

# **ANALISIS KEKUATAN TEKAN HASIL PENCETAKAN 3D PRINTER DENGAN BAHAN LOGAM**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**DIMAS SYAHPUTRA  
218130056**



**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 (repositori.uma.ac.id)14/4/26

# **ANALISIS KEKUATAN TEKAN HASIL PENCETAKAN 3D PRINTER DENGAN BAHAN LOGAM**

## **SKRIPSI**

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



**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

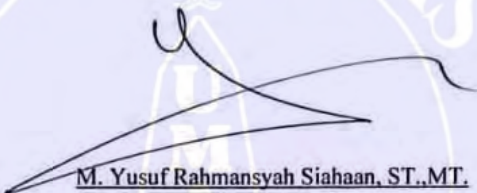
Access From (repositori.uma.ac.id)14/4/26

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

### HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisis Kekuatan Tekan Hasil Pencetakan 3D Printer  
Dengan Bahan Logam  
Nama Mahasiswa : Dimas Syahputra  
NIM : 21.813.0056  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing

  
M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST., MT.  
Pembimbing I

  
  
Dr. H. Supriatno, S.T., M.T.  
Dekan

  
  
Dr. M. Handi, S.T., M.T.  
Kl. Prodi/ WD I

Tanggal Lulus: 02 Oktober 2025

## HALAMAN PERNYATAAN

### 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, 22 Oktober 2025



Dimas Syahputra

218130056

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

### 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 : Dimas Syahputra  
NPM : 218130056  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi 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 : Analisis Kekuatan Tekan Hasil Pencetakan 3D Printer dengan Bahan 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 sebenarnya.

Dibuat di: Medan  
Pada tanggal 22 Oktober 2025  
Yang menyatakan



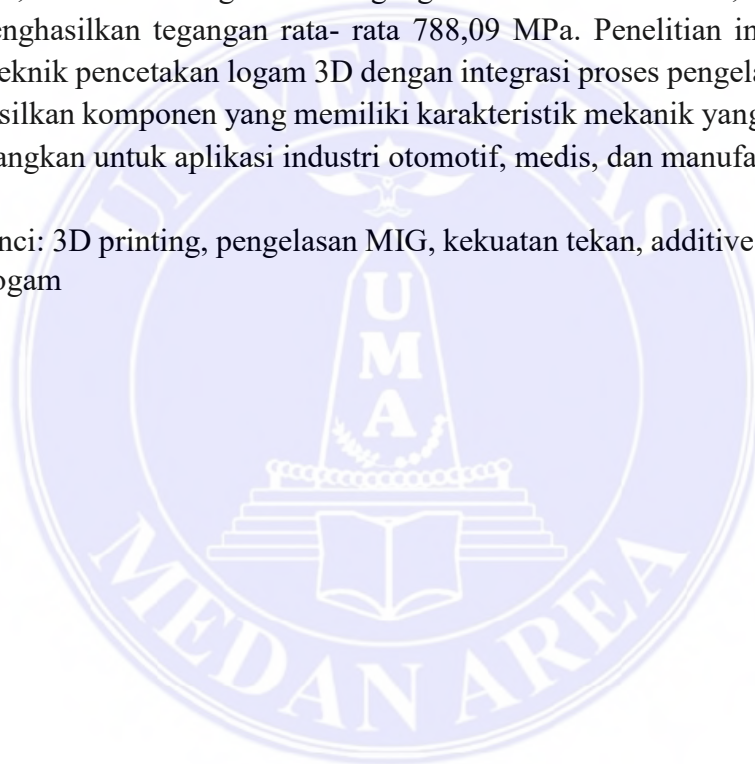
Dimas Syahputra

218130056

## ABSTRAK

Teknologi pencetakan 3D telah maju pesat sebagai metode manufaktur aditif yang mampu menghasilkan objek dengan bentuk yang kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan tekan hasil pencetakan 3D printer berbahan logam melalui teknologi pengelasan MIG (Metal Inert Gas) dengan menggunakan kawat las MIG tipe E71T-GS sebagai material dasar. Spesimen dicetak dengan variasi arus listrik 50 A, 60 A, dan 70 A, kemudian diuji tekan menggunakan mesin Universal Testing Machine (UTM) sesuai standar ASTM E9-19. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan arus pencetakan meningkatkan kekuatan tekan spesimen. Tegangan tekan tertinggi rata-rata sebesar 844,31 MPa diperoleh pada arus 70 A, Arus 60 A menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 821,41 Mpa dan Arus 50A menghasilkan tegangan rata-rata 788,09 MPa. Penelitian ini membuktikan bahwa teknik pencetakan logam 3D dengan integrasi proses pengelasan MIG dapat menghasilkan komponen yang memiliki karakteristik mekanik yang baik dan dapat dikembangkan untuk aplikasi industri otomotif, medis, dan manufaktur.

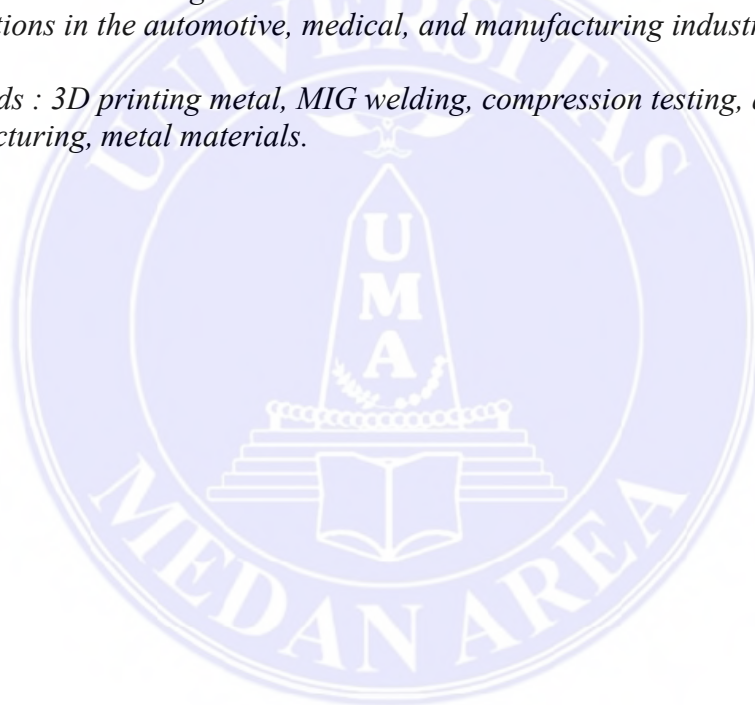
Kata kunci: 3D printing, pengelasan MIG, kekuatan tekan, additive manufacturing, bahan logam



## **ABSTRACT**

*3D printing technology has advanced rapidly as an additive manufacturing method capable of producing objects with complex shapes. This study aims to analyze the compressive strength of 3D printing results from metal printers through MIG (Metal Inert Gas) welding technology using MIG welding wire type E71T-GS as the base material. Specimens were printed with varying electric currents of 50 A, 60 A, and 70 A, then tested in compression using a Universal Testing Machine (UTM) according to ASTM E9-19 standards. The test results showed that increasing the printing current increased the compressive strength of the specimens. The highest average compressive stress of 844.31 MPa was obtained at a current of 70 A, a current of 60 A produced an average stress of 821.41 MPa and a current of 50A produced an average stress of 788.09 MPa. This study proves that 3D metal printing techniques with the integration of the MIG welding process can produce components that have good mechanical characteristics and can be developed for applications in the automotive, medical, and manufacturing industries.*

*Keywords : 3D printing metal, MIG welding, compression testing, additive manufacturing, metal materials.*



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Dimas Syahputra berumur 22 tahun, dilahirkan di Saribu Dolok pada Tanggal 04 Januari 2003. Penulis beragama Islam, anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Iwan dan Ibu Heppi Marlina Rajagukguk. Pendidikan formal dimulai dari TK Fajar Saribu Dolok tahun 2008-2009, sekolah dasar di SD MIN Bah Sulung tahun 2009-2015, sekolah menengah pertama di SMP Negeri 2 Tapian Dolok tahun 2015-2018, sekolah menengah kejuruan di SMK Swasta HKBP Pematang Siantar tahun 2018-2021, selanjutnya pada tahun 2021 penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi S1 Teknik Mesin di Universitas Medan Area. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT. Perkebunan Nusantara IV Unit Usaha Teh Bah Butong yang ada dikecamatan Sidamanik, Kabupaten Simalungun, Sumatra Utara dan tamat di Universitas Medan Area tahun 2025.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“ANALISIS KEKUATAN TEKAN HASIL PENCETAKAN 3D PRINTER DENGAN BAHAN LOGAM”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, dukungan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M,Eng, M.Sc , Selaku Rektor Universitas Medan Area, atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan selama masa studi.
2. Bapak Dr. Eng Supriatno, ST.,MT. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, atas bimbingan dan arahan yang mendukung kelancaran penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Iswandi ST.,MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. Bapak M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST.,MT. selaku pembimbing skripsi, atas segala bimbingan, ilmu, saran, dan motivasi yang diberikan selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

5. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, atas doa, dukungan moral, dan materi yang tiada henti diberikan selama masa studi dan penyusunan skripsi ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin, Universitas Medan Area, atas kerjasama dan dukungan selama proses perkuliahan dan penelitian.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang pencetakan 3D dengan bahan logam, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Akhir kata, penulis berharap semoga karya ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi yang berarti dalam dunia pendidikan dan teknologi.

Penulis



Dimas Syahputra  
Npm : 218130056

## DAFTAR ISI

ANALISIS KEKUATAN TEKAN HASIL PENCETAKAN 3D PRINTER DENGAN BAHAN LOGAM .....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
RIWAYAT HIDUP .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Hipotesis Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Mesin 3D Printer .....	5
2.1.1. Sejarah Mesin 3d Printer.....	6
2.1.2. Prinsip Dasar Mesin 3D Printing.....	8
2.1.3. Jenis-jenis Mesin 3d Printer.....	10
2.2. Pengelasan .....	12
2.2.1. Jenis – Jenis Pengelasan .....	13
2.2.2. Pengelasan Metal Inert Gas (MIG).....	21
2.3. Logam.....	26
2.3.1. Logam Ferro (logam besi) .....	26
2.3.2. Logam Non Ferro (Logam Bukan Besi) .....	29
2.4. Pengujian .....	32
2.4.1. Pengujian Tekan.....	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	36
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	37
3.2. Bahan dan Alat penelitian.....	38
3.2.1. Bahan .....	38
3.2.2. Alat.....	39
3.3. Metode Penelitian.....	40
3.4. Populasi dan Sampel .....	42
3.5. Prosedur Kerja .....	42
3.5.1. Proses pembuatan spesimen.....	43
3.5.2. Proses pengujian tekan spesimen.....	43
3.6. DIAGRAM ALIR.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45

4.1. Hasil.....	45
4.1.1. Hasil Pembuatan Spesimen.....	45
4.1.2. Hasil Pengujian Tekan .....	48
4.2. Pembahasan .....	48
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....	56
5.1. SIMPULAN.....	56
5.2. SARAN .....	56
DAFTAR PUSTAKA .....	58
LAMPIRAN.....	60



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....	37
Tabel 3.2. Populasi dan Sampel Penelitian .....	42
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Tekan Spesimen .....	47
Tabel 4.2. Kekuatan Tekan .....	50
Tabel 4.3 Tabel Regangan .....	51



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mesin 3D Printer. ....	6
Gambar 2.2. Mesin Printer Pertama di Dunia. ....	6
Gambar 2.3. Mesin 3D Printer Model Delta .....	11
Gambar 2.4. 3D Printer Cartesian .....	11
Gambar 2.5. <i>3D Printer Corexy</i> .....	12
Gambar 2.6. Las gas Asiteline.....	15
Gambar 2.7. Las Titik. ....	16
Gambar 2.8. Las Gesek (friction wlding).....	18
Gambar 2.9. Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) .....	19
Gambar 2.10. Pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW/MIG).....	20
Gambar 2.11. Las listrik <i>Tungsten Inert Gas Welding</i> (TIG).....	21
Gambar 2.12. Mesin Las MIG .....	23
Gambar 2.13. Tang Las ( Welding Gun / Torch ).....	23
Gambar 2.14. Kabel Massa .....	24
Gambar 2.15. Wire Las Mig.....	25
Gambar 2.16. Besi Cor Kelabu .....	27
Gambar 2.17. Besi Cor Putih. ....	28
Gambar 2.18. Alumunium.....	30
Gambar 2.19. Tembaga. ....	31
Gambar 2.20. Kuningan. ....	32
Gambar 2.21. Hubungan tegangan dan regangan. ....	34
Gambar 3.1. Sertifikasi Wire Las MIG E71T-GS.....	38
Gambar 3.2. Wire las MIG.....	38
Gambar 3.3. Mesin 3D Printer. ....	39
Gambar 3.4. Mesin Las MIG. ....	39
Gambar 3.5. Universal Testing Machine (UTM). ....	40
Gambar 3.6. Mesin Bubut. ....	40
Gambar 3.7. Gambar spesimen. ....	41
Gambar 3.8. Diagram Alir Prosedur Pembuatan Spesimen .....	43
Gambar 3.9. Diagram Alir Proses Pengujian Tekan.....	43
Gambar 3.10. Diagram Alir Penelitian.....	44
Gambar 4.1. Gambar Hasil Pencetakan Mesin 3D Printer.....	46
Gambar 4.2. Proses Pembubutan Spesimen. ....	46
Gambar 4.3 Spesimen Uji Tekan.....	47
Gambar 4.4. Hasil Pengujian Gaya Tekan. ....	48
Gambar 4.5. Hasil pengujian spesimen.....	49
Gambar 4.6. Ukuran Spesimen Setelah Diuji. ....	49
Gambar 4.7. Grafik Tegangan. ....	51
Gambar 4.8. Grafik Regangan. ....	53
Gambar 4.9. Grafik temperatur. ....	54

## DAFTAR NOTASI

$P$	= kuat tekan bahan, satuannya N/m <sup>2</sup> .
$F$	= beban tekan maksimum (gaya tekan), satuannya N.
$A$	= luas bidang bahan, satuannya meter persegi (m <sup>2</sup> ).
$P$	= gaya yang diberikan pada benda uji.
$A_0$	= luas penampang awal benda uji (mm <sup>2</sup> ).
$\sigma$	= Tegangan sejati (Nm/mm <sup>2</sup> ).
$\varepsilon$	= Regangan sejati (%).
$\sigma u$	= Kekuatan Tarik Maksimum (N/mm <sup>2</sup> ).
$P_{maks}$	= Pembebanan Maksimum (N).
$A_0$	= Luas Penampang (mm <sup>2</sup> ).



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mesin printer 2D kini mulai digantikan oleh mesin 3D printer. Hal ini memiliki dampak karena kebutuhan manusia yang semakin beragam, sehingga produk yang dibutuhkan juga semakin beragam dan kompleks. Keterlibatan aktif siswa melalui praktik langsung, kolaborasi, dan integrasi seni mendukung pemahaman terhadap konsep kinematika yang abstrak. Pendekatan ini lebih relevan karena dimensi 2D tidak cukup mewakili bentuk produk. 3D printer merupakan salah satu solusi pembuatan *prototype* yang memudahkan kegiatan manusia. *Prototype* yang dihasilkan memiliki bentuk yang detail, praktis, dan cepat. Umumnya pembuatan *prototype* membutuhkan waktu yang cukup lama, mulai dari desain hingga finishing. Dengan adanya 3D printer, proses produksi *prototype* menjadi lebih efisien dalam mengurangi waktu.. (Deny, Hary, & Wahyu, 2021)

Teknologi *3D printing* termasuk dalam metode manufaktur baru yang disebut *additive manufacturing*. Metode ini bekerja dengan cara menumpuk material untuk membentuk sebuah objek tiga dimensi. Teknologi *3D printing* bisa digunakan untuk mencetak objek dengan cepat, bahkan di tahap desain *prototype*, sehingga sering disebut dengan *rapid prototyping*. Kemudian, teknologi ini tidak hanya digunakan untuk membuat *prototype*, tapi juga bisa digunakan untuk membuat objek yang bisa digunakan. Berbeda dengan proses manufaktur biasa yang menghasilkan sisa material, proses *3D printing* tidak menghasilkan limbah dan memiliki komponen yang lebih sederhana, sehingga hemat energi. Selain itu,

metode *additive manufacturing* bisa digunakan untuk membuat objek dengan bentuk yang kompleks dengan biaya yang lebih rendah. (Deny, Sriyanto, & Agus.)

Mesin printer 3D adalah alat yang digunakan untuk membuat benda padat berbentuk tiga dimensi dari desain digital, sehingga bisa dihasilkan bentuk 3D dengan memiliki volume nyata. (Deny, Hary, & Wahyu, 2021)

Teknologi *3D Printing* memiliki potensi besar dalam bidang manufaktur saat ini. Pembuatan produk secara cepat dari model CAD merupakan kebutuhan penting, mengingat tren proses produksi harus dapat diselesaikan dalam waktu singkat. Dengan metode *Rapid Prototyping*, siswa secara aktif terlibat dalam pembuatan produk melalui praktik langsung, kolaborasi, dan integrasi seni, yang mendukung pemahaman tentang konsep kinematika yang abstrak. Pendekatan 3D ini relevan untuk pengembangan produk secara umum. (Layli & Zainuddin, 2020). Produk 3D Printer menghasilkan dimensi yang baik dapat diketahui melalui ketepatan ukuran yang dihasilkan. Ini dapat dilakukan dengan membandingkan ukuran produk dengan ukuran desainnya. Berbagai faktor yang mempengaruhi akurasi dimensi produk meliputi kualitas mesin pencetak 3D, cara penggunaan mesin pencetak 3D, dan kondisi lingkungan seperti suhu. Lubis dan Sutanto telah melakukan penelitian tentang dampak posisi orientasi objek dalam proses pencetakan 3D cepat terhadap kekuatan tarik material polimer. Penelitian itu membandingkan orientasi produk secara horizontal dan vertikal terkait dengan kekuatan tarik material polimer PLA dan ABS, dan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa orientasi objek mempengaruhi kekuatan tarik material polimer. (Wirawan & novan, 2023 )

Dua tahun lalu, seorang peneliti bernama Herru Santosa melakukan studi tentang uji tarik pada produk yang dihasilkan dari pencetakan 3D dengan variasi ketebalan lapisan 0,2 mm dan 0,3 mm, menggunakan bahan ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*). Penelitian ini berfokus pada parameter proses pencetakan 3D terkait dengan variasi ketebalan lapisan dan kekuatan tarik material ABS. Namun, penelitian ini memiliki kekurangan, karena hanya menguji kekuatan tarik, sehingga sifat mekanik lainnya belum dapat diuji dengan jelas.(Firdausi, 2020). Maka dari latar belakang di atas peneliti melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan tekan dari hasil 3D *Printing* berbahan logam dengan mengaplikasikan las mig sebagai header dari mesin 3D *Printing*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan di bahas pada penelitian ini yaitu Bagaimana cara menganalisis kekuatan tekan spesimen hasil pencetakan 3d *printer* dengan bahan logam dengan pengujian statis.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Pembuatan spesimen uji tekan hasil pencetakan 3D *Printing* dengan bahan logam.
2. Pengujian spesimen uji tekan hasil pencetakan 3D *Printing* dengan bahan logam.
3. Menganalisis spesimen uji tekan hasil pencetakan 3D *Printing* dengan bahan logam

#### 1.4. Hipotesis Penelitian

Hasil pencetakan 3D printer menggunakan bahan logam dengan menggunakan las MIG bisa menghasilkan kekuatan tekan yang cukup kuat pada benda hasil cetakan serta memberikan kemudahan dalam pencetakan suatu alat pada berbagai bidang industri seperti otomotif, medis, dan penerbangan.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu:

1. Bermanfaat memberikan informasi bagi penelitian selanjutnya tentang kuat tekan spesimen pencetakan 3D Printing dengan bahan logam.
2. Memperluas aplikasi teknologi 3D Printing di berbagai industri seperti otomotif, medis, dan penerbangan

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Mesin 3D Printer

3D Printer adalah mesin pencetak yang membuat objek dalam bentuk tiga dimensi yang dapat dilihat dan disentuh serta memiliki volume. Sebuah model 3D dibuat dengan cara menumpuk lapisan demi lapisan untuk membuat objek tiga dimensi dari file digital. Objek 3D dibuat dengan mencetak secara bertahap dengan menumpuk lapisan bahan sampai objek selesai. Metode ini disebut proses aditif.

Printer 3D, juga dikenal sebagai *Additive Manufacturing (AM)*, merujuk pada cara membuat benda tiga dimensi. Proses ini melibatkan pembentukan lapisan material yang dikendalikan oleh komputer. Benda dapat memiliki bentuk atau geometri yang hampir sama dan Umumnya, hal ini diciptakan dengan memanfaatkan data model digital dari model tiga dimensi atau sumber data elektronik lainnya seperti berkas *Additive Manufacturing File (AMF)*.

Salah satu kegunaan penting Printer 3D adalah untuk membuat model 3D dalam industri medis. Dengan 3D Printer, dokter bisa membuat model tubuh dari pasien yang butuh operasi. Saat ini hampir semua komponen pesawat mainan dibuat dengan printer 3D. Printer 3D dapat menghemat dana diperakitan dikarenakan bisa mencetak produk yang sudah dirakit. Perusahaan yang menggunakan Printer 3D pada saat ini bisa bereksperimen dengan ide-ide baru dan desain alternatif tanpa harus membuang waktu lama atau biaya perkakas. Mereka bisa menentukan apakah ide produk layak atau tidak untuk dialokasikan sumber daya tambahan. Printer 3D dapat mengubah cara produksi massal di masa depan dan berpengaruh di berbagai

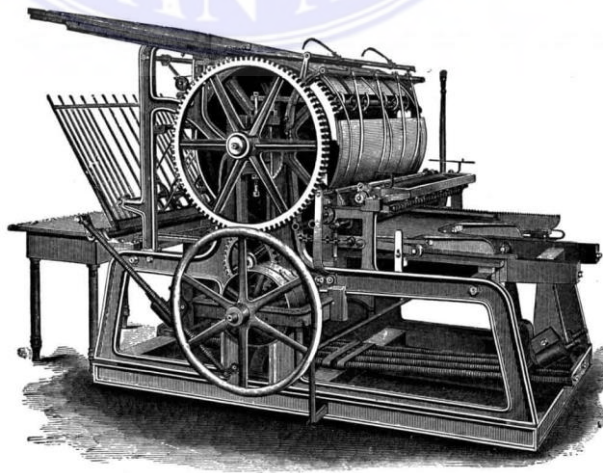
industri, seperti otomotif, medis, bisnis & peralatan industri, pendidikan, arsitektur, serta industri konsumen-produk.



Gambar 2.1. Mesin 3D Printer.

### 2.1.1. Sejarah Mesin 3d Printer

Awal mula evolusi Pencetakan 3D terjadi pada tahun 1976 saat printer inkjet yang pertama kali diciptakan. Di tahun 1984, inovasi dalam konsep inkjet mengubah penggunaan teknologi pencetakan dari tinta menjadi material. Selama bertahun-tahun, beragam pemanfaatan teknologi Printer 3D telah muncul di berbagai sektor industri. Berikut adalah rangkuman sejarah perkembangan pencetakan 3D..(Setiawan et al., 2017)



Gambar 2.2. Mesin Printer Pertama di Dunia.

a. Tahun 1984, Kelahiran 3D Printing

Charles Hull (salah satu orang yang merintis 3D Systems) mengembangkan konsep *stereolithography*, yang merupakan metode pencetakan yang memungkinkan penciptaan objek 3D nyata dari informasi digital. Teknologi ini dimanfaatkan untuk menghasilkan model 3D dari ilustrasi dan memberi kesempatan kepada pengguna untuk menguji desain sebelum memulai proses produksi.

b. Tahun 1992, Bangunan Parts, Lapis Demi Lapis

Pertama kali, alat *SLA (Stereolithographic Apparatus)* diciptakan oleh *3D Systems*. Metode dari alat ini memanfaatkan laser UV untuk memadatkan *photopolymer*, yaitu zat cair yang memiliki viskositas serta warna tertentu yang memungkinkan pembuatan komponen tiga dimensi secara bertahap. Meskipun masih ada kekurangan, perangkat ini menunjukkan bahwa komponen-komponen yang sangat rumit dapat dihasilkan dalam waktu semalam.

c. Tahun 1999,

Penerapan pencetakan 3D dalam sektor medis melalui pembuatan kandung kemih buatan menggunakan teknologi printer 3D. Untuk pertama kalinya, organ buatan ditanam dalam tubuh manusia saat seorang pasien melakukan augmentasi kandung kemih menggunakan perancah sintesis yang dilapisi dengan sel dari tubuh mereka sendiri. Inovasi ini diperkenalkan oleh para peneliti di Wake Forest Institute for Regenerative Medicine, yang membuka kesempatan untuk pengembangan metode lain dalam rekayasa organ termasuk teknik pencetakan. Dengan menggunakan sel-sel dari pasien itu sendiri, risiko penolakan menjadi sangat minim atau bahkan tidak ada.

d. Tahun 2000,

Pengembangan dan riset dilakukan oleh Wake Forest Institute untuk Regeneratif Medis yang bertujuan untuk cetak organ dan jaringan menggunakan teknologi cetak 3D.

#### 2.1.2. Prinsip Dasar Mesin 3D Printing

3D printing, juga dikenal sebagai *additive manufacturing*, adalah proses pembuatan objek tiga dimensi dari model digital dengan menambahkan material lapis demi lapis. Untuk 3D printing logam, prinsip dasarnya melibatkan beberapa tahap kunci:

1. Desain Digital:
  - a. Proses dimulai dengan model 3D digital, biasanya dibuat menggunakan perangkat lunak *Computer-Aided Design (CAD)*.
  - b. Model ini kemudian dikonversi ke format file yang dapat dibaca oleh printer 3D, umumnya format *STL (Stereolithography)*.
2. *Slicing*:
  - a. File 3D dibagi menjadi lapisan-lapisan tipis horizontal menggunakan perangkat lunak *slicing*.
  - b. Perangkat lunak ini menghasilkan kode G (*G-code*) yang memberikan instruksi spesifik kepada printer tentang bagaimana mencetak setiap lapisan
3. Persiapan Material:
  - a. Untuk pencetakan logam, bahan baku biasanya berupa bubuk logam halus.

- b. Bubuk ini harus memiliki ukuran partikel dan distribusi yang sesuai untuk memastikan hasil cetakan yang baik.
4. Pencetakan:
- a. Proses pencetakan bervariasi tergantung pada teknologi spesifik yang digunakan (misalnya, SLM, DMLS, atau EBM).
  - b. Umumnya, lapisan tipis bubuk logam disebar di atas platform build.
  - c. Sumber energi (laser atau electron beam) kemudian melelehkan atau menyinter bubuk logam sesuai dengan desain lapisan.
  - d. Platform build kemudian diturunkan, dan lapisan baru bubuk logam disebar di atasnya.
  - e. Proses ini diulang hingga objek selesai dicetak.
5. Pendinginan dan Solidifikasi:
- a. Setelah setiap lapisan diproses, logam cair akan mendingin dan memadat.
  - b. Proses ini kritis untuk pembentukan struktur mikro dan sifat mekanik akhir.
6. *Post-Processing*:
- a. Setelah pencetakan selesai, objek biasanya memerlukan beberapa tahap *post-processing*.
  - b. Ini dapat mencakup pelepasan dari *platform build*, penghilangan struktur pendukung, heat treatment, dan finishing permukaan.

Prinsip-prinsip penting dalam *3D printing* logam:

1. Fusi Material:

- a. Berbeda dengan *3D printing* plastik yang sering menggunakan ekstrusi, *3D printing* logam mengandalkan fusi atau sintering partikel logam.
  - b. Ini memungkinkan pembuatan bagian yang padat dan kuat.
2. Kontrol Atmosfer:
    - a. Pencetakan logam sering dilakukan dalam atmosfer terkontrol (vakum atau *gas inert*) untuk mencegah oksidasi dan kontaminasi.
  3. Manajemen Panas:
    - a. Kontrol yang tepat atas input panas dan pendinginan sangat penting untuk mencegah distorsi dan mencapai sifat material yang diinginkan.
  4. Desain untuk *Additive Manufacturing* (DfAM):
    - a. Prinsip desain khusus diperlukan untuk mengoptimalkan bagian untuk *3D printing*, seperti orientasi build dan struktur pendukung.
  5. Iterasi dan Optimasi:
    - a. *3D printing* memungkinkan iterasi desain yang cepat dan optimasi topologi untuk meningkatkan kinerja bagian.

### 2.1.3. Jenis-jenis Mesin 3d Printer

Berikut merupakan jenis – jenis mesin *3D printing* yang umum digunakan yaitu;

#### 1. Mesin 3D Printer model Delta

Model printer 3D delta memiliki *nozzle* atau kepala cetak (*hotend*) yang ditopang dan digerakkan secara vertikal dengan struktur rangka yang berbentuk segitiga. Setiap lengan dioperasikan secara naik dan turun oleh satu motor masing-masing. Kepala printer delta bergerak di arah sumbu X, Y, dan Z, sehingga tempat cetak tidak perlu berpindah. Untuk melakukan pergerakan pada satu sumbu, ketiga motor perlu berkolaborasi. Oleh karena itu, kalibrasi

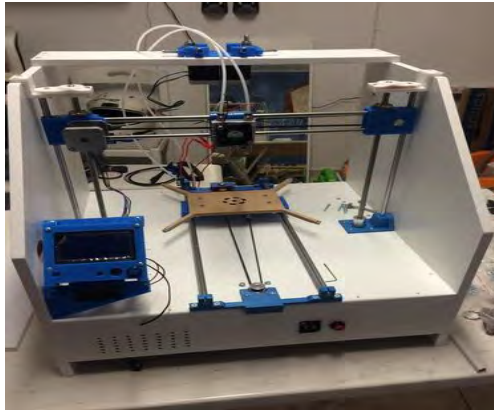
printer 3D model delta jauh lebih kompleks jika dibandingkan dengan model printer 3D lainnya. Pada desain delta, area cetaknya berbentuk lingkaran atau heksagonal..(Mulyanto, 2022)



Gambar 2.3. Mesin 3D Printer Model Delta.

## 2. Mesin 3D printer cartesian

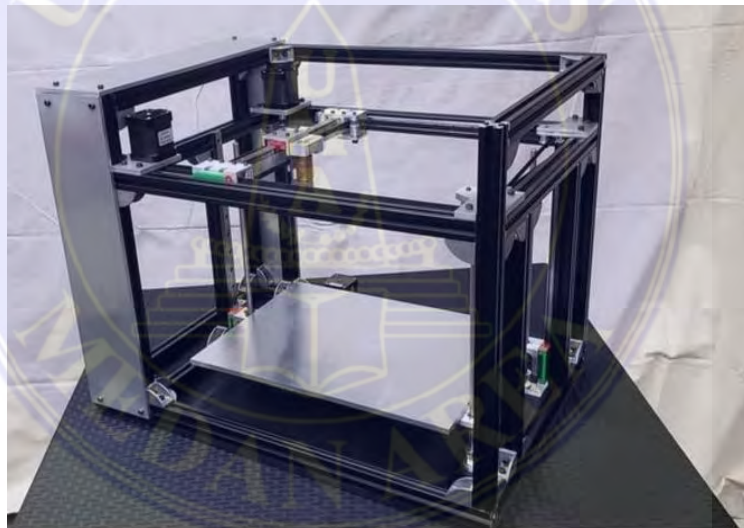
3D printer kartesian adalah jenis 3D printer yang klasik. 3D printer kartesian beroperasi dalam ruang tiga dimensi (sumbu X dan Y bergerak di rel kiri-kanan, sementara sumbu Z bergerak di arah atas bawah). Tempat tidur pada 3D printer kartesian berbentuk persegi panjang. Dalam sistem terstruktur, model kartesian pada sumbu X dan Y dihubungkan melalui sabuk dan *pulley*, sedangkan untuk sumbu Z, pergerakannya ditransmisikan melalui *leadscrew*. (Mulyanto, 2022)



Gambar 2 4. 3D Printer Cartesian.

### 3. Mesin 3D printer corexy

Printer 3D corexy memiliki struktur kartesius berbentuk kotak di mana tempat cetak hanya bergerak pada sumbu Z yang vertikal. Disebut printer 3D corexy karena noselnya bergerak secara horizontal menuju arah X dan Y, dan menggunakan motor stepper sebagai penggerakannya. Cara kerja printer 3D corexy mirip dengan printer 3D kartesian, tetapi perbedaannya terletak pada sumbu X dan Y yang ditransmisikan melalui sabuk dan *pulley*, di mana corexy memakai dua motor stepper untuk menggerakkan sumbu X dan Y secara bersamaan, sementara 3D printer kartesian mengandalkan satu *motor stepper*..(Mulyanto, 2022)



Gambar 2.5. 3D Printer Corexy.

## 2.2. Pengelasan

Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen (DIN)* Las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi logam. Pengelasan bukan hanya proses penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk

dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinu, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah- masalah yang harus diatasi di mana pemecahannya memerlukan bermacam- macam pengetahuan. Secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa dalam perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las dan jenis las yang akan dipergunakan.

Pengelasan memiliki sisi kelebihan dan sisi kekurangan, antara lain:

1. Kelebihan

- a). Sambungan las bersifat permanen.
- b). Kuat (kekuatan lasan lebih besar dari pada logam yang disambungkan).
- c). Rapat.

2. Kekurangan:

- a). Pengelasan merupakan sambungan permanen sehingga rakitannya tidak dapat dilepas. Jadi metode pengelasan tidak cocok digunakan untuk produk yang memerlukan pelepasan rakitan misalnya (untuk perbaikan atau perawatan).
- b). Sambungan las dapat menimbulkan bahaya akibat adanya cacat yang sulit dideteksi. Cacat ini dapat mengurangi kekuatannya.
- c). Sering dijumpai distorsi akibat pemuaihan dan penyusutan yang tidak seragam.(Weld, 2024).

2.2.1. Jenis – Jenis Pengelasan

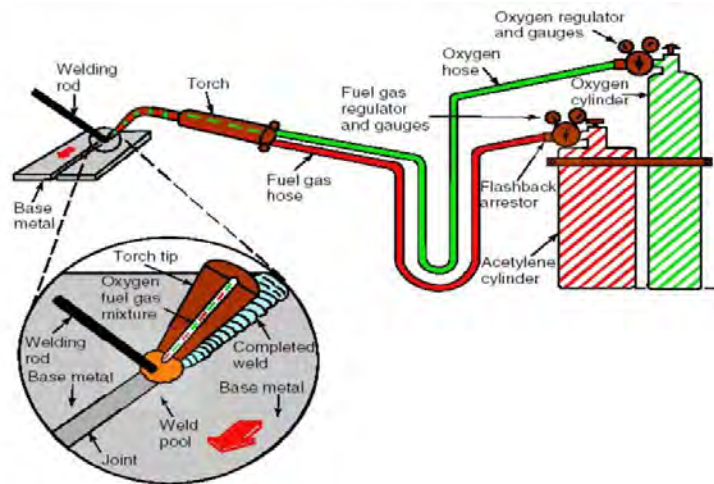
Berikut merupakan jenis-jenis pengelasan yang umum digunakan dalam industri yaitu:

### A. Las Gas *Acetylene*

Las Gas/Karbit adalah proses penyambungan logam dengan logam (pengelasan) yang menggunakan gas asetilen ( $C_2H_2$ ) sebagai bahan bakar, prosesnya adalah membakar bahan bakar yang telah dibakar gas dengan oksigen ( $O_2$ ) sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu sekitar  $3.500\text{ }^\circ\text{C}$  yang dapat mencairkan logam induk dan logam pengisi. Bahan bakar dapat digunakan gas-gas acetylene,propana atau hidrogen. Menurut *Duetch Industrie Normen (DIN)* las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan yang dilaksanakan pada keadaan lumer, las merupakan sambungan setempat dan untuk mendapatkan keadaan lumer atau cair dipergunakan energi panas.(Dian, 2021)

Las gas asetilena sering digunakan dalam pekerjaan lapangan karena peralatannya bersifat portabel dan tidak membutuhkan sumber daya listrik. Oleh karena itu, metode ini menjadi pilihan populer dalam industri konstruksi, reparasi pipa, manufaktur kecil, hingga perawatan alat berat.

Nyala api yang dihasilkan dalam proses ini memiliki karakteristik unik karena dapat diatur menjadi nyala netral (Rasio oksigen dan asetilena seimbang), nyala oksidasi (Kelebihan oksigen), atau nyala karburasi (Kelebihan asetilena), tergantung pada kebutuhan. Pengaturan ini memungkinkan las gas asetilena digunakan tidak hanya untuk pengelasan tetapi juga untuk pemotongan logam, pengerasan permukaan, pemanasan, dan pekerjaan lain yang memerlukan sumber panas tinggi. Pengelasan asetilena dapat di lihat seperti pada gambar



Gambar 2. 6. Las gas Asiteline.

## B. Pengelasan tekan

Pengelasan tekan adalah teknik pengelasan yang dilakukan dengan cara memanaskan sambungan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu bagian. Ada 2 jenis pengelasan tekan yang umum digunakan yaitu las menggunakan resistansi listrik seperti las titik dan las gesek (*friction welding*).

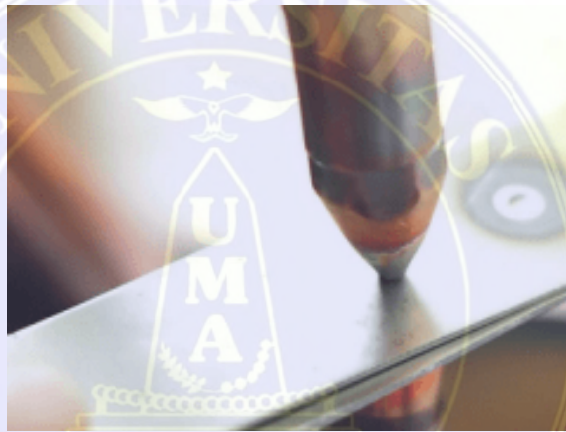
### 1) Las titik (*Resistance Spot Welding*)

Las titik atau *Resistance Spot Welding (RSW)* adalah proses pengelasan dimana permukaan logam yang berkontak disambungkan oleh panas yang didapat dari resistansi terhadap arus listrik. Biasanya lembaran logam ini berada pada kisaran tebal 1.5 sampai 3 mm. Proses ini menggunakan 2 elektroda tembaga alloy untuk memusatkan arus las ke suatu titik sekaligus untuk mencengkram lembaran tersebut.

Pengelasan ini dilakukan dengan cara menjepit dua atau lebih lembaran logam diantara elektroda logam. Saat logam dijepit, arus bertegangan tinggi dialirkan diantara elektroda, hal itu membuat logam yang bersinggungan menjadi panas dan suhunya naik sampai mencapai suhu pengelasan. Saat

suhu pengelasan tercapai, logam akan meleleh dan tekanan diantara elektroda memaksa logam menjadi satu sehingga membentuk sambungan las. Sesudah itu arus dihentikan tetapi masih dilakukan penekanan. Setelah logam mendingin, tekanan dilepaskan dan benda kerja dipindahkan.

Jumlah energi yang dialirkan kepada titik ini dipengaruhi oleh resistansi, arus dan durasi arus mengalir. Komposisi tersebut ditentukan agar sesuai dengan sifat material, tebal material dan tipe elektroda yang digunakan.(saputra, 20212)



Gambar 2.7. Las Titik.

## 2) Las gesek (*friction welding*).

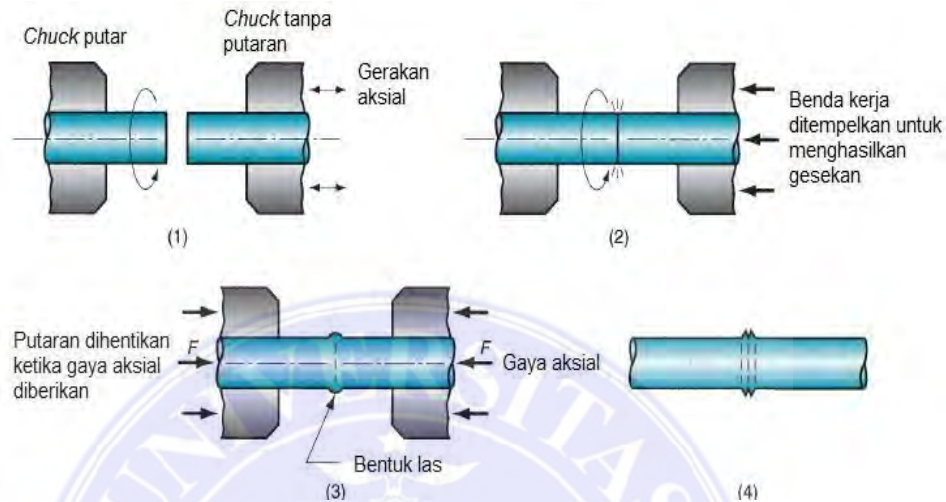
Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan teknik pengelasan dengan memanfaatkan panas yang ditimbulkan akibat gesekan. Permukaan dari dua bahan yang akan disambung, salah satu berputar sedang lainnya diam, dikontakkan oleh gaya tekan. Gesekan pada kedua permukaan kontak dilakukan secara kontinu sehingga panas yang ditimbulkan oleh gesekan yang kontinu akan terus meningkat. Dengan gaya tekan dan panas pada kedua permukaan hingga pertemuan kedua bahan mencapai suhu leleh (*melting temperature*) maka terjadilah proses las. Menurut Suratman (2001),

Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan pengelasan tanpa menggunakan kawat las atau elektroda sehingga bisa dipastikan bahwa sambungan yang diperoleh antara kedua material yang dilas adalah sambungan yang homogen. Selain itu penyambungan poros dengan proses ini dapat meminimalisir bergesernya sumbu dari material yang dilas. Dalam proses pengelasan gesek (*friction welding*), kecepatan putaran merupakan variabel yang sensitif dan dalam hal ini dapat divariasikan jika waktu dan temperatur pemanasan serta tekanan dikontrol dengan baik.

Pada pengelasan gesek sumber panas yang dihasilkan berasal dari gesekan material yang disambung. Adapun parameter yang bisa diatur langsung dalam proses pengelasan ini di antaranya adalah kecepatan putar, gaya gesek, waktu gesek, gaya tempa dan waktu tempa. Pada tahun 1950, AL Chudikov seorang ahli mesin dari Uni Sovyet, mengemukakan hasil pengamatannya tentang teori tenaga mekanik dapat diubah menjadi energi panas. Gesekan yang terjadi pada bagian-bagian mesin yang bergerak menimbulkan banyak kerugian karena sebagian tenaga mekanik yang dihasilkan berubah menjadi panas. Chudikov berpendapat, proses demikian mestinya bisa dipakai pada proses pengelasan. Setelah melalui percobaan dan penelitian dia berhasil mengelas dengan memanfaatkan panas yang terjadi akibat gesekan.

Pada Gambar 2.8. menunjukkan suatu skema proses pengelasan gesek, dua buah batang uji yang akan disambung dengan cara pengelasan gesek, batang yang satu berputar dan batang lainnya diam. Proses gesekan akan terjadi pada saat batang uji yang diam dikenai gaya penekanan, panas akibat

gesekan akan terus meningkat selama gaya penekanan. terus dilakukan hingga mencapai suhu leleh (*melting*) dan terjadi fusi pada kedua permukaan yang bergesekan.



Gambar 2. 8. Las Gesek (*friction welding*).

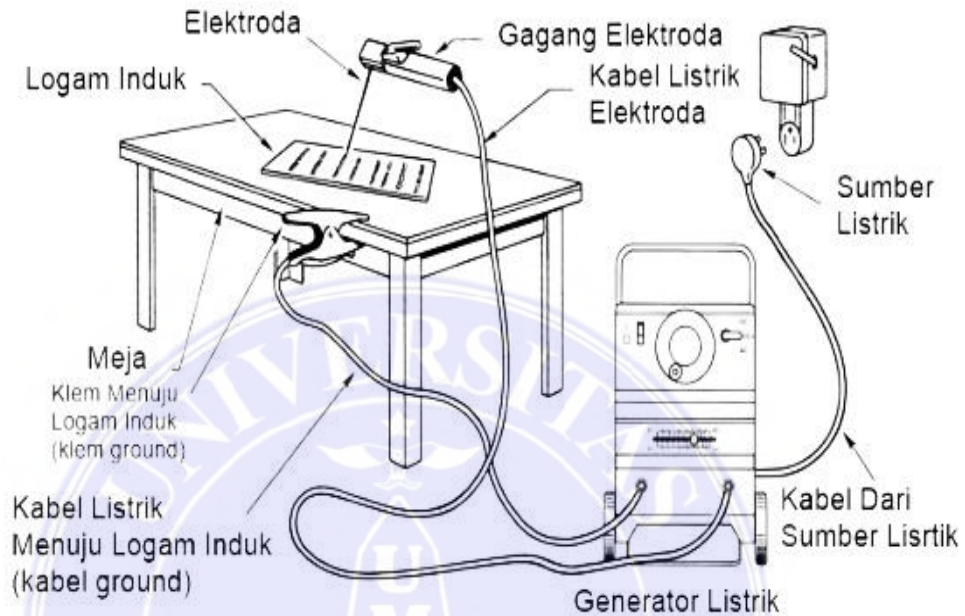
### C. Pengelasan busur listrik

Las Busur Listrik adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Berikut merupakan beberapa jenis pengelasan busur listrik yang umum digunakan dalam industri.

#### 1) *Shielded Metal Arc Welding (SMAW/ Stick Welding)*

Dalam pengelasan ini, digunakan batang yang di sebut elektroda dengan panjang antara 9-18 inci (230 hingga 460mm) dan diameter 3/32 hingga 3/8 inci (2,5 – 9,5 mm). Elektroda ini dilapisi dengan fluks (*flux*) yang terbuat dari serbuk kapas dan kayu, disertai dengan serbuk karbon dan senyawa oksidanya,serta terkadang juga mengandung serbuk logam. Selubung fluks berfungsi untuk melindungi logam cair dari udara (atmosfer) dan kotoran (slag) selama proses pengelasan. Proses SMAW menggunakan arus antara 30 hingga

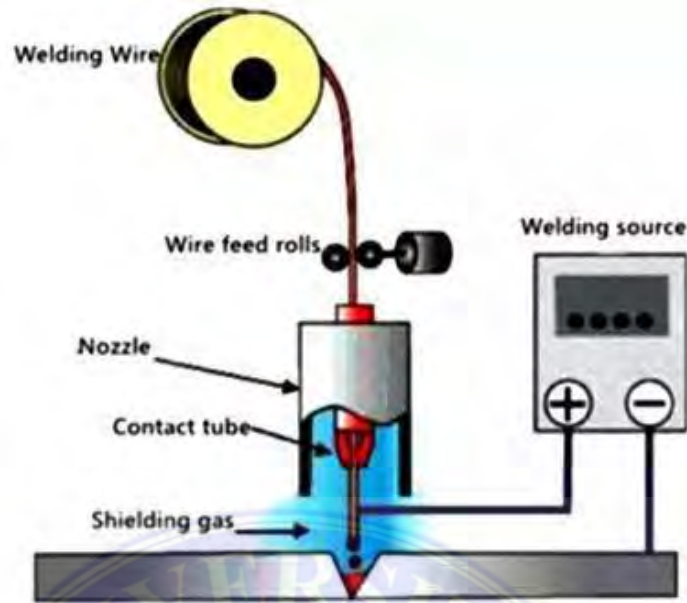
300 A dengan tegangan 15 hingga 45 V, tergantung pada jenis logam yang dilas, tipe elektroda dan panjangnya, serta kedalaman penetrasi lasan yang diperlukan.(Adolph, 2016)



Gambar 2 9. Pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW)

## 2) Pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG)

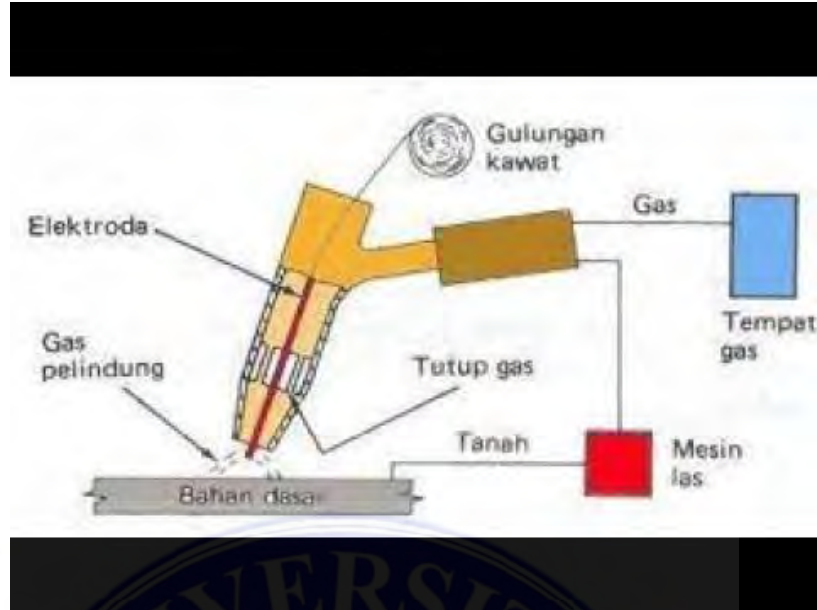
Pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) adalah pengelasan yang Memanfaatkan elektroda dengan diameter 1/32 – 1/4 inci (0,8 – 6,4 mm). Gas yang digunakan sebagai penghalang terdiri dari argon & helium (untuk penyambungan las paduan Aluminium & Stainless steels), serta karbon dioksida (untuk baja karbon/ carbon steels).(Adolph, 2016). Ada dua macam pengelasan jenis ini yaitu MIG (*Metal Inert Gas*) dan MAG (*Metal Active Gas*). Perbedaan keduanya adalah pada gas yang digunakan dalam proses pengelasan. Proses MIG memakai gas mulia saja seperti Argon, Helium, sedangkan MAG menggunakan gas CO<sub>2</sub> atau campuran dengan Argon.(Dwi Poetra, 2019)



Gambar 2 10. Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW/MIG).

### 3) Las listrik *Tungsten Inert Gas Welding* (TIG)

Pengelasan dengan gas tungsten atau biasa disebut las (TIG) merupakan termasuk jenis las menggunakan elektroda berbahan gas tungsten, sedang dayanya berasal dari listrik. Busur listrik yang kemudian menghasilkan energi panas tinggi didapatkan dari arus listrik yang dihantarkan oleh elektroda menuju logam induk. Sedangkan logam pengisi mengisi daerah yang terpanaskan dan mencair tersebut. Jenis las ini efektif menghasilkan cairan logam yang sedang mencair karena proses pengelasan tidak teroksidasi karena dilindungi oleh pelindung yang berupa gas tungsten tersebut. Gas yang digunakan berupa helium (He) dan argon (Ar) merupakan jenis gas mulia yang dapat digunakan secara baik untuk pengelasan jenis material plat tipis, karena plat tipis membutuhkan pemanasan atau heat input yang tidak terlalu tinggi. (Lase, 2024). Proses pengelasan Las TIG dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.11. Las listrik *Tungsten Inert Gas Welding* (TIG).

### 2.2.2. Pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG)

#### 1) Pengertian las MIG

MIG (*Metal Inert Gas*) adalah metode penyatuan dua atau lebih material logam menjadi kesatuan melalui proses pelunakan lokal, dengan memanfaatkan elektroda pengisi (*filler metal*) yang sejenis dengan logam dasar (*base metal*) dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*).

Las MIG (*Gas Inert Metal*) adalah metode pengelasan busur gas yang memanfaatkan kawat las sekaligus berfungsi sebagai elektroda. Elektroda ini berbentuk gulungan kawat (rol) yang pergerakannya dikendalikan oleh motor listrik. Proses pengelasan ini menggunakan gas argon dan helium untuk melindungi busur serta logam yang mencair akibat pengaruh atmosfer. (Saputra, 2022)

#### 2) Bagian-Bagian Mesin Las MIG

Berikut ini merupakan bagian bagian utama dari mesin las MIG:

a) Mesin Las

Prinsip kerja dari sistem pembangkit daya pada mesin MIG (*metal inert gas*) pada dasarnya serupa dengan mesin SMAW yang dibedakan menjadi dua kategori, yaitu: Mesin las dengan arus bolak-balik (*Alternating Current / AC Welding Machine*) dan Mesin las dengan arus searah (*Direct Current / DC Welding Machine*). Namun, sesuai dengan kebutuhan pekerjaan dan jenis material yang dilas, yang umumnya adalah baja, maka pada umumnya proses pengelasan menggunakan MIG (*metal inert gas*) dilakukan dengan mesin las DC.

Mesin las MIG adalah mesin las DC yang biasanya dapat mencapai kapasitas hingga 250 amper. Dilengkapi dengan sistem kontrol, penggulung kawat gas pelindung, sistem pendingin, dan rangkaian lain. Sumber daya untuk Las MIG (*metal inert gas*) adalah mesin las bertegangan konstan. Daya yang dihasilkan dapat berfluktuasi sendiri sesuai dengan panjang busur. Panjang busur adalah jarak antara ujung elektroda dan benda kerja. Panjang busur ini dapat disesuaikan. Jika busur berubah menjadi lebih pendek dari pengaturan awal, maka arus akan meningkat dan kecepatan kawat akan berkurang, sehingga panjang busur kembali ke keadaan semula. Sebaliknya, jika busur menjadi lebih panjang, arus akan berkurang dan kecepatan kawat elektroda akan meningkat. Dengan sistem otomatis seperti ini, yaitu mesin yang mengatur dirinya sendiri, panjang busur akan tetap konstan dan kualitas pengelasan akan tetap terjaga. (Saputra, 2022)



Gambar 2.12. Mesin Las MIG.

b) Tang Las (*Welding Gun / Torch*)



Gambar 2.13. Tang Las (*Welding Gun / Torch*).

*Welding Torch* atau obor las adalah komponen utama dalam sistem las MIG (*Metal Inert Gas*), yang digunakan untuk mengarahkan gas pelindung dan *wire* las ke area pengelasan. Pada proses las MIG, *wire* las secara otomatis

diumpankan melalui nozzle torch, meleleh saat terkena arus listrik, dan menciptakan sambungan las pada material logam. *Welding torch* berfungsi sebagai pegangan sekaligus pengendali manual las MIG, Seperti yang ditampilkan pada gambar 2.13.

c) Kabel Massa

Kabel massa pada las MIG (*Metal Inert Gas*) adalah salah satu komponen penting dalam sistem pengelasan. Kabel ini berfungsi untuk menghubungkan benda kerja (logam yang akan dilas) ke sumber daya listrik mesin las, sehingga memungkinkan arus listrik mengalir dan menciptakan busur listrik di antara kawat elektroda dan benda kerja.



Gambar 2.14. Kabel Massa.

d) *Wire* las MIG

*Wire* las MIG adalah kawat elektroda yang berfungsi sebagai bahan pengisi (filler metal) sekaligus penghantar arus listrik dalam proses las MIG (*Metal Inert Gas*). Kawat ini diumpankan secara otomatis melalui mekanisme wire feeder menuju torch las, di mana kawat akan meleleh oleh busur listrik dan menyatu dengan logam induk untuk membentuk sambungan las.



Gambar 2.15. *Wire Las Mig.*

### 3) Kelebihan dan Kelemahan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

#### A. Kelebihan las MIG

Penggunaan Las MIG (*Metal Inert Gas*) dalam berbagai pengelasan memiliki beberapa kelebihan antara lain dapat disebutkan berikut ini :

- 1) Sangat efisien dan proses pengerjaan yang cepat
- 2) Dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan (welding positif)
- 3) Tidak menghasilkan slag atau terak,layaknya terjadi pada las SMAW
- 4) Memiliki angka deposisi (*deposition rates*) yang lebih tinggi dibandingkan SMAW
- 5) Proses pengelasan MIG (*metal inert gas*) sangat cocok untuk pekerjaan konstruksi
- 6) Proses pengelasan MIG (*metal inert gas*)sangat cocok untuk pekerjaan konstruksi yang membutuhkan sedikit pembersihan *post-weld*(Saputra, 2022)

#### B. Kelemahan las MIG

Pada proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) memiliki beberapa kelemahan, antara lain :

- 1) *e-feeder* yang memerlukan pengontrolan yang kontinu .
- 2) Sewaktu-waktu dapat terjadi *Burnback* .
- 3) Cacat las Porositi sering terjadi akibat penggunaan kualitas gas pelindung yang tidak baik.
- 4) Busur yang tidak stabil, akibat keterampilan operator yang kurang baik.
- 5) Pada awalnya set-up pengelasan merupakan permulaan yang sulit(Saputra, 2022)

### 2.3. Logam.

Logam diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu besi (*ferrous*) dan nonferrous (*non-ferrous*). Logam besi termasuk baja tuang, baja, baja, besi tuang dan paduan besi. Logam non ferrous dikelompokkan menjadi dua yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat dan logam ringan masing-masing dibagi menjadi logam murni dan paduan. Logam berat murni adalah timah, tembaga, timbal, seng, tungsten, nikel dan lain-lain. Sedangkan contoh paduan logam berat adalah tembaga, kuningan, dan solder. Logam ringan murni meliputi tembaga, aluminium, dan berilium. Contoh paduan logam ringan adalah ketahanan korosi, avional dan alumina. Logam-logam yang sering dijumpai dalam bidang teknik adalah besi, tembaga, dan aluminium. Oleh karena bahan-bahan tersebut relatif banyak digunakan.(Hasil et al., 2021)

#### 2.3.1. Logam *Ferro* (logam besi)

Komponen utama besi atau logam besi adalah bijih besi. Bahan tersebut banyak ditemukan di perut bumi. Karena kemampuannya untuk berikatan dengan

unsur lain, bijih besi tidak pernah ditemukan dalam bentuk murninya di alam. Besi harus dipisahkan dari bijih besi, mineral dan batuan sedimen yang melekat pada bijih besi. Dalam proses ini, besi dipisahkan dari bijih besi di tanur sembur. Proses pembuatannya membutuhkan kombinasi bijih besi, bahan bakar dan fluks batu kapur untuk dihancurkan untuk menghilangkan kotoran.

Besi yang dihasilkan dalam tungku kemudian diolah untuk menghasilkan besi tuang, baja dan besi tempa atau konduktor baja karbon lainnya yang mengandung sedikit belerang, fosfor dan mangan. Bahan-bahan ini juga ditambahkan, misalnya nikel dan kromium untuk meningkatkan sifat mekanik.

#### 1. Besi cor

Besi cor adalah logam yang merupakan panduan karbon dan silikon dengan besi. Termasuk didalamnya adalah :

##### a. Besi cor kelabu

Besi cor kelabu sendiri merupakan material yang rapuh sehingga tidak terkena beban dinamis. Besi cor kelabu memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi, sobekan dan ketahanan getaran. Besi cor kelabu banyak digunakan dalam produksi roda gigi, blok mesin mobil, suku cadang rem, dll. (ASM International, 2011).



Gambar 2.16. Besi Cor Kelabu.

b. Besi cor putih

Besi cor putih adalah jenis besi tuang dengan permukaan patahan berwarna putih, yang lebih keras dan lebih tahan aus daripada besi tuang kelabu, tetapi besi tuang putih lebih rapuh, sehingga lebih sulit untuk dikerjakan dan dituang serta memiliki ketahanan korosi yang lebih rendah. dari besi tuang. Besi cor putih digunakan untuk membuat roda pesawat dan rol gerinda.(ASM International, 2011).



Gambar 2.17. Besi Cor Putih.

c. Besi ulet

Besi ulet juga dikenal sebagai besi nodular, seperti namanya, memiliki keuletan yang baik, ketahanan korosi dan ketahanan panas yang lebih baik daripada besi cor abu-abu dan putih, sehingga dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti cetakan dan pipa. , silinder, penghancur, komponen mekanik, tungku dan komponen konstruksi dalam teknik sipil. (Sumitomo Drive Technologies, 2018).

d. Besi tempa

Besi tempa adalah logam besi dengan ketahanan korosi yang baik. Juga memiliki sifat keuletan yang baik, lembut dan kuat serta mudah dikerjakan. Kandungan karbon besi tempa kurang dari 0,1%, biasa digunakan untuk besi

dekoratif, pipa ledeng, pipa ledeng, komponen truk dan mobil.(Reynaldy, M. A., Kartikasari, R., & Prasetyo, A. B, 2023).

## 2. Baja (*Steel*)

Ini adalah paduan besi dan berbagai elemen yang komposisi karbonnya memiliki pengaruh besar pada sifat-sifatnya. Ada banyak jenis baja yang tersedia seperti baja paduan, baja karbon, baja tahan karat dan baja structural.

### 2.3.2. Logam *Non - Ferro* (Logam Bukan Besi)

Logam non-besi dan paduannya sangat penting dalam rekayasa karena rasio kekuatan-terhadap-beratnya yang sangat baik dan ketahanan yang sangat baik terhadap korosi. Sifat mekanik logam non-ferro terutama ditentukan oleh jumlah dan jenis elemen paduan, metode pembuatan, dan proses perlakuan panas. Ada 3 logam non-ferrous yang akan dibahas yaitu:

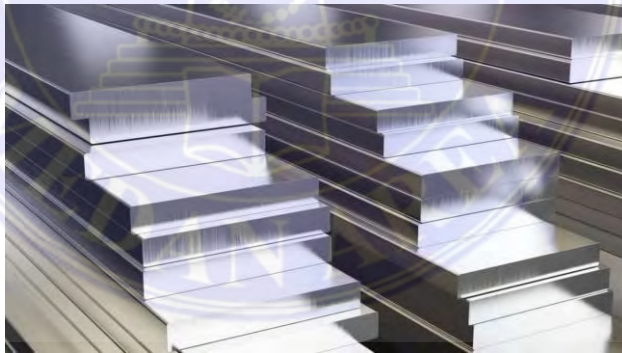
#### 1. Aluminium

Logam ini dibutuhkan dalam pembuatan mobil, pesawat terbang, sepeda motor dan di bidang teknik kelistrikan. Aluminium diperoleh dari bauksit yang diperoleh di Suriname, Amerika Utara, dan negara lain. Selain diperoleh dari bauksit, aluminium juga diperoleh dari batuan kriolit Greenland dan Labrador yang ditemukan di Norwegia. Aluminium adalah logam yang sangat ringan dengan berat jenis (2,56 berat jenis atau 1/3 berat jenis tembaga). Oleh karena itu, aluminium hanya dapat digunakan untuk rentang tegangan pendek. Untuk tegangan panjang, kabel aluminium (kabel selektif) dengan kabel baja.

Saat ini, aluminium tipis dapat menggantikan foil perak (digunakan, antara lain, untuk kapasitor). Logam aluminium juga sering digunakan untuk membuat sasis (sasis), radio pesawat terbang. Barang-barang aluminium dapat dilapisi

dengan lapisan aluminium oksida luar, melindungi bagian bawah dari asam dan mencegah oksidasi lebih lanjut. Di kelas ini adalah resistensi yang sangat tinggi. Titik leleh aluminium adalah  $660^{\circ}\text{C}$  dan titik didihnya adalah  $1800^{\circ}\text{C}$ . Kemurnian bahan pembawa mencapai 99,5 n, sisanya terdiri dari unsur besi, tembaga dan silikon. Logam aluminium murni sangat lemah dan lunak (tembaga lebih keras dari aluminium).

Bahan aluminium memiliki keunggulan dibandingkan tembaga ketika digunakan sebagai konduktor tanpa insulasi (misalnya konduksi tanah) karena konduktivitas termal/konduktivitasnya sekitar 60%. Tembaga konduktif harus memiliki resistansi yang sama dengan tembaga (memiliki panjang yang sama dan penampang yang sama). membutuhkan wadah yang lebih besar dari 60%). Namun, aluminium sangat ringan dibandingkan dengan tembaga (sekitar 1/3 dari berat tembaga). (Siahaan, O. A. R, 2024).



Gambar 2.18. Alumunium.

## 2. Tembaga

Tembaga adalah bahan tambang yang ditemukan dalam bentuk bijih tembaga yang selanjutnya digabungkan dengan asam, asam sulfat, atau senyawa dengan keduanya. Di dalam, bijih tembaga juga mengandung batuan. Tembaga selain konduktivitas listriknya yang sangat baik, tembaga juga memiliki konduktivitas

termal yang tinggi dan tahan karat. Oleh karena itu, tembaga juga banyak digunakan untuk perlengkapan boiler, radiator, dan aksesoris pemanas. Karena permintaan penggunaan yang meningkat, bahan cadangan untuk menggantikan tembaga telah diperhitungkan, pengganti yang cukup dekat adalah aluminium (Al). tetapi konduktivitas listrik dan termal aluminium lebih rendah dari tembaga. Titik cair tembaga adalah  $1083^{\circ}$  Celsius, titik didihnya  $2593^{\circ}$  Celsius, massa jenis  $8,9 \text{ kg/m}^3$ , kekuatan Tarik  $160\text{N/mm}^2$ . . Tembaga memiliki sifat menggulung, menekan, menggambar, dan menggambar serta dapat ditempa. (Siahaan, O. A. R,2024).



Gambar 2.19. Tembaga.

### 3. kuningan

Dikenal sebagai loyang. Kuningan adalah campuran 50% tembaga dan seng sebagai bahan paduan utama. Seng meningkatkan kekuatan, menurunkan titik lelehnya, meningkatkan kelenturan, tetapi seng mengurangi konduktivitas listrik dan termal.

Kuningan adalah istilah umum yang digunakan untuk merujuk pada berbagai paduan tembaga dan seng. Memang, ada lebih dari 60 varietas brass yang ditentukan oleh standar EN (Standar Eropa). Paduan ini dapat memiliki komposisi yang berbeda tergantung pada sifat yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Kuningan juga dapat diklasifikasikan dalam banyak cara, termasuk sifat mekanik,

struktur kristal, kandungan seng, dan warna. Perbedaan penting antara berbagai jenis kuningan ditentukan oleh struktur kristalnya. Karena kombinasi tembaga dan seng dicirikan oleh proses pengerasan arsitektural, idiom akademis mengatakan bahwa kedua unsur tersebut memiliki struktur atom yang berbeda yang memungkinkan mereka untuk bergabung dengan cara yang unik bergantung pada keadaan, tergantung pada rasio konsentrasi dan suhu. Karena faktor-faktor ini, tiga jenis struktur kristal dapat terbentuk, yaitu : kuningan alfa ( 30% seng dan 70% tembaga), kuningan alfa-beta ( 37-45%) seng, dan kuningan beta ( lebih dari 45% seng). (Siahaan, M. Y. R,2024)



Gambar 2. 20. Kuningan.

#### 2.4. Pengujian

Pengujian bahan bertujuan untuk memahami sifat-sifat mekanik bahan atau mendeteksi cacat yang mungkin ada pada bahan atau produk, sehingga pemilihan bahan yang tepat untuk suatu keperluan dapat dilakukan. Metode pengujian bahan dibagi menjadi dua kategori: pengujian merusak (*destructive test*) dan pengujian tidak merusak (*non-destructive test*). Pengujian merusak dilakukan dengan merusak

objek uji melalui pembebanan atau penekanan hingga objek tersebut mengalami kerusakan. Dari pengujian ini, informasi mengenai kekuatan dan sifat mekanik bahan dapat diperoleh. Sementara itu, pengujian tidak merusak dilaksanakan dengan memberikan perlakuan tertentu terhadap objek uji atau produk jadi, sehingga dapat diidentifikasi adanya cacat seperti retakan atau rongga pada objek uji atau produk tersebut.

Pengujian tersebut memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak yang baku serta terstandar, agar hasil pengujian dapat diterima oleh berbagai kalangan dan digunakan sebagai acuan dalam perancangan sistem maupun produk.

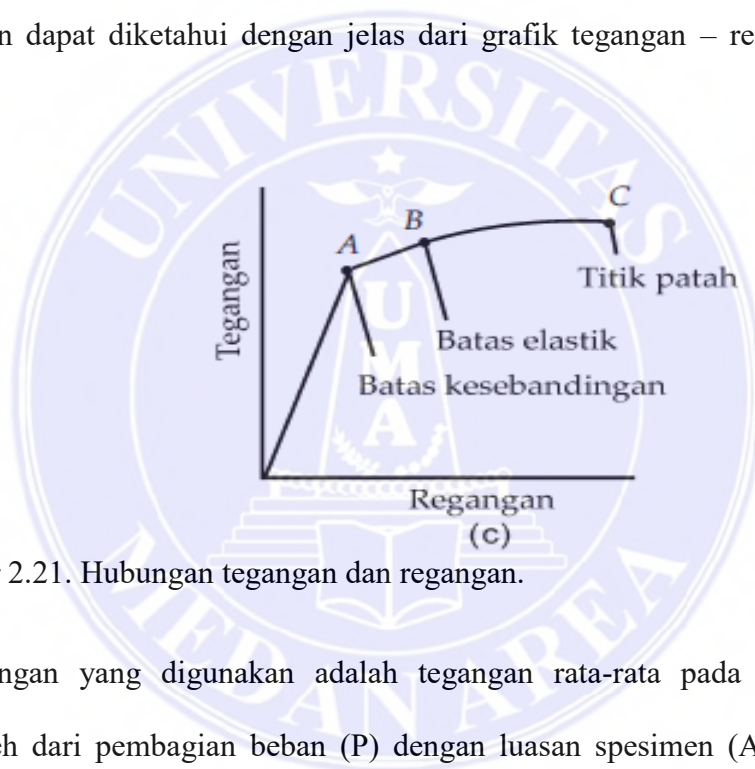
#### A. Pengujian Tarik

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum atau tegangan maksimum suatu bahan (*Ultimate Tensile Strength/ UTS*). Setelah proses pengolahan data hasil pengujian tarik, kita juga dapat menentukan Tegangan Lumer (*Yield Strength*), Tegangan Putus (*Fracture Strength*), serta Regangan (*Strain*). Secara kasar, kita dapat menentukan apakah logam tersebut tergolong liat, keras, atau lunak dengan menganalisis grafik pengujian tarik yang telah terekam dan memperhatikan bekas patahan pada benda uji. (Affandi, 2013)

Pelaksanaan pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik dengan kekuatan hidrolik mencapai 20 Ton (20 KN). Benda uji tarik standar akan ditempatkan pada alat pengecam yang berada di kedua ujungnya. Pembebanan tarik dilakukan searah sumbu benda uji tarik, dan laju pembebanan diatur melalui panel kontrol hidrolik. Proses penarikan akan dilanjutkan hingga benda uji mengalami patah. Data hasil pengujian akan tercatat dalam grafik hasil uji tarik yang mencakup besar pembebanan, pertambahan panjang (*elongation*), Pengecilan Penampang

(*Reduction of area*), serta elastisitas bahan. Dari benda uji tarik, kita dapat mengetahui sifat bahan setelah mengalami patahan serta panjang benda tersebut setelah patah. (Affandi, 2013).

Pada pengujian tarik biasanya berhubungan dengan tegangan dan regangan yang memiliki hubungan satu sama lain. Tegangan tarik merupakan distribusi gaya tarik persatuan luas bahan, sedangkan regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang awal. Hubungan antara regangan dan tegangan dapat diketahui dengan jelas dari grafik tegangan – regangan sebagai berikut:



Gambar 2.21. Hubungan tegangan dan regangan.

Tegangan yang digunakan adalah tegangan rata-rata pada uji tarik yang diperoleh dari pembagian beban (P) dengan luasan spesimen (A0), yang dapat dirumuskan :

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$\sigma$  = Tegangan tarik (N/mm<sup>2</sup> )

P = Beban tarik maksimum (N)

$A_0 =$  Luas penampang mula-mula ( $\text{mm}^2$ )

Regangan yang digunakan adalah regangan rata-rata yang diperoleh dari perbandingan antara pertambahan panjang ( $\Delta L$ ) dengan panjang awal pengukuran ( $L_0$ ), yang dapat dirumuskan :

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

$\epsilon =$  Regangan (%)

$l_0 =$  Panjang awal (mm)

$\Delta l =$  Pertambahan panjang (mm).

### B. Pengujian Tekan

Uji tekan merupakan salah satu jenis Uji Destruktif yang dilakukan untuk mengukur kekuatan material ketika diberikan tekanan. Dalam proses pengujian ini, material diletakkan di bawah tekanan yang meningkat secara bertahap hingga akhirnya mengalami kegagalan atau patah.

Melalui pengujian tekan, kita dapat menentukan kekuatan tekan maksimum serta modulus kompresi suatu material. Manfaat dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi seberapa kuat material ketika digunakan dalam aplikasi yang menghadapi tekanan, seperti pada bahan konstruksi maupun komponen mesin.

### C. Uji lentur

Dengan uji bending atau uji lentur kita dapat mengevaluasi setiap kemampuan material yang akan kita uji sebagaimana material tersebut dapat menahan beban

lentur hingga deformasi atau keretakan terjadi. Dengan demikian proses pengujian bending ini dilakukan maka permukaan las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan, Untuk mengetahui apakah timbul retak atau tidak pada hasil pengelasan yang kita lakukan terhadap material berbahan logam.

Pada proses pengujian kekuatan lentur ini dapat dihitung data menggunakan rumus sebagai berikut.

$$f_r = \frac{P}{b.h} \dots\dots\dots(2.3)$$

$f_r$  = kekuatan lentur (MPa)

$P$  = Beban maksimum (N)

$b$  = lebar penampang spesimen (mm)

$h$  = tinggi penampang spesimen (mm)

#### 2.4.1. Pengujian Tekan

Pengujian tekan (*compression test*) merupakan salah satu metode pengujian mekanik yang digunakan untuk menentukan kemampuan suatu material, khususnya logam, dalam menahan beban tekan sebelum mengalami deformasi permanen atau kegagalan. Dalam pengujian ini, spesimen logam diberikan gaya tekan secara bertahap pada sumbu aksial hingga material tersebut mengalami perubahan bentuk. Tujuan utama pengujian tekan adalah untuk mengetahui sifat mekanik logam seperti kekuatan tekan, regangan plastis, dan batas luluh (Jaya, 2020).

Secara umum, logam memiliki kemampuan menahan beban tekan yang relatif tinggi dibandingkan material non-logam. Hal ini dikarenakan struktur kristal logam yang tersusun rapat serta memiliki kemampuan deformasi plastis yang baik.

Selama proses pembebanan, logam akan mengalami tahap elastis terlebih dahulu, di mana deformasi yang terjadi masih bersifat sementara dan dapat kembali ke bentuk semula jika beban dilepaskan. Namun, apabila gaya tekan terus meningkat hingga melewati batas elastis, logam akan mengalami deformasi plastis dan permanen (Putra, 2020).

Dalam pelaksanaan pengujian tekan logam, standar ASTM E9-19 menjadi acuan utama. Standar ini menjelaskan tata cara pengujian tekan pada logam pada suhu ruang, meliputi geometri spesimen, metode pembebanan, serta teknik pengukuran gaya dan deformasi. Selain itu, standar ini juga menekankan pentingnya memperhatikan pengaruh gesekan antara pelat tekan dan permukaan spesimen, karena gesekan tersebut dapat menyebabkan bentuk spesimen menggebu di bagian tengah (barreling), sehingga memengaruhi akurasi hasil pengujian (ASTM International, 2019).

Hasil pengujian tekan pada logam memberikan informasi penting mengenai perilaku material terhadap beban statis yang digunakan dalam berbagai aplikasi teknik, seperti perancangan komponen mesin, struktur konstruksi, serta evaluasi kualitas hasil manufaktur. Dengan memahami karakteristik kekuatan tekan logam, insinyur dapat menentukan batas keamanan (safety limit) serta memilih jenis logam yang sesuai dengan kebutuhan industri (Lase, 2024).

Tekanan didefinisikan sebagai gaya tekan yang bekerja pada satu satuan luas permukaan yang mengalami gaya tekan. Simbol tekanan adalah  $P$ . Jadi, bila sebuah gaya sebesar  $F$  bekerja pada sebuah bidang  $A$  (area), maka besarnya tekanan adalah (Tipler, 1991):

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan,

$\sigma$  = kuat tekan , (pa)

F = beban tekan, (N)

A = luas penampang, (m<sup>2</sup>)



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

#### A. Waktu

Estimasi waktu yang direncanakan untuk melakukan pengujian uji tarik ini dimulai dari Oktober 2024 dengan persiapan dan berakhir di bulan Mei 2025 dengan sidang skripsi, Seperti yang di jelaskan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Aktifitas	2024					2025			
	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mei	Apr	Ags	Okt
Pengajuan Judul									
Penulisan Proposal									
Seminar Proposal									
Pembuatan spesimen									
Pengujian tekan									
Pengolahan data									
Seminar Hasil									
Evaluasi dan Persiapan sidang									

#### B. Tempat

Tempat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Labolatorium Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang beralamat di Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate / Jalan Gedung PBSI, Medan 20223.

### 3.2. Bahan dan Alat penelitian

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan spesimen yang akan di kerjakan.

#### 3.2.1. Bahan

Pada proses pencetakan bahan uji atau spesimen yang akan di gunakan yaitu:

##### 1) Bahan logam

Berikut merupakan bahan logam yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan *wire* las MIG dengan tipe E71T-GS dengan diameter 0.8mm yang *melting point* sebesar 1535° C, selanjutnya akan di bentuk menjadi spesimen uji tekan.

#### Section 9: Physical and Chemical Properties

<i>Physical State:</i>	Solid
<i>Odor and Appearance:</i>	Odorless metal rod or wire
<i>Odor Threshold (ppm):</i>	Not applicable
<i>pH:</i>	Not available
<i>Melting Point:</i>	1535°C / 2795°F
<i>Freezing Point:</i>	Not available
<i>Boiling Point:</i>	3000°C / 5432°F (at 24 mm Hg)
<i>Flashpoint:</i>	Not available
<i>Upper Flammable Limit (% by volume):</i>	Not available
<i>Lower Flammable Limit (% by volume):</i>	Not available

Gambar 3. 1. Sertifikasi *Wire* Las MIG E71T-GS



Gambar 3.2. *Wire* las MIG.

### 3.2.2. Alat

Alat alat yang digunakan pada pencetakan dan pengujian hasil 3d printer yang akan di analisis yaitu:

#### 1) Mesin 3d Printer

Mesin 3d printer digunakan pada pembuatan benda kerja atau spesimen yang akan di lakukan pengujian tekan dikombinasikan dengan las MIG sehingga menghasilkan hasil pencetakan 3D printer berbahan logam.



Gambar 3.3. Mesin 3D Printer.

#### 2) Mesin las MIG

Mesin las MIG digunakan sebagai pembentukan benda kerja atau spesimen yang akan dilakukan uji tekan.



Gambar 3.4. Mesin Las MIG.

3) *Universal Testing Machine (UTM).*

*Universal testing machine* digunakan sebagai pengujian spesimen atau benda kerja untuk mendapatkan nilai hasil uji tekan terhadap spesimen yang telah dibuat.



Gambar 3.5. *Universal Testing Machine (UTM).*

4. Mesin Bubut

Mesin bubut digunakan sebagai alat pembentuk spesimen atau benda kerja agar sesuai dengan standar yang digunakan.



Gambar 3.6. Mesin Bubut.

### 3.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu dengan jenis eksperimental atau metode kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis dan mengamati hasil pencetakan 3d printing berbahan logam yang menggunakan las mig dengan standart spesimen pengujian yang ada. Metode eksperimental ini melibatkan pengukuran

yang objektif dan penggunaan data numerik untuk menentukan hasil dari pengujian tekan spesimen 3d printing yang dilakukan sesuai dengan judul penelitian, sumber – sumber buku dan literatur ataupun jurnal pendukung lainnya yang saling berkaitan untuk memberikan informasi yang diperlukan.

Alur penelitian yang di lakukan dalam penelitian ini antara lain :

#### 1. Studi Literatur

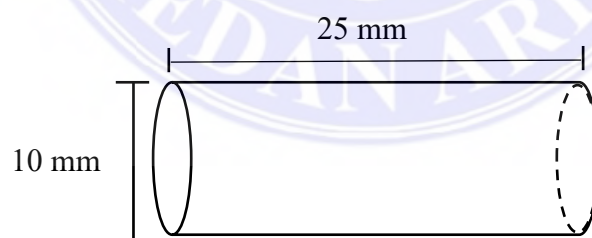
literatur adalah tahap diskusi dengan dosen pembimbing terkait perencanaan pembuatan alat dan persiapan alat dan bahan yang digunakan.

#### 2. Persiapan Alat dan Bahan

Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada analilis kekuatan uji tekan hasil pencetakan 3D printer berbahan logam.

#### 3. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen yaitu proses pembentukan bahan uji dari hasil pencetakan 3D printer berbahan logam, yang selanjutnya di bubut atau dibentuk agar sesuai dengan standart yang digunakan yaitu ASTM E19 -19.



Gambar 3.7. Gambar spesimen.

#### 4. Pengujian Spesimen Uji Tekan

Hasil pencetakan 3D printer selanjutnya di lakukan pengujian tekan pada spesimen yang akan mendapatkan nilai numerik menggunakan mesin *universal testing machine (UTM)*.

## 5. Validasi Hasil Pengujian

Validasi hasil pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah spesimen uji tekan sesuai dengan perencanaan pembuatan, jika hasil sesuai maka berlanjut ketahap hasil dan pembahasan, jika tidak sesuai maka kembali ketahap studi literatur dan pembuatan spesimen.

## 6. Analisis data

Analisis data yaitu melakukan perhitungan mengenai hasil numerik pada pengujian tekan terhadap spesimen terkait nilai kekuatan tekan hasil pencetakan 3D printer berbahan logam.

### 3.4. Populasi dan Sampel

Untuk memperoleh hasil penelitian yang baik dalam menganalisis kekuatan tekan hasil pencetakan 3D printer berbahan logam penulis memvariasikan kuat arus pada proses pencetakan spesimen sebanyak 3 sampel variasi kuat arus yaitu 50, 60, dan 70 Ampere. Dimana setiap variasi kuat arus menghasilkan 3 spesimen, sehingga total spesimen yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 3pcs spesimen. Seperti yang terlihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Populasi dan Sampel Penelitian.

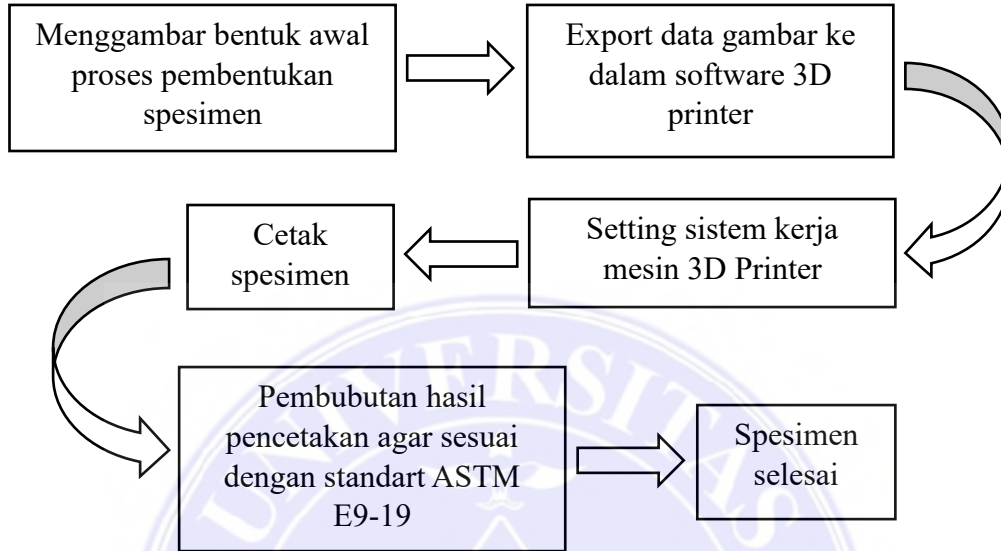
No	Material	Diameter (mm)	Panjang (mm)	Kuat Arus (Ampere)	Jumlah
1	Bahan Logam	10	25	50	3
2	Bahan Logam	10	25	60	3
3	Bahan Logam	10	25	70	3

### 3.5. Prosedur Kerja

Berikut merupakan prosedur kerja dalam penelitian analisis kekuatan tekan hasil pencetakan mesin 3D Printer berbahan logam.

### 3.5.1. Proses pembuatan spesimen

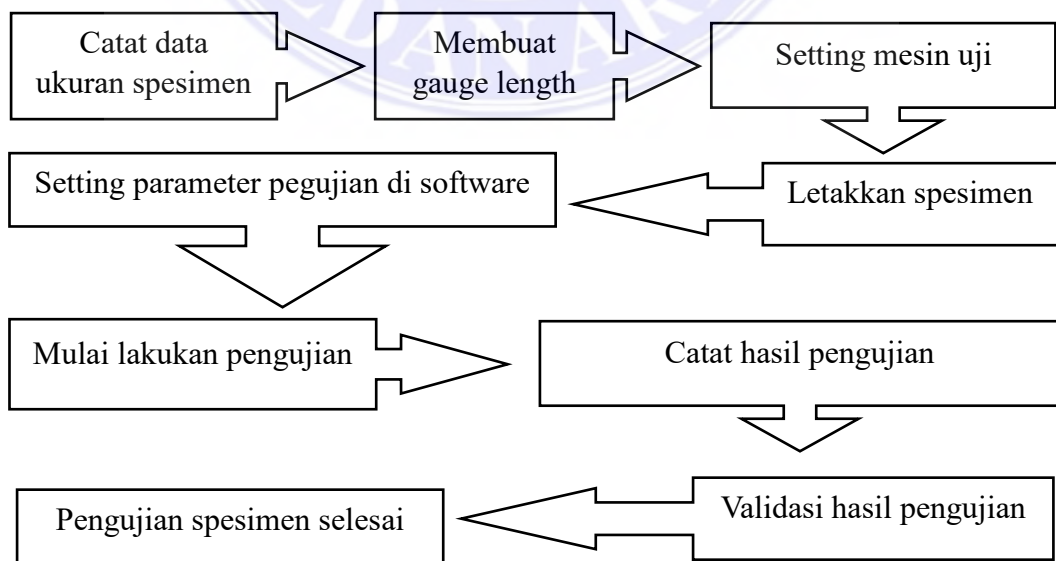
Pada proses pembuatan spesimen uji tekan sesuai standart ASTM E9-19 berikut merupakan gambar langkah langkah ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.8. Diagram Alir Prosedur Pembuatan Spesimen

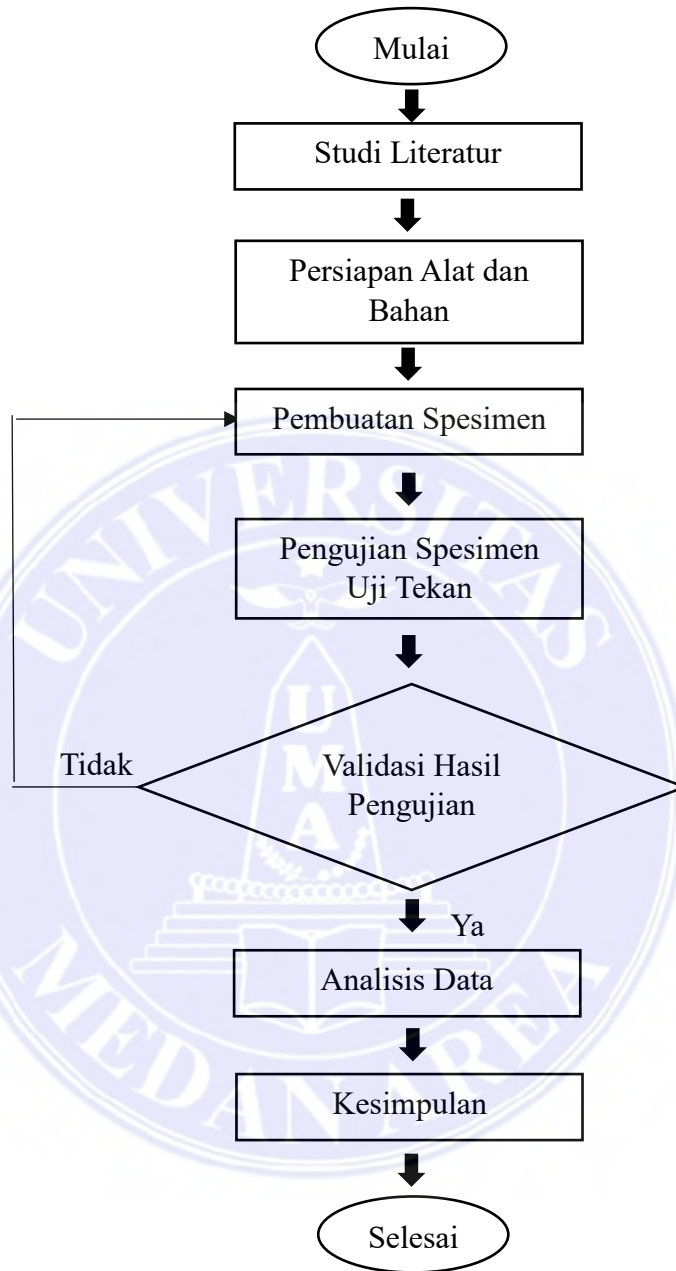
### 3.5.2. Proses pengujian tekan spesimen

Metode pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode pengujian mekanik yaitu uji tekan. Berikut merupakan langkah-langkah proses pengujian yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.9. Diagram Alir Proses Pengujian Tekan.

### 3.6. DIAGRAM ALIR



Gambar 3.10. Diagram Alir Penelitian.

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 SIMPULAN

Dari hasil uji tekan spesimen pencetakan 3d printer berbahan logam dengan variasi ampere dapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengujian tekan spesimen hasil pencetakan 3d printer dengan bahan logam menggunakan *universal testing machine* (UTM) dapat mengetahui nilai kekuatan tekan, tegangan, dan regangan.
2. Dari hasil pengujian tekan nilai rata rata tegangan variasi 1 (kode A50) 788,09MPa, Variasi 2 (kode A60) 821,41MPa, Variasi 3 (kode 70) 844,31MPa. dari masing masing variasi ampere relatif meningkat dari ampere rendah menuju yang tinggi.
3. Dari hasil pengujian tekan nilai rata rata regangan variasi 1 (kode A50) 0,324, Variasi 2 (kode A60) 0,3093, Variasi 3 (kode 70) 0,288. dari masing masing variasi ampere relatif menurun dari ampere rendah menuju yang tinggi.
4. Nilai kekuatan tekan hasil pencetakan dapat dipengaruhi juga oleh parameter pencetakan spesimen seperti ampere, kecepatan cetak, dan juga jenis diameter wire yang digunakan.

#### 5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat di beri saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya hendaknya menggunakan variasi wire yang digunakan.
2. Pada penelitian selanjutnya hendaknya melakukan metode pengujian yang lain.
3. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengujian densitas pada hasil pencetakan 3d printer dengan bahan logam.

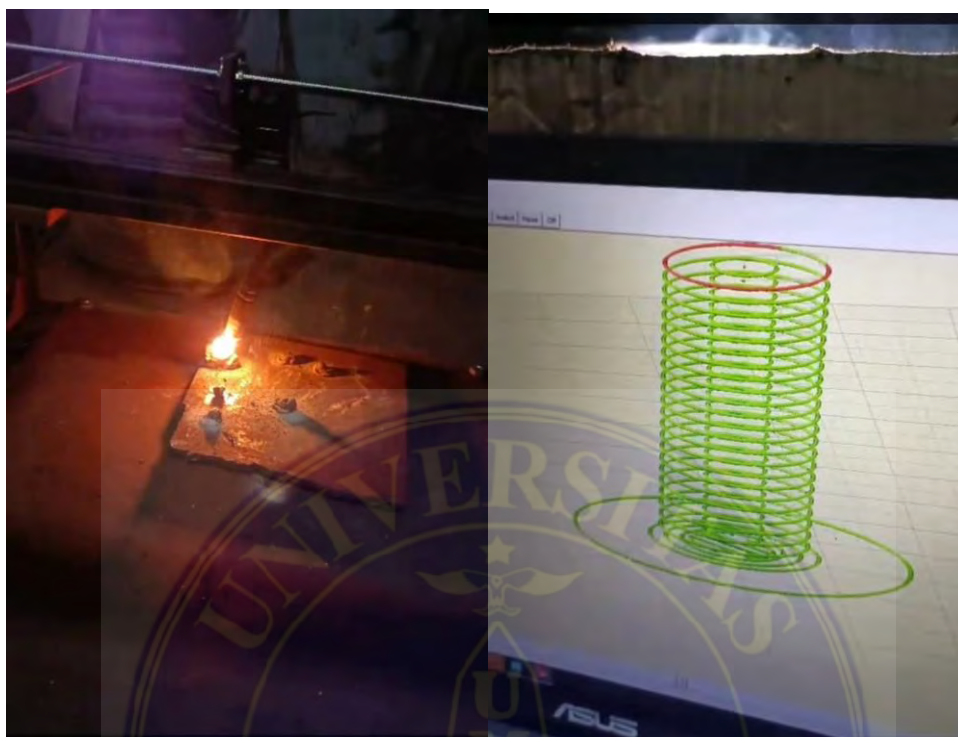


## DAFTAR PUSTAKA

- Adolph, R. (2016). No title (pp. 1–23).
- Affandi, A. Y. (2013). Pengujian bahan. Bintang Konsultan.
- Amri, A. A., & Sumbodo, W. (2018). Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 110-115.
- ASM International. (2011). Cast Irons. In *Metallurgy for the Non-Metallurgist* (2nd ed.). ASM International.
- ASTM International. (2019). Standard test methods of compression testing of metallic materials at room temperature (ASTM E9-19). ASTM International.
- Daryus, A. (2019). Diktat Kuliah Material Teknik. *Teknik Mesin UNSADA*, 156.
- Deni Andriyansyah, Sriyanto, Agus Jamaldi. (2021). “Perancangan Dan Pembuatan Mesin 3D Printer Tipe Cantilever”
- Dian, P. W. (2021). Penggunaan dan pengoprasian las acetylene dalam pembuatan dan pemotongan plat KMN Putra Leo di UPP kelas III Juwana (Karya tulis). Universitas Maritim AMNI Semarang. <http://repository.unimar-amni.ac.id/3241/>
- Dwi Poetra, R. (2019). Bab II tinjauan pustaka. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local*, 1(69), 5–24.
- Firdausi, N. I. (2020). No title. *Kaos GL Dergisi*, 8(75), 147–154. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125798>
- Hasil, A., Mesin, K., & Mill, R. (2021). Skripsi (Skripsi, Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Medan).
- Jaya, A. (2020). Analisis Pengaruh Parameter Ekstrusi terhadap Gaya Tekan. Skripsi, Universitas Hasanuddin.
- Kristanto, A. (2010). *Material Teknik*. Yogyakarta: Universitas Ahmad dahlan
- Lase, E. (2024). Fillet weld lap joint dengan pengelasan SMAW (Skripsi, Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Medan).
- Mulyanto, F. D. W. I. (2022). Rancang bangun 3D printer dengan mekanikal CoreXY menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dengan firmware Marlin (Skripsi).
- Mulyanto, F. D. W. I. (2022). Rancang bangun 3d printer dengan mekanikal corexy menggunakan kontroler arduino mega 2560 dengan firmware marlin skripsi.
- PowerWeld Inc. (2016). Safety Data Sheet: E71T-G1 (Melting Point: 1535 °C). PowerWeld Inc.

- Renggo, Y. R., & Kom, S. (2022). Populasi Dan Sampel Kuantitatif. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan Kombinasi*, 43.
- Reynaldy, M. A., Kartikasari, R., & Prasetyo, A. B. (2023). Pengaruh temperatur proses austemper besi tuang paduan Al (2,17%) terhadap struktur mikro, kekerasan dan keausan. *Cendekia Mekanika*, 4(2), 175–184
- Saputra, D. (2021). Las titik (resistance spot welding) (pp. 3–5).
- Saputra, P. H. (2022). Studi pengelasan MIG (Metal Inert Gas) terhadap kekuatan sambungan dan sifat mekanik pada aluminium AA1100. <https://osf.io/preprints/rjwsy/>
- Setiawan, A., Studi DIII Aeronautika, P., & Yogyakarta, S. (2017). Pengaruh parameter proses ekstrusi 3D printer terhadap sifat mekanis cetak komponen berbahan filament PLA (Poly Lactide Acid). *Jurnal Teknik STTKD*, 4(2).
- Siahaan, O. A. R. (2024). *Analisis pengaruh ketebalan aluminium yang diperkuat terhadap kekuatan dan struktur mikro hasil pengelasan MIG*. Universitas Medan Area. Repositori Universitas Medan Area.
- Sugiyono. (2019). *Metodologi penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumitomo Drive Technologies. (2018). Cast Iron vs. Ductile Iron. Retrieved from <https://us.sumitomodrive.com/sites/default/files/entermediadb/m/originals/2018/04/3b/2d324bb84/Cast%20Iron%20vs.%20Ductile%20Iron>.
- Weld, B. (2024). Investigasi eksperimen sambungan butt weld dengan pengelasan MIG pada material baja karbon dengan kadar karbon berbeda (Skripsi, Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Medan).

## LAMPIRAN



Proses Pencetakan Spesimen



Proses Pengujian Spesimen



**SAFETY DATA SHEET**

**Section 1: Product and Company Identification**

**Product Identifier:** PowerWeld E71T-GS Gasless Flux-Cored Wire  
**Product Use:** Carbon steel electrode for flux-cored welding without an external shield gas.  
**Item Code:** FC  
**Supplier Name:** PowerWeld Inc.  
**Supplier Address:** 2503 Beach Street, Valparaiso, IN 46083, www.powerweldinc.com  
**Supplier Web Address:** www.powerweldinc.com  
**Supplier Phone:** 219-462-8700  
**Supplier Fax:** 1-800-826-9073  
**Emergency Phone:** CHEMTRIX (24 hours) 1 800-424-9300  
**Prepared By:** PowerWeld Inc.  
**Preparation Date:** 5 January 2016  
**MSDS Specification:** AS 20

**Section 2: Hazard Identification**

**Classification:** Acute toxicity (oral) Category 4  
**Label Elements:** **WARNING:** Protect yourself and others. Read and understand this information. Fumes and gases can be hazardous to your health. Arc rays can injure your eyes and burn skin. Electric shock can kill.  
**Hazard Phrases:** H302 Harmful if swallowed.  
**Precautionary Statements:** P254 Wash thoroughly after handling. P270 Do not eat, drink or smoke when using this product. P273 Avoid release to the environment. P301 IF SWALLOWED call a poison center or doctor/physician if you feel unwell. P302 P352 Wash face, hands, clothing. P303 P361 P353 If on skin or clothing: Wash thoroughly. P304 P340 Hold breath. P305 P351 P338 If in eyes: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses if available and continue rinsing. P308 P313 Immediately call a poison center or doctor/physician if you feel unwell or if you have been exposed to or inhaled this product. P312 Call a poison center or doctor/physician if you feel unwell. P314 Follow instructions on label immediately.  
**Other Hazards:** This product consists of molten, metallic heater carbon steel sheath and wire with a flux core. There are no immediate health hazards associated with these products. These products are not reactive. If involved in a fire, these products may generate irritating fumes and a variety of metal oxides. Finely divided dusts of these products may result in explosive air/dust mixtures. Emergency responders must wear personal protective equipment suitable for the situation to which they are responding.

**Section 3: Composition/Information on Hazardous Ingredients**

HAZARDOUS INGREDIENTS	CAS NUMBER	APPROXIMATE CONCENTRATION (%)
Iron (Fe)	7439-89-6	80.0-94.8
Manganese (Mn)	7439-96-5	4.0-4.8

Page 3 of 5

**Section 4: First-aid Measures**

**Inhalation:** Inhalation may be the most common cause of overexposure due to the welding fumes. Large amounts of welding fumes will cause irritation of the nose, eyes and skin. Move from the area that has any fumes to fresh air. If breathing is difficult, give oxygen. If not breathing, give artificial respiration and transport to nearest medical facility for additional treatment.  
**Ingestion:** Not an expected route of exposure; however, if ingested, DO NOT induce vomiting. Call physician immediately. Never give anything by mouth to an unconscious person. Risk of product entering the lungs on vomiting after ingestion.  
**Eye Contact:** If arc flash or burns occur, obtain medical assistance. Large exposure to welding fumes may cause irritation to the eyes. Immediately flush upper and lower eyelids with plenty of water. After initial flushing, remove any contact lenses and continue flushing for at least 15 minutes. Rest eyes for 30 minutes. If redness, burning, blurred vision or swelling persists, visit nearest medical facility for additional treatment.  
**Skin Contact:** Large exposure to welding fumes may cause irritation to skin. If burns occur, flush with clean cool water for 15 minutes; obtain medical assistance when needed.  
**Additional Information:** No first aid measures should be required for unused electrodes; first aid measures are relevant only during welding operations. See symptoms listed above.  
**NOTE:** In all severe cases, contact physician immediately. Local telephone operators can provide number of regional poison control centre.

**Section 5: Fire-fighting Measures**

**Flammable:** No welding arc and sparks can ignite combustibles.  
**Means of Extinction:** If fire occurs, use extinguishing agents appropriate for surrounding materials (carbon dioxide, dry chemical, water spray, etc.).  
**Auto-ignition Temperature:** Not applicable.  
**Hazardous Combustion Products:** This product may decompose and produce iron fumes, iron and a variety of metal compounds and metal oxides. The hot material can present a significant thermal hazard to firefighters.  
**Explosion Data Sensitivity to Mechanical Impact:** Not applicable.  
**Explosion Data Sensitivity to Static Discharge:** Not applicable.  
**Special Equipment:** Wear full fire-fighting turn-out gear (full bunker gear) and respiratory protection (SCBA).  
**Precautions for Fire Fighters:** Do not breathe fumes or vapours from decomposition.

**Section 6: Accidental Release Measures**

**Protective Equipment:** Not applicable to product as shipped. See section 8 for recommended equipment while welding.  
**Emergency Procedures:** Not applicable to product as shipped.

**Section 7: Handling and Storage**

**Handling Procedures and Equipment:** Product as shipped requires no special attention for handling. However, welding may produce fumes and gases that are hazardous to health. Avoid breathing these fumes and gases. Use adequate ventilation. Avoid contact with skin, eyes and clothing. Do not eat, drink and smoke in work areas.  
**Storage Requirements:** Store in a cool, dry and well-ventilated place. Keep away from incompatible materials, as well as heat and open flame.  
**Incompatibilities:** Strong acids, bases and oxidizing agents.

**Section 8: Exposure Controls/Personal Protection**

**Exposure Limits:**

INGREDIENTS	CANADA TWA Varies (mg/m <sup>3</sup> )	OSHA PEL (mg/m <sup>3</sup> )	ACGIH TLV (mg/m <sup>3</sup> )
Iron (Fe)	10 (fume)	10	10
Manganese (Mn)	0.2	0.02, 0.1 (fume)	0.2 (resp. 0.1) (fume)
Barium compounds, as Ba	0.5	0.5	0.5
Calcium Fluoride, as F	2.5	2.5	2.5

**Engineering Controls:** Ensure proper ventilation and respiratory protection is used when welding, brazing or processing. Respiratory protection is recommended and information may be found regarding the OSHA STANDARDS (29 CFR 1910.134), as well as CSA Standards 2944, along with many other safety standards.  
**Personal Protective Equipment:** Use proper welding helmet or safety shield, as well as FR clothing and leather welding gloves, as required for job duties. An approved respirator is recommended. Do not eat or drink while using these products and wash hands thoroughly after use.

**Section 9: Physical and Chemical Properties**

**Physical State:** Solid  
**Odor and Appearance:** Odorless metal rod or wire  
**Odor Threshold (ppm):** Not applicable  
**pH:** Not available  
**Melting Point:** 1535°C / 2795°F  
**Freezing Point:** Not available  
**Boiling Point:** 3000°C / 5432°F (at 24 mm Hg)  
**Flashpoint:** Not available  
**Upper Flammable Limit (% by volume):** Not available  
**Lower Flammable Limit (% by volume):** Not available

**Section 10: Stability and Reactivity**

**Chemical Stability:** This product is stable under normal conditions; may produce dangerous gases or fumes when in use.  
**Possible Hazardous Reactions:** None known

Page 3 of 5

Barium Carbonate (BaCO <sub>3</sub> )	513-77-9	1.0-4.0
Calcium Fluoride (CaF <sub>2</sub> )	7789-75-5	1.0-4.0

**Section 11: Toxicological Information**

**Skin Contact:** Arc rays can burn skin; skin cancer has been reported.  
**Skin Absorption:** Not applicable.  
**Eye Contact:** Arc rays can injure eyes.  
**Inhalation:** Inhalation is the most likely route of exposure; refer to "Effects of Acute Exposure" and "Effects of Chronic Exposure" below.  
**Ingestion:** Unlikely due to form of product.  
**Effects of Acute Exposure:** Overexposure or inhalation of large amounts of welding fumes may cause symptoms such as metal fume fever, dizziness, nausea, dryness and irritation of your nose, throat or eyes as well as lung disease.  
**Effects of Chronic Exposure:** Overexposure or prolonged inhalation of large amounts of welding fumes with chromium compounds may cause cancer. Other overexposure or prolonged inhalation of large amounts of welding fumes symptoms may include damage to the central nervous system, respiratory system, skin and could affect organs such as pancreas and liver.

**Section 12: Ecological Information**

**Aquatic and Terrestrial Toxicity:** Not available  
**Persistence and Degradability:** Not available  
**Bioaccumulative Potential:** Not available  
**Soil Mobility:** Not available

**Section 13: Disposal Considerations**

**NOTE: Always dispose of waste in accordance with local, provincial and federal regulations.**  
**Safe Handling:** Gloves can be worn when handling discarded or unwanted product.  
**Methods of Disposal:** Recycle when possible. Do not allow to enter drains, sewers or watercourses. Discard any unwanted product, residues, containers or liners in a suitable disposal container in an environmentally acceptable manner, as required by relevant local, regional and national legislation.

**Section 14: Transportation Information**

This material is not considered as a dangerous good per transportation regulations in the United States and Canada.

**Section 15: Regulatory Information**

**California Proposition 65:** These products contain chemicals known to the State of California to cause cancer, birth defects or other reproductive harm.  
**United States Toxic Substances Control Act (TSCA):** Iron, Manganese, Barium Fluoride (as Barium compounds)  
**Canada WHMIS Classification:** Iron, Manganese  
**Canada Domestic Substances List:** Manganese

**Section 16: Other Information**

**Preparation Date:** 5 January 2016  
**Date of Last Revision:** 5 January 2016

Page 4 of 5

**Section 15: Regulatory Information**

**California Proposition 65:** These products contain chemicals known to the State of California to cause cancer, birth defects or other reproductive harm.  
**United States Toxic Substances Control Act (TSCA):** Iron, Manganese, Barium Fluoride (as Barium compounds)  
**Canada WHMIS Classification:** Iron, Manganese  
**Canada Domestic Substances List:** Manganese

**Section 16: Other Information**

**Preparation Date:** 5 January 2016  
**Date of Last Revision:** 5 January 2016

This SDS format is in accordance with GHS. PowerWeld Inc. provides the information contained herein in good faith but makes no representation as to its comprehensiveness or accuracy. This document is intended only as a guide to the appropriate precautionary handling of the material by a properly trained person using this product. Product use and conditions of use are beyond the control of PowerWeld. Warranty of materials is limited to test results of product performance as detailed in certificates of compliance. Interpretation of test results is the responsibility of end-user. No other warranties, expressed or implied, are made.

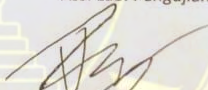
**Data Sheet Wire MIG E71T-GS**

**DATA HASIL PENGUJIAN TEKAN BAHAN CARBON STEEL**

Nama : Dimas Syahputra  
NIM : 218130056  
Judul : ANALISIS KEKUATAN TEKAN HASIL PENCETAKAN 3D PRINTER DENGAN BAHAN LOGAM

No.	Sampel Variasi Arus	Diameter bahan (Do)	Tinggi Bahan	Fmax
		(mm)	(mm)	(kg)
1.	50 A	10	25	6300
2.	50 A			6350
3.	50 A			6275
4.	60A	10	25	6500
5.	60A			6575
6.	60A			6650
7.	70A	10	25	6700
8.	70A			6825
9.	70A			6750

Medan, Agustus 2025  
Ass. Lab. Pengujian bahan



M. Fatih abdillah

Data hasil Pengujian