

TUGAS AKHIR
RANCANG BANGUN ALAT MESIN LAS *SPOT WELLDING*
DENGAN KAPASITAS 20 AMPERE

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

Disusun Oleh:

DIMAS SURYA PRATAMA
2007230144



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : DIMAS SURYA PRATAMA
NPM : 2007230144
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN ALAT MESIN LAS
SPOT WELLDING DENGAN KAPASITAS 20
AMPERE
Bidang Ilmu : Konstruksi dan Manufaktur

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

Medan, September 2025

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Khairul Umurani, ST., MT.

Ahmad Marabdi Siregar, ST., M.T

Dosen Penguji III

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Arya Rudi Nasution, S.T., M.T

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

ABSTRAK

Bidang manufaktur terus berkembang dengan kebutuhan proses pengelasan yang efisien dan ekonomis, terutama untuk industri kecil. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji alat mesin las spot welding dengan kapasitas 20 ampere menggunakan software SolidWorks sebagai alat bantu desain. Alat ini dirancang untuk menyambungkan material logam tipis melalui metode *resistance welding* yang hemat daya, sederhana, dan mudah dioperasikan. Proses penelitian melibatkan tahap desain 3D, pembuatan prototipe, dan pengujian stabilitas arus serta kinerja alat. Hasil menunjukkan bahwa alat mampu menghasilkan pengelasan dengan kualitas baik, konsumsi daya yang rendah, dan keandalan yang tinggi dalam aplikasi material logam tipis. Penggunaan elektroda tembaga, rangka besi yang kokoh, dan sistem tekanan manual menjadi kunci keberhasilan alat ini. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan alat pengelasan yang efisien untuk kebutuhan industri kecil, sekaligus menawarkan solusi ekonomis dan fungsional di bidang teknik manufaktur.

Kata kunci: Las *spot welding*, *resistance welding*, desain SolidWorks, kapasitas 20 ampere, pengelasan logam tipis.

ABSTRACT

The manufacturing field continues to grow with the need for efficient and economical welding processes, especially for small industries. This research aims to design, build, and test a spot welding machine with a capacity of 20 amperes using SolidWorks software as a design tool. This tool is designed to connect thin metal materials through a resistance welding method that is power-efficient, simple, and easy to operate. The research process involved 3D design, prototyping, and testing of current stability and tool performance. The results show that the tool is capable of producing welds with good quality, low power consumption, and high reliability in thin metal material applications. The use of copper electrodes, a sturdy iron frame, and a manual pressure system are the keys to the tool's success. This research contributes to the development of efficient welding tools for the needs of small industries, while offering economical and functional solutions in the field of manufacturing engineering.

Keywords: Spot welding, resistance welding, SolidWorks design, 20 ampere capacity, thin metal welding.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabbarakatu

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena berkah rahmat dan karunia Nya penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah berupa skripsi ini yang berjudul “RANCANG BANGUN ALAT MESIN LAS *SPOT WELLDING* DENGAN KAPASITAS 20 AMPERE” guna melengkapi tugas-tugas serta memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar akademik sarjana teknik, program studi teknik mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, serta shalawat beriring salam pada junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang dengan kepemimpinannya beliau kita bisa sampai sekarang ini.

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

1. Bapak Arya Rudi Nasution, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak, Ibu dosen, dan seluruh staf Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Orang tua penulis: Surianto dan Elisa Anggraeni, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis: Arisha Kirana Nafisha Fauzan Aziz, Suprik, Muhammad Wahyu Nur'an, Muhammad Putra Wiranda, Panji

Kusuma, Agus Rianto, Agus Nurwanda, Ragil Ramadhan Siregar, Muhammad Farhan Syukri, Muhammad Roni Fadillah, Fadillah Rizky, Rafiqi Iswahyu, Afrizal, Dani Setiawan, Muhammad Apridani, Bahrul Ulum Susantio.

8. Terakhir, terimakasih untuk diri saya sendiri karena sudah mampu berjuang sampai ditahap ini, terimakasih karena sudah selalu kuat dalam menghadapi situasi apapun, tetap semangat dan jangan putus asa.

Kepada pihak-pihak yang terlibat semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian. Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Aamiin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabbarakatu

Medan, September 2025

Dimas Surya Pratama

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengelasan	4
2.2. Metode Pengelasan	4
2.2.1. <i>Resistance Welding</i>	4
2.2.2. <i>Gas Welding</i> (Las Gas)	5
2.2.3. <i>Arc Welding</i> (Las Busur)	7
2.3. Jenis Pengelasan Yang Lain	15
2.3.1. <i>Plasma Welding</i>	15
2.3.2. <i>Power Beam Procceses</i>	16
2.3.3. <i>Friction Stir Welding</i>	17
2.3.4. Pengelasan Titik (<i>Spot Welding</i>)	18
2.3.5. <i>Referensi</i> Nomor dan Ringkasan Proses Pengelasan	18
2.3.6. <i>Istilah</i> Dasar Pengelasan	19
2.4. Desain	22
2.4.1. Pengertian Desain	22
2.4.2. Pengertian Desain Menurut Para Ahli	22
2.4.3. Rumus Perhitungan	23
2.4.4. Fungsi Desain	23
2.4.5. Tujuan Desain	24
2.4.6. Manfaat Desain	24
2.4.7. Jenis Desain	25
2.4.8. Cabang Seni Desain	26
2.5. Aplikasi Desain <i>Mechanical Engineering</i>	27
2.5.1. <i>AutoCAD Mechanical</i>	27
2.5.2. <i>SolidWorks</i>	27
BAB 3 METODE PENELITIAN	30
3.1. Tempat dan Waktu	30
3.1.1. Tempat Penelitian	30
3.1.2. Waktu Penelitian	30

3.2. Bahan dan Alat	30
3.2.1. Bahan Penelitian	30
3.3. Bagan Alir Penelitian	37
3.4. Rancangan Alat Penelitian	38
3.5. Prosedur Penelitian	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1. Hasil Desain	42
4.1.1. Desain Mesin Las <i>Spot Welding</i>	42
4.1.2. Desain Rangka	44
4.1.3. Desain Tuas Penekan	45
4.1.4. Modul Kontrol	46
4.1.5. Desain Tembaga Pengelasan	47
4.1.6. Rangkaian <i>Wiring Controler</i>	49
4.2. Analisa Daya	50
4.2.1. Pengujian Pertama	50
4.2.2. Pengujian Kedua	51
4.2.3. Pengujian Ketiga	51
4.3. Hasil Pembuatan Alat	52
4.3.1. Hasil Pembuatan Mesin Las <i>Spot Welding</i>	52
4.3.2. Sistem Monitoring Parameter Listrik Berbasis Arduino Nano	56
4.4. Pembahasan Kinerja Alat	57
4.4.1. Kinerja Elektrikal	58
4.4.2. Kinerja Mekanikal	58
4.4.3. Hasil Pengelasan	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	61
Lampiran 1. Dokumentasi Hasil Penelitian	
Lampiran 2. Gambar Teknik MESIN LAS <i>SPOT WELDING</i> DENGAN KAPASITAS 20 AMPERE	
Lampiran 3. Lembar Asistensi	
Lampiran 4. SK Pembimbing	
Lampiran 5. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
Lampiran 6. Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR TABEL

Table 1 Referensi Nomor Proses Pengelasan Sesuai ISO 4063	18
Table 2 Waktu Kegiatan Penelitian	30
Table 3 Pengujian	50
Table 4 Analisis pengujian	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengelasan	4
Gambar 2.2 Prinsip Kerja <i>Spot Welding</i>	5
Gambar 2.3 Peralatan Untuk Gas <i>Welding</i>	7
Gambar 2.4 Prinsip Kerja Las SMAW	8
Gambar 2.5 Pengelasan SAW	10
Gambar 2.6 Pengelasan GTAW	11
Gambar 2.7 Pengelasan GMAW dan FCAW	13
Gambar 2.8 <i>Plasma Welding</i>	16
Gambar 2.9 <i>Electrone Beam Welding</i>	16
Gambar 2.10 Laser Welding	17
Gambar 2.11 <i>Friction Stir Welding</i>	17
Gambar 2.12 Ringkasan Skema Proses Pengelasan	19
Gambar 2.13 <i>Heat Affected Zone</i>	21
Gambar 2.14 Throat Thickness (t) dan Leg Length (l)	21
Gambar 2.15 AutoCAD <i>Mechanical</i>	27
Gambar 2.16 <i>SolidWorks</i>	27
Gambar 3.1 Mesin Las Titik	31
Gambar 3.2 Besi Plat	31
Gambar 3.3 Besi Siku	31
Gambar 3.4 As Tembaga	32
Gambar 3.5 Tombol On/Off	32
Gambar 3.6 Kabel	32
Gambar 3.7 Arduino Nano	33
Gambar 3.8 PZEM-004T	33
Gambar 3.9 <i>Box</i> Elektronik	34
Gambar 3.10 Software Solidworks	34
Gambar 3.11 Laptop	34
Gambar 3.12 Mesin Potong	35
Gambar 3.13 Mesin Las	35
Gambar 3.14 Palu	35
Gambar 3.15 Solder	36
Gambar 3.16 Meteran	36
Gambar 3.17 Bagan Alir Penelitian	37
Gambar 3.18 Konstruksi Alat	38
Gambar 3.19 Rangkaian Elektrikal	39
Gambar 4.1 Desain Mesin Las <i>Spot Wellding</i>	42
Gambar 4.2 Mesin Las <i>Spot Wellding</i>	44
Gambar 4.3 Sketsa Gambar	44
Gambar 4.4 Rangka Alat	45
Gambar 4.5 Hasil Desain Rangka	45
Gambar 4.6 Pemilihan Bidang Sketsa Tuas Penekan	45
Gambar 4.7 Sketsa Tuas Penekan	46
Gambar 4.8 Hasil <i>Extrude</i> Tuas Penekan	46
Gambar 4.9 Sketsa Modul Kontrol	46
Gambar 4.10 Hasil <i>Extrude</i> Modul Kontrol	47

Gambar 4.11 Penambahan LCD dan Tombol ON/OFF	47
Gambar 4.12 Sketsa Dasar Tembaga	47
Gambar 4.13 Hasil Sweep Tembaga	48
Gambar 4.14 Sketsa Ujung Tembaga	48
Gambar 4.15 Hasil Revolve Tembaga	48
Gambar 4.16 Rangkaian Wiring Controler	49
Gambar 4.17 Mesin Las <i>Spot Wellding</i>	52
Gambar 4.18 Mempersiapkan Pengelasan	54
Gambar 4.19 Mengatur Posisi Pengelasan	54
Gambar 4.20 Memulai Pengelasan	55
Gambar 4.21 Pengelasan Sudah Selesai	55
Gambar 4.22 Pengelasan Berakhir	55
Gambar 4.23 Sistem Monitoring Parameter Listrik Berbasis Arduino Nano	56

DAFTAR NOTASI

V	: Tegaangan (<i>Volt</i>)
I	: Arus (<i>ampere</i>)
P	: Daya (<i>watt</i>)
P	: Daya (<i>watt</i>)
W	: Waktu dalam proses pemotongan (jam)
Wh	: <i>watt-hour</i> (watt)
Kwh	: kilowatt <i>hour</i>
R	= resistensi (<i>Ohm</i> , Ω)
V	= tegangan (<i>Volt</i> , V)
I	= arus (<i>Ampere</i> , A)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bidang manufaktur saat ini mengalami kemajuan teknologi yang sangat pesat. Salah satu proses yang sangat penting di dalamnya adalah penyambungan. Salah satunya adalah pengelasan las titik tahanan listrik, atau las titik, yang sangat penting untuk teknologi manufaktur dalam industri, baik dalam perakitan maupun reparasi. Las titik memiliki banyak keuntungan, seperti bentuk sambungan yang rapi, prosesnya yang cepat, sambungan yang lebih rapat, dan pengoperasiannya yang relatif mudah tanpa memerlukan logam pengisi (Andi:2020). Saat menggunakan las titik untuk berbagai tujuan, kualitas hasil las yang baik diperlukan. Saat menggunakan mesin las listrik, kebocoran sering terjadi pada pengelasan plat tipis. Oleh karena itu, dalam penelitian ini kami akan membuat alat rancang bangun spot welding yang dapat mengelas plat tipis. (Rasyid:2020).

Spot welding sangat dibutuhkan bagi industri rumah tangga, akan tetapi harga las yang mahal dan daya las yang besar mengakibatkan *spot welding* kurang efisien untuk industri kecil. Oleh sebab itu, *spot welding* dengan daya kecil dan rancang bangun yang mudah dibawa sangatlah dibutuhkan (Tri Cahyo:2022). Las titik (*spot welding*) merupakan cara pengelasan resistensi listrik yang menggunakan lembaran plat yang disatukan kemudian disambung dengan *local fusion* pada satu atau lebih lokasi arus yang dialirkan bertegangan rendah diantara elektroda sehingga logam yang bersinggungan menjadi panas karena adanya aliran arus listrik dan suhu pada logam akan naik mencapai suhu pada proses pengelasan, melalui proses kerja yang ditekan bersama oleh dua buah elektroda *up and down electrodes* (Yovi:2020).

Kualitas dan kekuatan lasan titik sangat penting untuk umur kendaraan dan keamanannya. Las ini mudah, hemat biaya, dan cepat sehingga cocok untuk produksi massal. Suplai panas yang diberikan cukup akurat dan reguler, dan hasilnya lebih rapi dan tidak mengandung terak las. Hasil las ini juga kompetitif dengan logam induk tanpa menggunakan kawat las. (Rizqi:2022).

Mesin las titik, juga dikenal sebagai mesin las titik, memiliki beberapa kelemahan yang akan sangat memengaruhi kualitas pengelasan. Kelemahan ini

termasuk daya tinggi, mekanisasi, dan otomatisasi, yang pada gilirannya meningkatkan biaya peralatan. Perawatannya lebih rumit, dan mesin las AC satu fasa berdaya tinggi yang biasa digunakan tidak cocok untuk pengoperasian jaringan listrik normal dan harus ditempatkan secara terpisah. Sambungan pangkuan pengelasan titik menambah berat komponen dan menciptakan sudut di sekitar nugget antara kedua pelat, yang menghasilkan kekuatan tarik sambungan yang rendah. Hanya melalui pengujian destruktif terhadap sampel proses dan pengelasan, serta berbagai metode pemantauan, kualitas pengelasan dapat dipastikan. (Suwanto:2019).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah

1. Bagaimana merancang desain alat mesin las spot welding 20 ampere menggunakan SolidWorks?
2. Bagaimana membangun prototipe alat las spot welding sesuai desain?
3. Bagaimana menguji kestabilan arus alat mesin las spot welding?

1.3 Ruang Lingkup

Dalam pembuatan tugas akhir ini untuk lebih memfokuskan pada tugas yang diteliti, maka dibatasi pada bagian-bagian sebagai berikut:

1. Desain: Fokus pada desain alat las spot welding 20 ampere dengan SolidWorks.
2. Pembuatan: Pembuatan alat sesuai desain.
3. Pengujian: Pengujian kestabilan arus pada alat las spot welding.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah

1. Untuk merancang alat mesin las spot welding dengan kapasitas 20 ampere menggunakan perangkat lunak solidwork.
2. Untuk membangun alat mesin las spot welding sesuai dengan hasil desain.
3. Untuk menguji kinerja alat mesin las spot welding kestabilan arus.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah

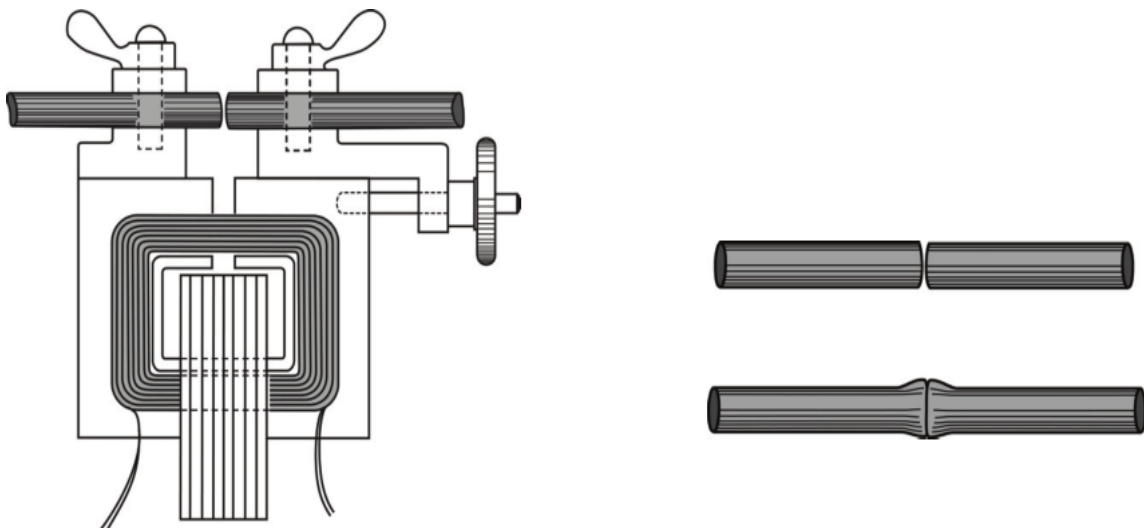
1. Menambah pengetahuan desain dan pengujian alat las.
2. Menyediakan alat las yang efisien dan stabil.
3. Memberikan pengalaman dalam desain dan pengujian alat teknik.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengelasan

penyambungan dua atau lebih material, biasanya logam atau termoplastik, dengan cara mencairkan sebagian material pada sambungan menggunakan panas, tekanan, atau keduanya. Setelah pendinginan, material yang telah mencair akan membeku dan membentuk sambungan yang kuat. Proses ini banyak digunakan di berbagai industri, seperti konstruksi, manufaktur, perkapalan, otomotif, dan lainnya. Metode penyambungan logam telah ada sejak ribuan tahun lalu, yang banyak dilakukan oleh pandai besi yaitu menggunakan metode tempa. Kemudian pada abad ke 19 mulai dikenal pengelasan menggunakan gas oksigen dan gas *acetylene* yang menghasilkan nyala api yang panas. Bersamaan dengan itu juga dikenal pengelasan yang bersumber dari energi listrik. Merujuk *American Welding Society* (AWS), pengertian pengelasan adalah suatu proses penyambungan dua material / lebih, biasanya berupa logam, dengan menggunakan energi panas sampai material yang akan disambung tersebut meleleh (*melted*) kemudian menyatu / berpadu (*fused*), dengan memberikan tekanan atau tidak, serta dengan memberikan bahan tambahan (*consumable*) atau tidak.



Gambar 2.1 Pengelasan (Elihu Thomson:1885)

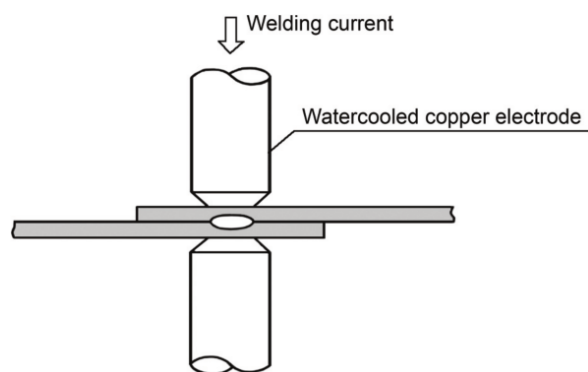
2.2. Metode Pengelasan

2.2.1. *Resistance Welding*

Resistance welding banyak digunakan untuk pengelasan pelat dengan tebal kurang dari 8 mm. Trafo untuk pengelasan *resistance* dapat menghasilkan 2000A pada 2V open circuit voltage. Pengelasan *resistance* dikembangkan menjadi beberapa jenis yaitu:

1. *Spot welding*
2. *Seam welding*
3. *Projection welding*
4. *Flash butt welding*

Pada perkembangan industri, *spot welding* adalah jenis pengelasan *resistance* yang banyak digunakan terutama pada industri otomotif. Prinsip kerja *spot welding* yaitu ada dua elektroda tembaga yang teraliri arus tinggi memberikan tekanan kepada pelat yang dalam posisi sambungan *overlap*, bersamaan proses tersebut pelat meleleh pada area *spot* elektroda. Metode *spot welding* dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Spot Welding (Klas Weman:2011)

2.2.2. *Gas Welding* (Las Gas)

Gas yang sering digunakan untuk pengelasan adalah gas oksigen dan *acetylene*, pengelasan ini juga disebut *oxy acetylene welding*. Temperatur yang dihasilkan dari nyala api *oxy acetylene welding* sekitar 3100 °C, dan lebih tinggi dibandingkan jenis gas dari hidrokarbon yang lainnya.

Pada aplikasi di industri, nyala api dari campuran oksigen dan *acetylene* selain digunakan untuk pengelasan juga banyak digunakan untuk proses pemotongan logam atau sering disebut *oxy acetylene cutting*. Peralatan

untuk *gas welding* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Prinsip Kerja Las Gas

1. Nyala Api dari Gas

Nyala api dihasilkan dari pencampuran gas bahan bakar (biasanya asetilena) dan oksigen dalam obor las.

Suhu api dapat mencapai sekitar 3.200°C , cukup untuk mencairkan sebagian besar logam.

2. Pencairan Logam

- Logam dasar dan logam tambahan (filler metal) mencair akibat panas dari nyala api, membentuk genangan las.
- Setelah pendinginan, logam cair mengeras menjadi sambungan yang permanen.

3. Kontrol Panas

- Operator dapat mengatur rasio oksigen dan gas bahan bakar untuk mengontrol jenis nyala api:
 - Nyala Netral: Rasio oksigen dan asetilena seimbang.
 - Nyala Oksidasi: Kelebihan oksigen.
 - Nyala Karburasi: Kelebihan asetilena.

Keunggulan Las Gas

1. Fleksibilitas Tinggi

- Cocok untuk berbagai jenis logam, termasuk baja karbon, aluminium, tembaga, dan kuningan.
- Bisa digunakan untuk memotong logam, selain untuk pengelasan.

2. Peralatan Sederhana

- Tidak memerlukan sumber daya listrik, sehingga cocok untuk pekerjaan di lapangan.

3. Biaya Investasi Rendah

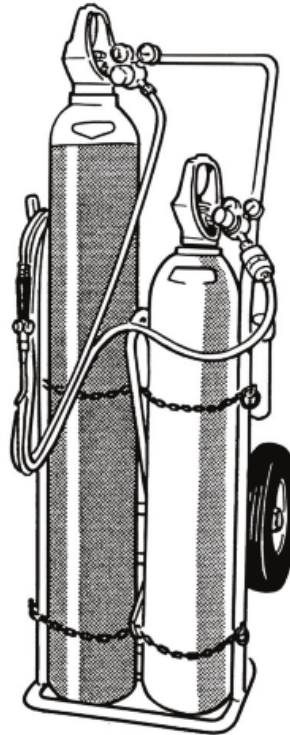
- Peralatan lebih murah dibandingkan metode pengelasan modern.

4. Kontrol Panas yang Baik

- Operator memiliki kendali penuh atas suhu dan area pengelasan.

Gas welding adalah metode pengelasan yang sederhana namun efektif, dengan peralatan yang fleksibel dan biaya awal yang rendah. Meskipun tidak

seefisien metode modern untuk produksi massal atau material tebal, las gas tetap relevan untuk perbaikan, seni logam, dan pengelasan logam tipis. Dengan pengendalian yang baik, proses ini dapat menghasilkan sambungan berkualitas tinggi pada berbagai jenis logam.

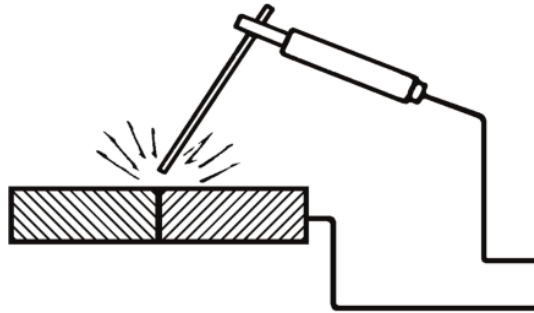


Gambar 2.3 Peralatan Untuk Gas Welding (Klas Weman:2011)

2.2.3. *Arc Welding* (Las Busur)

Pada awalnya pengelasan busur menggunakan batang karbon kemudian menggunakan batang baja tanpa salutan. Pada perkembangannya karena proses pengelasan menggunakan batang baja sulit dilakukan dan banyak terjadi cacat pengelasan, maka dikembangkan elektroda dengan salutan atau yang biasa disebut *flux/coating*. Dalam teknik ini, elektroda digunakan sebagai sumber energi untuk melelehkan logam dan menghubungkannya. Elektroda ini terbungkus oleh bahan pengisolasi yang membentuk lapisan pelindung di sekitar titik pengelasan. Ini melindungi logam dari oksidasi dan membantu dalam menghasilkan hasil akhir yang kuat dan tahan lama. SMAW sangat populer dalam industri karena mudah digunakan dan cocok untuk mengelas logam berat, seperti besi dan baja. Namun, teknik ini cenderung lebih lambat dan hasil pengelasan yang dihasilkan tidak sebaik

teknik pengelasan lainnya. Prinsip kerja las busur SMAW/ MMA ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

Arc welding berkembang menjadi beberapa proses las yaitu:

1) SAW (*Submerged Arc Welding*)

Merupakan teknik pengelasan yang sangat efisien dan memiliki kemampuan untuk mengelas logam dengan ukuran besar. SAW adalah teknik pengelasan yang dilakukan dengan cara menenggelamkan elektroda yang terbungkus fluks ke dalam lapisan fluks di atas permukaan logam kerja. Ketika arus listrik mengalir melalui elektroda, lapisan fluks akan meleleh dan melindungi daerah pengelasan dari udara, oksigen, dan kotoran.

Kelebihan SAW adalah kemampuannya untuk menghasilkan pengelasan yang sangat kuat dan tahan lama pada logam yang tebal, terutama baja karbon dan baja paduan. Selain itu, teknik ini memungkinkan pengelasan yang sangat efisien dan cepat, karena elektroda dapat bertahan hingga beberapa jam sebelum perlu diganti.

SAW juga dapat digunakan untuk mengelas pipa, balok, dan struktur baja lainnya. Contohnya, teknik ini sering digunakan dalam industri konstruksi untuk mengelas pipa minyak dan gas alam, struktur jembatan, dan menara listrik. Teknik ini juga digunakan dalam industri perkapalan untuk mengelas bagian kapal seperti lambung, badan kapal, dan struktur baja besar lainnya.

Namun, SAW juga memiliki kelemahan, seperti proses pengelasan yang sulit dilihat karena proses pengelasan terjadi di bawah lapisan fluks. Selain itu, teknik ini memerlukan mesin khusus dan pemeliharaan yang lebih intensif dibandingkan dengan teknik pengelasan lainnya.

Prinsip Kerja SAW

1. Busur Listrik Tersembunyi

Busur listrik terjadi di bawah lapisan fluks granular, sehingga busur tidak terlihat selama proses berlangsung.

2. Pelindung Fluks

Fluks granular menciptakan lapisan pelindung di atas logam cair, melindunginya dari oksidasi dan kontaminasi udara.

Fluks yang tidak meleleh dapat digunakan kembali setelah proses selesai.

3. Pengumpanan Elektroda Kontinu

Kawat elektroda kontinu diberi makan secara otomatis melalui alat pengumpan, mencair selama pengelasan.

4. Pendinginan dan Penyatuan

Logam cair dari elektroda dan logam dasar menyatu, kemudian mengeras untuk membentuk sambungan yang kuat.

Keunggulan SAW

1. Kecepatan dan Produktivitas Tinggi

- Cocok untuk pekerjaan skala besar dengan kecepatan pengelasan yang sangat cepat.

2. Kualitas Sambungan Tinggi

- Sambungan las bersih, bebas dari kontaminasi, karena busur terlindungi sepenuhnya oleh fluks.

3. Penetrasi Las yang Dalam

- Ideal untuk pengelasan logam tebal seperti pelat baja atau struktur berat.

4. Efisiensi Tinggi

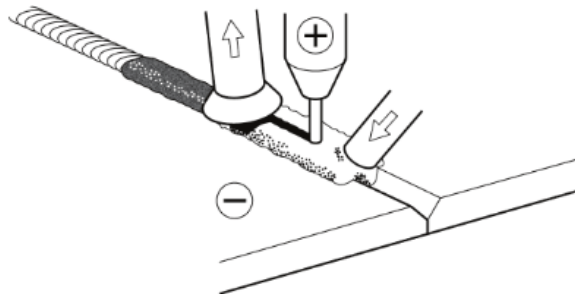
- Hampir seluruh elektroda dimanfaatkan tanpa pemborosan.

5. Minim Percikan

- Tidak menghasilkan percikan (spatter) atau asap las karena busur listrik tersembunyi.

Submerged Arc Welding (SAW) adalah metode pengelasan yang sangat efisien dan cocok untuk aplikasi pengelasan logam tebal dalam skala besar. Proses ini

memberikan kualitas sambungan yang konsisten dan bersih, tetapi terbatas pada posisi horizontal atau datar serta membutuhkan peralatan otomatis yang mahal. SAW banyak digunakan di industri berat, seperti konstruksi, pembuatan pipa, dan perkapalan.



Gambar 2.5 Pengelasan SAW (Submerged Arc Welding)

2) GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*)

Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), juga dikenal sebagai Tungsten Inert Gas (TIG) Welding, adalah salah satu metode pengelasan busur listrik yang menggunakan elektroda tungsten tidak mencair untuk menghasilkan busur panas. Proses ini menggunakan gas pelindung inert (biasanya argon atau helium) untuk melindungi area las dari kontaminasi udara, sehingga menghasilkan sambungan berkualitas tinggi.

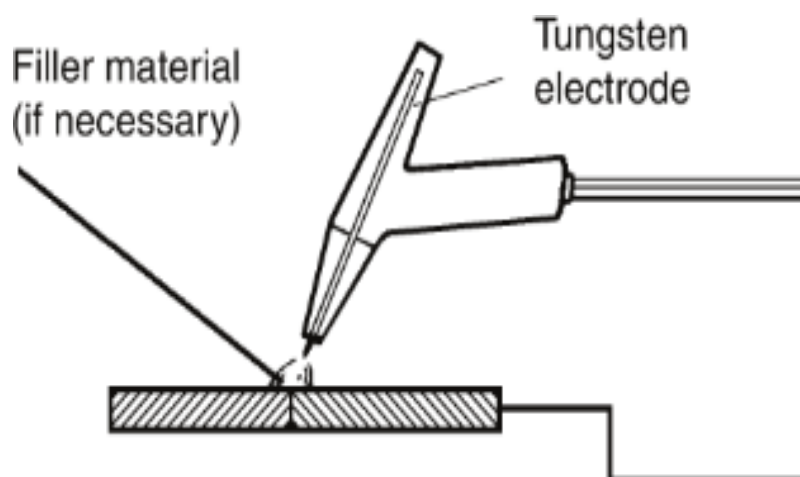
GTAW banyak digunakan untuk pekerjaan yang membutuhkan presisi tinggi dan hasil yang halus, seperti pada material logam non-ferrous (aluminium, tembaga) dan stainless steel. Untuk teknik pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*), elektroda yang digunakan adalah wolfram yang tidak terlarut. Proses pengelasan dilakukan dengan menyambungkan elektroda wolfram dan logam yang akan digabungkan, kemudian memanaskan daerah pengelasan dengan gas argon atau helium yang tidak reaktif. Proses pengelasan GTAW dapat menghasilkan las yang sangat akurat dan halus, serta memiliki kemampuan untuk mengelas logam tipis dan logam dengan ketebalan yang berbeda-beda. Teknik pengelasan GTAW juga dikenal karena kemampuannya untuk mengelas logam dengan warna yang sama seperti logam asli, sehingga sangat cocok untuk digunakan dalam pembuatan perhiasan atau produk-produk yang memerlukan tampilan yang estetik.

Prinsip Kerja GTAW

1. Busur Listrik: Busur listrik dihasilkan antara elektroda tungsten dan material logam yang akan dilas. Elektroda tungsten tidak mencair, karena titik leburnya sangat tinggi (sekitar 3.422°C).
2. Gas Pelindung: Gas inert (argon atau helium) dialirkan melalui nozel untuk melindungi logam cair dari oksidasi atau kontaminasi udara.
3. Pencairan Logam: Panas dari busur mencairkan logam dasar, yang kemudian menyatu setelah pendinginan. Filler metal (logam tambahan) dapat ditambahkan secara manual jika diperlukan, tergantung pada jenis sambungan.

Keunggulan GTAW

1. Kualitas Sambungan Tinggi: Sambungan yang dihasilkan halus, bebas dari percikan, dan sangat kuat.
2. Fleksibilitas Material: Cocok untuk berbagai jenis material, termasuk logam non-ferrous seperti aluminium, magnesium, dan tembaga.
3. Kontrol Presisi: Operator memiliki kendali penuh atas busur dan pengisian logam, sehingga cocok untuk pekerjaan presisi seperti pengelasan pipa kecil atau komponen tipis.
4. Minim Kontaminasi: Gas pelindung mencegah oksidasi dan kontaminasi udara.



Gambar 2.6 Pengelasan GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

3) GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)

Pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*): Dalam teknik ini, elektroda berupa kawat pengelasan digunakan untuk melelehkan logam dan menghubungkannya. Gas inert, seperti argon atau helium, digunakan untuk melindungi titik pengelasan dari udara yang mengandung oksigen dan nitrogen yang dapat menghasilkan cacat pada pengelasan. GMAW welding adalah teknik pengelasan yang cepat dan efisien, sehingga sering digunakan dalam produksi massal. Kelebihan lainnya adalah hasil akhir pengelasan yang halus dan rapi, serta kemampuan untuk mengelas berbagai jenis logam dan ketebalan yang berbeda. Teknik pengelasan GMAW sering digunakan dalam pembuatan mobil, kapal, dan konstruksi baja.

Prinsip Kerja GMAW

1. Elektroda Kawat: Elektroda berbentuk kawat diumpankan secara kontinu melalui torch (pegangan las), yang berfungsi sebagai bahan tambahan dan menghantarkan busur listrik.
2. Busur Listrik: Busur listrik terbentuk antara elektroda kawat dan logam dasar, menghasilkan panas yang cukup untuk mencairkan logam dasar dan kawat elektroda.
3. Gas Pelindung: Gas pelindung dialirkan melalui torch untuk mencegah kontaminasi dari udara (oksigen, nitrogen, atau uap air).
4. Penyatuan Logam: Logam dasar dan elektroda cair menyatu, kemudian mengeras membentuk sambungan yang kuat.

Jenis Gas Pelindung pada GMAW

1. MIG Welding (Metal Inert Gas Welding)

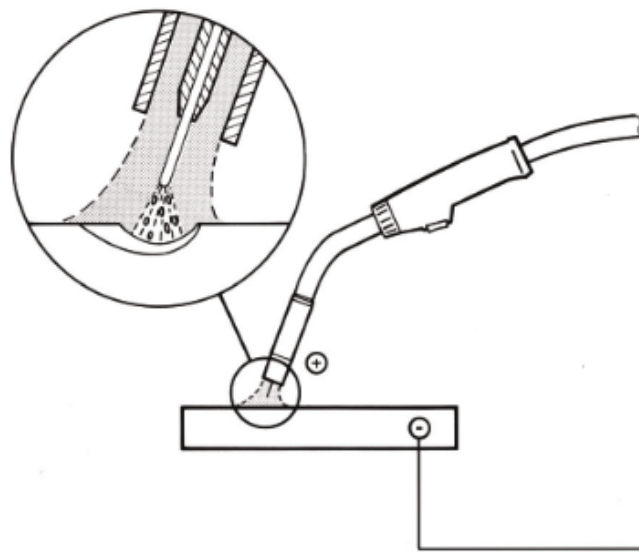
Menggunakan gas inert seperti argon atau helium. Biasanya digunakan untuk logam non-ferrous seperti aluminium, magnesium, dan tembaga.

2. MAG Welding (Metal Active Gas Welding)

Menggunakan gas aktif seperti CO₂ atau campuran CO₂-argon. Lebih sering digunakan untuk logam ferrous seperti baja karbon dan baja paduan.

4) FCAW (*Flux Core Arc Welding*)

Pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW): Teknik ini mirip dengan pengelasan GMAW, tetapi menggunakan elektroda yang berisi fluks. Fluks adalah bahan kimia yang mencair saat dipanaskan dan membentuk lapisan pelindung di sekitar titik pengelasan. FCAW memungkinkan pengelasan yang lebih cepat dan sering digunakan di luar ruangan. Kelebihan lainnya adalah dapat mengelas logam berat, seperti besi dan baja. Namun, teknik ini lebih sulit digunakan dan lebih sulit untuk mendapatkan hasil pengelasan yang rapi.



Gambar 2.7 Pengelasan GMAW dan FCAW (Klas Weman:2011)

Pemilihan teknik pengelasan tergantung pada jenis logam yang akan digunakan, ukuran logam, dan kebutuhan akhir. Penting untuk mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing teknik pengelasan sebelum membuat keputusan akhir.

Untuk logam yang lebih tebal dan membutuhkan kekuatan tinggi, teknik pengelasan SMAW mungkin lebih tepat. Pengelasan SMAW dapat menghasilkan sambungan yang sangat kuat dan tahan lama, dan dapat digunakan pada berbagai macam jenis logam.

Jika proyek pengelasan membutuhkan efisiensi dan kecepatan, maka teknik pengelasan MIG atau FCAW mungkin lebih cocok. Kedua teknik pengelasan ini dapat mengelas dengan cepat, dan menghasilkan hasil akhir yang halus dan rapi.

Namun, perlu diingat bahwa pengelasan FCAW lebih cocok untuk lingkungan pengelasan outdoor atau di lingkungan dengan sirkulasi udara yang buruk.

Sementara itu, untuk proyek-proyek pengelasan yang membutuhkan tingkat produksi tinggi dan hasil akhir yang sangat halus, teknik pengelasan SAW dapat menjadi pilihan yang tepat. Teknik ini dapat menghasilkan sambungan yang sangat kuat dan tahan lama, dan sangat efisien dalam pengelasan logam dengan ketebalan besar.

Prinsip Kerja FCAW

1. Kawat Elektroda Berinti Fluks
 - Elektroda berbentuk kawat kontinu dengan inti fluks di dalamnya.
 - Fluks menghasilkan gas pelindung saat mencair akibat panas busur, melindungi area las dari oksidasi.
2. Busur Listrik
 - Busur listrik terbentuk antara kawat elektroda dan benda kerja, menghasilkan panas yang cukup untuk mencairkan logam dasar dan elektroda.
3. Pelindung Area Las
 - Gas pelindung (dari fluks atau gas eksternal) mencegah kontaminasi udara, sedangkan slag (terak) dari fluks menciptakan lapisan pelindung tambahan.
4. Pencairan dan Penyatuan
 - Logam cair dari elektroda dan logam dasar menyatu, lalu mengeras membentuk sambungan yang kuat setelah pendinginan.

Jenis FCAW

1. Self-Shielded FCAW (FCAW-S)
 - Tidak memerlukan gas pelindung eksternal karena fluks dalam kawat cukup untuk melindungi area las.
 - Cocok untuk pekerjaan luar ruangan atau lingkungan berangin.
2. Gas-Shielded FCAW (FCAW-G)
 - Menggunakan gas pelindung eksternal (biasanya CO₂ atau campuran argon-CO₂) selain perlindungan dari fluks.

- Memberikan hasil las yang lebih bersih dan berkualitas lebih tinggi dibanding FCAW-S.

Keunggulan FCAW

1. Efisiensi Tinggi: Kecepatan pengelasan lebih cepat dibandingkan metode lain, terutama untuk material tebal.
2. Cocok untuk Kondisi Luar Ruangan: FCAW-S sangat efektif dalam kondisi berangin karena tidak memerlukan gas pelindung eksternal.
3. Penetrasi Dalam: Cocok untuk pengelasan logam tebal atau struktur berat.
4. Serbaguna: Dapat digunakan untuk berbagai jenis logam, termasuk baja karbon, baja tahan karat, dan baja paduan.

Kekurangan FCAW

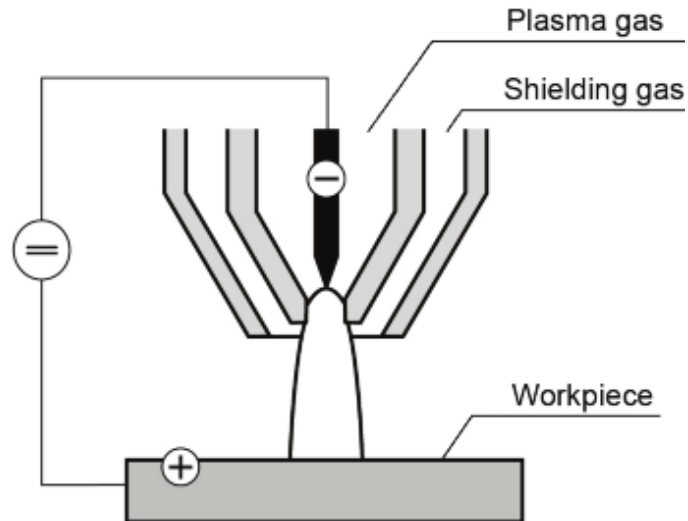
1. Terak (Slag) Berlebih: Memerlukan pembersihan setelah pengelasan karena fluks menghasilkan terak di atas sambungan.
2. Biaya Elektroda Tinggi: Kawat elektroda berinti fluks cenderung lebih mahal dibandingkan kawat solid pada GMAW.
3. Lebih Banyak Asap: Menghasilkan lebih banyak asap dibandingkan metode lain, sehingga membutuhkan ventilasi yang baik.
4. Kurang Efisien untuk Logam Tipis: Rentan menyebabkan deformasi atau lubang pada material tipis.

FCAW adalah metode pengelasan yang efisien dan serbaguna, khususnya untuk material tebal dan pekerjaan di luar ruangan. Meskipun menghasilkan lebih banyak terak dan asap, metode ini tetap menjadi pilihan utama di industri konstruksi, perkapalan, dan perbaikan alat berat karena kekuatan dan kecepatan pengelasannya.

2.3. Jenis Pengelasan Yang Lain

2.3.1. *Plasma Welding*

Plasma welding dikenal mulai tahun 1953, memiliki keunggulan yaitu konsentrasi panas lebih fokus dan menghasilkan temperature lebih tinggi, sehingga pengelasan jenis ini sangat cocok untuk pengelasan dengan kecepatan tinggi dengan heat input pada material lebih rendah dibandingkan tipe las busur lainnya.

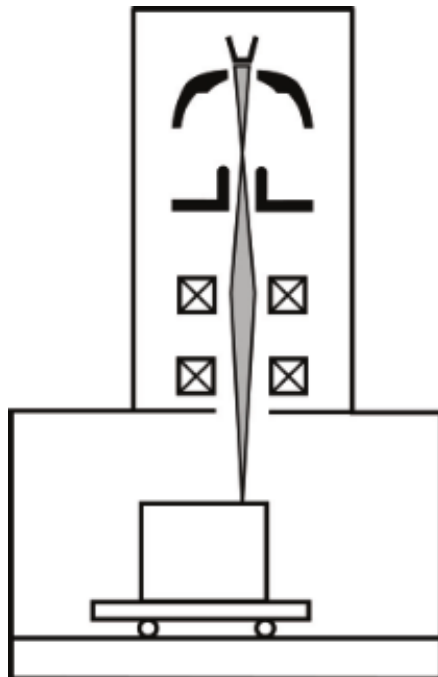


Gambar 2.8 Plasma Welding (Klas Weman:2011)

2.3.2. Power Beam Processes

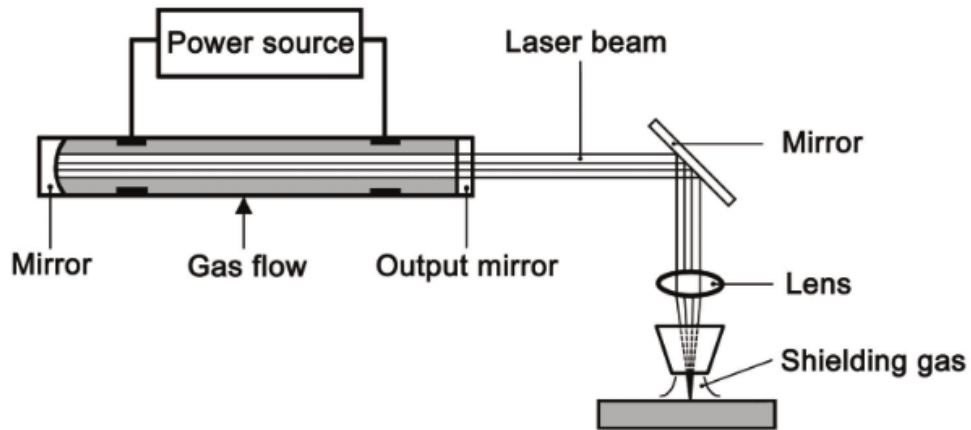
Pengelasan tipe *Power beam processes* terdapat dua proses yaitu *Elektrone Beam Welding* dan *Laser Welding*. Proses pengelasan ini banyak digunakan pada industri penerbangan dan industri nuklir.

Electrone Beam Welding memiliki karakter yaitu menghasilkan pengelasan dengan penetrasi yang dalam dan sempit memungkinkan dampak panas yang dialami oleh benda kerja atau material yang dilas dapat diminimalisir.



Gambar 2.9 Electrone Beam Welding (Klas Weman:2011)

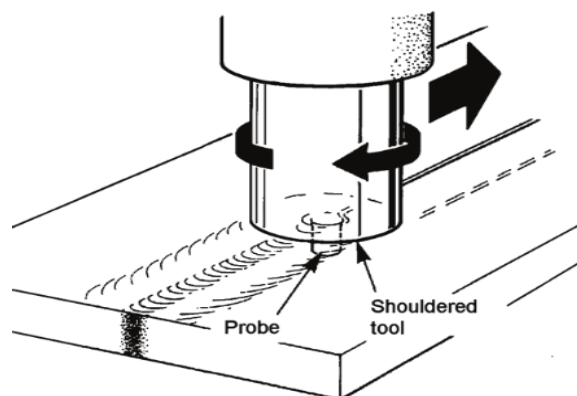
Laser Welding dalam pengaplikasiannya juga sering digunakan sebagai pemotongan yaitu *laser cutting*. Pada proses *laser welding* panas terkonsentrasi dan memungkinkan dilakukan pengelasan dengan kecepatan tinggi, untuk itu jenis pengelasan ini biasa diaplikasikan untuk penyambungan material tipis dan yang mudah terjadi deformasi.



Gambar 2.10 Laser Welding (Klas Weman:2011)

2.3.3. Friction Stir Welding

Friction Stir Welding (FSW) banyak digunakan untuk penyambungan material aluminium pada industri penerbangan. Proses las FSW tidak menggunakan bahan tambah atau bahan pengisi, proses penyambungan material dengan cara memberikan gesekan menggunakan *tool* yang berputar pada area sambungan las (Nasution Arya: 2025). Putaran dan panas pada *tool* yang mengaduk bagian sambungan yang menjadikan kedua material menyatu.



Gambar 2.11 Friction Stir Welding (Klas Weman:2011)

2.3.4. Pengelasan Titik (*Spot Welding*)

Pengelasan titik atau spot welding adalah salah satu metode pengelasan resistansi listrik yang digunakan untuk menyambungkan dua atau lebih lembaran logam pada area kecil tertentu (titik-titik). Proses ini memanfaatkan panas yang dihasilkan oleh resistansi listrik ketika arus listrik tinggi dialirkan melalui elektroda tembaga pada logam yang dijepit. Tekanan yang diberikan oleh elektroda akan menyatukan logam setelah material tersebut mencair akibat panas.

Pengelasan titik umumnya digunakan untuk menyambungkan logam lembaran tipis dengan ketebalan 0,5 mm hingga 3 mm dan banyak diterapkan pada industri yang membutuhkan sambungan cepat, seperti industri otomotif, elektronik, dan fabrikasi logam.

Prinsip Dasar

Proses pengelasan titik bekerja berdasarkan tiga elemen utama:

1. Panas: Dihasilkan oleh arus listrik yang dialirkan melalui logam pada elektroda.
2. Tekanan: Diberikan oleh elektroda untuk menjepit dan menyatukan logam selama proses pencairan dan pendinginan.
3. Waktu: Durasi arus listrik yang dialirkan dan waktu penjepitan menentukan kekuatan sambungan yang dihasilkan.

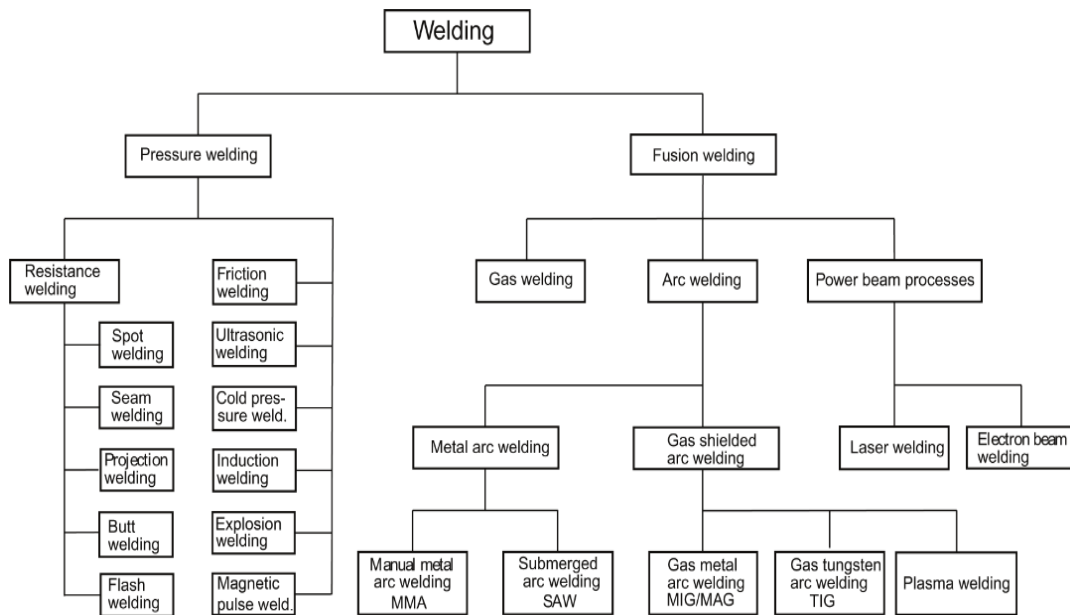
Pengelasan titik menghasilkan sambungan pada titik-titik tertentu saja, sehingga memiliki ciri khas berupa titik las di sepanjang area sambungan. Sambungan ini sangat kuat untuk menahan gaya geser, tetapi kurang ideal untuk gaya tarik yang besar.

2.3.5. Referensi Nomor dan Ringkasan Proses Pengelasan

Table 1 Referensi Nomor Proses Pengelasan Sesuai ISO 4063

Welding Method	Reference Number
Metal Arc Welding with Coated Electrodes	111
Flux Core Wire Metal Arc Welding without Gas Shield	114
Submerged Arc Welding	12
MIG Welding	131
MAG Welding	135
MAG Welding with Flux Core Wire	136
TIG Welding	14
Plasma Arc Welding	15
Oxy Fuel Gas Welding	311

Ringkasan dari proses pengelasan ditunjukkan pada gambar dibawah ini



Gambar 2.12 Ringkasan Skema Proses Pengelasan (Klas Weman:2011)

2.3.6. Istilah Dasar Pengelasan

Istilah dasar pada pengelasan dijelaskan dibawah ini:

1. *Weldment*

Gabungan *weld*, *Heat Affected Zone (HAZ)* dan *base metal*.

2. *Butt Weld*

Adalah menggabungkan dua material dari ujung ke ujung, pengelasan penuh (*complete joint*) dan tersambung kuat menjadi satu.

3. *Fillet Weld*

Adalah menggabungkan 2 material plat ke plat atau plat ke pipa tumpang tindih (*over lapping*) atau kedua bagian ditempatkan tegak lurus satu sama lain (misalkan membentuk T atau L).

4. *Pressure Welding*

Adalah pengelasan yang menggunakan gaya luar (tekanan dan gesekan) untuk menghasilkan sambungan dan tanpa bahan tambah atau bahan pengisi sehingga deformasi plastis pada sambungan yang dihasilkan lebih kecil.

5. *Fusion Welding*

Adalah penyambungan logam dengan memberikan energi panas pada logam dasar sampai mencair (*melting*) dan proses pengelasan dapat menggunakan bahan pengisi atau tanpa bahan pengisi.

6. *Welding Procedure Specification (WPS)*

Adalah dokumen prosedur pengelasan yang menjelaskan parameter dan variabel yang digunakan sebagai petunjuk saat melakukan proses pengelasan untuk memastikan kualitas hasil lasan baik.

7. *Deposite Rate*

Adalah jumlah logam yang dipasok ke sambungan las persatuan waktu selama pengelasan.

8. *Parent Metal*

Adalah logam dasar yang disambung atau dilapisi (*surfacing*) menggunakan proses pengelasan.

9. *Longitudinal Direction*

Adalah arah sepanjang pengelasan atau sejajar dengan pengelasan.

10. *Transverse Direction*

Adalah arah sepanjang lebar lasan atau tegak lurus dengan lasan.

11. *Surfacing*

Adalah memberikan lapisan pada permukaan bidang yang dilas dengan tujuan anti korosi, anti abrasi atau tahan panas dibandingkan logam induk.

12. *Heat Input*

Adalah panas yang masuk ke material karena proses pengelasan. *Heat input* pada pengelasan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$U.I. 60$$

$$Q = \frac{U \cdot I}{V \cdot 1000} Efficiency$$

Dimana :

$Q = Heat Input$ (kJ/mm)

$U = Voltage$ (V)

$I = Current$ (A)

$V = Welding Speed$ (mm/min)

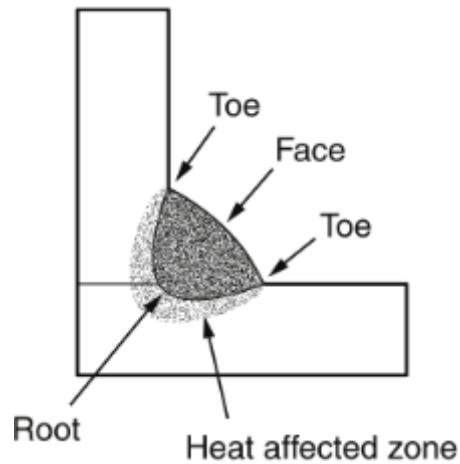
Efficiency MMA : 0.8

MIG/MAG : 0.8

SAW : 1.0 TIG: 0.6

13. *Heat Affected Zone (HAZ)*

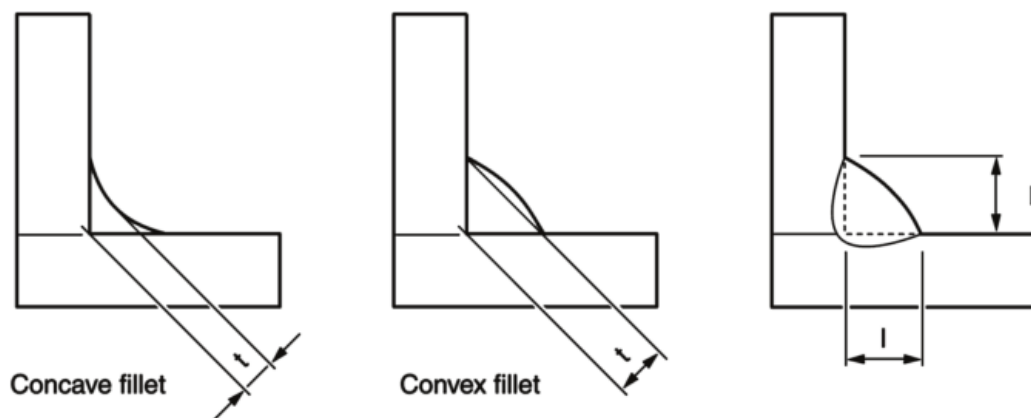
Adalah area diluar pengelasan yang tidak ikut mencair akan tetapi terdampak siklus panas saat proses pengelasan sehingga sifat fisik pada area tersebut berubah.



Gambar 2.13 Heat Affected Zone (Klas Weman:2011)

14. *Throat Thickness*

Adalah ukuran pengelasan *fillet* dihitung dengan mengacu pada ukuran *Throat*. Ukuran yang disyaratkan ditentukan pada gambar dalam hal ketebalan *Throat* (t) atau panjang *Leg Length* (l).



Gambar 2.14 Throat Thickness (t) dan Leg Length (l) (Klas Weman:2011)

2.4. Desain

2.4.1. Pengertian Desain

Secara umum, pengertian desain adalah rencana atau desain yang dilakukan sebelum pembuatan suatu objek, sistem, komponen, atau struktur. Pendapat lain mengatakan bahwa pengertian desain adalah proses perencanaan atau perancangan suatu objek dengan tujuan agar objek yang dibuat memiliki fungsi, memiliki nilai estetika, dan bermanfaat bagi manusia.

Jika dilihat secara etimologis, desain itu sendiri asalnya dari bahasa Inggris, yaitu *design*. Arti dari *design* adalah rancangan atau rencana. Dalam melakukan proses perancangan ini harus melihat berbagai macam aspek. Adapun aspek yang ada di dalam desain, seperti aspek fungsi, estetika, dan aspek-aspek lainnya.

2.4.2. Pengertian Desain Menurut Para Ahli

Agar lebih memahami apa itu desain, kita bisa menyimak pendapat beberapa pakar berikut ini:

1. Dudy Wiyancoko

Menurut Dudy Wiyancoko, pengertian desain adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan pembuatan konsep, analisis data, perencanaan proyek, rendering, perhitungan biaya, prototyping, frame testing, dan test riding.

2. Choirul Amin

Menurut Choirul Amin, pengertian desain adalah kerangka bentuk, desain, motif dan corak, yang diimplementasikan pada suatu objek.

3. J. B. Reswick

Menurut J. B. Reswick, pengertian desain adalah kegiatan kreatif yang meliputi penciptaan sesuatu yang baru dan berguna yang belum ada sebelumnya.

4. Bruce Nussbaum

Menurut Bruce Nussbaum, pengertian desain adalah wahana untuk membantu mengimplementasikan inovasi dalam berbagai kegiatan industri dan bisnis.

5. Oxford Dictionaries

Menurut Oxford Dictionaries, desain adalah rencana atau gambar yang dibuat untuk menunjukkan penampilan dan fungsi atau cara kerja suatu bangunan, pakaian, atau benda lain sebelum dibuat.

2.4.3. Rumus Perhitungan

Untuk menghitung daya pada mesin las *Spot Welding* dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut

1. Menentukan daya (Watt)

$$P = V \times I \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana: P = Daya (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

2. Menentukan Wh (*Watt-hour*)

$$Wh = P \times \text{Waktu} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana: P = Daya (watt)

W = Waktu dalam proses pemotongan (jam)

3. Menentukan KWh (*Kilowatt-hour*)

$$Kwh = \frac{Wh}{1000} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana: Wh = Daya dalam dalam *watt-hour* (watt)

4. Mentukan Resistensi (R)

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana: R = resistensi (Ohm, Ω)

V = tegangan (Volt, V)

I = arus (Ampere, A)

2.4.4. Fungsi Desain

Desain adalah seni terapan, arsitektur, dan berbagai pencapaian kreatif lainnya yang melibatkan penataan garis, bentuk, ukuran, warna, dan nilai suatu

objek berdasarkan prinsip-prinsip tertentu. Adapun beberapa fungsi desain tersebut adalah sebagai berikut:

1. Merupakan proses untuk membuat atau membuat objek baru.
2. Merupakan alat untuk mengkomunikasikan kreasi baru seorang desainer kepada masyarakat umum.
3. Merupakan wadah untuk menampilkan benda-benda kepada masyarakat umum dengan gambar atau nyata.
4. Merupakan ilmu dan wawasan bagi manusia, sehingga dapat memahami bentuk berupa penggambaran bidang, ruang, susunan, konfigurasi, komposisi, nilai dan sebagainya.
5. Sebagai suatu perbantuan bagi para desainer dalam membuat objek atau kreasi baru. alat bantu dalam proses pembuatan objek baru.
6. Sebagai wadah untuk menggambarkan kenampakan objek tertentu kepada masyarakat umum dengan gambaran atau keadaan sebenarnya.
7. Sebagai sarana untuk menambah pengetahuan manusia agar lebih memahami gambaran bentuk bidang, ruang, susunan, konfigurasi, komposisi, nilai, dan sebagainya.

2.4.5. Tujuan Desain

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, tujuan utama dari sebuah desain adalah untuk membantu manusia mendesain suatu objek agar berguna bagi manusia. Beberapa tujuan desain adalah sebagai berikut:

1. Sebagai alat yang digunakan untuk mendesain suatu objek, sistem, komponen, atau struktur yang bermanfaat bagi manusia
2. Sebagai sarana untuk menyampaikan ide atau gagasan seorang desainer kepada masyarakat umum.
3. Sebagai sarana untuk mendeskripsikan objek-objek tertentu kepada khalayak sebelum objek-objek tersebut terwujud dalam kenyataan.
4. Sehingga manusia mengetahui apa saja kemampuan dan keterbatasan yang ada pada dirinya dan hal-hal yang ada disekitarnya.

2.4.6. Manfaat Desain

Adapun manfaat desain dalam kehidupan sehari-hari, yaitu:

1. Mempercepat Proses Kerja

Suatu pekerjaan dapat dipersingkat dengan menggunakan desain grafis, misalnya proposal yang harus menggambarkan setiap detail perusahaan, tetapi dengan menggunakan desain grafis akan dipersingkat dengan membuatnya dalam bentuk gambar atau kurva.

2. Dapat Menyampaikan Pesan Dalam Bentuk Grafis

Untuk membuat sebuah pesan dalam bentuk sebuah karya seni desain grafis tidaklah mudah, hal ini dapat dilakukan dengan mengikuti kursus desain grafis yang terpercaya agar pesan yang tercipta dapat tersampaikan kepada masyarakat.

3. Menjadi Tempat Mengekspresikan Perasaan

Setiap orang pasti memiliki perasaan yang terkadang sulit untuk diungkapkan, setelah belajar desain grafis di sekolah duet dengan photoshop atau aplikasi adobe lainnya kamu bisa mengungkapkan perasaan dalam bentuk grafik.

4. Menghasilkan Gambar Yang Lebih Indah

Gambar yang dihasilkan baik melalui jepretan kamera maupun hasil karya tangan tidak selalu menghasilkan gambar yang diinginkan, dengan sentuhan desain grafis gambar akan lebih menarik dan indah dipandang.

5. Bisa Menghasilkan Uang

Dengan desain yang telah dibuat akan memiliki nilai yang berharga. Bayangkan saja, logo perusahaan yang dibuat dari aplikasi desain tidak hanya bernilai ratusan ribu, bahkan ada yang bernilai puluhan atau ratusan juta Rupiah.

2.4.7. Jenis Desain

Ada dua jenis desain yaitu:

- a) Yang pertama adalah desain struktural yang merupakan bentuk objek yang terdiri dari elemen desain antara susunan garis, bentuk, ukuran, warna tekstur dan nilai ringan.
- b) Yang kedua adalah desain hiasan yang bertujuan untuk menghiasi desain struktural suatu benda atau pakaian.

2.4.8. Cabang Seni Desain

Seni desain itu sendiri ternyata memiliki beberapa cabang. Berikut ini adalah beberapa cabang seni desain yang perlu kamu ketahui.

1. Desain Grafis

Desain grafis adalah salah satu bentuk komunikasi visual yang digunakan untuk menyampaikan pesan atau informasi seefektif mungkin dengan menggunakan media gambar. Jika dalam seni grafis teks atau tulisan juga dianggap sebagai gambar karena merupakan hasil abstraksi dari simbol yang dapat dibunyikan. Contohnya antara lain poster, majalah, undangan, surat kabar, logo perusahaan, kemasan, buku, cerita bergambar, karikatur dan sebagainya.

2. Desain Interior

Perancangan interior merupakan bidang keilmuan yang didasarkan pada ilmu desain dengan tujuan untuk dapat memecahkan permasalahan mengenai kebutuhan akan ruangan yang nyaman dan indah pada sebuah hunian, seperti ruangan hunian, hotel, rumah sakit, restoran, perkantoran, pusat hiburan, sekolah, bahkan dapur, dan toilet.

3. Desain Arsitektur

Perancangan arsitektur adalah suatu kegiatan yang berusaha untuk memecahkan kebutuhan manusia akan tempat tinggal yang nyaman dan indah. Seperti rumah, kantor, tempat ibadah, rumah sakit, bangunan umum, bangunan industri dan sebagainya. Dalam dunia arsitektur, ada dua pandangan yang berbeda. Dari dua pandangan yaitu pandangan yang menempatkan rancangan arsitektur sebagai bagian dari bidang teknik (*engineering*) dan pandangan yang menempatkan rancangan arsitektur sebagai bagian dari seni.

4. Desain Produk

Desain Produk merupakan salah satu cabang seni terapan yang berusaha memecahkan masalah kebutuhan masyarakat akan benda dan peralatan sehari-hari untuk menunjang aktivitasnya. Misalnya, desainer produk mendesain sepatu tidak hanya agar terlihat bagus, tetapi juga nyaman dipakai dan mudah diproduksi.

2.5. Aplikasi Desain *Mechanical Engineering*

2.5.1. *AutoCAD Mechanical*



Gambar 2.15 *AutoCAD Mechanical* (Dini:2022)

AutoCAD Mechanical adalah aplikasi desain dan perangkat lunak *AutoCAD* penyusun perangkat lunak untuk manufaktur. Bagian dari solusi *Autodesk* untuk *Digital Prototyping*, itu mencakup semua fungsi dari *AutoCAD*, salah satu perangkat lunak terkemuka di dunia desain CAD 2D, ditambah perpustakaan komprehensif berbasis standar bagian dan alat untuk mengotomatisasi umum tugas- tugas mekanik CAD dan mempercepat proses desain mekanik. Mekanikal desain perangkat lunak *AutoCAD* membantu menghemat jam waktu desain, sehingga anda dapat menghabiskan waktu ketimbang berinovasi penyusunan.

2.5.2. *SolidWorks*



Gambar 2.16 *SolidWorks* (Rizki Nur Afami:2023)

SolidWorks adalah *software* CAD 3D yang dikembangkan oleh *SolidWorks Corporation* yang sekarang sudah diakuisisi oleh *Dassault Systemes Solidworks* merupakan salah satu 3D CAD yang sangat populer saat ini di Indonesia sudah banyak sekali perusahaan manufacturing yang mengimplementasikan *software SolidWorks*.

Dalam penggambaran/pembuatan model 3D *SolidWorks*

menyediakan *feature-based, parametric solid modeling*. *Feature-based* dan *parametric* ini yang akan sangat mempermudah bagi usernya dalam membuat model 3D. Karena hal ini membuat kita sebagai user bisa membuat model sesuai intuisi kita.

SolidWorks menyediakan 3 template utama yaitu:

1. *Part*

Part adalah sebuah objek 3D yang terbentuk dari *feature-feature*. Sebuah *part* bisa menjadi sebuah komponen pada suatu *assembly*, dan juga bisa digambarkan dalam bentukan 2D pada sebuah *drawing*. *Feature* adalah bentukan dan operasi-operasi yang membentuk *part*. *Base feature* merupakan *feature* yang pertama kali dibuat. *Extension file* untuk *part SolidWorks* adalah SLDPRT.

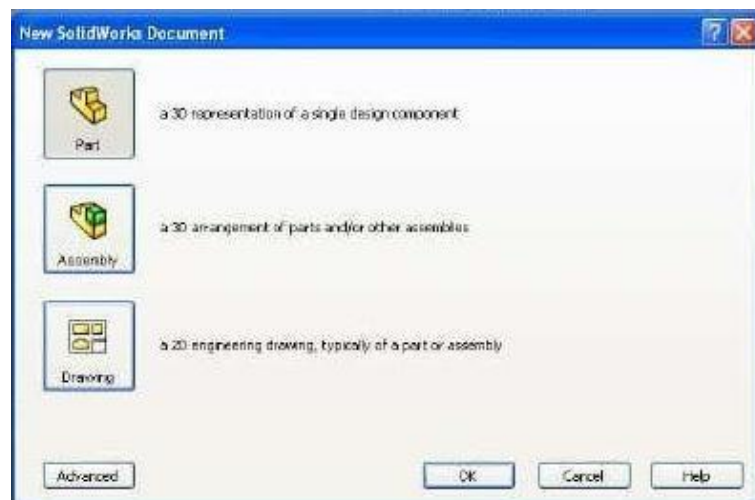
2. *Assembly*

Assembly adalah sebuah dokumen dimana *parts, feature* dan *assembly* lain (*sub assembly*) dipasangkan/disatukan bersama. *Extension file* untuk *SolidWorks Assembly* adalah SLDASM.

3. *Drawing*

Drawing adalah *template* yang digunakan untuk membuat gambar kerja 2D/2D *engineering drawing* dari single komponen (*part*) maupun *assembly* yang telah dibuat. *Extension file* untuk *SolidWorks Drawing* adalah SLDDRW.

Berikut ini gambar yang memperlihatkan 3 *templates* dari *SolidWorks*



Gambar 2.18 3 *Templates SolidWorks* (Rizki Nur Afami:2023)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai dari tanggal disahkannya judul penelitian oleh ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan dikerjakan selama kurang lebih 12 bulan, dimulai dari Januari 2024 sampai Februari 2025.

Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul	■					
2	Studi Literatur	■	■				
3	Penulisan Laporan	■	■	■			
4	Seminar Proposal			■	■		
5	Pengelasan Benda Uji				■	■	
6	Pengambilan Data Uji				■	■	
7	Penulisan Laporan Akhir					■	■
8	Seminar Hasil						■
9	Sidang Sarjana						■

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin Las Titik

Menghubungkan logam lembaran dengan cara menciptakan titik las yang kuat pada persimpangan logam.



Gambar 3.1Mesin Las Titik

2. Besi plat

Besi plat digunakan sebagai cover pada mesin *spot welding*



Gambar 3.2Besi Plat

3. Besi siku

Besi siku digunakan sebagai rangka mesin *spot welding*



Gambar 3.3Besi Siku

4. As Tembaga

As tembaga dengan ukuran 5,02 mm digunakan sebagai elektroda untuk memanaskan benda kerja



Gambar 3.4As Tembaga

5. Tombol *Reset*

Fungsi tombol *Reset* Menghentikan dan Memulai Ulang Proses Pengelasan Jika ada kesalahan dalam penyetelan waktu atau tekanan, tombol reset dapat digunakan untuk mengulang proses tanpa harus mematikan mesin..



Gambar 3. 5Tombol On/Off

6. Kabel

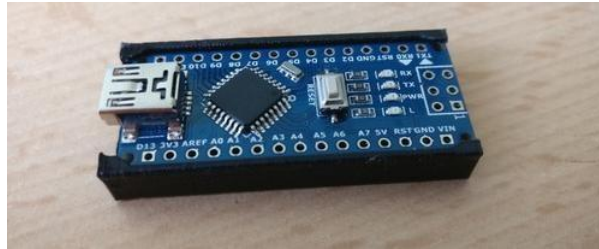
Kabel berfungsi sebagai penghantar arus listrik pada mesin *spot welding*



Gambar 3.6Kabel

7. Arduino Nano

Arduino Nano digunakan untuk mengontrol waktu dan arus pengelasan, sehingga hasil las menjadi lebih presisi dan konsisten. Dalam sistem otomatisasi las titik, Arduino Nano berperan sebagai pengendali utama yang mengatur kapan dan berapa lama arus listrik dialirkan ke elektroda las.



Gambar 3.7 Arduino Nano

8. PZEM-004T

PZEM-004T adalah modul sensor yang digunakan untuk mengukur tegangan (Volt), arus (Ampere), daya (Watt), energi (kWh), dan frekuensi listrik dalam sistem AC (arus bolak-balik).



Gambar 3.8 PZEM-004T

9. Box Elektronik

Box elektronik adalah wadah atau casing yang digunakan untuk melindungi dan mengorganisir komponen elektronik.



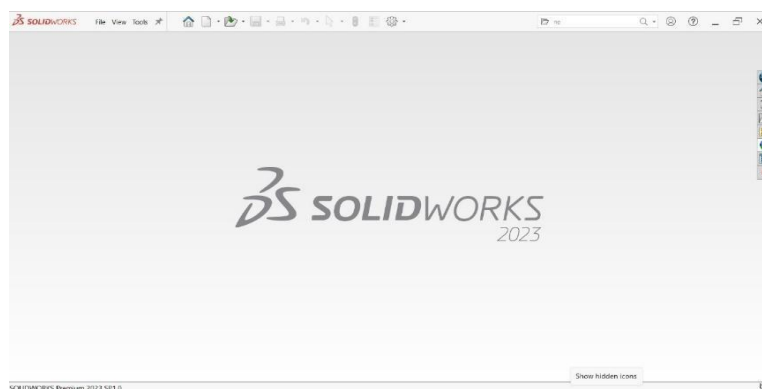
Gambar 3.9 Box Elektronik

3.2.2. Alat Penelitian

Adapun alat penelitian yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Software Solidworks

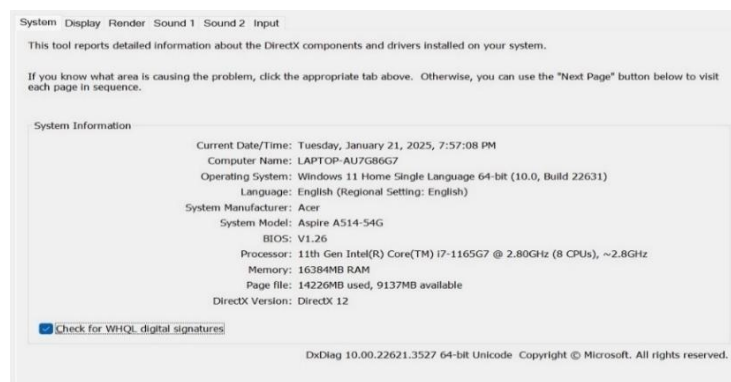
SolidWorks adalah software Computer-Aided Design (CAD) yang digunakan untuk mendesain, menganalisis, dan memvisualisasikan produk secara virtual. Membuat model 3D yang presisi untuk komponen.



Gambar 3.10 Software Solidworks

2. Laptop

Laptop digunakan untuk desain dan penyusunan skripsi



Gambar 3.11 Laptop

3. Mesin Potong

Mesin potong digunakan untuk memotong besi plat, besi siku dan lainnya



Gambar 3.12 Mesin Potong

4. Mesin Las

Mesin las digunakan untuk menyambungkan besi plat ataupun besi siku



Gambar 3.13 Mesin Las

5. Palu

Palu digunakan untuk memukul hasil dari pengelasan



Gambar 3.14 Palu

6. Solder

Solder digunakan untuk menyambungkan kabel atau modul control spot welding.



Gambar 3.15 Solder

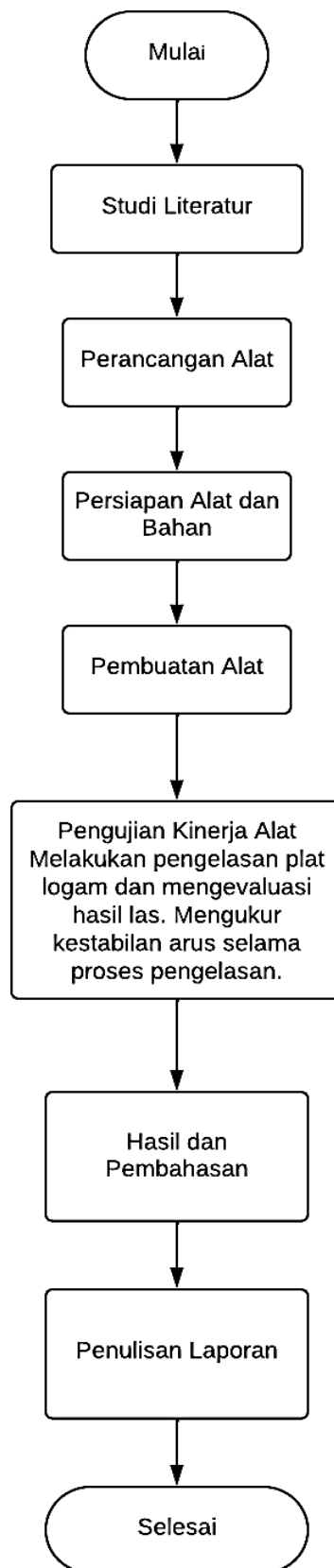
7. Meteran

Meteran 5 meter di gunakan untuk mengukur rangka dan besi yang ingin digunakan



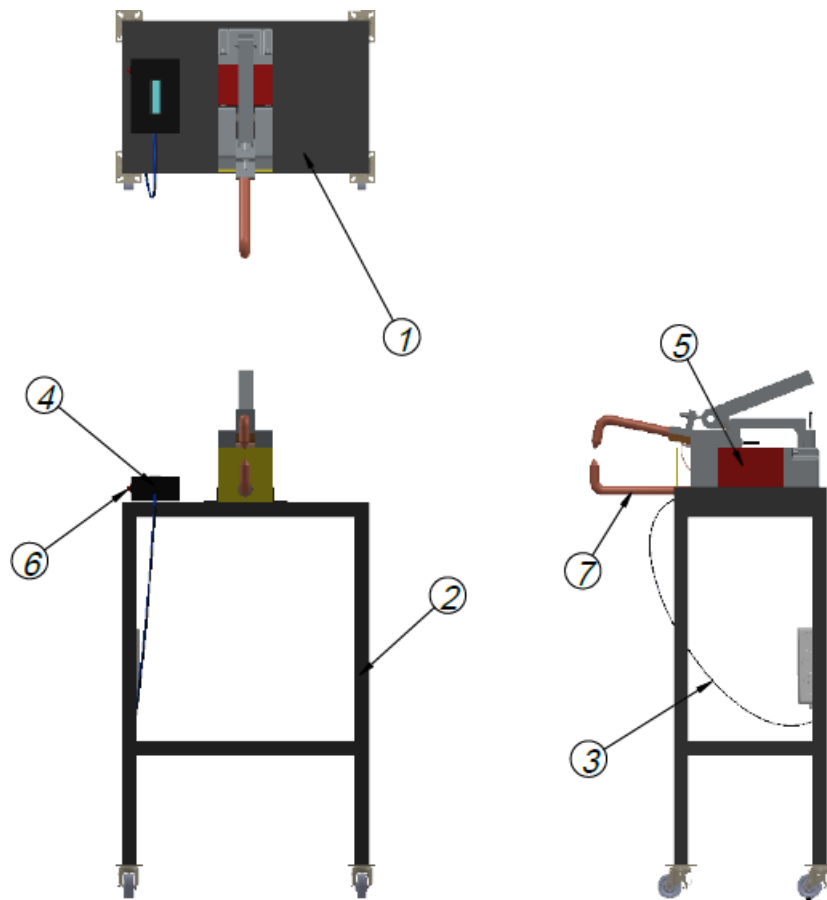
Gambar 3.16 Meteran

3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.17 Bagan Alir Penelitian

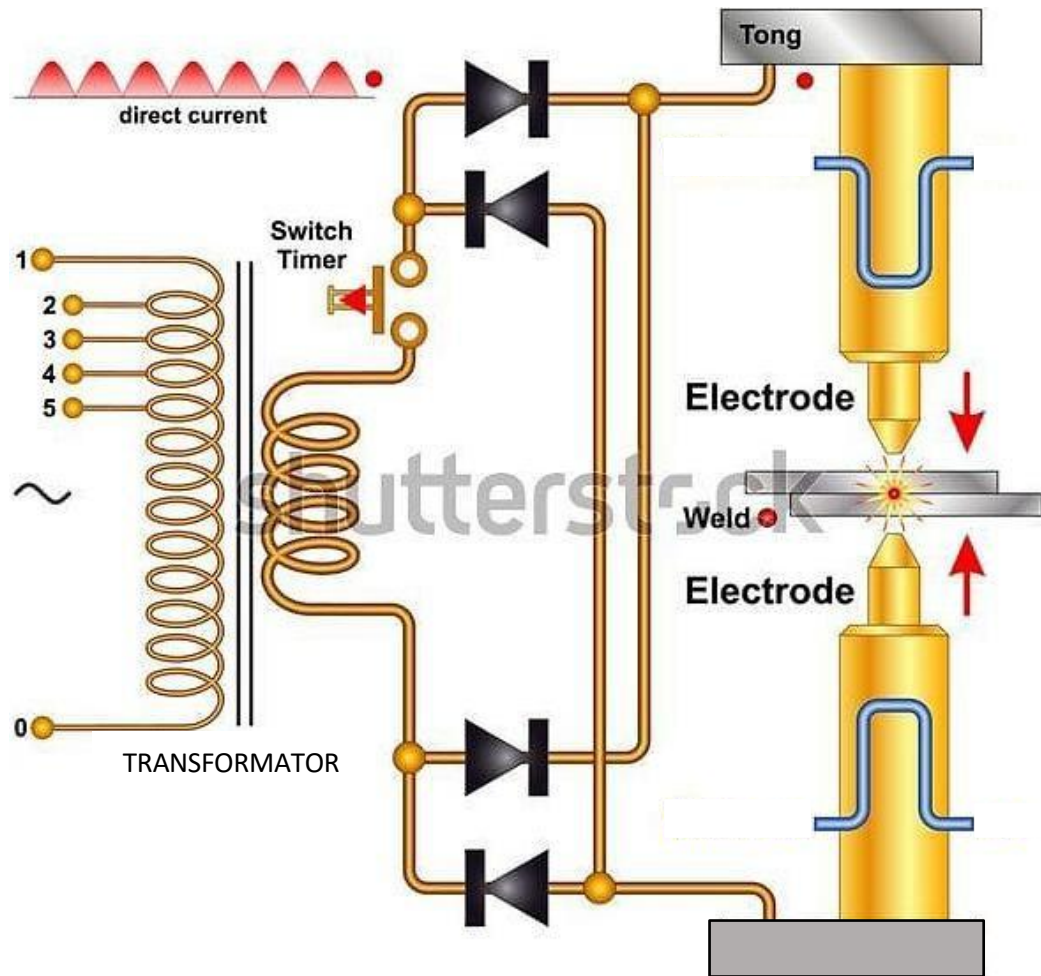
3.4. Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.18 Konstruksi Alat

Keterangan:

1. Besi Plat
2. Besi Siku
3. Kabel
4. Modul Control
5. Trafo
6. Tombol On/Off
7. Tembaga



Gambar 3.19 Rangkaian Elektrikal

Gambar diatas adalah sebuah diagram kelistrikan dari sebuah mesin *spot welding*.

Komponen Utama:

1. Transformator:

- a. Mengubah arus listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah, tetapi meningkatkan arus listrik untuk menghasilkan panas pada elektroda.
- b. Gulungan primer (1-5) dan sekunder digunakan untuk mengatur rasio transformasi.

2. Saklar Timer:

- a. Digunakan untuk mengontrol waktu penghantaran arus listrik ke elektroda sesuai kebutuhan proses las.

- b. Memastikan proses las berlangsung dalam durasi yang tepat untuk hasil yang optimal.
3. Dioda:
 - a. Menyaring arus sehingga menghasilkan arus searah (DC) untuk proses las, yang lebih stabil dan efisien.
4. Elektroda:
 - a. Terbuat dari bahan tembaga untuk menghantarkan arus dan memberikan tekanan pada material yang dilas.
 - b. Elektroda atas dan bawah menjepit logam dan menghantarkan arus untuk menciptakan panas lokal.
5. Sistem Pendingin (Water Cooling):
 - a. Air mengalir melalui elektroda untuk mendinginkannya selama proses las, mencegah overheating dan menjaga performa mesin.
6. Tong (Penjepit):
 - a. Bagian yang memastikan elektroda tetap stabil dan memberikan tekanan mekanis pada logam selama proses las berlangsung.

Proses Kerja:

1. Arus Listrik:
 - Arus AC dari sumber listrik masuk ke transformator, lalu diubah menjadi DC oleh dioda setelah melewati gulungan sekunder.
2. Pembangkitan Panas:
 - Panas dihasilkan oleh resistansi listrik pada titik kontak logam yang dijepit oleh elektroda.
3. Proses Penyambungan:
 - Logam yang dijepit oleh elektroda dipanaskan hingga titik leleh, kemudian ditekan hingga menyatu membentuk sambungan las.
4. Pendinginan:
 - Sistem pendingin mengalirkan air melalui elektroda untuk mendinginkan area las dan elektroda setelah proses selesai.

3.5. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian Rancang Bangun Alat Mesin Las *Spot Welding* Dengan Kapasitas 20 *Ampere* adalah sebagai berikut:

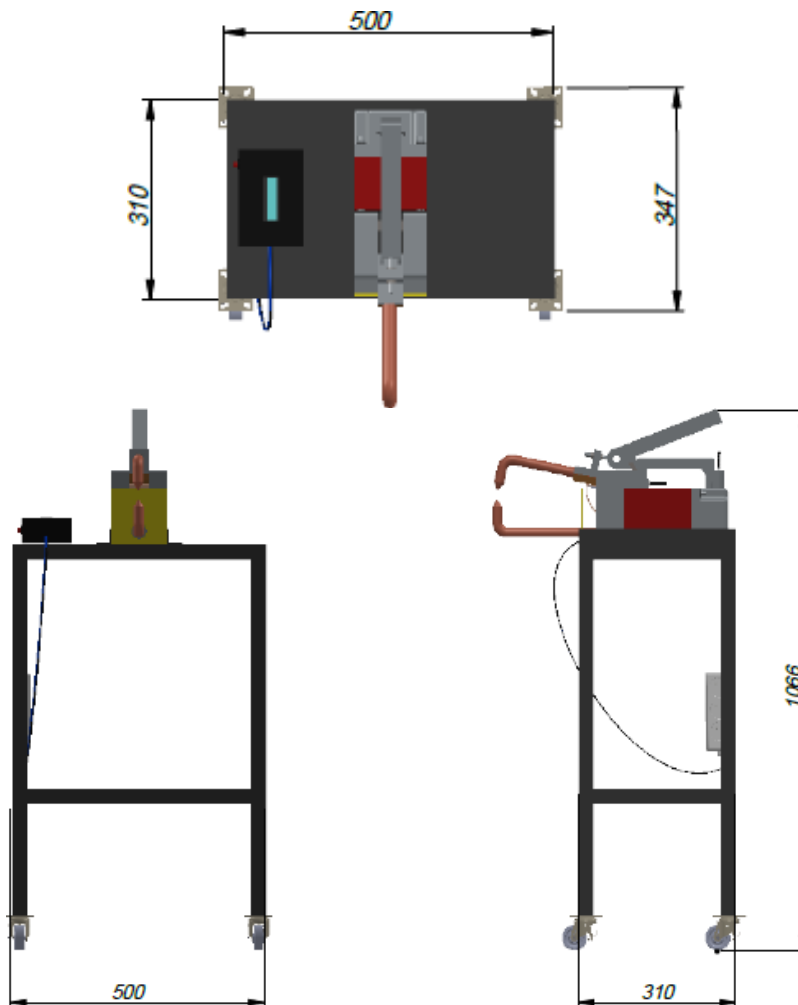
1. Mencari studi literatur tentang alat uji yang berkaitan dengan mesin las *spot welding*.
2. Merancang alat mesin las *spot welding*.
3. Mendesain bentuk alat yang akan dibuat menggunakan *software Solidwork*.
4. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan dibuat.
5. Membuat alat mesin las *spot welding*.
6. Merangkai konstruksi dari mesin *spot welding* 20 A.
7. Melakukan kegiatan pemilihan dan penyambungan pada rangkaian elektrikl mesin *spot welding*.
8. Memastikan konstruksi rangka dari rangkaian elektrikl sesuai yang diharapkan.
9. Melakuakn kegiatan *finishing* pada alat *spot welding* 20 A.
10. Melakukan pengujian penyambungan bahan plat *stainless steel*.
11. Melihat hasil penyambungan plat *stailless steel* pada mesin *spot welding*.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Desain

4.1.1. Desain Mesin Las *Spot Welding*



Gambar 4.1 Desain Mesin Las *Spot Welding*

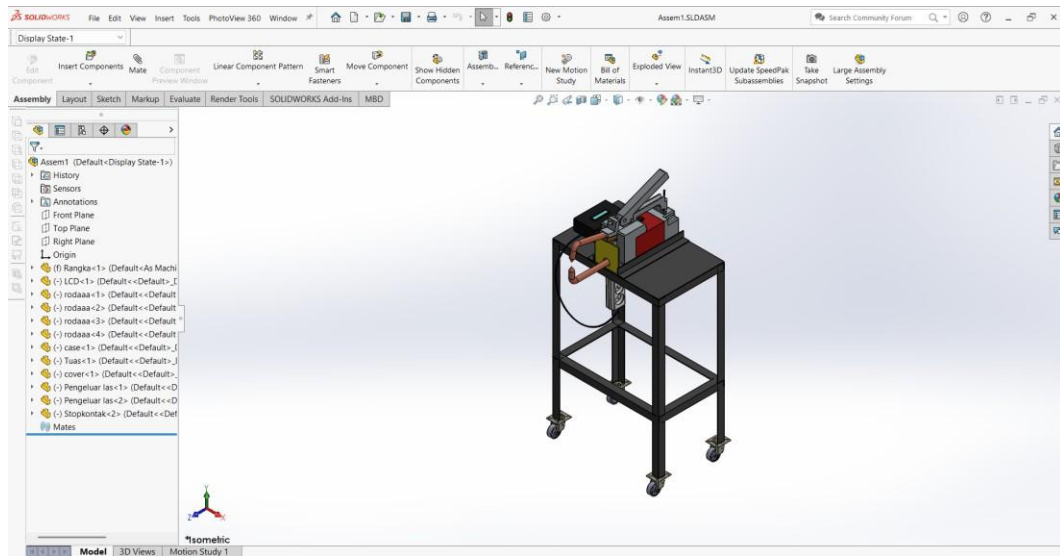
Gambar yang dihasilkan dari SolidWorks di atas merupakan desain teknis dari Mesin Las Spot Welding dengan kapasitas 20 Ampere. Berikut penjelasan detailnya untuk digunakan dalam skripsi:

1. Deskripsi Umum:

- a. Gambar ini menunjukkan rancangan mesin las spot dengan spesifikasi teknis dan dimensi rinci.

- b. Mesin ini digunakan untuk menyambung logam secara cepat melalui proses las titik.
2. Dimensi dan Tampak Mesin:
- a. Tampak Atas: Menampilkan posisi komponen utama seperti tembaga, transformator (trafo), dan modul kontrol yang terpasang pada mesin.
 - b. Tampak Depan dan Samping: Menunjukkan struktur rangka beserta tinggi total mesin sebesar 1066 mm dan lebar 500 mm.
 - c. Material rangka menggunakan besi siku dan plat besi.
3. Komponen Utama:
- a. Tembaga: Sebagai elektroda untuk menghantarkan arus listrik ke material kerja.
 - b. Trafo: Mengubah arus listrik menjadi arus besar untuk keperluan las.
 - c. Modul Kontrol: Mengatur fungsi operasi las, seperti pengaturan waktu dan arus.
 - d. Kabel: Sebagai penghantar listrik dari sumber ke mesin.
 - e. Tombol On/Off: Untuk mengaktifkan atau mematikan mesin.
4. Material dan Spesifikasi:
- a. Material besi siku berukuran 40x40x2 mm dan plat besi dengan ukuran 310x500x2 mm.
 - b. Tabel di pojok kanan bawah menjelaskan jumlah, ukuran, serta bahan komponen yang dibutuhkan untuk merakit mesin ini. Sebagian besar bahan dibeli, seperti tembaga dan kabel, sementara trafo dan modul kontrol dapat dibuat.
5. Keunggulan Desain:
- a. Mesin ini dirancang untuk mudah dipindahkan, terlihat dari roda pada kaki rangka.
 - b. Desainnya kompak dengan dimensi yang memungkinkan penggunaan di ruang kerja kecil.
 - c. Penggunaan bahan yang mudah ditemukan dan biaya efisien.
6. Fungsi dan Aplikasi:
- a. Mesin ini digunakan untuk aplikasi las titik pada material logam dengan ketebalan rendah hingga sedang.

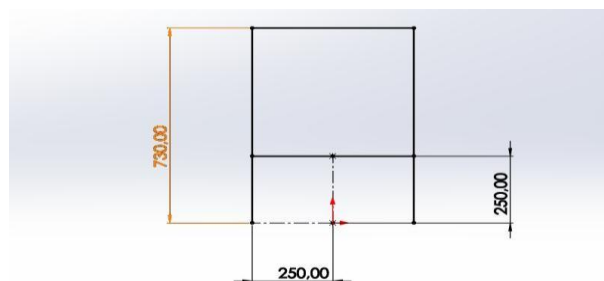
- b. Cocok untuk proses fabrikasi ringan seperti pembuatan produk berbahan logam lembaran.



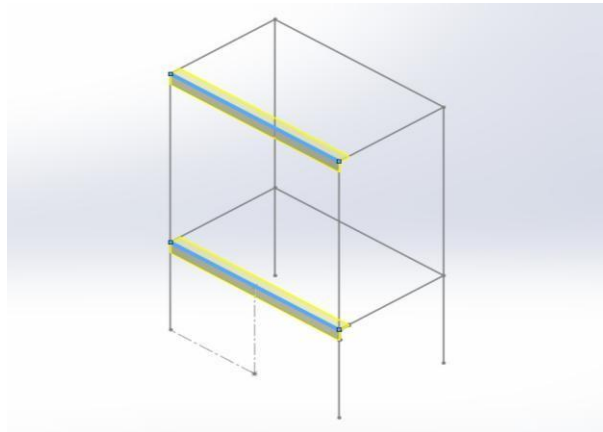
Gambar 4.2 Mesin Las *Spot Welding*

4.1.2. Desain Rangka

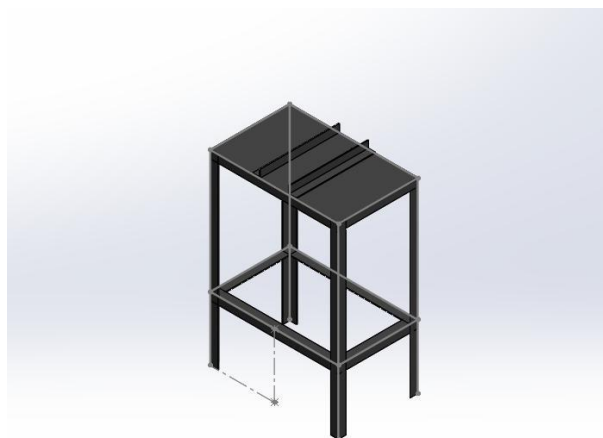
Proses aktivasi perintah Sketch, yang digunakan untuk mulai menggambar garis 2D pada bidang kerja yang telah ditentukan, kemudian pembuatan sketsa tambahan pada beberapa bidang lain sehingga menghasilkan rancangan rangka yang lebih lengkap dan memiliki bentuk tiga dimensi, penggunaan perintah Weldment → Structural Member untuk memberikan profil pada garis sketsa. Dengan fitur ini, garis sketsa berubah menjadi profil rangka sesuai dimensi yang ditentukan, memperlihatkan hasil akhir dari pembuatan rangka setelah seluruh profil dimasukkan. Rangka 3D yang terbentuk menjadi struktur utama tempat seluruh komponen alat akan dipasang.



Gambar 4.3 Sketsa Gambar



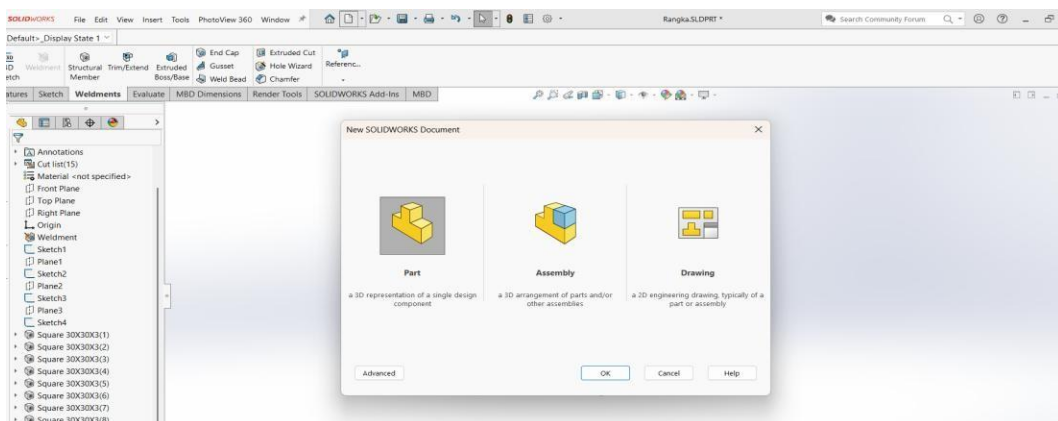
Gambar 4.4 Rangka Alat



Gambar 4.5 Hasil Desain Rangka

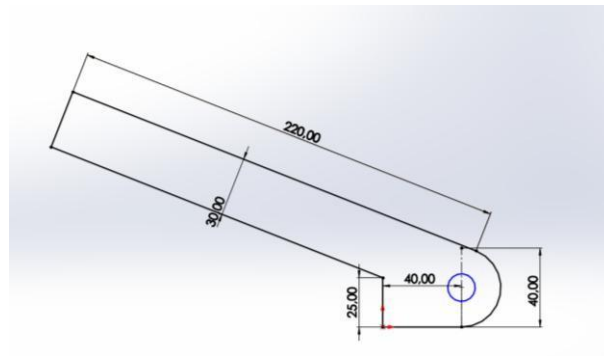
4.1.3. Desain Tuas Penekan

Pada gambar 4.6 ditampilkan pemilihan bidang kerja untuk menggambar sketsa tuas penekan. Pemilihan bidang dilakukan agar orientasi sketsa sesuai dengan desain yang direncanakan.



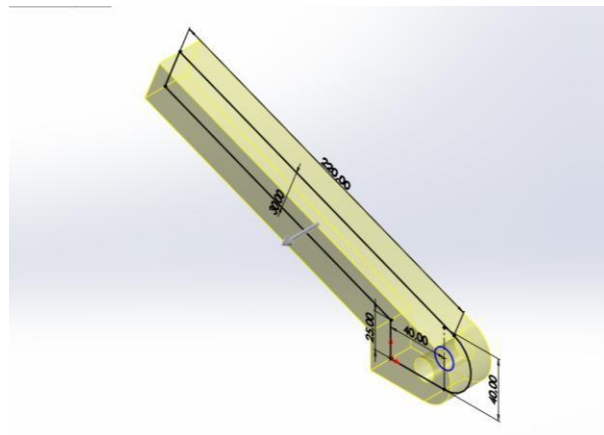
Gambar 4.6 Pemilihan Bidang Sketsa Tuas Penekan

Pada gambar 4.7 memperlihatkan hasil sketsa 2D tuas penekan pada bidang yang dipilih. Sketsa ini menggambarkan bentuk dasar tuas sebelum diberikan volume.



Gambar 4.7 Sketsa Tuas Penekan

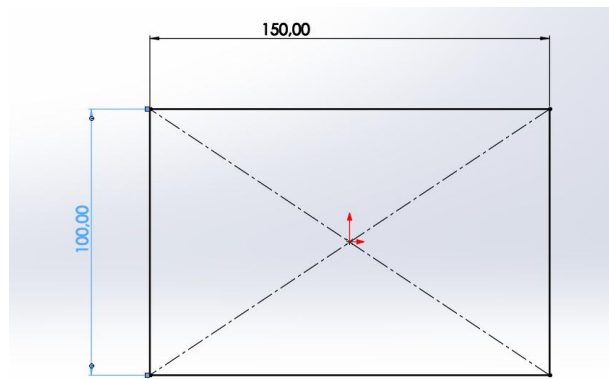
Pada gambar 4.8 menunjukkan penerapan perintah Extrude Base dengan panjang 30 mm. Dengan fitur ini, sketsa 2D berubah menjadi model 3D tuas penekan.



Gambar 4.8 Hasil Extrude Tuas Penekan

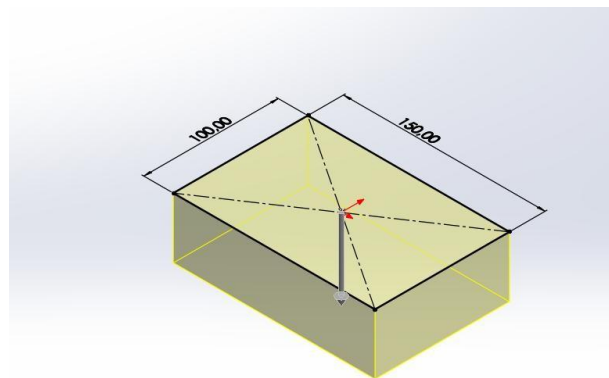
4.1.4. Modul Kontrol

Pada gambar 4.9 ditunjukkan hasil sketsa dasar modul kontrol yang berbentuk persegi panjang sesuai dengan dimensi rancangan.



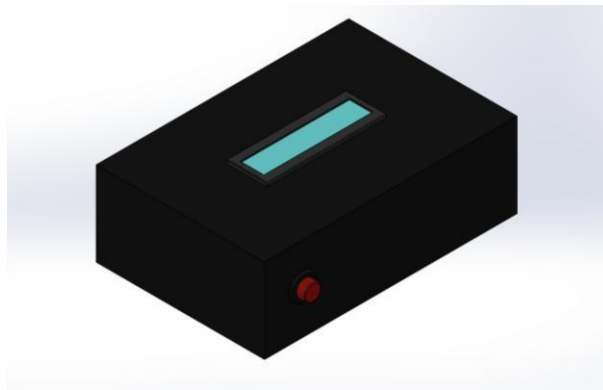
Gambar 4.9 Sketsa Modul Kontrol

Pada gambar 4.10 memperlihatkan hasil penerapan perintah Extrude Boss sepanjang 45 mm, sehingga modul kontrol terbentuk sebagai balok 3D.



Gambar 4.10 Hasil Extrude Modul Kontrol

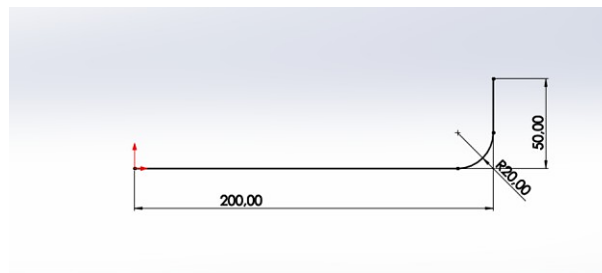
Pada gambar 4.11 menampilkan penambahan detail berupa tampilan LCD dan tombol ON/OFF pada bagian atas modul kontrol. Proses ini dilakukan menggunakan perintah Extrude Cut untuk lubang tombol dan Extrude Boss untuk tonjolan tombol.



Gambar 4.11 Penambahan LCD dan Tombol ON/OFF

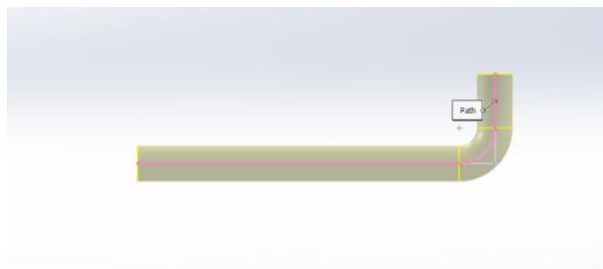
4.1.5. Desain Tembaga Pengelasan

Pada gambar 4.12 memperlihatkan pembuatan sketsa lingkaran pada bidang kerja dengan diameter 20 mm sebagai dasar pembuatan komponen tembaga.



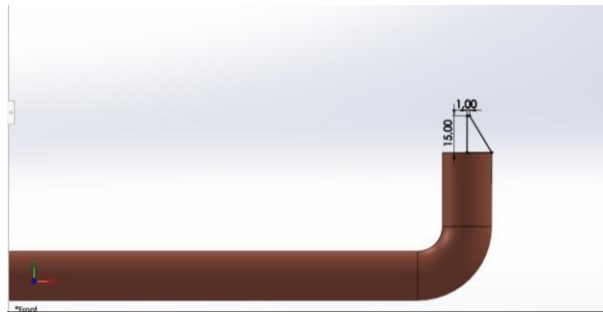
Gambar 4. 12 Sketsa Dasar Tembaga

Pada gambar 4.13 menunjukkan penerapan perintah Sweep sehingga terbentuk batang tembaga berbentuk silinder dengan diameter 20 mm.



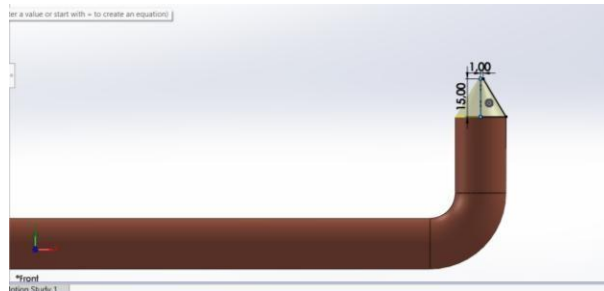
Gambar 4.13 Hasil Sweep Tembaga

Pada gambar 4.14 ditampilkan pembuatan sketsa tambahan berupa segitiga pada ujung batang tembaga, yang berfungsi sebagai acuan pembuatan bagian lancip.



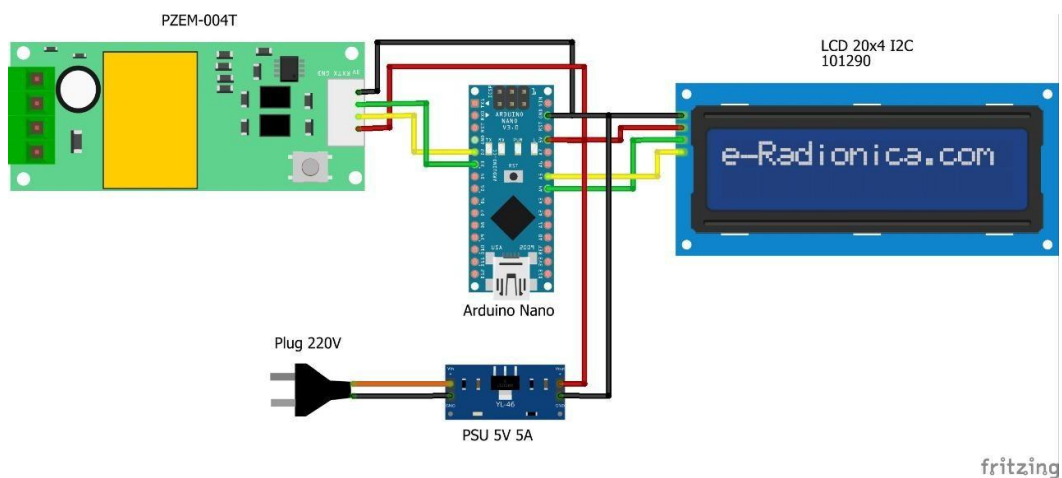
Gambar 4.14 Sketsa Ujung Tembaga

Pada gambar 4.15 memperlihatkan hasil penerapan perintah Revolve, yang mengubah sketsa segitiga menjadi bentuk kerucut sehingga ujung tembaga tampak runcing.



Gambar 4.15 Hasil Revolve Tembaga

4.1.6. Rangkaian *Wiring Controller*



Gambar 4.16 Rangkaian Wiring Controller

Rangkaian elektronik menggunakan modul PZEM-004T, Arduino Nano, LCD 20x4 dengan antarmuka I2C, dan power supply (PSU) 5V 5A. Berikut penjelasannya:

1. PZEM-004T:
Modul ini digunakan untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan (volt), arus (ampere), daya (watt), dan energi. Modul ini terhubung dengan Arduino Nano untuk mentransfer data pengukuran.
2. Arduino Nano:
Mikrokontroler ini bertugas membaca data dari modul PZEM-004T melalui komunikasi serial dan menampilkan data tersebut pada layar LCD. Arduino Nano juga bertindak sebagai pengontrol utama dalam sistem ini.
3. LCD 20x4 I2C:
Layar LCD ini digunakan untuk menampilkan informasi hasil pengukuran (tegangan, arus, daya, dan energi). Antarmuka I2C digunakan untuk mengurangi jumlah kabel yang diperlukan dalam komunikasi dengan Arduino.
4. PSU 5V 5A:
Power supply ini memberikan daya ke semua komponen dalam sistem. Tegangan outputnya adalah 5V dengan arus maksimum 5A, yang cukup untuk mendukung operasi Arduino Nano, LCD, dan PZEM-004T.
5. Koneksi ke Listrik 220V:
Plug 220V memberikan sumber daya utama ke modul PSU, yang kemudian menurunkannya menjadi 5V untuk digunakan oleh komponen lainnya.

Sistem Kerja Rangkaian:

1. Modul PZEM-004T mengukur parameter listrik dari beban yang terhubung ke sistem.
2. Data pengukuran dikirim ke Arduino Nano melalui jalur komunikasi serial.
3. Arduino Nano memproses data tersebut dan menampilkannya di layar LCD 20x4 melalui antarmuka I2C.
4. Seluruh sistem mendapatkan daya dari PSU 5V, yang terhubung ke sumber listrik 220V.

4.2. Analisa Daya

Pengujian ini meliputi 3 jenis waktu dengan ketebalan 3mm

Table 3 Pengujian

No	Percobaan	Waktu
1	Pertama	1 Detik
2	Kedua	2 Detik
3	Ketiga	3 Detik

4.2.1. Pengujian Pertama

Waktu Pengujian : 1 detik : 0,00027778 jam

Volt (V) : 233.8 V

Arus (A) : 0.09 A

a. Menentukan Daya

$$P = 233.8 \times 0.09 = 21,042W$$

b. Menentukan Wh

Dengan daya 21,042 watt dan waktu pengelasan 0,00027778 jam

$$Wh = 21,042 \times 0,00027778 = 0,00584504676 Wh$$

c. Menentukan Kwh

$$Kwh = \frac{0,00584504676}{1000} = 0,00000584504676Kwh$$

d. Menentukan Resistensi

$$R = \frac{233.8}{0.09} = 2.597,78 \text{ Ohm}, \Omega$$

4.2.2. Pengujian Kedua

Waktu Pengujian : 2 detik : 0,000556 jam

Volt (V) : 228.3 V

Arus (A) : 13,99 A

- a. Menentukan Daya

$$P = 228.3 \times 13.99 = 3.202,311 \text{ W}$$

- b. Menentukan Wh

Dengan daya 3.202,311 watt dan waktu pengelasan 0,000556 jam

$$Wh = 3.202,311 \times 0,000556 = 1,780484916 \text{ Wh}$$

- c. Menentukan Kwh

$$Kwh = \frac{1,780484916}{1000} = 0,001780484916 \text{ Kwh}$$

- d. Menentukan Resistensi

$$R = \frac{228.3}{13.99} = 16,31879914224446 \text{ Ohm, } \Omega$$

4.2.3. Pengujian Ketiga

Waktu Pengujian : 2 detik : 0,0008333 jam

Volt (V) : 228.3 V

Arus (A) : 13,99 A

- a. Menentukan Daya

$$P = 228.3 \times 13.99 = 3.202,311 \text{ W}$$

- b. Menentukan Wh

Dengan daya 3.202,311 watt dan waktu pengelasan 0,0008333 jam

$$Wh = 3.202,311 \times 0,0008333 = 2,6684857563 \text{ Wh}$$

- c. Menentukan Kwh

$$Kwh = \frac{2,6684857563}{1000} = 0,0026684857563 \text{ Kwh}$$

- d. Menentukan Resistensi

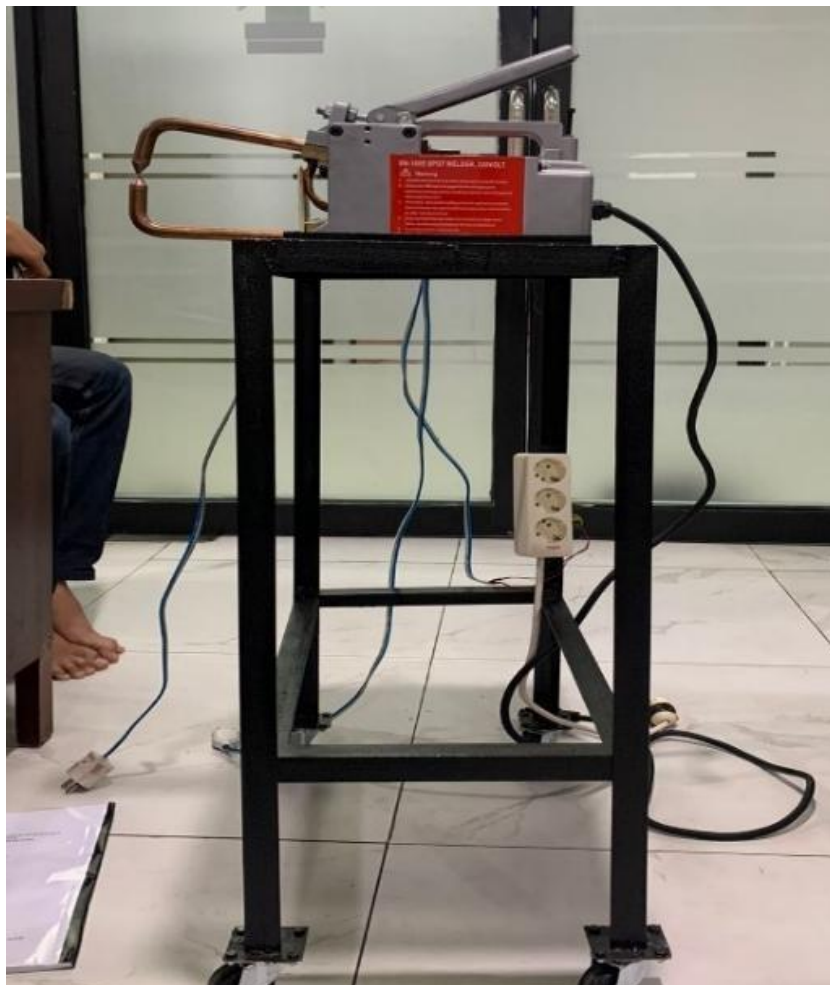
$$R = \frac{228,3}{13,99} = 16,31879914224446 \text{ Ohm}$$

Tabel 4. Analisa pengujian

No	Percobaan	Waktu (S)	Volt (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	KWh
1	Pertama	1 S	233,8	0,09	21,042	0,00584504676
2	Kedua	2 S	228,3	13,99	3202,311	1,780484916
3	Ketiga	3 S	228,3	13,99	3202,311	2,6684857563

4.3. Hasil Pembuatan Alat

4.3.1. Hasil Pembuatan Mesin Las *Spot Welding*



Gambar 4.17 Mesin Las *Spot Welding*

Gambar di atas menunjukkan prototipe mesin las spot welding dengan kapasitas arus maksimum 20 Ampere yang dirancang khusus untuk menyambungkan material logam melalui metode pengelasan titik. Alat ini dilengkapi dengan rangka penopang berbahan besi yang kokoh dan roda, sehingga memiliki stabilitas tinggi serta mudah dipindahkan. Mesin ini bekerja berdasarkan prinsip resistance welding, yaitu memanfaatkan aliran arus listrik besar melalui elektroda tembaga untuk menghasilkan panas di area pengelasan hingga material

logam dapat menyatu dengan sempurna.

2) Komponen Utama

1. Unit Mesin Las Spot Welding:

- a. Merupakan bagian utama alat, yang terdiri dari elektroda tembaga dan sistem tekanan mekanis berupa tuas.
- b. Mesin ini menggunakan arus listrik yang dialirkan melalui elektroda untuk menciptakan panas pada titik pengelasan.
- c. Tuas mekanis yang terpasang di bagian atas mesin memungkinkan operator menjepit material dengan tekanan yang sesuai untuk memastikan proses pengelasan berjalan optimal.

2. Elektroda Tembaga:

- a. Dua batang elektroda berbahan tembaga yang dipasang melengkung untuk menjepit material logam dengan diameter elektroda tembaga 5,02 mm.
- b. Tembaga dipilih karena memiliki konduktivitas listrik yang tinggi dan tahan terhadap panas, sehingga efektif untuk menghasilkan pengelasan yang presisi.

3. Rangka:

- a. Rangka mesin menggunakan dari bahan baja profil siku 30x30x1mm yang kokoh untuk menopang berat mesin dan memberikan kestabilan selama proses pengelasan.
- b. Pada rangka dilengkapi dengan empat roda untuk memudahkan mobilisasi alat, memberikan fleksibilitas tinggi dalam penggunaan di berbagai lokasi, roda yang digunakan berukuran 3 inci
- c. Proses penyambungan rangka menggunakan kawat las 2,0 mm dengan besar amper 75-80 Amper
- d. Proses penyambungan las pada rangka dengan jenis sambungan sudut

4. Kabel Listrik dan Stopkontak:

- a. Kabel daya mesin terlihat terhubung ke stopkontak eksternal. Mesin ini dirancang untuk menggunakan sumber daya listrik rumah tangga standar dengan tegangan 220V AC.
- b. Sistem kabel rapi untuk menjaga keamanan selama pengoperasian.

5. Tuas Operasi Manual:

- a. Terletak di bagian atas mesin, tuas ini digunakan oleh operator untuk memberikan tekanan pada elektroda tembaga saat proses pengelasan.
- b. Sistem mekanis ini memastikan elektroda menjepit material dengan kuat, sehingga hasil pengelasan lebih optimal.

3) Proses Pengoperasian

1. Persiapan Material:

Lembaran logam yang akan dilas ditempatkan di antara dua elektroda tembaga, dapat dilihat pada gambar 4.18



Gambar 4.18 Mempersiapkan Pengelasan

2. Tekanan Manual:

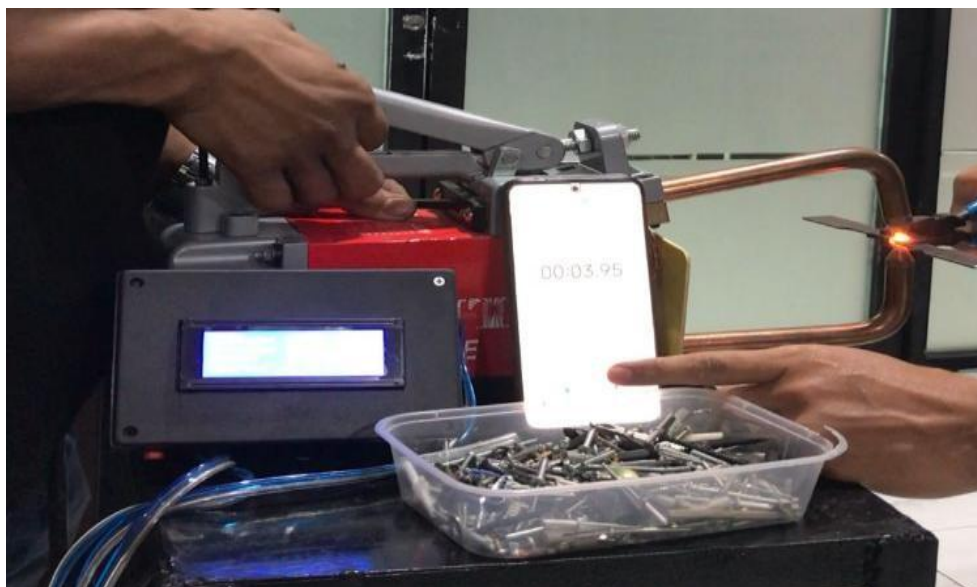
Operator menekan tuas mesin untuk menjepit material dengan elektroda. Tuas ini memastikan kontak elektroda dengan material terjadi dengan tekanan yang cukup. 4.19



Gambar 4.19 Mengatur Posisi Pengelasan

3. Pengaliran Arus Listrik:

Setelah material terjepit, arus listrik besar dialirkan melalui elektroda tembaga. Panas yang dihasilkan akibat resistansi pada titik kontak logam melelehkan material sehingga menyatukannya. 4.20



Gambar 4.20 Memulai Pengelasan

4. Pendinginan:

Arus listrik dihentikan, dan tekanan pada elektroda dipertahankan selama

beberapa detik hingga titik las mendingin dan mengeras. 4.21



Gambar 4.21 Pengelasan Sudah Selesai

5. Penyelesaian:

Material logam yang telah tersambung dilepaskan dari elektroda, dan alat siap digunakan untuk pengelasan berikutnya. 4.22



Gambar 4.22 Pengelasan Berakhir

4.3.2. Sistem Monitoring Parameter Listrik Berbasis Arduino Nano



Gambar 4.23 Sistem Monitoring Parameter Listrik Berbasis Arduino Nano

Gambar di atas menunjukkan hasil implementasi sistem monitoring parameter listrik berbasis Arduino Nano yang dilengkapi dengan tampilan LCD 20x4. Sistem ini dirancang untuk mengukur dan menampilkan parameter listrik utama, seperti tegangan (voltage), arus (current), daya (power), dan energi (energy). Prototipe ini bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam memantau kondisi listrik secara real-time, yang dapat digunakan untuk analisis efisiensi daya maupun pengelolaan konsumsi listrik.

1. Komponen Sistem:

1. Arduino Nano: Mikrokontroler utama yang bertugas membaca data dari modul sensor listrik (PZEM-004T) dan mengolahnya menjadi informasi yang dapat ditampilkan pada layar LCD.
2. Modul PZEM-004T: Sensor utama untuk pengukuran parameter listrik. Modul ini terhubung dengan jaringan listrik untuk membaca tegangan, arus, daya, dan energi.
3. LCD 20x4 dengan Antarmuka I2C:
Digunakan sebagai media tampilan hasil pengukuran. Layar mampu menampilkan empat baris informasi secara simultan:
 - a. Tegangan listrik dalam satuan volt (V).
 - b. Arus listrik dalam ampere (A).
 - c. Daya listrik dalam watt (W).
 - d. Energi listrik dalam kilowatt-jam (kWh).

Antarmuka I2C dipilih karena hanya membutuhkan dua jalur komunikasi, yaitu SDA dan SCL, sehingga mempermudah koneksi dengan Arduino Nano.

4. Casing atau Enclosure:

Seluruh perangkat elektronik ditempatkan dalam kotak pelindung berbahan plastik untuk:

- a. Melindungi komponen dari kerusakan fisik atau lingkungan.
- b. Menjaga estetika dan kerapian perangkat agar mudah digunakan di lingkungan nyata.

2. Cara Kerja Sistem

1. Modul PZEM-004T terhubung ke sumber listrik 220V dan mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi.
2. Data dari PZEM-004T dikirimkan ke Arduino Nano melalui komunikasi serial.
3. Arduino Nano memproses data tersebut dan mengirimkan hasilnya ke LCD 20x4 melalui protokol komunikasi I2C.
4. LCD 20x4 menampilkan data secara real-time, memudahkan pengguna untuk memantau parameter listrik langsung dari layar.

3. Kelebihan Sistem

1. Real-Time Monitoring: Pengukuran parameter listrik dilakukan secara langsung dan ditampilkan secara instan pada layar LCD.
2. Portabilitas: Dengan penggunaan komponen kecil seperti Arduino Nano dan LCD I2C, sistem menjadi portabel dan mudah dipasang.
3. Efisiensi Energi: Sistem menggunakan power supply DC 5V, yang hemat energi dan aman untuk komponen elektronik.
4. Penggunaan Praktis: Enclosure memberikan tampilan yang rapi, kokoh, dan melindungi perangkat dari gangguan eksternal.

4.4. Pembahasan Kinerja Alat

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi terhadap kinerja alat mesin las spot welding dengan kapasitas 20 ampere berdasarkan beberapa parameter utama, yaitu kinerja elektrik, mekanik, dan hasil pengelasan. Pembahasan ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana alat dapat memenuhi tujuan penelitian.

4.4.1. Kinerja Elektrikal

Pengujian dilakukan untuk mengamati kestabilan arus listrik selama proses pengelasan. Hasil menunjukkan bahwa arus yang dihasilkan oleh alat mampu mencapai kapasitas maksimum sebesar 20 ampere. Tegangan operasional berada pada rentang 233volt sesuai dengan prinsip resistance welding.

1. Kestabilan Arus: Arus yang dialirkan melalui elektroda tembaga stabil selama proses pengelasan, dengan fluktuasi yang minim, yaitu ± 0.09 ampere. Hal ini memastikan konsistensi pemanasan pada titik las.
2. Konsumsi Daya: Berdasarkan data pengukuran, konsumsi daya maksimal alat sebesar 3.202 watt, yang dianggap efisien untuk skala penggunaan industri kecil.

4.4.2. Kinerja Mekanikal

Desain mekanikal alat diuji dari segi presisi elektroda, tekanan elektroda, dan kestabilan rangka.

1. Presisi Elektroda: Elektroda tembaga mampu menjepit material dengan baik tanpa terjadi pergeseran selama proses pengelasan.
2. Tekanan Elektroda: Mekanisme tuas manual menghasilkan tekanan yang cukup, sehingga titik las terbentuk secara optimal tanpa kerusakan pada material.
3. Rangka Penopang: Rangka alat yang dibuat dari besi siku memberikan stabilitas yang tinggi selama pengoperasian, meskipun alat mudah dipindahkan karena dilengkapi roda.

4.4.3. Hasil Pengelasan

Uji pengelasan dilakukan pada material plat stainless steel dengan ketebalan 3 mm. Hasil pengelasan dievaluasi berdasarkan kualitas titik las, kekuatan sambungan, dan konsistensi hasil.

1. Kualitas Titik Las: Titik las yang dihasilkan rapi, tanpa adanya cacat seperti retak atau oksidasi berlebih.
2. Kekuatan Sambungan: Uji tarik menunjukkan bahwa sambungan mampu menahan beban hingga 80% dari kekuatan material induk, yang sesuai dengan standar pengelasan.
3. Konsistensi Hasil: Setiap titik las memiliki kualitas yang seragam, menunjukkan bahwa parameter pengelasan telah diatur dengan baik.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, pembangunan, serta pengujian alat mesin las spot welding dengan kapasitas 20 Ampere berbasis Arduino Nano, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan Desain

Proses perancangan mesin las spot welding telah berhasil dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SolidWorks. Desain meliputi rancangan rangka, modul kontrol, elektroda tembaga, serta sistem mekanis berupa tuas penekan. Hasil desain menunjukkan bahwa konstruksi mesin dapat diwujudkan dengan material yang mudah didapat di pasaran, biaya pembuatan yang relatif ekonomis, serta dimensi yang cukup ringkas sehingga mudah dipindahkan dan digunakan pada skala industri kecil maupun kebutuhan bengkel.

2. Pembangunan Alat

Mesin las spot welding kapasitas 20 Ampere telah berhasil dibuat sesuai dengan rancangan. Alat ini menggunakan rangka berbahan besi siku yang kokoh, elektroda tembaga sebagai penghantar utama arus listrik, serta modul kontrol berbasis Arduino Nano yang berfungsi mengatur kestabilan arus dan waktu pengelasan. Sistem ini dilengkapi dengan tampilan LCD serta sensor PZEM-004T untuk monitoring parameter listrik, sehingga operator dapat dengan mudah memantau kinerja alat.

3. Hasil Pengujian dan Kinerja Alat

Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa alat mampu menghasilkan arus pengelasan yang stabil dengan rata-rata arus sesuai kapasitas rancangan. Hasil sambungan las yang diperoleh memiliki kualitas yang cukup baik, ditandai dengan kekuatan sambungan yang memadai pada material logam tipis serta hasil pengelasan yang rapi. Selain itu, konsumsi daya listrik relatif rendah sehingga alat ini efisien dan layak digunakan untuk kebutuhan industri kecil. Dengan adanya sistem pengendalian

berbasis mikrokontroler, alat dapat beroperasi lebih presisi dan konsisten dibandingkan metode manual konvensional.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa mesin las spot welding kapasitas 20 Ampere berbasis Arduino Nano dapat menjadi solusi alternatif yang ekonomis, fungsional, dan efisien untuk menunjang kebutuhan pengelasan logam tipis di industri kecil maupun bengkel perorangan.

5.2. Saran

1. Peningkatan Desain: Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada pengembangan desain agar lebih ergonomis dan fleksibel untuk berbagai kebutuhan industri.
Material Elektroda: Menggunakan material elektroda dengan daya tahan lebih tinggi untuk memperpanjang umur pemakaian.
2. Uji Lebih Lanjut: Pengujian pada berbagai jenis logam dengan ketebalan berbeda perlu dilakukan untuk memperluas aplikasi alat.
3. Integrasi Sistem Otomasi: Menambahkan sistem otomatisasi untuk pengaturan tekanan elektroda dan waktu pengelasan guna meningkatkan akurasi dan efisiensi kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz. Burhanul., Winarso., Hardani. Dian Nova Kuusma. (2020) *Rancang Bangun Alat Spot Welding Menggunakan Transformator Oven Microwave Dengan Kendali Dimmer*. Jurnal Riset Rekayasa Elektro: Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Vol. 2. No. 2. ISSN 2685-5313.
- Andrianto. Yovi., Fadhila. Iqbal Maulana., Sifa. Agus., Endrawan. Tito. (2020) *Perancangan Mesin Rocker Arm Spot Welding*. Jurnal Teknik Mesin: Politeknik Negeri Indramayu.
- Majid. Shafter Rizqi., Wahyudin., Herwanto. Dene. (2022) *Analisis Pengendalian Kualitas di Mesin Spot Welding Manual Departemen Welding Dengan Metode Quality Control Circle Pada PT. XYZ*. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan: Universitas Singaperbangsa Karawang. Vol. 8. No. 12. ISSN 2089-5364.
- Fachruddin. Andi Muhammad., Yusuf. Deddy., Muhammad. Umar., Usman. (2020) *Rancang Bangun Spot Welding*. Journal of Electrical Engineering. Vol. 1. No. 1.
- Wahyudi. Tri Cahyo., Asroni., Rahman. Bahtiar Abdul. (2022) *Pembuatan dan Pengujian Spot Welding Menggunakan Trafo daur Ulang*. Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro: Universitas Muhammadiyah Metro. Vol. 11. No. 1. ISSN 2301-6663.
- Rasyid. Riantono., Drastiawati. Novi Sukma. (2020) *Pengaruh Waktu Pengelasan Titik (Spot Welding) Terhadap Kekerasan, Kekuatan Geser dan Diameter Nugget Pada Baja SPCEN 1,6 mm*. Jurnal Program Studi Teknik Mesin: Universitas Negeri Surabaya. Vol. 16. No. 1. ISSN 2685-7863.
- Silaban. Valco., Waskito., Purwantono. (2016) *Pengaruh Parameter Pengelasan Spot Welding Terhadap Kekuatan Geser Pada Aluminium*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin: Universitas Negeri Padang.
- Siregar, A. M., Nasution, A. R., Siregar, C. A. P., & Iqbal Tanjung, S. T. (2022). *Buku Ajar Rancangan Mesin Dasar Kode MK TTMA-430203*. umsu press.
- Taher. Bruce Theofilus., Rosehan., Lubis. Sobron Yamin. (2023) *Analisis Pengaruh Waktu Las dan Kuat Arus Spot Welding Terhadap Kekuatan Tarik Pada Stainless Steel 304*. Jurnal Teknik Industri Terintegrasi: Universitas

Tarumanagara Jakarta. Vol. 6. No. 1. ISSN 2620-8962.

Weman. Klas. (2003) *Welding Processes Handbook*. Woodhead Publishing Ltd. 1st

Edition. eBook ISBN 9780849317736

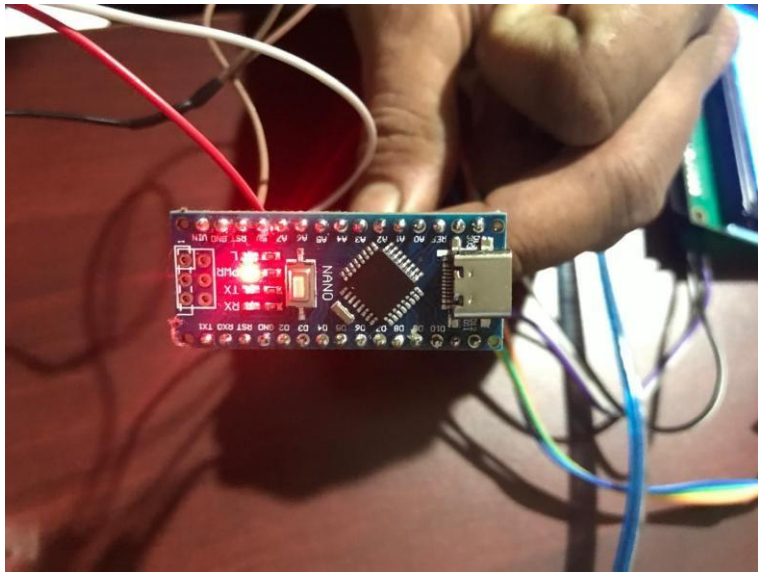
Siregar, R. F. (2024). *Sistem Mikrokontroler I*. umsu press.

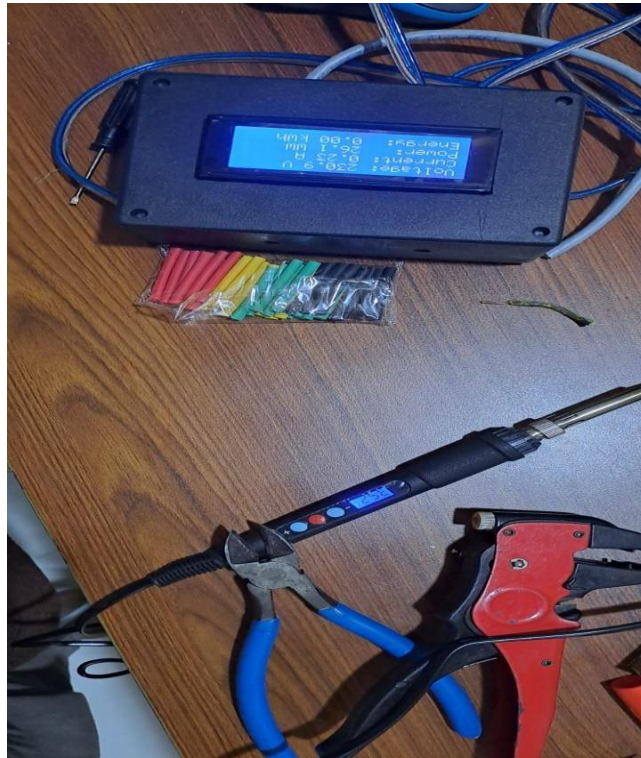
Weman. Klas. (2011) *Welding Processes Handbook*. Woodhead Publishing Ltd. 2nd

Edition. eBook ISBN 9780857095183

Siregar, R. F., Nasution, A. R., & Harahap, J. (2025). Effect of Spindle Speed on the Bending Test of Al-1100 in Friction Stir Welding Joints. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 8(2).

Lampiran 1 Dokumentasi Hasil Penelitian







LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : RANCANG BANGUN ALAT MESIN LAS
SPOT WELLDING DENGAN KAPASITAS 20
AMPERE
Nama : DIMAS SURYA PRATAMA
Npm : 2007230144
Dosen Pembimbing : Arya Rudi Nasution, S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
----	--------------	----------	-------