan yang lebih mengangkat sumbu y dan hasil pengelasan yg jauh lebih halus.



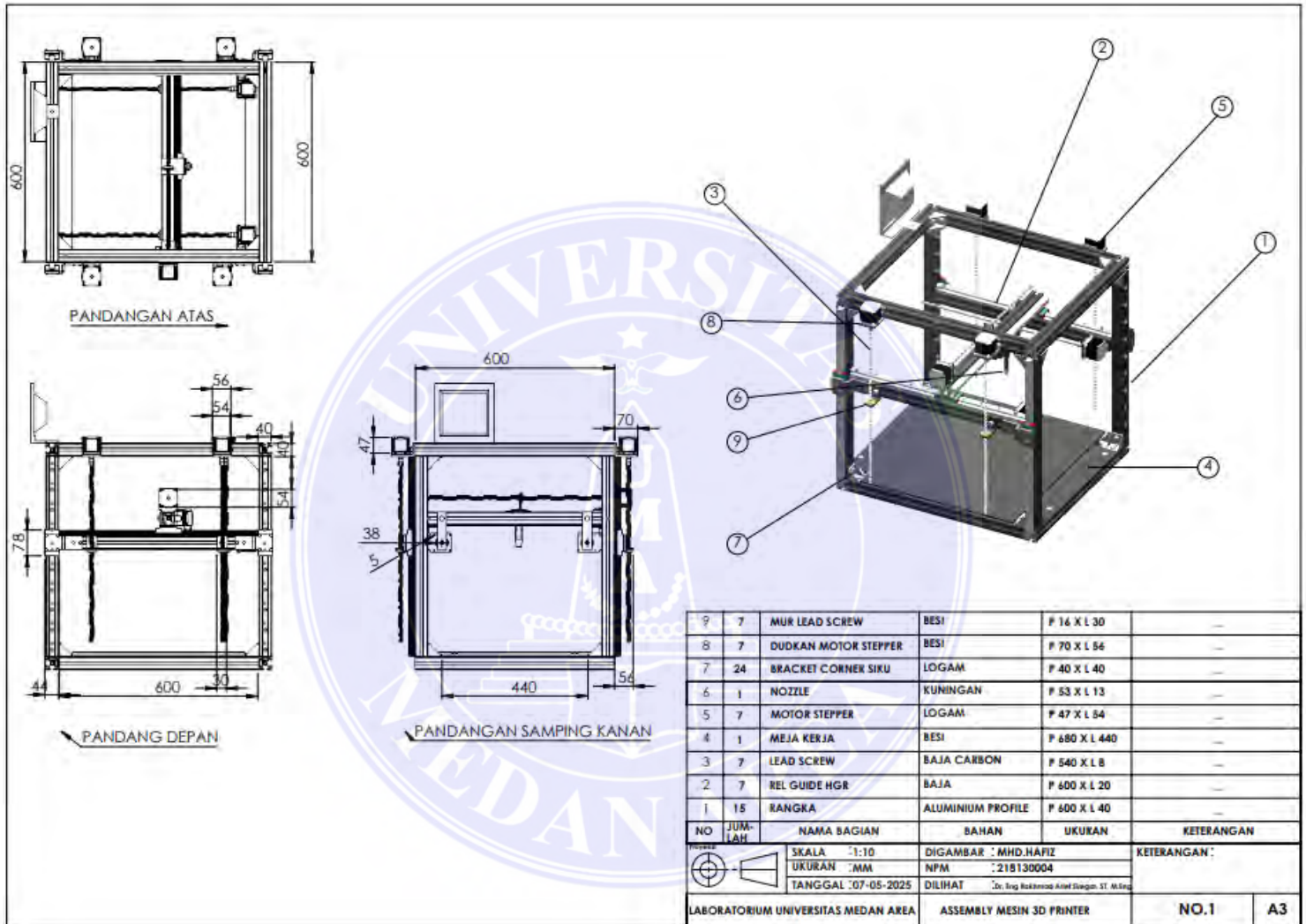
## DAFTAR PUSTAKA

- Andriyansyah, D., Kristiyono, R., Chamim, M., & Herianto, H., "Optimasi Parameter Proses 3D Printing pada Pencetakan Model Tooth Bucket menggunakan Nozzle 0,6 mm," *ROTASI*, vol. 25, no. 4, pp. 7-13.
- Daywin, F. J., Utama, D. W., Kosasih, W., & Wiliam, K. 2019. "Perancangan Mesin 3D Printer dengan Metode Reverse Engineering (Studi Kasus di Laboratorium Mekatronika dan Robotics Universitas Tarumanagara)," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 7, no. 2, pp. 79–89, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v7i2.5929>.
- Frazier, W. E. 2014. "Metal Additive Manufacturing: A Review," *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 23, pp. 1917–1928,
- Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B., 2021 *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*, 2nd/3rd Edition. Springer,
- Harja, H. B., Erfiansyah, E., Saksono, N., Febriansyah, R. A., & Fauzi, M. , 2023. "Perancangan 3D Printing Cartesian Berbasis Fused Deposition Modelling dengan Ukuran 200 x 200 x 200 mm," *Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 9, no. 1, pp. 9-16
- Kosasih, D. P., Nugraha, H. D., & Saefullah, W. A. 2021. "Perancangan Mesin 3D Printing Model Cartesian," *Jurnal Teknik Mesin ITI*, vol. 5, no. 1, pp. 29-35
- Li, Y., Su, C., & Zhu, J. 2021., "Comprehensive Review of Wire Arc Additive Manufacturing: Hardware System, Physical Process, Monitoring, Property Characterization, Application and Future Prospects," *Results in Engineering*, vol. 13, 100330,
- Muhammad, N. R. 2019. "Rancang Bangun Frame Konstruksi Modifikasi Mesin 3D Printer untuk Memperluas Area Kerja Pengerjaan," *Repository PPNS*, [Online]. Available: <http://repository.ppns.ac.id/id/eprint/2581>.
- Medellin-Castillo, H. I., & Zaragoza-Siqueiros, J., 2019. "Design and manufacturing strategies for fused deposition modelling in additive manufacturing: a review," *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, vol. 32, no. 1, pp. 1–16,
- Mulyanto, F. D., Setyoadi, Y., & Hermana, R.2022, "The Performance Analysis of The 3D Printer Corexy FDM Type With Area X= 200 Y= 200 Z= 200 mm," *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, vol. 3, no. 1, pp. 26-33,
- Prof. R.E Smallman and R.J. Bishop, *Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Suryakumar, S., Karunakaran, K. P., Bernard, A., Chandrasekhar, U., Raghavender, N., & Sharma, D. 2011., "Weld Bead Modeling and Process Optimization in Hybrid Layered Manufacturing," *Computer-Aided Design*, vol. 43, pp. 331–344,
- Sames, W. J., List, F. A., Pannala, S., Dehoff, R. R., & Babu, S. S. 2016., "The Metallurgy and Processing Science of Metal Additive Manufacturing," *International Materials Reviews*, vol. 61, pp. 315–360,

- Y. Handoyo. 2013., “Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule,” Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, vol. 1, no. 2, pp. 45–53, [Online]. Available: <https://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/jitm/article/view/735>.
- Z. Fikar, 2018. “Perancangan Alat Uji Impak Charpy Sederhana Untuk Material Logam Baja St 30,” Jurnal Mechanical Engineering, Manufacture, Material & Energy, vol. 1, no. 1, p. 1, doi:10.31289/jmemme.v1i1.1189.



## LAMPIRAN



Gambar desain 3d mesin 3d printer welding perancang





Gambar proses perakitan frame mesin 3d printer welding



Gambar proses perakitan panel mesin 3d printer welding



Gambar proses pengujian mesin 3d printer welding



Hasil pengujian mesin 3d printer welding tahap awal