

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

**SKRIPSI**

**OLEH:  
MHD.HAFIZ  
218130004**



**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 14/4/26

Access From (repository.uma.ac.id)14/4/26

**PERANCANGAN MESIN 3D PRINTER DENGAN KAPASITAS  
CETAKAN MINIMAL 200 X 200 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:**

**MHD.HAFIZ**

**218130004**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2025**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/4/26

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

Access From (repository.uma.ac.id)14/4/26

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : PERANCANGAN MESIN 3D PRINTER DENGAN KAPASITAS CETAKAN MINIMAL 200 X 200 X 200 MM YANG MAMPU MENCETAK PRODUK BERBAHAN LOGAM

Nama : MHD.HAFIZ

NPM : 21.813.0004

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



Dr. Eng. Rakhmad A. Siregar, S.T, M.Eng  
Pembimbing



Dr. E. Priatno, ST., MT  
Dekan



Dr. Iswandi, S.T, M.T  
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 dengan 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, 22 Oktober 2025



MHD.HAFIZ

218130004

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

---

---

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

Nama : MHD.HAFIZ  
NPM : 218130004  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive RoyaltFree Right)** atas karya ilmiah yang berjudul: Perancangan Mesin 3d Printer Dengan Kapasitas Cetakan Minimal 200 x 200 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, mengalih media /format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan dua (*data base*), merawat dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada Tanggal: 22 Oktober 2025  
Yang Menyatakan



(MHD.HAFIZ)

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Binjai pada tanggal 12 Februari 2004 dari ayah Mahmud dan ibu Misliyawati, penulis merupakan putra pertama dari dua bersaudara.

Pada tahun 2015 penulis lulus dari Madrasah Ibtidaiyah Nurul Huda Binjai. Kemudian, pada tahun 2018 lulus dari Madrasah Tsanawiyah Persiapan Negeri 2 Binjai, dan terakhir penulis lulus dari Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Binjai Jurusan Otomotif.

Pada Tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Pada tahun 2024 penulis Melakukan Kerja Praktek Pada PT. Kereta Api Indonesi (KAI) Pulu Brayan. Dan lulus dari Universitas Medan Area Fakultas Teknik Prodi Teknik Mesin Pada 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 perancangan 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 1 Dr. Iswandi, ST, MT selaku pembimbing saya Bapak Dr.Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST., M.Eng yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu terima kasih untuk dukungan penuh untuk penulis sampaikan kepada Orang Tua saya MAHMUD dan Misliawati 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/krins/tests ins dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



MHD.HAFIZ

218130004

## ABSTRAK

Perkembangan teknologi manufaktur aditif telah mendorong kebutuhan akan mesin 3D printer yang tidak hanya mampu mencetak dengan material polimer, tetapi juga logam untuk keperluan industri. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah mesin 3D printer yang memiliki kapasitas cetak sebesar 200 x 200 x 200 mm dan mampu mencetak produk berbahan logam. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi identifikasi kebutuhan pengguna, studi literatur, pemilihan konsep menggunakan metode *Pugh*, serta perancangan komponen mekanik berdasarkan beban kerja dan efisiensi struktur. Model *Fused Deposition Modeling (FDM)* dipilih sebagai dasar teknologi pencetakan karena keunggulannya dalam kesederhanaan mekanisme, biaya operasional rendah, dan kemudahan pengendalian. Material logam yang digunakan berupa *filament* berbasis metal *composite*, yang dicetak dengan suhu tinggi melalui *nozzle* khusus. Rangka mesin menggunakan profil aluminium 4040 untuk menjamin kekuatan dan stabilitas selama proses pencetakan. Hasil dari perancangan ini mencakup gambar teknis komponen, perhitungan kekuatan struktur, dan sistem gerak tiga sumbu (X, Y, Z) berbasis stepper motor dan mekanisme ulir. Diharapkan hasil perancangan ini dapat menjadi dasar pengembangan prototipe 3D printer logam skala kecil yang efisien, terjangkau, dan mendukung kebutuhan cetak logam presisi untuk industri kecil hingga menengah.

Kata Kunci : 3D Printer, Logam, FDM, Perancangan Mesin, Manufaktur Aditif, Metal Filament

## ABSTRACT

*The advancement of additive manufacturing technology has increased the demand for 3D printers capable of printing not only with polymer materials but also with metal for industrial applications. This study aims to design a 3D printer with a build volume of 200 mm × 200 mm × 200 mm capable of printing metal-based products. The design process includes identifying user requirements, conducting literature reviews, selecting concepts using the Pugh method, and designing mechanical components based on load analysis and structural efficiency. The Fused Deposition Modeling (FDM) method was chosen due to its mechanical simplicity, low operational cost, and ease of control. The metal material used is a metal composite filament, printed at high temperatures through a specialized nozzle. The machine frame utilizes 4040 aluminum profiles to ensure structural strength and stability during operation. The final design includes technical drawings, structural strength calculations, and a three-axis movement system (X, Y, Z) driven by stepper motors and lead screw mechanisms. This design is expected to serve as a foundation for developing a small-scale, cost-effective metal 3D printer that meets the precision printing needs of small to medium-sized industries.*

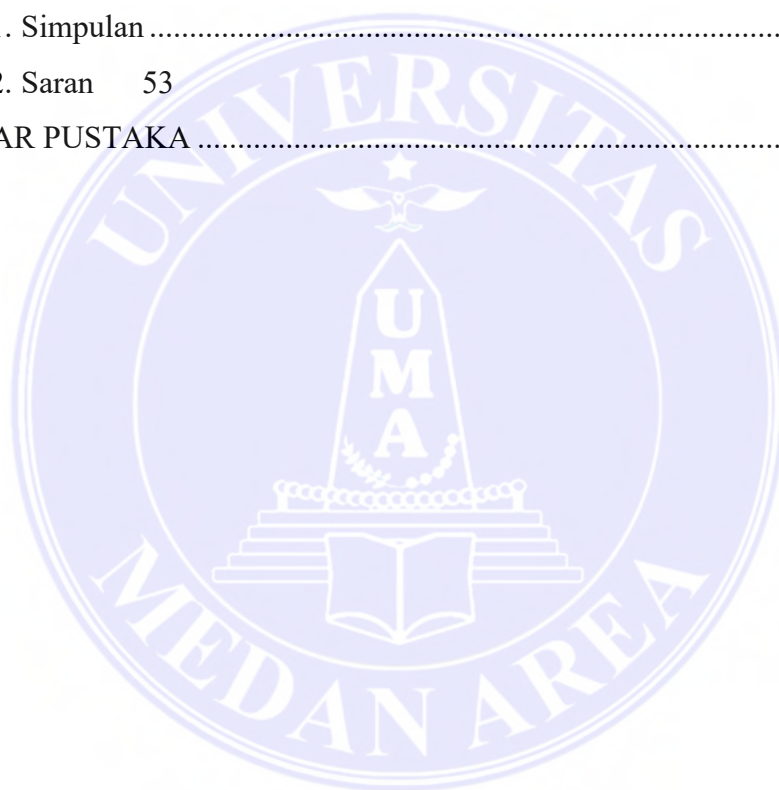
**Keywords** : *3D Printer, Metal Printing, FDM, Machine Design, Additive Manufacturing, Metal Filament*

## DAFTAR ISI

PERANCANGAN MESIN 3D PRINTER DENGAN KAPASITAS CETAKAN MINIMAL 200 X 200 X 200 MM YANG MAMPU MENCETAK PRODUK BERBAHAN LOGAM .....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR NOTASI .....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1. Perancangan Produk.....	3
2.1.1 Identifikasi Masalah .....	5
2.1.2 Pengumpulan Informasi .....	6
2.1.3 Konsep Desain .....	7
2.1.4 Evaluasi Dan Pemilihan Konsep.....	10
2.1.5 Pembuatan Prototipe .....	13
2.1.6 Alasan Pemilihan Model 3D Printer FDM.....	13
2.1.7 Perwujudan.....	15
2.1.8. Detail Gambar .....	17

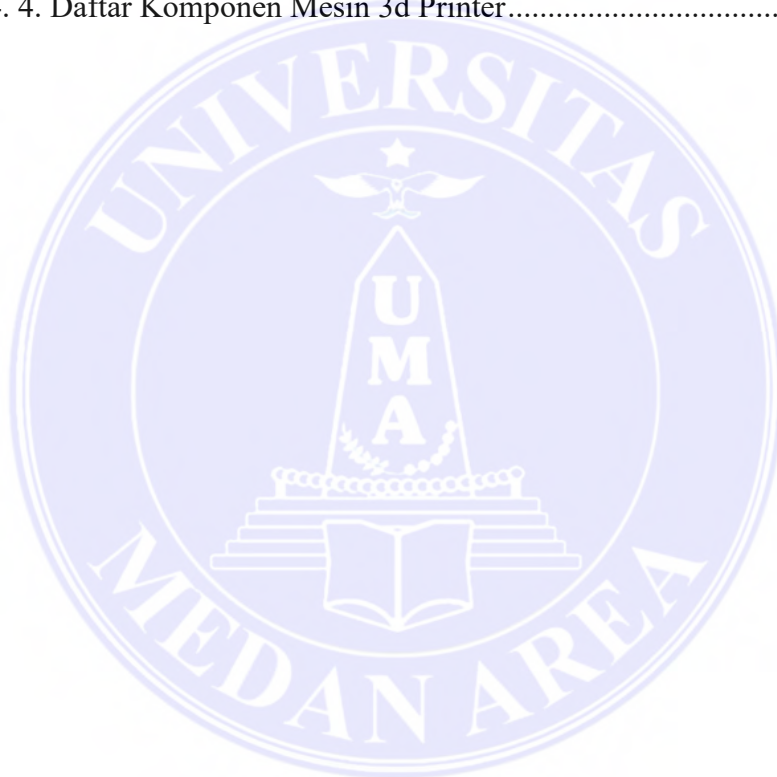
2.2 . Mesin 3D Printer.....	18
2.2.1. Prinsip Dasar Mesin 3D Printer .....	21
2.2.2. Komponen-komponen Mesin 3D Printer .....	22
2.3 . Perencanaan Mur dan Baut .....	23
2.3.1. Baut Jepit.....	24
2.3.2. Mur.....	25
2.4 Sambungan Pengelasan.....	26
2.4.1. Pengertian Sambungan Pengelasan.....	26
2.4.2. Jenis-jenis Sambungan Las .....	27
2.4.3. Jenis Pengelasan Berdasarkan Sumber Energi.....	28
2.4.4. Gaya yang Bekerja pada Sambungan Las.....	28
2.4.5. Rumus Kekuatan Las ( <i>Shear Strength</i> ).....	29
BAB III .....	30
METODOLOGI PENELITIAN.....	30
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	30
3.2 Alat dan Bahan.....	31
Alat 31	
Bahan Yang Di Gunakan Untuk Komponen Mesin 3D Printer .....	32
3.3 Metode Penelitian .....	33
Sistematika Penelitian .....	34
Pengumpulan Data .....	34
Proses Pembuatan Konsep Perancangan .....	34
Proses Pemilihan Konsep Perancangan.....	35
3.4 Populasi dan Sampel.....	38
3.5 Prosedur Kerja .....	38
3.5.1 Diagram Alir .....	40
BAB IV .....	41
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1. Hasil Pembuatan Konsep .....	41
Pembuatan Konsep.....	41
Konsep Rancangan 1 .....	42
Konsep Rancangan 2 .....	43

Konsep Rancangan 3 .....	43
4.2. Pembahasan.....	44
4.2.1. Hasil pemilihan konsep .....	44
4.2.2. Detail Perancangan Produk Pada Konsep Terpilih .....	46
4.2.3. Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen mesin.....	47
4.2.4. Menganalisis Pada Perancangan .....	48
4.2.5. Daftar Komponen.....	51
BAB V.....	53
SIMPULAN DAN SARAN .....	53
5.1. Simpulan .....	53
5.2. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA .....	54



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan Kriteria .....	11
Tabel 2. 2. Contoh Metode matrik keputusan .....	12
Tabel 3. 1. Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian .....	30
Tabel 3. 2. Bahan Komponen Mesin 3D Printer .....	32
Tabel 3. 3. Populasi dan Sampel .....	38
Tabel 4. 1. Tabel Morfologi .....	41
Tabel 4. 2. Matriks Keputusan ( <i>Pugh Chart</i> ).....	45
Tabel 4. 3. Daftar Pemilihan Elemen mesin. ....	47
Tabel 4. 4. Daftar Komponen Mesin 3d Printer.....	51



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konsep 1 Menggunakan Dua Tiang.....	8
Gambar 2.2. Konsep 2 Menggunakan Tiga Tiang. ....	8
Gambar 2.3. Konsep 3 Menggunakan Empat Tiang. ....	9
Gambar 2. 4. Cara Kerja Mesin 3d Printer.....	9
Gambar 2. 5. Model 3D Printer.....	14
Gambar 2. 6. Produk Arsitektur .....	16
Gambar 2.7. Detail Gambar .....	18
Gambar 2. 8. Mesin Pencetak 3D Model Cartesian.....	19
Gambar 2.9. Mesin 3D Printer Model Delta .....	20
Gambar 2. 10. Mesin 3D Printer Model Polar .....	21
Gambar 2. 11. Prinsip Kerja 3D Printer.....	22
Gambar 2. 12. Komponen Mesin 3D printer .....	23
Gambar 2. 13. Baut Tembus, Baut Tap, dan Baut Tanam. ....	24
Gambar 2. 14. Jenis-jenis kerusakan pada baut. ....	24
Gambar 2. 15. Macam-macam Mur. ....	25
Gambar 2. 16. Jenis-jenis Sambungan Las. ....	27
Gambar 3. 1. Komputer.....	31
Gambar 3. 2. Tampilan <i>Software Solidworks</i> .....	32
Gambar 3. 8. Flowchart Proses Pembuatan Konsep Perancangan.....	35
Gambar 3. 9. Flowchart Proses Pemilihan Konsep Perancangan. ....	36
Gambar 3. 10. Prosedur Proses Perancangan.....	37
Gambar 3. 11. Diagram Alir Penelitian .....	40
Gambar 4. 1. Konsep Rancangan pertama .....	42
Gambar 4. 2. Konsep Rancangan Kedua .....	43
Gambar 4. 3. Konsep Rancangan Ketiga .....	44
Gambar 4. 4. Grafik Matriks Keputusan ( <i>Pugh Chart</i> ) .....	45
Gambar 4. 5. Detail Perancangan.....	46
Gambar 4. 6. Visual Perhitungan Komponen Mesin 3D Printer.....	48

## DAFTAR NOTASI

$F$	= Gaya atau beban yang bekerja (N)
$W$	= Beban aksial tarik pada baut (kg)
$A$	= Luas penampang efektif las atau profil ( $\text{mm}^2$ )
$L$	= Panjang las atau komponen (mm)
$h$	= Ukuran kaki las (mm)
$\tau$	= Tegangan geser pada sambungan las (MPa)
$\sigma$	= Tegangan normal / tegangan tarik (MPa)
$\sigma_{\text{ult}}$	= Kekuatan tarik maksimum bahan (MPa)
$\sigma_a$	= Tegangan geser yang diizinkan (MPa)
$d$	= Diameter luar ulir baut (mm)
$d_c$	= Diameter batang ulir (mm)
$D$	= Diameter efektif ulir (mm)
$P$	= Pitch ulir atau gaya yang bekerja (mm)
$T$	= Torsi pada poros atau sekrup ( $\text{N}\cdot\text{mm}$ )
$\omega$	= Kecepatan sudut rotasi (rad/s)
$N$	= Putaran motor (rpm)
$P_{\text{motor}}$	= Daya motor (Watt / HP)
$HP$	= Horsepower (daya motor) (HP)
$E$	= Modulus elastisitas material (GPa)
$\rho$	= Massa jenis material ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
$A_f$	= Luas permukaan cetak ( $\text{mm}^2$ )
$V_p$	= Volume cetak maksimum ( $\text{mm}^3$ )
$T_{\text{nozzle}}$	= Suhu kerja nozzle ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{\text{bed}}$	= Suhu bed pemanas ( $^{\circ}\text{C}$ )

$n$  = Efisiensi sistem mekanik (%)

$D_c$  = Diameter inti ulir (mm)

$\Theta$  = Sudut heliks ulir ( $^\circ$ )

$P_t$  = Gaya aksial total pada ulir (N)

$L_p$  = Lead atau jarak maju ulir per putaran (mm)

$h_{\text{layer}}$  = Ketebalan lapisan cetak (mm)



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Masalah

Saat ini, kemajuan teknologi telah mempengaruhi kemajuan produksi dan permintaan untuk membuat produk dengan cara yang lebih sederhana, cepat dan murah, dan banyak perusahaan di industri manufaktur berusaha mencari jalan keluarnya. Mengurangi biaya produksi dan mempercepat proses produksi tanpa mengurangi kualitas produk (Daywin et al., 2019). Model tercanggih yang pernah kita lihat adalah banyak alat baru yang menggantikan tenaga manusia. Namun, tidak semua pekerjaan modern merupakan alat untuk mempermudah kehidupan manusia. Teknologi pencetakan 3D telah dimasukkan ke dalam metode produksi baru yang disebut manufaktur aditif. Ia bekerja dengan menumpuk material untuk membuat objek 3D. pencetakan 3D adalah proses yang menggunakan model komputer CAD (*Computer Aided Design*) untuk mencetak model 3D secara fisik dan memasukkannya ke dalam komputer CAM ( *Computer Aided Manufacturing*) untuk mengeluarkan kode G-Code.

Alat printer 3D ini dikenal dengan nama LM (*Layer Manufacturing*) atau AM (*Additive Manufacturing*), dirancang untuk menghasilkan produk seperti prototipe, desain produk, alat kesehatan, perumahan atau mainan anak-anak (Muhammad, 2019). Saat ini penerapan mesin 3D tidak hanya digunakan untuk proses *rapit prototyping*, tetapi juga untuk pembuatan produk di industri yang juga dapat dilakukan di rumah. Metode ini bekerja dengan menggunakan nosel untuk melelehkan material. Nosel bergerak secara vertikal, diatur oleh komputer,

kemudian material yang keluar dari nosel dikeraskan dan dibentuk menjadi benda yang diinginkan. Sejumlah hasil penelitian telah dicapai, antara lain pencetakan 3D dan produksi filamen logam untuk membuat prototipe.

## 1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana merancang mesin 3D printer dengan kapasitas cetakan minimal 200 mm x 200 mm x 200 mm yang mampu mencetak produk berbahan logam.

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Membuat dan memilih konsep rancangan mesin 3D printer yang mampu mencetak produk berbahan logam.
2. Membuat perwujudan pada rancangan mesin 3D printer yang mampu mencetak produk berbahan logam.
3. Membuat detail design 3D printer dengan kapasitas cetakan minimal 200 mm x 200 mm x 200 mm yang mampu mencetak produk berbahan logam.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Manfaat dari penelitian ini adalah menghasilkan desain 3D printer yang dapat mencetak produk berbahan logam.
2. Diharapkan mampu memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan teknologi, serta memungkinkan bentuk kerja sama dalam memanfaatkan teknologi mesin 3D printer yang mampu mencetak produk berbahan logam.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Perancangan Produk

Perancangan merupakan proses kreatif yang terlibat dalam menciptakan atau mengembangkan konsep, ide, atau rencana untuk menghasilkan produk, sistem, atau solusi yang sesuai dengan kebutuhan atau tujuan tertentu. Dalam proses ini, kita akan mengubah suatu gagasan abstrak menjadi bentuk yang konkret dan dapat diimplementasikan. Perancangan bisa dijelaskan sebagai langkah pengembangan spesifikasi baru.

Perancangan adalah pengalaman yang sering dimiliki manusia. Kamus Webster menyatakan bahwa perancangan atau mendesain adalah “menciptakan sesuatu yang belum pernah ada,” tetapi hal itu tidak memperhitungkan dengan baik bahwa mendesain sebenarnya bukan hanya menciptakan sesuatu yang belum pernah ada, melainkan juga memperbaiki atau memaksimalkan hal yang sudah ada. Tentu saja orang perancang teknik mempraktikkan desain berdasarkan definisi itu, tetapi begitu pula seseorang seniman, pematung, komposer, penulis drama, atau banyak anggota kreatif lainnya dalam masyarakat kita.

Jadi, walaupun insinyur bukanlah satu-satunya individu yang terlibat dalam merancang sesuatu, memang benar bahwa praktik profesional dalam bidang teknik banyak inti dari teknik. Mendesain bermakna menyatukan yang baru atau mengatur hal-hal yang sudah ada dengan cara baru untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang diakui. Kata yang elegan untuk menyatukan adalah sintesis. Kita

bakal memahami definisi formal desain yaitu. Desain menetapkan dan mendefinisikan solusi serta struktur yang relevan untuk masalah yang belum pernah dipecahkan dengan cara berbeda kemampuan mendesain merupakan kombinasi dari ilmu dan seni. Ilmu yang dimaksud dapat dipelajari melalui teknik dan metode yang akan dijelaskan dalam teks ini. Namun, seni tersebut lebih baik dipahami dengan cara melakukan desain. Karena itulah pengalaman desain anda perlu melibatkan beberapa proyek yang realitis.

Tahapan perancangan memiliki ragam variasi tergantung apa yang sedang dirancang. Untuk perancangan saat ini akan membahas langkah-langkah perancangan mesin 3D printer. Perancangan mesin 3D printer merupakan proses yang kompleks dan membutuhkan pemahaman mendalam tentang prinsip kerja mesin dan material. Tujuan utama dari perancangan mesin 3D printer adalah untuk memperoleh tingkat akurasi dan presisi dan fleksibilitas dalam penggunaan material.

perancangan mesin adalah proses kreatif dan sistematis dalam menciptakan produk mesin baru atau memodifikasi mesin yang sudah ada. Proses ini mencakup tahapan yang berbeda dari perencanaan konsep hingga produksi massal. Untuk memudahkan pemahaman tentang proses desain mesin harus diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Perancangan *Adaptif (Adaptive Design)*

Dalam banyak kasus, pekerjaan desainer dikaitkan dengan mengadaptasi model yang ada. Jenis desain ini tidak memerlukan pengetahuan atau keterampilan

khusus dan dapat dilakukan oleh desainer dengan pelatihan teknik reguler. Desainer hanya melakukan perubahan kecil atau modifikasi pada desain produk.

b. Perancangan Pengembangan (*Development Design*)

Jenis desain ini memerlukan pelatihan ilmiah dan keterampilan desain yang memadai untuk memodifikasi desain yang ada menjadi ide-ide baru dengan menerapkan bahan baru atau metode pembuatan yang berbeda. Dalam hal ini, meskipun perancang memulai dari model yang sudah ada, produk akhirnya mungkin sangat berbeda dari aslinya.

c. Perancangan Baru (*New Design*)

Jenis desain ini memerlukan banyak penelitian, kemampuan teknik dan pemikiran kreatif. Hanya desainer dengan kualitas pribadi yang cukup tinggi dari pesanan yang dapat mengerjakan desain baru. (Hendri Nurdin et al., 2020)

### 2.1.1 Identifikasi Masalah

Tahap awal dalam perancangan mesin 3D printer adalah dengan mendefinisikan masalah dan tujuan yang ingin dicapai. Langkah ini terdapat beberapa tantangan dan masalah yang perlu diidentifikasi dan diatasi agar mesin dapat berfungsi secara optimal. Berikut adalah beberapa masalah utama yang sering muncul dalam perancangan 3D printer:

- a. Bagaimana akurasi dan presisi pada mesin 3D printer dengan produk berbahan logam?.
- b. Bagaimana kendala pemilihan dan penanganan material yang memiliki karakteristik fisik dan suhu cetak yang berbeda?.

- c. Bagaimana spesifikasi rancangan mesin 3D printer dengan cetakan minimal 200 x 200 x 200 mm yang mampu mencetak produk berbahan logam?.

### 2.1.2 Pengumpulan Informasi

Sebelum memulai proses perancangan, penulis memerlukan informasi yang lebih mendalam mengenai prinsip kerja, komponen, dan standar yang berlaku pada mesin 3D printer.

#### a. Internet

Internet telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan kita sehari-hari. Melalui internet, kita dapat mengakses informasi dari seluruh dunia, berkomunikasi dengan orang-orang di berbagai belahan bumi, dan melakukan berbagai aktivitas seperti belajar, dan bekerja. Sebagai jendela utama menuju dunia informasi, google mempermudah kita dalam menemukan apapun yang dicari, kapan dan di mana saja.

#### b. Buku

Buku teknik mesin menjadi pondasi kokoh bagi para insinyur. Materi yang disajikan secara mendalam, mulai dari teori dasar hingga aplikasi praktis, memberikan pemahaman yang komprehensif. Diperkaya dengan contoh soal, gambar, serta diagram, buku-buku ini membantu pembaca dalam menggambarkan konsep-konsep abstrak. Disamping itu, dengan mengacu pada standar internasional seperti ASTM, ASME, dan ISO, buku-buku ini memastikan informasi yang disajikan relevan dan dapat diandalkan dalam praktek industri.

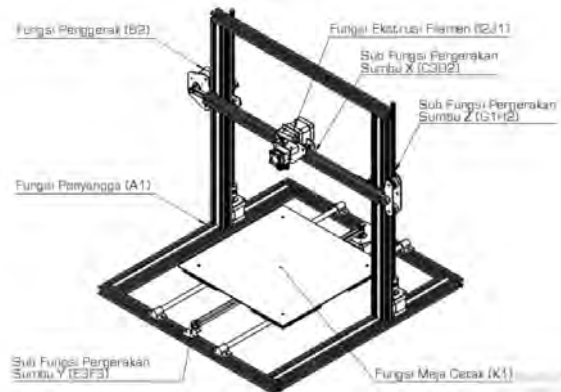
### c. Jurnal

Jurnal akademik, atau yang sering disebut jurnal ilmiah, adalah terbitan berkala yang menjadi wadah bagi publikasi karya-karya ilmiah dalam disiplin akademik tertentu. Jurnal ini berfungsi sebagai forum yang permanen dan transparan, di mana para peneliti dapat mempresentasikan, mengobservasi, dan mendiskusikan hasil penelitian mereka. Penulis sangat mengandalkan jurnal-jurnal ini sebagai sumber informasi yang berharga, terutama dalam bidang perancangan dan mesin 3D printer.

### 2.1.3 Konsep Desain

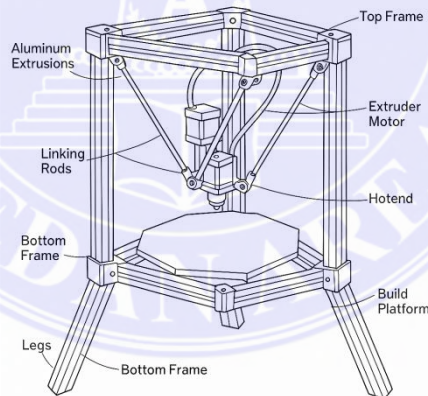
Setelah ditetapkan definisi masalah tujuan, langkah selanjutnya adalah merumuskan konsep desain mesin 3D printer. Tahap ini merupakan tahap kreatif di mana ide-ide awal mulai diwujudkan dalam bentuk visual.

Pertama, sebuah sketsa dibuat untuk menggambarkan konsep dasar mesin 3D printer. Sketsa ini mencakup komponen-komponen utama seperti rangka, motor *stepper*,udukan specimen, dan sistem elektronik lainnya. Selain itu, mekanisme kerja dari setiap komponen juga perlu digambarkan secara sederhana agar dapat dipahami. Setelah konsep dasar terbentuk, langkah selanjutnya adalah memilih prinsip kerja yang akan digunakan.



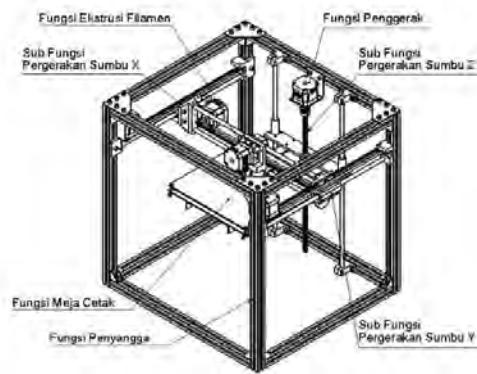
Gambar 2.1. Konsep 1 Menggunakan Dua Tiang.

Konsep desain pertama mengusung dua tiang sebagai penopang pergerakan nozzle, dengan empat kaki berbentuk persegi untuk memberikan kestabilan. Penggerak utamanya menggunakan dinamo, sedangkan meja cetak berbentuk persegi dibuat dari plat tebal. Desain ini menitikberatkan pada konstruksi yang sederhana dan mudah dirakit, sehingga sesuai untuk proses manufaktur yang cepat dengan biaya relatif terjangkau.



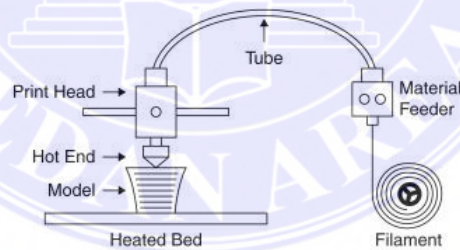
Gambar 2.2. Konsep 2 Menggunakan Tiga Tiang.

Pada konsep ini digunakan rangka tipe Delta dengan tiga tiang utama berbahan aluminium extrusion yang menghubungkan top frame dan bottom frame. Setiap tiang dilengkapi linking rods yang menghubungkan extruder motor ke hotend, sehingga memungkinkan pergerakan presisi pada sumbu X, Y, dan Z. Meja cetak berbentuk heksagonal ditempatkan di bagian bawah dalam posisi stasioner, sehingga memudahkan proses pengambilan hasil cetakan.



Gambar 2.3. Konsep 3 Menggunakan Empat Tiang.

Konsep desain kedua memanfaatkan empat tiang yang disusun membentuk pola persegi sebagai penopang pergerakan nozzle. Meja cetak berbentuk persegi dari plat tebal dipilih untuk memberikan area kerja yang unik sekaligus optimal dalam distribusi beban. Sistem penggeraknya menggunakan motor servo, memungkinkan kontrol presisi pada pergerakan nozzle. Desain ini menghadirkan perpaduan antara stabilitas dan fleksibilitas, sehingga cocok untuk pekerjaan yang memerlukan bentuk meja yang tidak konvensional.



Gambar 2. 4. Cara Kerja Mesin 3d Printer

Prinsip kerja ini bakal menentukan cara gaya yang diterapkan pada mesin 3D printer. Ada beberapa prinsip kerja utama yang sering digunakan pada mesin 3D printer, yaitu *fused deposition modeling* (FDM), *selective laser sintering* (SLS).

## 2.1.4 Evaluasi Dan Pemilihan Konsep

### 1. Evaluasi

Untuk memilih konsep produk terbaik, dilakukan evaluasi komprehensif dengan mempertimbangkan sejumlah kriteria penting. Setiap konsep produk akan dibandingkan secara berpasangan, berdasarkan kemampuannya dalam memenuhi kriteria tersebut. Konsep yang mengukir prestasi paling gemilang dianggap sebagai pemenangnya.

#### A. Kriteria

Tentu tidak masuk akal untuk menganggap beberapa konsep desain sebagai subjek evaluasi yang ketat. Hal ini terbukti ketika ditemukan bahwa beberapa aspek terkait konsep tersebut secara tidak langsung menyebabkan diskualifikasi. Karena itu, sangat dianjurkan untuk memulai proses evaluasi dengan membandingkan konsep-konsep tersebut dengan berbagai filter absolut. Evaluasi dipertimbangkan dari penilaian tentang kecocokan desain. Penyaringan dilakukan berdasarkan evaluasi menyeluruh yang dilakukan oleh tim desain mengenai kelayakan setiap konsep. Konsep harus ditempatkan ke dalam salah satu dari tiga kategori:

- a) Tidak layak (tidak akan pernah berhasil). Sebelum membuang sebuah ide, tanyakan “mengapa tidak layak?” jika dinilai tidak layak, apakah itu akan memberikan wawasan baru tentang masalah tersebut?.
- b) Bersyarat, mungkin sukses jika ada yang lain terjadi. Sesuatu yang lain bisa berupa pengembangan elemen penting teknologi atau

kemunculan mikrochip baru di pasar yang meningkatkan beberapa fungsi produk.

- c) Tanpanya akan sukses! Konsep ini tampaknya layak untuk dijelajahi lebih lanjut. Tentu, keandalan penilaian ini sangat bergantung pada keahlian tim desain. Saat membuat penilaian ini, lebih baik menerima konsep tersebut, kecuali ada bukti kuat bahwa konsep tersebut tidak akan berhasil.

## B. Penilaian Bobot

Penilaian terhadap kriteria dilakukan berdasarkan tingkat kepentingannya; semakin tinggi kepentingan suatu kriteria, semakin besar pula nilai yang diberikan. Proses ini bertujuan untuk menyimpulkan analisis terhadap beberapa desain yang akan dievaluasi, dengan memberikan bobot atau poin pada setiap alternatif desain. Setiap kriteria dibandingkan secara langsung satu per satu, di mana angka 1 dimasukkan ke dalam matriks jika kriteria tersebut dianggap lebih baik dibandingkan dengan kriteria pembanding. Sebaliknya, angka 0 dimasukkan ke dalam sel matriks untuk kriteria yang dinilai kurang penting. Untuk lebih jelasnya, silakan lihat contoh tabel 2.1.(G.Sianturi 2011).

Tabel 2.1. Perbandingan Kriteria

keterangan	Konsep 1	Konsep 2
A	+	-
B	+	+
C	+	+
D	+	-

A = Anggaran yang tersedia

B = Waktu pengerjaan

C = Ketersediaan sumber daya

D = Tingkat kesulitan

## 2. Pemilihan Konsep

Metode untuk memilih konsep terbaik :

### A. Metode matriks keputusan (*pugh chart*)

Teknik ini merupakan metode kualitatif yang digunakan untuk menentukan peringkat dari berbagai opsi multidimensi dalam suatu set pilihan. Bobot untuk setiap kriteria bisa sama, atau ditentukan berdasarkan tingkat kepentingan masing-masing kriteria. Namun, disarankan agar setiap kriteria memiliki bobot yang berbeda, karena dalam praktiknya, tingkat kepentingan antar kriteria sering kali beragam. Berikut ini adalah gambar dari tabel 2. 2 yang menggambarkan metode matriks keputusan.

Tabel 2. 2. Contoh Metode matrik keputusan

NO	Kriteria	Wt	K-1	K-2
1	Biaya	1-10	8	9
2	Waktu pengerjaan	1-10	9	7
3	Kualitas hasil	1-10	10	8
4	Kemudahan pengguna	1-10	10	8
5	Dampak lingkungan	1-10	8	8
6	Kesesuaian dengan tujuan proyek	1-10	9	7
Jumlah			54	47

Ketrangan :

Wt : Bobot Nilai

K : Konsep

### 2.1.5 Pembuatan Prototipe

Setelah proses evaluasi dan pemilihan konsep selesai, langkah berikutnya adalah pembuatan prototipe dilakukan dengan cermat dan teliti. Pada tahap ini, perancangan mulai dilakukan secara nyata setelah selesai proses perencanaan diatas kertas. Menjadi wujud fisik pembuatan model 3D merupakan langkah awal yang sangat penting. Dengan memanfaatkan perangkat lunak *Computer-Aided Design (CAD)* seperti dengan menggunakan *software solidworks* atau *Autocad*.

Divisualisasikan secara detail dalam 3D. Model 3D ini tidak hanya digunakan untuk representasi visual saja, namun juga dapat digunakan untuk melakukan simulasi dan analisis lebih lanjut. Setelah model 3D selesai, prototipe fisik dapat dibuat, prototipe ini dapat dibuat menggunakan berbagai metode termasuk pencetakan 3D, permesinan, dan pengecoran. Pembuatan prototipe fisik penting untuk memverifikasi bahwa desain yang dibuat berfungsi dengan baik dan untuk menentukan apakah ada area yang memerlukan perbaikan.

### 2.1.6 Alasan Pemilihan Model 3D Printer FDM

Model *Fused Deposition Modeling (FDM)* dipilih sebagai teknologi utama dalam perancangan 3D printer ini karena menawarkan kombinasi keunggulan teknis, kemudahan penggunaan, dan efisiensi biaya. Proses FDM bekerja dengan melelehkan material berbentuk filamen atau kawat logam, kemudian mengekstrusinya melalui nozzle dan menyusunnya secara berlapis hingga membentuk objek sesuai desain digital.

Adapun alasan pemilihan FDM meliputi:

1. Biaya Produksi Lebih Rendah

Dibandingkan metode seperti *Selective Laser Sintering (SLS)* atau *Direct Metal Laser Sintering (DMLS)*, FDM memerlukan biaya investasi dan operasional yang lebih terjangkau karena tidak membutuhkan laser berdaya tinggi atau ruang kerja dengan kontrol atmosfer khusus.

2. Fleksibilitas Material

FDM dapat menggunakan beragam material, mulai dari polimer teknik hingga material berbasis logam dengan metode *metal filament + sintering*. Hal ini memudahkan penyesuaian teknologi terhadap kebutuhan dan ketersediaan material.

3. Desain dan Perawatan Sederhana

Sistem mekanik FDM lebih sederhana dibanding metode lain, sehingga proses perawatan, perbaikan, dan penggantian komponen lebih mudah dilakukan.

4. Kecepatan Pengembangan Prototipe

FDM memungkinkan pencetakan prototipe secara cepat tanpa memerlukan persiapan kompleks, sehingga cocok untuk penelitian, pengembangan, dan produksi berskala kecil hingga menengah.

5. Akurasi Cukup Tinggi untuk Produk Fungsional

Dengan kalibrasi yang tepat, FDM mampu menghasilkan akurasi dimensi yang memadai untuk pembuatan produk fungsional, termasuk komponen berbahan logam setelah tahap pasca-proses.

FDM	SLS	DMLS
		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Biaya lebih rendah</li><li>• Material serbuk</li><li>• Desain sederhana</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Biaya lebih tinggi</li><li>• Material serbuk</li><li>• Atmosfer terkendali</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Biaya tinggi</li><li>• Material serbuk logam</li><li>• Atmosfer terkendali</li></ul>

Gambar 2. 5. Model 3D Printer.

### 2.1.7 Perwujudan

Stiap tujuan yang anda capai memerlukan proses desain yang menyeluruh. Proses ini melibatkan berbagai tahapan, termasuk mengimplementasikan ide dalam bentuk nyata. Mari kita gali lebih dalam dasar-dasar yang mendukung implementasi konsep tersebut.

#### 1. Produk Arsitektur

Arsitektur produk adalah struktur fundamental yang mengatur cara komponen-komponen suatu produk diorganisasikan dan berinteraksi satu sama lain untuk menjalankan tugasnya. Ide dasar arsitektur produk mulai terbentuk saat tahap desain konseptual, tetapi rinciannya baru sepenuhnya jelas pada tahap desain perwujudan. Di tahap ini, kita akan menentukan elemen-elemen utama produk dan bagaimana elemen-elemen tersebut saling terkait.

Beberapa pihak menyebut arsitektur produk sebagai desain tingkat sistem. Hal ini yang perlu diingat adalah arsitektur produk lebih mengutamakan susunan fisik dan hubungan antar komponen suatu produk, sementara struktur fungsi lebih fokus pada cara produk ini berfungsi untuk mencapai tujuannya. Walaupun keduanya saling berhubungan, keduanya tidak selalu sama. Struktur fungsi lebih bersifat teoritis, sedangkan arsitektur produk lebih bersifat nyata. Arsitektur produk dipilih untuk menetapkan sistem terbaik untuk keberhasilan fungsional setelah konsep desain dipilih. Berikut gambar 2.3. Produk Arsitektur, konsep yang dipilih,



Gambar 2. 6. Produk Arsitektur

## 2. Konfigurasi Desain

Proses merencanakan dan menetapkan rincian spesifikasi dari sebuah produk atau sistem dikenal sebagai pengaturan desain. Pada tahap ini, pemilihan bagian, bahan, dimesin, dan hubungan antar elemen dilakukan untuk mencapai efisiensi, biaya, dan mutu yang terbaik.

### a. Bagian-bagian Perancangan

Pada perancangan mesin 3D printer ini memiliki beberapa bagian yaitu:

#### 1. Rangka (Frame)

Struktur utama yang mendukung semua komponen printer. Yang terbuat dari material seperti logam, aluminium, atau akrilik.

#### 2. Nozzle

Bagian ujung yang memanaskan filamen hingga meleleh, lalu mengekstruksikannya pada platform cetak.

#### 3. Bed Cetak (Print Bed)

Permukaan tempat objek dicetak.

#### 4. Sistem Penggerak

Berfungsi untuk menggerakkan nozzle dan bed dalam arah X, Y, dan Z. terdiri dari:

- Motor stepper: Motor presisi tinggi untuk pergerakan akurat.
- Pulley dan belt: Digunakan untuk pergerakan sumbu X dan Y.
- Lead screw: Digunakan untuk pergerakan sumbu Z.

#### 5. Motherboard dan elektronik

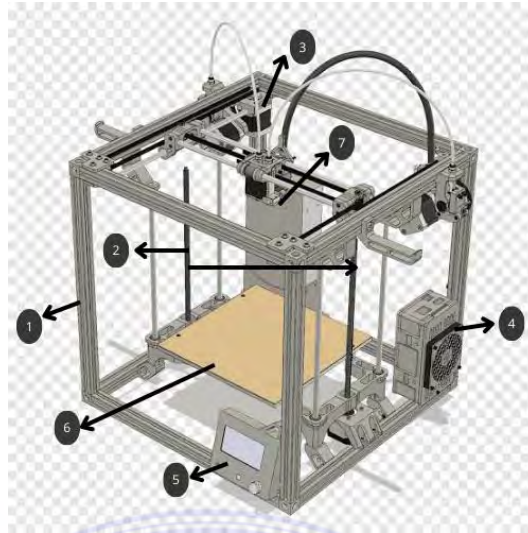
- motherboard (Mainboard): Mengontrol semua fungsi printer, seperti pemanasan, pergerakan motor, dan komunikasi.
- Driver motor: Mengontrol kecepatan dan arah motor stepper.
- Power supply unit (PSU): Memberikan daya untuk komponen elektronik dan pemanas.

#### 6. Pendingin

- Kipas pendingin untuk nozzle dan ekstruder guna mencegah overheating.

#### 2.1.8. Detail Gambar

Desain detail merupakan tahap akhir dari proses desain dimana konsep umum diubah menjadi spesifikasi teknis yang lengkap. Fase ini menjelaskan setiap komponen produk secara rinci, mulai dari dimensi, bahan, hingga proses pembuatan. Gambar produksi terperinci dibuat dengan daftar bahan dan toleransi ketat untuk memastikan bahwa produk akhir sesuai dengan desain yang direncanakan. Ada beberapa bagian yang penting di bagian alat, dan berikut gambar 2.6. Detail Gambar.



Gambar 2.7. Detail Gambar

Keterangan :

1. Frame
2. Ulir
3. Motor Stepper
4. Power Supply
5. Motherboard
6. Build Plate
7. Nozzle

## 2.2. Mesin 3D Printer

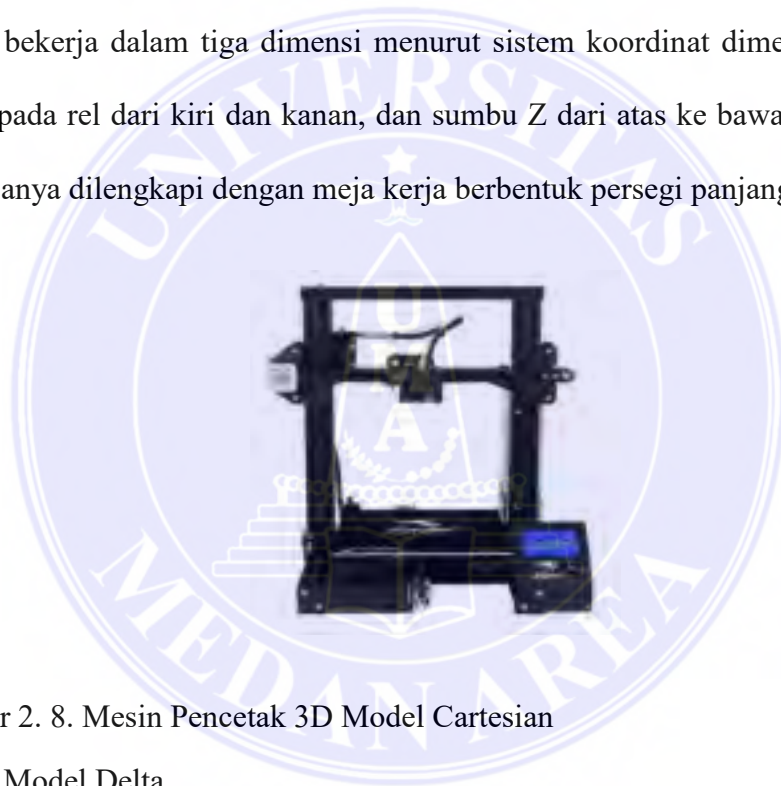
Mesin adalah suatu alat atau perangkat yang beroperasi berdasarkan perubahan dua bentuk energi dalam suatu sistem tertentu. Bentuk energi yang paling umum diubah menjadi mesin adalah energi mekanik atau listrik. Tujuannya pengubahan energi menjadi mesin adalah untuk memudahkan pekerjaan manusia. Sedangkan 3D printer adalah alat produksi zaman baru yang bekerja dengan logika printer atau inkjet untuk mengubah produk dari media digital menjadi

objek *solid-state* 3D dengan struktur berbasis lapisan, yang didefinisikan sebagai manufaktur aditif 3D (Kalender et al., 2020).

Gambar 2.5. Mesin 3D Printer

#### 1. Model Cartesien

Model ini sering disebut sebagai printer klasik karena merupakan model yang paling umum di pasaran. Model printer 3D ini disebut model Cartesien karena bekerja dalam tiga dimensi menurut sistem koordinat dimensi (sumbu X dan Y pada rel dari kiri dan kanan, dan sumbu Z dari atas ke bawah). Printer 3D ini biasanya dilengkapi dengan meja kerja berbentuk persegi panjang.

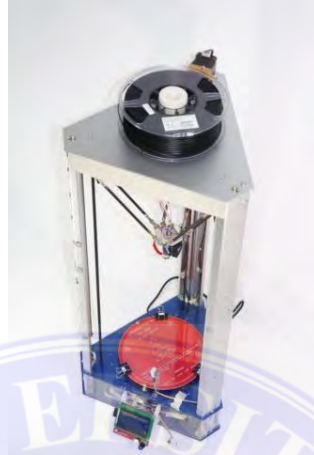


Gambar 2. 8. Mesin Pencetak 3D Model Cartesien

#### 2. Model Delta

Fitur mesin 3D printer model delta adalah kepala cetak dan nosel (disebut ujung panas) ditopang dan digerakkan oleh tiga lengan berbentuk segitiga. Setiap lengan digerakkan ke atas dan ke bawah oleh motor, kepala cetak delta bergerak pada sumbu X, Y, dan Z, sehingga tidak perlu memindahkan alas cetak. Ketiga motor tersebut harus bekerja sama untuk bergerak sepanjang porosnya. Oleh karena itu, mengkalibrasikan printer 3D delta menjadi sangat rumit. Fitur lain dari

model 3D printer delta adalah tempat pencetakannya berbentuk lingkaran atau heksagonal.



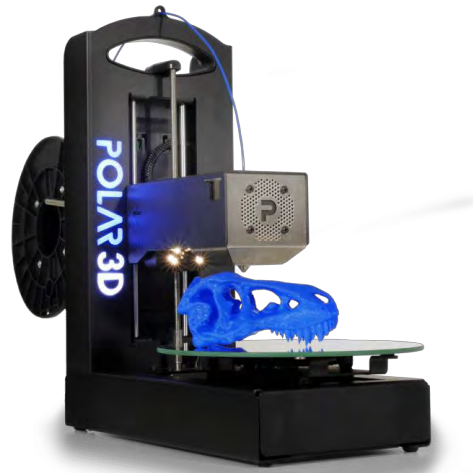
Gambar 2.9. Mesin 3D Printer Model Delta

Secara umum, mesin 3D printer model delta bekerja lebih cepat dibandingkan tipe cartesian. Keunggulan lainnya adalah print bed bersifat *stationer* sehingga memudahkan untuk melihat dan mengambil hasil cetakan.

Kerugian dari mesin 3D printer model delta adalah pergerakan setiap sumbu mempengaruhi sumbu lainnya sehingga membuat kalibrasi menjadi lebih rumit. Ada yang mengatak keakuratannya tidak sedetail model *cartesian*.

### 3. Model Polar

Model mesin 3D printer ini sebenarnya hampir mirip dengan model *cartesian*. Hanya saja, ciri utama mesin 3D printer model polar ini adalah menggunakan sistem koordinat polar pada meja kerja atau *printbed* yang bisa berputar.



Gambar 2. 10. Mesin 3D Printer Model Polar

Keunggulan mesin 3D printer model polar adalah naya membutuhkan dua motor stepper. Selain itu, printer 3D model polar dapat mencapai volume pembuatan yang lebih besar dalam ruang yang kecil, sehingga menghilangkan kebutuhan untuk memindahkan bingkai X, Y, dan Z.

### 2.2.1. Prinsip Dasar Mesin 3D Printer

Printer 3D logam menggunakan prinsip dasar manufaktur aditif, yaitu menambahkan bahan logam lapis demi lapis untuk membentuk objek sesuai desain digital. Prinsip dasar ini melibatkan berbagai teknologi dan mekanisme tergantung pada jenis printer logam yang digunakan. Prinsip umum printer logam 3D adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan Digital (*CAD – Computer-Aided Design*)

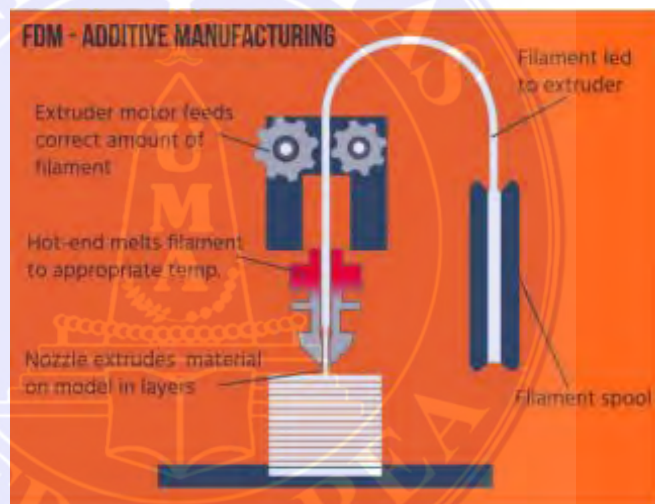
Objek yang akan dicetak didesain terlebih dahulu menggunakan *software CAD (Computer-Aided Design)*. Desain ini kemudian

diubah ke format file seperti STL atau AMF dan diproses dengan perangkat lunak slicing untuk menentukan lapisan cetakan.

## 2. Bahan Baku Logam

Bahan yang digunakan berupa:

- Serbuk logam (paling umum): biasanya berbahan titanium, baja, aluminium, atau nikel.
- Kawat Logam (pada teknologi tertentu): kawat logam harus memiliki ukuran partikel tertentu untuk memastikan kualitas cetak yang optimal.

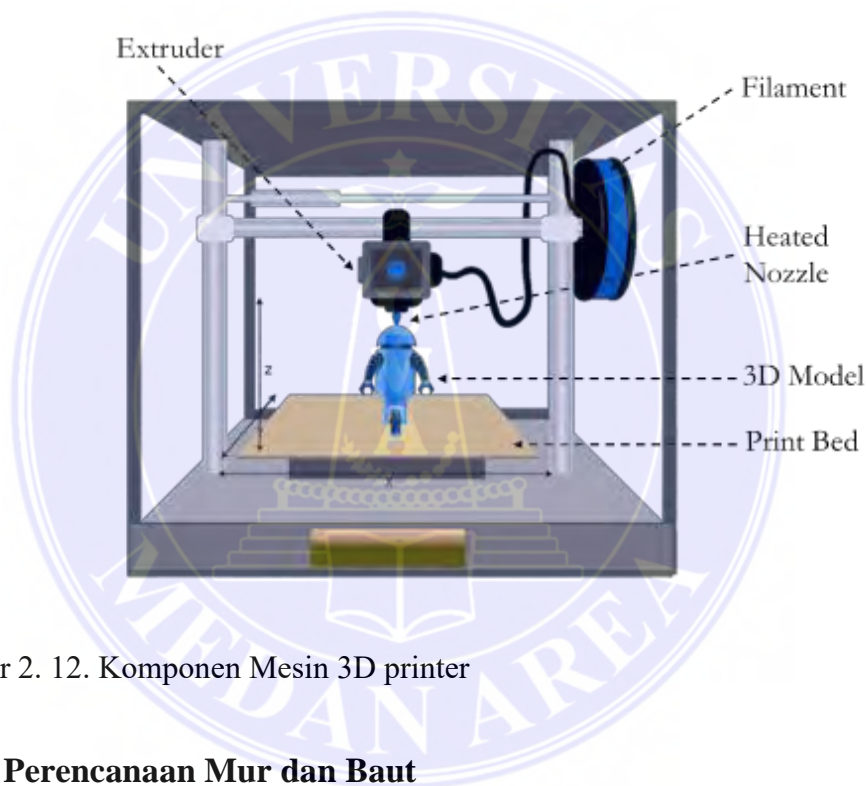


Gambar 2. 11. Prinsip Kerja 3D Printer

### 2.2.2. Komponen-komponen Mesin 3D Printer

Mesin 3D printer terdiri berdasarkan banyak sekali komponen primer yang berfungsi buat mencetak objek caro contoh digital. Berikut merupakan penerangan tentang komponen-komponen tersebut, baik buat 3D printer berbahan polimer dan juga logam:

1. Komponen Dasar (umum untuk semua 3D printer)
  - a. Rangka mesin (Frame)
  - b. Controller unit
  - c. Motor stepper
  - d. Print bed
  - e. Extruder/Nozzle



Gambar 2. 12. Komponen Mesin 3D printer

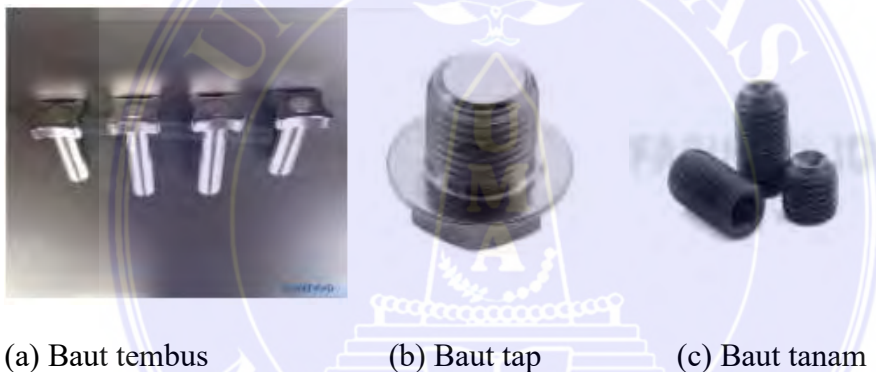
### 2.3. Perencanaan Mur dan Baut

Mur dan Baut merupakan salah satu alat pengikat yang sering digunakan untuk mencegah kecelakaan atau kerusakan pada mesin, pemilihan mur dan baut sebagai alat pengikat harus dilakukan dengan kebutuhan rangkaian. Menurut pemakaian, baut dapat dibedakan menjadi:

### 2.3.1. Baut Jepit

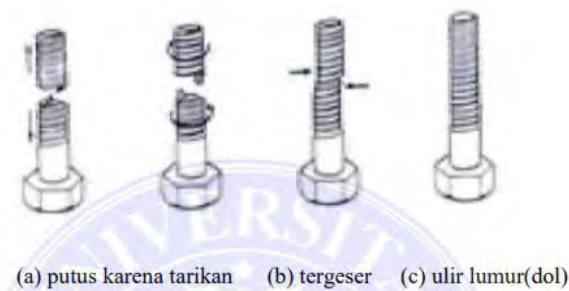
Baut jepit dapat berbentuk

- a. Baut tembus untuk menjepit dua bagian melalui lubang tembus, dimana jepitnya diletakkan pada mur.
- b. Baut Tap untuk menjepit dua bagian, dimana jepitan diletakkan dengan ulir ditapkan pada salah satu bagian.
- c. Baut Tanam merupakan baut tanpa kepala dan berulir pada kedua ujungnya. Untuk dapat menjepit bagian baut ditanam pada salah satu bagian yang mempunyai lubang bentuk, dan jepitan diletakkan dengan mur.



Gambar 2. 13. Baut Tembus, Baut Tap, dan Baut Tanam.

Pada gambar di bawah ini diperlihatkan macam-macam kerusakan yang terdapat pada baut.



Gambar 2. 14. Jenis-jenis kerusakan pada baut.

### 2.3.2. Mur

Pada umumnya mur mempunyai bentuk segi enam. Tetapi untuk pemakaian khusus dapat dipakai mur sebagai berikut.



Gambar 2. 15. Macam-macam Mur.

Untuk menentukan ukuran Mur dan Baut, berbagai faktor harus diperhatikan seperti sifat gaya yang bekerja, syarat kerja, kekuatan bahan dan kelas ketelitian. Adapun gaya-gaya yang bekerja pada Mur dan Baut berupa:

- a. Beban statis aksial murni
- b. Beban aksial bersama dengan beban punter
- c. Beban gesar
- d. Beban aksial tumbukan

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menentukan diameter ulir pada perencanaan Mur dan Baut sebagai berikut :

$$d_c \geq \sqrt{\frac{4W}{\pi \sigma a x 0,64}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Atau

$$d_c \geq \sqrt{\frac{2W}{\sigma a}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dan,  $D_c = 0.8 d$

Sehingga,

$$D = 1,25 d_c$$

Dimana :

$d_c$  = Diameter batang ulir (mm)

$d$  = Diameter luar ulir (mm)

$W$  = Beban tarik aksial pada baut (kg)

$\sigma_a$  = Tegangan geser yang diijinkan ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )

Harga  $\sigma_a$  tergantung dari macam bahan, yaitu SS, SC atau SF. Jika ditulis tinggi faktor keamanan dapat diambil sebesar 6-8 dan jika difinis biasa besarnya antara 8-10. Untuk baja liat yang mempunyai kadar karbon 0,2 – 0,3 (%), tegangan yang diijinkan  $\sigma_a$  umumnya adalah sebesar  $6 \text{ kg}/\text{mm}^2$  jika difinis tinggi dan  $4,86 \text{ kg}/\text{mm}^2$  jika difinis biasa.

## 2.4 Sambungan Pengelasan

### 2.4.1. Pengertian Sambungan Pengelasan

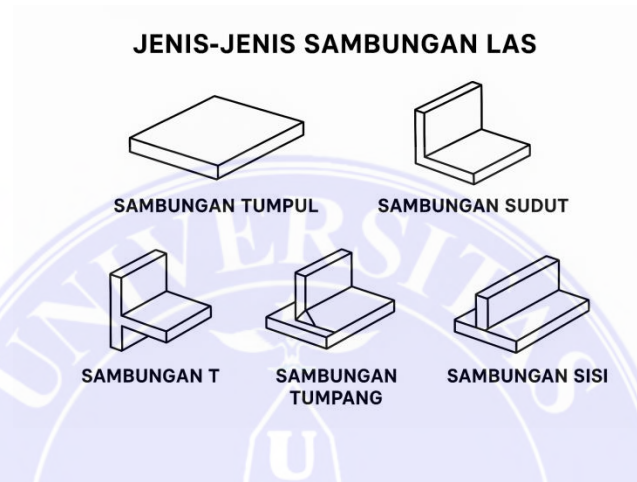
Pengelasan merupakan salah satu proses penyambungan logam dengan cara memanaskan logam dasar dan logam pengisi hingga mencapai titik leleh, sehingga kedua logam dapat menyatu setelah pendinginan. Proses ini digunakan untuk menghasilkan sambungan yang kuat, permanen, dan efisien dalam konstruksi logam seperti rangka mesin, struktur baja, maupun permesinan.

Menurut *American Welding Society (AWS)*, pengelasan adalah proses penyambungan logam dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa

penggunaan logam pengisi (*filler metal*), yang menghasilkan sambungan kontinu melalui pembentukan ikatan metalurgi.

#### 2.4.2. Jenis-jenis Sambungan Las

Jenis sambungan pada proses pengelasan dapat dibedakan menjadi beberapa tipe utama, antara lain:



Gambar 2. 16. Jenis-jenis Sambungan Las.

1. Sambungan Tumpu (*Butt Joint*)

Dua pelat disambungkan sejajar pada bidang yang sama. Umumnya digunakan untuk pelat dengan ketebalan yang sama.

2. Sambungan Sudut (*Corner Joint*)

Digunakan untuk menyambung dua pelat yang membentuk sudut  $90^\circ$ , seperti pada rangka atau sudut kotak.

3. Sambungan T (*Tee Joint*)

Terjadi bila satu pelat disambungkan tegak lurus terhadap pelat lainnya, membentuk huruf "T".

4. Sambungan Tumpang (*Lap Joint*)

Salah satu pelat ditumpangkan di atas pelat lainnya, dan pengelasan dilakukan di tepi yang saling menumpang.

5. Sambungan Sisi (*Edge Joint*)

Dua pelat diletakkan sejajar dan dilas pada sisi tepinya. Biasanya digunakan untuk pelat tipis.

### 2.4.3. Jenis Pengelasan Berdasarkan Sumber Energi

Beberapa jenis pengelasan berdasarkan sumber panasnya antara lain:

- Las Busur Listrik (*Arc Welding*)  
Menggunakan busur listrik antara elektroda dan logam dasar sebagai sumber panas. Contohnya *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* dan *Gas Metal Arc Welding (GMAW/MIG)*.
- Las Gas (*Oxy-Acetylene Welding*)  
Menggunakan nyala gas asetilena dan oksigen untuk mencairkan logam.
- Las Titik (*Spot Welding*)  
Menggunakan arus listrik besar dalam waktu singkat untuk menyatukan dua pelat tipis.

### 2.4.4. Gaya yang Bekerja pada Sambungan Las

Gaya yang biasanya bekerja pada sambungan antara lain:

- Gaya Tarik (*Tensile Load*)
- Gaya Geser (*Shear Load*)
- Gaya Tekan (*Compressive Load*)
- Momen Lentur (*Bending Moment*)

### 2.4.5. Rumus Kekuatan Las (*Shear Strength*)

Untuk sambungan las fillet (segitiga), luas efektif las adalah:

$$A = L \times 0,707h \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

- A = luas penampang efektif las (mm<sup>2</sup>)
- L = panjang las (mm)
- h = ukuran kaki las (mm)

Tegangan geser yang terjadi pada las:

$$\tau = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

- $\tau$  = tegangan geser (MPa)
- P = gaya yang bekerja (N)
- A = luas efektif las (mm<sup>2</sup>)

Kekuatan izin las dapat dibandingkan dengan tegangan izin bahan:

$$\tau \leq \tau_{ijin} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

$$\tau_{ijin} = \frac{\sigma_{ult}}{n} \dots\dots\dots (2.6)$$

- $\sigma_{ult}$  = kekuatan tarik maksimum bahan (MPa)
- n = faktor keamanan (biasanya antara 2 – 3)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan perancangan mesin 3D printer dengan kapasitas cetakan 200 x 200 x 200 mm yang mampu mencetak produk berbahan logam yang dilaksanakan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Medan Area, Kampus 1, Jalan Kolam dan waktu penelitian akan dilaksanakan bersamaan dengan keluarnya surat keputusan tugas akhir dengan jadwal tugas akhir seperti tabel 3.1.

Tabel 3. 1. Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian

Aktivitas	Tahun 2024		Tahun 2025				
	Okt - Nov	Feb	Mar	Apr	Mei - Juli	Agust - Okto	
Pengajuan judul	■						
Penulisan proposal		■					
Seminar proposal			■				
Proses penelitian				■			
Pengolahan data					■		
Penyelesaian laporan						■	
Seminar hasil						■	
Evaluasi dan persiapan						■	
Sidang sarjana						■	

## 3.2 Alat dan Bahan

### Alat

#### 1. Komputer

Komputer merupakan alat elektronik yang mampu menerima, memproses, menyimpan, serta mengeluarkan data sesuai dengan program yang telah diinputkan. Komputer telah menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari kita. Mulai dari bekerja, belajar, hingga hiburan, komputer hadir dalam setiap aktivitas kita. Untuk perancangan kali ini, lapto yang digunakan mempunyai spesifikasi berikut:

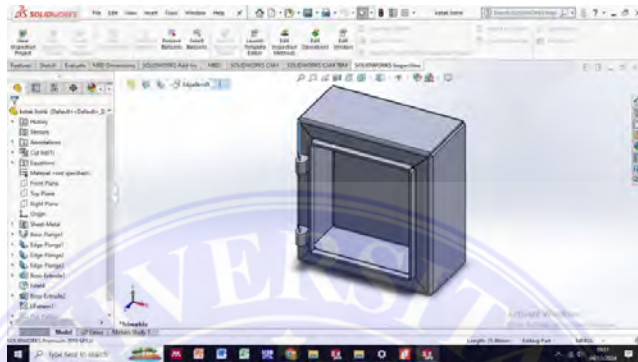
- *Processor* : Intel(R) Core(TM) i3-7020U CPU @ 2.30GHz 2.30 GHz
- RAM : 4,00 GB (3,89 GB usable)
- *Operation system* : Windows 10 Enterprise



Gambar 3. 1. Komputer

#### 2. *Software Solidwork 2019*

*Solidworks* merupakan perangkat lunak *Computer-Aided Design (CAD)* 3D yang digunakan untuk desain, analisis, dan visualisasi produk teknik. *Solidworks* menawarkan berbagai fitur dan alat yang membantu para insinyur, desainer, dan manufaktur dalam menciptakan produk-produk berkualitas tinggi.







Gambar 3. 2. Tampilan *Software Solidworks*

### Bahan Yang Di Gunakan Untuk Komponen Mesin 3D Printer

Tabel 3. 2. Bahan Komponen Mesin 3D Printer

No	Komponen		Bahan
1	<i>Aluminium Profile</i>		<i>Alloy 6063-T5</i>
2	<i>Aluminium Cornor</i>		<i>Alloy 6063-T5</i>

3	Plat Baja Karbon		<i>AISI 1040</i>
4	<i>Lead Screw</i>		<i>Stainless Steel 304</i>
6	Rail HGR		<i>Carbon Chromium Steel SUJ2</i>
7	Baut		<i>AISI 4130</i>

### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif. Metode ini dipilih untuk menghasilkan hasil yang lebih baik. Metode penelitian ini digunakan untuk menganalisis dan mengobservasi hasil perancangan, penelitian, dan analisis mesin 3D printer dengan cetakan minimal 200 x 200 x 200 mm yang mampu mencetak produk berbahan logam. Metode penelitian yang digunakan dapat dijabarkan sebagai berikut.

## Sistematika Penelitian

Sistematis yang digunakan pada perancangan mesin 3D printer dengan cetakan minimal 200 x 200 x 200 mm yang mampu mencetak produk berbahan logam sebagai berikut:

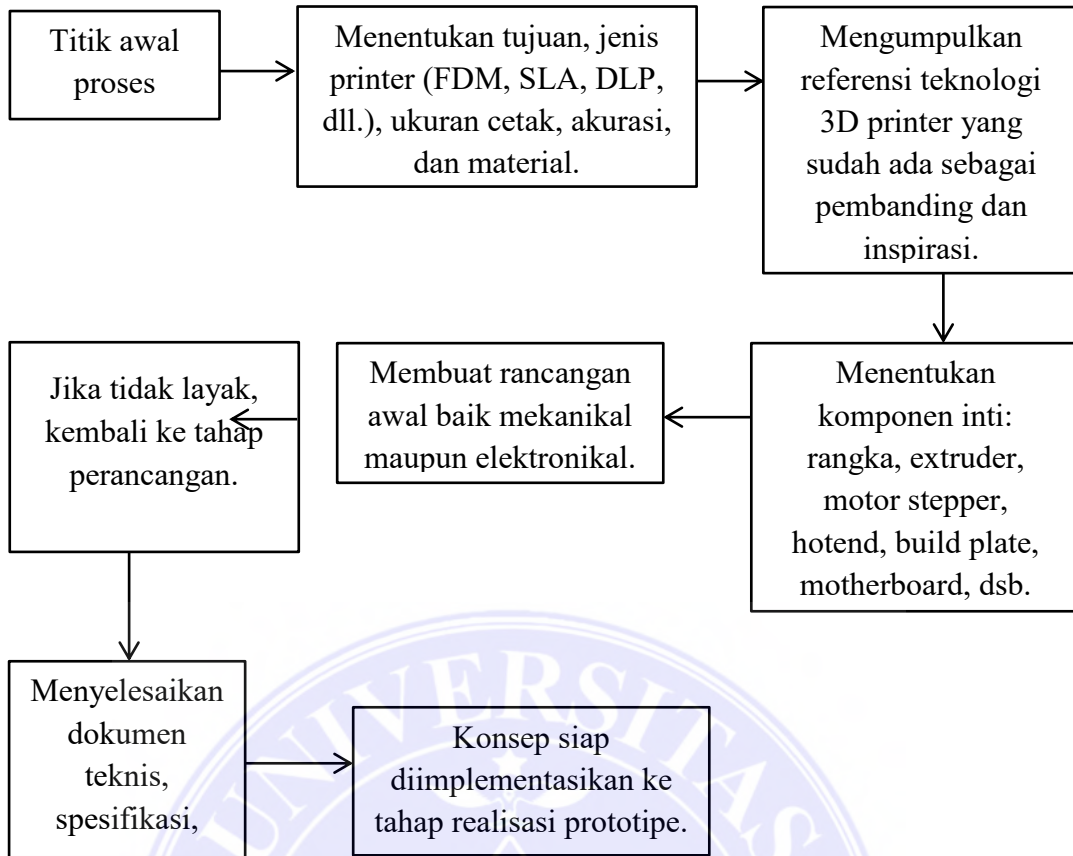
- a. Studi literatur dengan cara mencari dan mengumpulkan sumber sumber informasi sebagai bahan acuan pembelajaran pada jurnal pendukung, internet, web, kusioner, dan buku.
- b. Observasi dan penggunaan alat yang akan dilakukan pada pembuatan specimen.
- c. Melakukan perhitungan terhadap rancangan.
- d. Menganalisis dan membandingkan bahan dan alat yang lebih efisien dari segi nilai kualitas dan nilai ekonomis.
- e. Membuat kesimpulan.

## Pengumpulan Data

Mencari dan mengumpulkan sumber informasi sebagai bahan acuan pembelajaran pada jurnal pendukung, internet, web, dan buku.

## Proses Pembuatan Konsep Perancangan

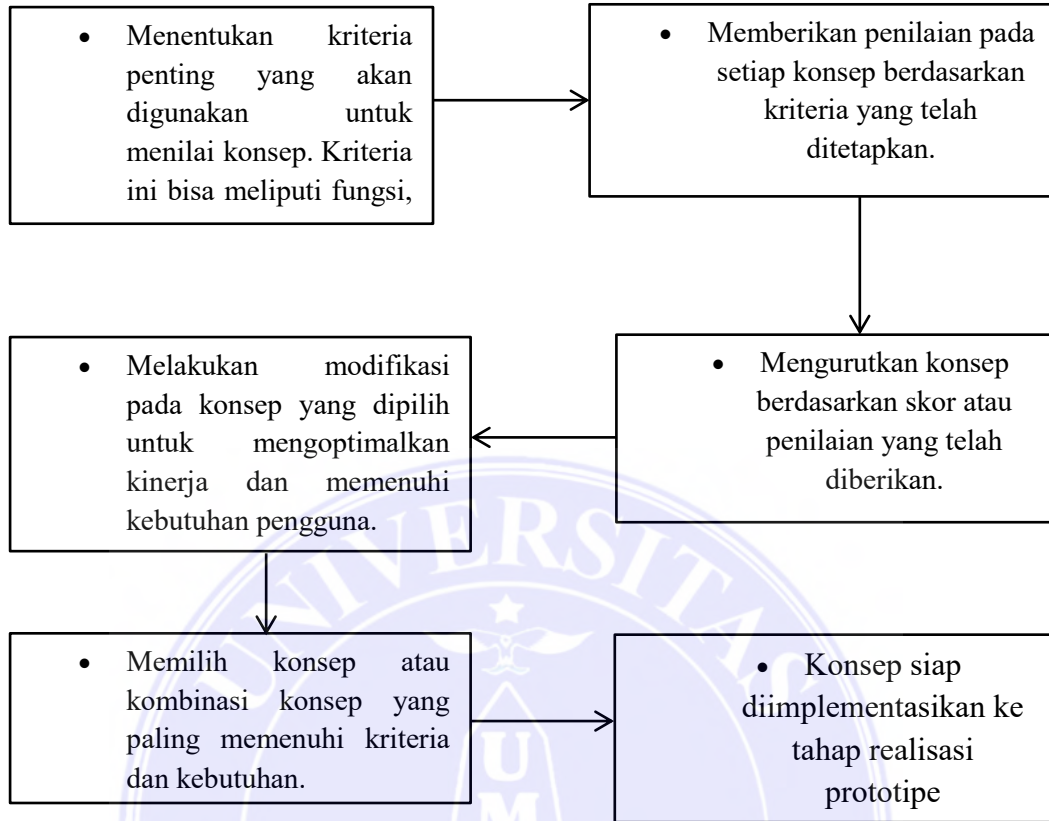
Pada proses pembuatan konsep rancangan ini merupakan kegiatan untuk menciptakan desain yang diinginkan. Adapaun proses perancangan ini yang dilakukan untuk membuat gambar 3d printer. Urutan proses perancangan dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3. 3. Flowchart Proses Pembuatan Konsep Perancangan.

### Proses Pemilihan Konsep Perancangan

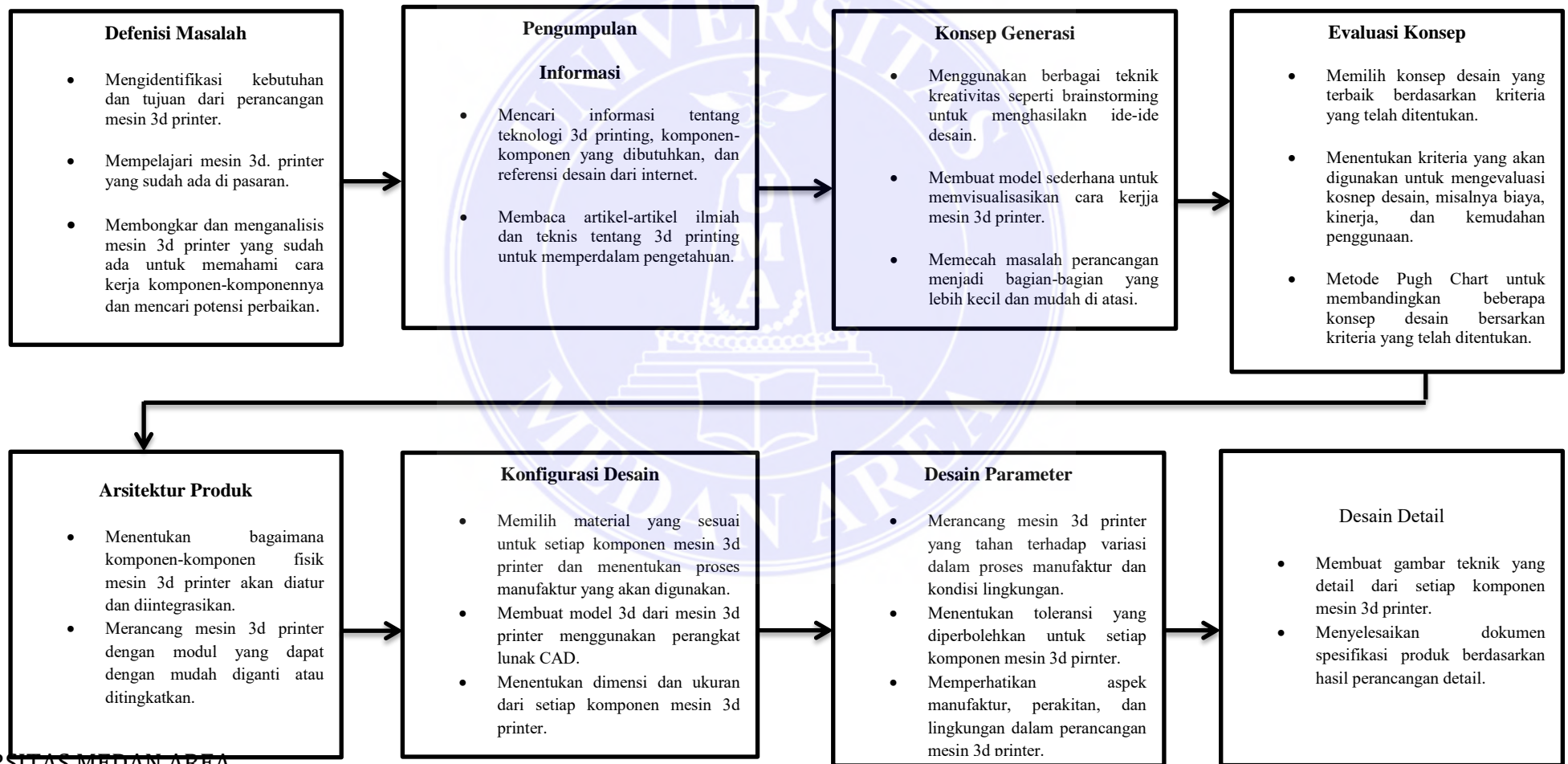
Dalam proses pemilihan konsep perancangan mencakup penilaian beberapa ide yang muncul dari proses pengembangan konsep, dengan memperhatikan kebutuhan pengguna dan berbagai elemen lainnya. Pemilihan ide yang paling sesuai akan menjadi landasan untuk pengembangan produk atau desain selanjutnya. Urutan proses pemilihan konsep rancangan dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3. 4. Flowchart Proses Pemilihan Konsep Perancangan.

### 3.5.1 Prosedur Proses Perancangan

Gambar 3. 5. Prosedur Proses Perancangan



### 3.4 Populasi dan Sampel

Pada penelitian “Perancangan Mesin 3D Printer Dengan Kapasitas Cetakan 200 x 200 x 200 mm Yang Mampu Mencetak Produk Berbahan Logam”, populasi dan sampel yang digunakan dalam Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3. 3. Populasi dan Sampel

3D Printer				
Konsep	Cara memutar	Tiang	Motor Penggerak	Jumlah sketsa
Konsep 1	Lingkaran	2 tiang	Dinamo	1
Konsep 2	Heksagon	3 tiang	Motor servo	1
Konsep 3	Segi empat	4 tiang	stepper	1

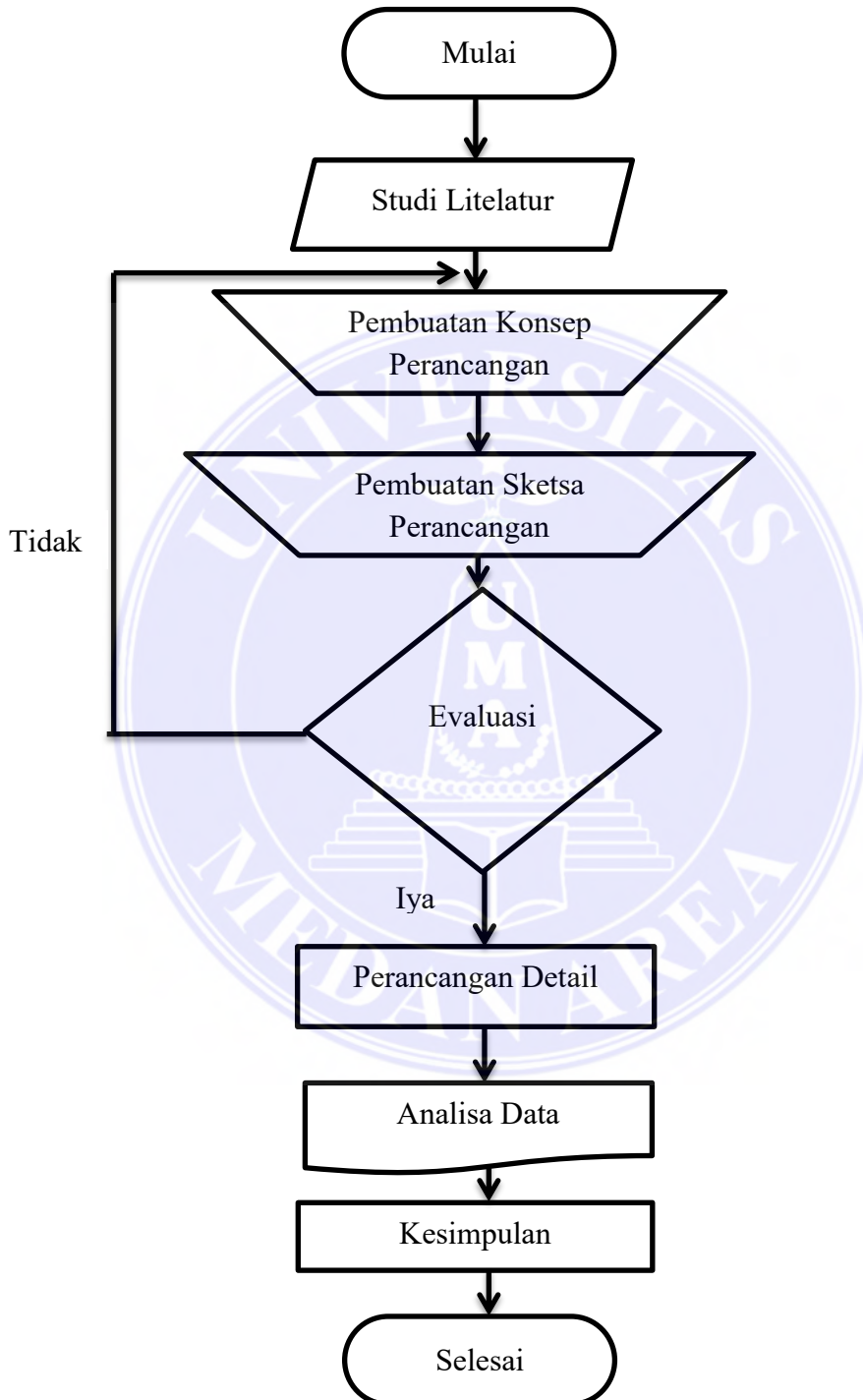
### 3.5 Prosedur Kerja

Dalam merancang suatu elemen mesin tidak terdapat aturan yang baku dan kaku. Masalahnya dapat dicoba dengan beberapa langkah seperti diagram alir untuk prosedur perancangan mesin pada Gambar tabel Prosedur umum untuk menyelesaikan masalah perancangan adalah sebagai berikut:

1. Pengakuan akan kebutuhan. Pertama-tama, buatlah pernyataan lengkap tentang masalahnya, yang menunjukkan kebutuhan, tujuan, atau tujuan mesin akan dirancang.
2. Sintesis (Mekanisme). Pilih mekanisme yang mungkin atau kelompok mekanisme yang akan memberikan kondisi yang diinginkan.

3. Analisis gaya. Dapatkan gaya yang bekerja pada setiap elemen mesin dan daya yang ditransmisikan oleh setiap elemen tersebut.
4. Pemilihan bahan. Tentukan bahan yang sesuai untuk setiap kebutuhan elemen mesin.
5. Ukuran dan Tekanan elemen rancangan. Tentukan ukuran masing-masing elemen mesin dengan mempertimbangkan gaya yang bekerja pada bagian gambar detail dan tegangan yang diizinkan untuk material yang digunakan. Perlu diingat bahwa setiap elemen tidak boleh merusak dari batas yang diizinkan.
6. Modifikasi. Ubah ukuran elemen agar sesuai dengan pengalaman dan ketentuan sehingga memudahkan pembuatannya. Modifikasi juga mungkin diperlukan dengan pertimbangan produksi untuk mengurangi biaya keseluruhan.
7. Gambar detail. Gambarkan detail setiap elemen dan perakitan mesin dengan spesifikasi lengkap untuk proses produksi yang disarankan.
8. Produksi.

### 3.5.1 Diagram Alir



Gambar 3. 6. Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan tahapan perancangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah berhasil dirancang sebuah mesin 3D printer dengan kapasitas cetakan minimal 200 x 200 x 200 mm yang dirancang khusus untuk mencetak produk berbahan logam menggunakan pendekatan manufaktur aditif.
2. Proses pemilihan konsep dilakukan secara sistematis menggunakan metode Pugh, yang memungkinkan analisis dan perbandingan beberapa alternatif desain berdasarkan kriteria fungsional, teknis, dan ekonomis.
3. Konsep desain terbaik yang terpilih memenuhi kebutuhan spesifikasi teknis, efisiensi produksi, dan kompatibilitas dengan material logam.

#### 5.2. Saran

Berdasarkan langkah-langkah perancangan yang telah dijalankan, terdapat beberapa rekomendasi untuk pengembangan di masa mendatang adalah:

- A. Pengujian dan Validasi: Melaksanakan evaluasi menyeluruh pada prototipe untuk mengonfirmasi efisiensi desain dan menemukan bagian dan membutuhkan perbaikan atau modifikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggito, A., & Setiawan, J. (2018). *Metodologi penelitian kualitatif*. CV Jejak (Jejak Publisher).
- Andriyansyah, D., & Jamaldi, A. (2021). Perancangan Dan Pembuatan Mesin 3D Printer Tipe Cantilever. *Abdi Masya*, 1(2), 108-114.
- Adam, M. T., Prasetya, S., Nursanto, D., & Suhandi, A. (2022). Rancang Bangun Sistem Mekanik 3D Printer Mortar 1x1x1 m. *Jurnal Mekanik Terapan*, 3(1), 34-43.
- Andriyansyah, D., Kristiyono, R., Chamim, M., & Herianto, H. Optimasi Parameter Proses 3D Printing pada Pencetakan Model Tooth Bucket menggunakan Nozzle 0,6 mm. *ROTASI*, 25(4), 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*, 7(2), 79–89.  
<https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v7i2.5929>.
- E, George and Linda C. 2016. *Engineering Design Fourth Edition*. Vol. 57. Fourth Edi. edited by Lorraine K. Buczek. New York: Raghathan Srinivasan.
- Gibson, I., Rosen, D., Stucker, B., Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2015). Directed energy deposition processes. *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing*, 245-268.
- Hendri Nurdin, Ambiyar, & Waskito. (2020). Perencanaan Elemen Mesin, Elemen Sambungan, Dan Elemen Penumpu. *Isbn : 978-602-1178-62-1*, 1–17.
- Harja, H. B., Erfiansyah, E., Saksono, N., Febriansyah, R. A., & Fauzi, M. (2023). perancangan 3D printing cartesian berbasis fused depositin modelling dengan ukuran 200 X 200 X 200 mm. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 9(1), 9-16.
- Irawan, A. P. (2017). *Perancangan Dan Pengembangan Produk Manufaktur*. Yogyakarta: CV. andi offset.
- Kalender, M., Bozkurt, Y., Ersoy, S., & Salman, S. (2020). Product Development with Additive Manufacturing and 3D Printer Technology in Aerospace Industry. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 13(1 SE-Articles), 129–138. <http://www.jast.msu.edu.tr/index.php/JAST/article/view/400>
- Kosasih, D. P., Nugraha, H. D., & Saefullah, W. A. (2021). Perancangan Mesin 3D Printing Model Cartesian. *Jurnal Teknik Mesin ITI*, 5(1), 29-35.

- Kalender, M., Bozkurt, Y., Ersoy, S., & Salman, S. (2020). Product Development with Additive Manufacturing and 3D Printer Technology in Aerospace Industry. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 13(1 SE-Articles), 129–138. <http://www.jast.msu.edu.tr/index.php/JAST/article/view/400>
- 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*, 32(1), 1-16.
- Muhammad, N. R. (2019). Rancang Bangun Frame Konstruksi Modifikasi Mesin 3D Printer untuk Memperluas Area Kerja Pengerjaan. ... *Frame Konstruksi Modifikasi Mesin 3D ...*, 2654, 2–6. <http://repository.ppns.ac.id/id/eprint/2581>
- 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*, 3(1), 26-33.
- Özsoy, K., & Duman, B. (2017). Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 1(1), 36-48.
- Putra, K. S., & Sari, U. R. (2018, July). Pemanfaatan teknologi 3d printing dalam proses desain produk gaya hidup. In *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi* (pp. 917-922). STMIK Pontianak.
- Rafi, M. N., Budianto, B., & Purnomo, D. A. (2019). Rancang Bangun Frame Konstruksi Modifikasi Mesin 3D Printer Untuk Memperluas Area Kerja Pengerjaan. In *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application* (Vol. 3, No. 1).
- Saputra, T. H., & Supriyono, R. analisis kekuatan frame pada mesin 3D printer dengan automatic tool changer melalui simulasi statis solidworks.
- Setiawan, B., Triyanti, I., Walid, A., Prasetyo, R., Umro, V., & Cahya, D. (2021). Aplikasi solidwork untuk rancangan CAD 3D pada mesin 3D printer 2x2x2 meter. *JURNAL ELTEK*, 19(2), 9-16.
- Sianturi, G. (2011, November). Seleksi material menggunakan metode analytical hierarchy process dan pugh. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 2, pp. 181-186).