

TUGAS AKHIR

PENGARUH JENIS BAHAN *STAINLESS STEEL* DAN BAJA KARBON RENDAH PADA KEKUATAN LAS TITIK

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik*

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh:

MHD. SAROJI
2007230196



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

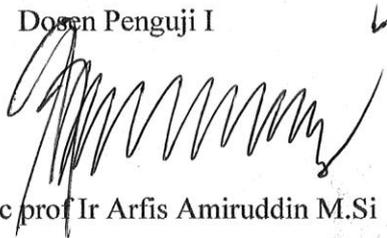
Nama : Mhd Saroji
NPM : 2007230196
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Jenis Bahan Stainless Steel dan
Baja Karbon Rendah Pada Kekuatan Las
Titik
Bidang ilmu : Manufaktur

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, 17 Mei 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Assoc prof Ir Arfis Amiruddin M.Si

Dosen Penguji II



H. Muarnif, M.ST.M.Sc

Dosen Penguji III



Arya Rudi Nst ST.MT

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Mhd Saroji
Tempat Tanggal Lahir : Desa Kolam, 09 November 2001
Npm : 2007230196
Fakultas : Teknik
Progam Studi : Teknik Mesin
Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

Pengaruh Jenis Bahan *Stainless Steel* Dan Baja Karbon Rendah Pada Kekuatan Las Titik

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 20 Maret 2025



Mhd. Saroji

ABSTRAK

Las titik (*spot welding*) merupakan salah satu metode pengelasan resistansi listrik yang banyak digunakan dalam industri manufaktur, terutama dalam penyambungan lembaran logam. Proses ini memanfaatkan panas yang dihasilkan dari resistansi listrik antara dua permukaan logam yang ditekan oleh elektroda dari dua sisi yaitu pada bagian atas dan juga pada bagian bawah material. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis material terhadap kekuatan sambungan las titik, khususnya pada material stainless steel dan baja karbon rendah. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan spesimen pelat tumpang tindih dengan ketebalan 2 mm, masing-masing disambung dengan mesin las titik resistansi. Variabel yang diamati meliputi kekuatan geser maksimum sambungan, serta karakteristik cacat las yang terjadi. Pengujian kekuatan geser dilakukan menggunakan mesin uji tarik universal (*Universal Testing Machine/UTM*) sesuai dengan standar AWS D8.9-97 untuk logam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa material baja karbon rendah cenderung memiliki kekuatan geser lebih rendah dibandingkan dengan *stainless steel*, yang disebabkan oleh perbedaan komposisi kimia dan sifat mekanik kedua logam tersebut dan juga pengaruh lain yang terdapat pada kedua logam tersebut. Selain itu. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa jenis material memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas dan kekuatan sambungan las titik oleh karena itu pentingnya penyesuaian waktu penahanan dan juga pengaturan lainnya pada pengelasan setiap material harus berbeda. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam menentukan material dan parameter yang sesuai dalam proses pengelasan resistansi titik, terutama dalam aplikasi otomotif dan industri perakitan logam lembaran.

Kata Kunci: Las titik, kekuatan geser, stainless steel, baja karbon rendah, sambungan logam

ABSTRACT

Spot welding is one of the electrical resistance welding methods widely used in the manufacturing industry, especially in joining sheet metal. This process utilizes the heat generated from the electrical resistance between two metal surfaces pressed by electrodes from two sides, namely on the top and also on the bottom of the material. The purpose of this study was to determine the effect of material type on the strength of spot welding joints, especially on stainless steel and low carbon steel materials. This study was conducted using an experimental method using overlapping plate specimens with a thickness of 2 mm, each connected with a resistance spot welding machine. The variables observed included the maximum shear strength of the joint, as well as the characteristics of the weld defects that occurred. Shear strength testing was carried out using a universal tensile testing machine (UTM) in accordance with the AWS D8.9-97 standard for metals. The test results showed that low carbon steel materials tend to have lower shear strength compared to stainless steel, which is caused by differences in chemical composition and mechanical properties of the two metals and also other influences found in the two metals. In addition. Based on the results obtained, it can be concluded that the type of material has a significant effect on the quality and strength of spot welding joints, therefore the importance of adjusting the holding time and also other settings in welding each material must be different. This study is expected to be a reference in determining the appropriate material and parameters in the spot resistance welding process, especially in automotive applications and sheet metal assembly industries.

Keywords: Spot welding, shear strength, stainless steel, low carbon steel, metal joints

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul ”Pengaruh jenis bahan *stainless steel* dan baja karbon rendah pada kekuatan las titik ”. sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Arya Rudi Nasution, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Saya yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT Dr, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik mesin kepada penulis.
5. Orang tua penulis : Muadim dan Wagiem, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teman-Teman mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2020 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang membantu dan memberikan dorongan kepada penulis selama menyelesaikan proposal ini

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan

pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, Maret 2025

Mhd. Saroji

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
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 (<i>Welding</i>)	4
2.1.1. Jenis - jenis mesin <i>welding</i>	4
2.2. Jenis meterial	12
2.2.1 <i>Stainless steel</i>	12
2.2.2 Baja karbon rendah	12
2.3. Faktor yang mempengaruhi hasil kekuatan <i>Spot welding</i>	13
2.3.1 Jenis bahan	13
2.3.2 Kuat arus pengelasan	13
2.2.3 Waktu pengelasan	14
2.2.4 Tekanan elektroda	14
2.2.5 Ketebalan material	14
2.4. Jenis sambungan	
2.4.1 <i>But joint</i>	14
2.4.2 <i>T (Fillet) joint</i>	14
2.4.3 <i>Corner joint</i>	15
2.4.4 <i>Lap joint</i>	15
2.5. Uji kekuatan geser	16
2.6. Uji kekerasan	17
2.6.1 Uji kekerasan Vickers	18
2.6.2 Uji kekerasan Rockwell	18
2.6.3 Uji kekerasan Brinell	20
2.7. Standard Uji kekuatan geser dan Uji kekerasan	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	23
3.1 Tempat dan Waktu	23
3.1.1 Tempat Penelitian	23
3.1.2 Waktu Penelitian	23

3.2	Bahan dan Alat	23
3.2.1	Alat	23
3.2.2	Bahan	29
3.3	Bagan Alir	30
3.4	Rancangan Alat Penelitian	31
3.5	Prosedur Penelitian	32
3.5.1	Tahapan Pembuatan	32
3.5.2	Tahapan pengujian	32
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1	Hasil pembuatan spesimen	35
4.1.1	Pengujian kekuatan geser	41
4.1.2	Pengujian kekerasan	44
4.2	Pembahasan	46
4.2.1	Tegangan geser	46
4.2.2	Kekerasan spesimen	50
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Saran	52
	DAFTAR PUSTAKA	53
	Lampiran 1. Hasil Penelitian	
	Lampiran 2. Gambar Teknik	
	Lampiran 3. Lembar Asistensi	
	Lampiran 4. SK Pembimbing	
	Lampiran 5. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
	Lampiran 6 .Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar Pada Pengujian Rockwell	19
Tabel 2.2	Sampel Pengujian Kekuatan Geser	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Las Titik	6
Gambar 2.2	Elektrik Arc Welding	7
Gambar 2.3	Skema Pengelasan SAW	8
Gambar 2.4	Skema Pengelasan ESW	8
Gambar 2.5	Skema Pengelasan SW	9
Gambar 2.6	Skema Pengelasan EBW	10
Gambar 2.7	Skema Pengelasan GMAW	11
Gambar 2.8	Skema Pengelasan GTAW	12
Gambar 2.9	Skema Pengelasan FCAW	12
Gambar 2.10	Skema Pengelasan PAW	13
Gambar 2.11	Skema Pengelasan OAW	13
Gambar 2.13	Standar AWS D8.9-97	23
Gambar 3.1	Mesin Las Titik	24
Gambar 3.2	Alat Uji Tarik	25
Gambar 3.3	Alat Tes Kekerasan	25
Gambar 3.4	Mesin milling	26
Gambar 3.5	Jangka Sorong	26
Gambar 3.6	Tang	27
Gambar 3.7	Gerinda Tangan	27
Gambar 3.8	Sarung Tangan	28
Gambar 3.9	Kacamata <i>Safety</i>	28
Gambar 3.10	Plat <i>Stainless steel</i>	29
Gambar 3.11	Plat Baja Karbon Rendah	29
Gambar 3.12	Bagan Alir	30
Gambar 3.13	Desain Mesin Las Titik	31
Gambar 4.1	Membuat Garis Pada Material Yang Akan Di Kerjakan	35
Gambar 4.2	Proses Pemotongan Spesimen Uji	36
Gambar 4.3	Pengikatan Spesimen Pada Bais	36
Gambar 4.4	Proses Pembentukan Spesimen Uji Sesuai Standart	37
Gambar 4.5	Hasil Spesimen Setelah Selesai Di Bentuk	37
Gambar 4.6	Mesin Las Dalam Kondisi ON	38
Gambar 4.7	Gambar Rancangan Spesimen Uji	38
Gambar 4.8	Kordinat Titik pengelasan	39
Gambar 4.9	Memegang Spesimen Menggunakan Tang Jepit	39
Gambar 4.10	Waktu Pengelasan	40
Gambar 4.11	Hasil Pengelasan	40
Gambar 4.12	Perlengkapan Tulis	41
Gambar 4.13	Pengukuran Ulang Spesimen Sebelum Di Uji	41
Gambar 4.14	Mesin Uji Dalam Konmdisi ON Berfungsi Normal	42
Gambar 4.15	Spesimen Uji Di Letakan Pada Bais	42
Gambar 4.16	Pelaksanaan Pengujian	43
Gambar 4.17	Hasil Pengujian	43
Gambar 4.18	Perlengkapan Tulis	44
Gambar 4.19	Mesin Uji Dalan Kondisi ON	44
Gambar 4.20	Peletakan Spesimen Uji	45
Gambar 4.21	Proses Pengujian	45
Gambar 4.22	Hasil Pengujian Kekerasan	46

Gambar 4.23	Diagram Hasil Analisa dan Nilai Rata-Rata Tegangan Geser	50
Gambar 4.24	Diagram Hasil Analisa dan Nilai Rata-Rata Kekerasan Material	51

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern, Proses penyambungan hampir diperlukan pada semua aspek dalam kegiatan produksi di berbagai sektor industri. Salah satunya adalah penyambungan logam. Penyambungan logam pada umumnya sering dijumpai pada industri manufaktur dan konstruksi karena sebagian besar produk yang dihasilkan seringkali melibatkan logam sebagai materialnya. Peranan inilah yang membuat proses penyambungan logam masih menjadi tulang punggung pada proses produksi di industri hingga sampai saat ini. Salah satu contoh dari sekian banyak sambungan las adalah las titik. Las titik banyak digunakan pada industri otomotif dan industri elektronik. Dari sekian banyak penggunaan tersebut, las titik (*spot welding*) dipilih karena cukup populer di dunia pengelasan dan memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan metode sambungan/las lain diantaranya memiliki sambungan yang rapi serta rapat, prosesnya cepat, Hemat bahan sambungan dikarenakan tidak memerlukan logam pengisi (Hidayat and Sakti 2022)

Keunggulan dari pengelasan titik dibandingkan dengan pengelasan lainnya yaitu prosesnya cepat, sehingga cocok untuk produksi massal, suplai panas yang diberikan cukup akurat dan regular, sifat mekanik hasil las kompetitif dengan logam induk dan tidak memerlukan kawat las (*Stainless steel* dan baja karbon rendah) adalah material yang banyak digunakan dalam industri otomotif. Baja karbon rendah memiliki keuntungan dengan Harganya yang lebih mura dibandingkan material lain. Baja dibutuhkan untuk kendaraan dalam rangka menjaga traksi kendaraan. *Stainless steel* merupakan material yang memiliki ketahanan terhadap korosi, ketangguhan yang baik dan sifat mampu potong yang baik. Sedangkan baja karbon rendah merupakan material yang mudah didapat dan merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Akan tetapi baja karbon rendah memiliki kekurangan berupa mudah mengalami karat. Sebagian besar cacat las yang terjadi pada paduan baja karbon rendah adalah retak las dikarenakan pemisahan(Amin and Anwar 2020)

Saya mengambil penelitian menggunakan 2 bahan yaitu *Stainless steel* dan juga Baja karbon rendah dikarenakan bahan tersebut banyak di gunakan untuk pembuatan alat untuk kebutuhan sehari hari atau barang barang lain nya kerana sifatnya yang ringan kuat dan juga banyak dipakai di dunia industri besar maupun industri kecil adapun untuk bahan baja karbon rendah memiliki pasar harga yang murah dan banyak tersedia di pasaran menjadikan baja karbon rendah mudah didapatkan

1.2. Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah

1. Bagaimana pengaruh jenis bahan pada kekuatan hasil las titik
2. Material manakah yang menghasilkan kekuatan las titik terbaik
3. Faktor apa saja yang mempengaruhi kekuatan Las titik selain jenis bahan

1.3. Ruang lingkup

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

1. Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah setebal 2 mm dan *Stainless steel* dengan tebal 2 mm
2. Pengujian hasil percobaan hanya menggunakan uji kekuatan geser dan uji kekerasan

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah

1. Mengetahui pengaruh jenis bahan pada kekuatan *Spot welding*
2. Mengetahui material manakah yang menghasilkan kekuatan *Spot welding* terbaik
3. Mengidentifikasi faktor tambahan yang berpengaruh pada proses spot welding

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah

1. Memberikan wawasan bagi industri manufaktur dalam memilih material untuk *Spot welding*
2. Menjadi referensi tambahan pengembangan teknik pengelasan yang lebih efisien

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

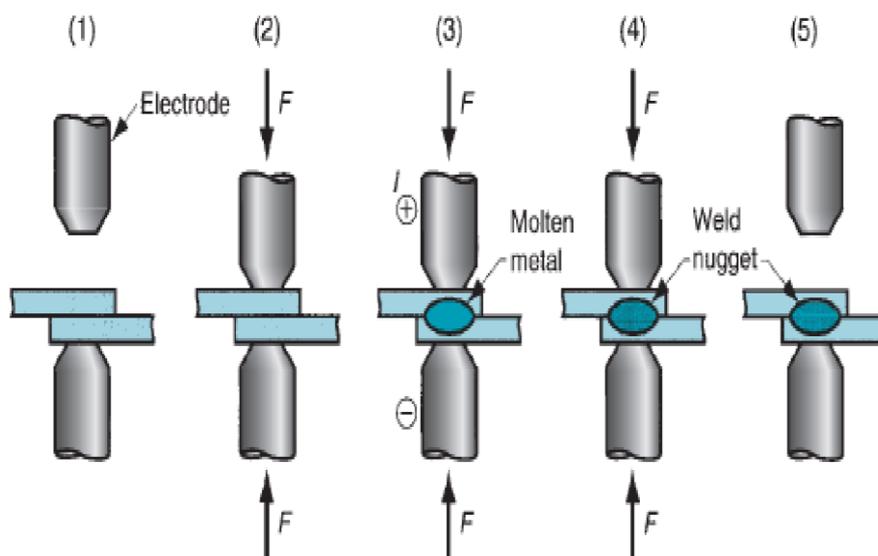
2.1. Pengelasan (*Welding*)

Pengelasan secara umum adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat pemanasan tinggi dengan atau tanpa pengaruh tekanan baik logam induk dengan logam induk, logam induk dengan logam tambah maupun logam tambah dengan logam tambah, dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom. Menurut “ *Welding handbook* ” Pengelasan adalah proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasinya dengan suhu yang tepat dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi. (Fahrezy 2023)

2.1.1. Jenis – jenis pengelasan

1. Las Titik (*Spot welding*)

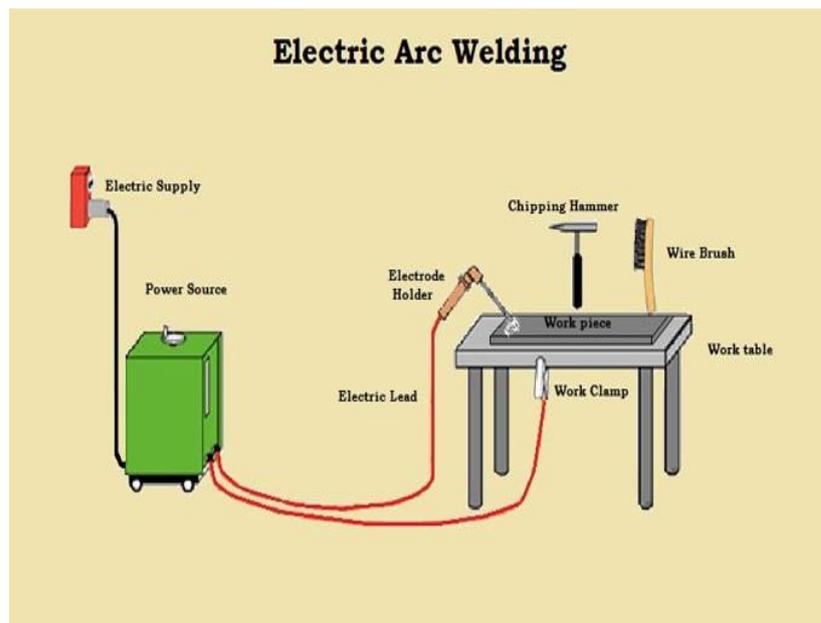
Dalam penelitian kali ini kita akan menggunakan *Spot welding* sebagai alat pengelasan. *Spot welding* adalah metode pengelasan resistans di mana dua atau lebih plat logam diapit di antara dua elektroda logam, dan kemudian arus kuat dilewatkan melalui elektroda tembaga, sehingga titik antara pelat logam di bawahnya bersentuhan dengan elektroda satu sama lain menjadi panas karena resistensi hingga mencapai suhu penyolderan, sehingga terjadi peleburan kedua bagian pelat. (Hidayat and Sakti 2022)



Gambar 2.1 Siklus Las Titik (Hidayat and Sakti 2022)

2. SMAW (*Shield Metal Arch Welding*)

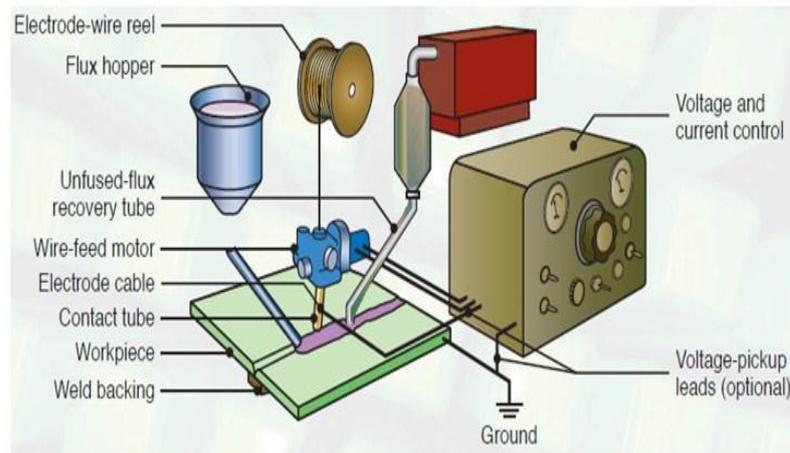
SMAW adalah pengelasan yang menggunakan elektroda terbungkus yang ikut mencair dan sekaligus sebagai bahan pengisi dengan menggunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Jenis ini paling banyak dipakai dimana–mana untuk hampir semua keperluan pekerjaan pengelasan. Tegangan yang dipakai hanya 23 sampai dengan 45 Volt AC atau DC, sedangkan untuk pencairan pengelasan dibutuhkan arus hingga 500 Ampere. Namun secara umum yang dipakai berkisar 80–200 Ampere. (Rizal & Ramli, 2021)



Gambar 2.2 Elektrik Arc Welding (Rizal & Ramli, 2021)

3. SAW (*Submerged Arch Welding*)

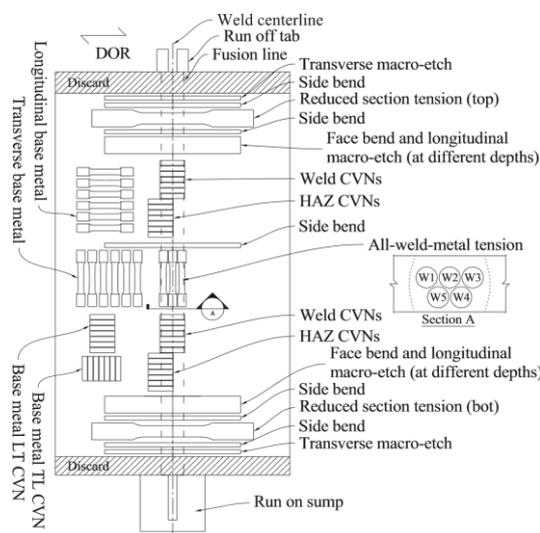
SAW adalah pengelasan busur listrik elektroda terbenam, karena kawat las yang dalam bentuk gulungan atau roll dibenamkan secara kontinyu atau terus menerus sebagai penghasil busur dan logam pengisi. Untuk pelindungnya berupa butiran flux yang dituangkan ke daerah pengelasan sebagai pelindung logam yang mencair. Saat proses pengelasan busur listrik tidak terlihat karena tertutup oleh flux. Oleh karena itu pengelasan ini disebut dengan las busur listrik terbenam. Proses pengoperasiannya dilakukan secara mekanik dan semi otomatis. Sistem mekanik dapat digunakan bila posisi pengelasan flat, sedangkan system semi otomatis digunakan apabila pekerjaan memerlukan kualitas las yang konsisten. Proses pengelasan SAW banyak digunakan pada material yang berbentuk plat yang tebal. (Perdana et al. 2020)



Gambar 2.3 Skema Pengelasan SAW (Perdana et al. 2020)

4. ESW (*Electro Slag Welding*)

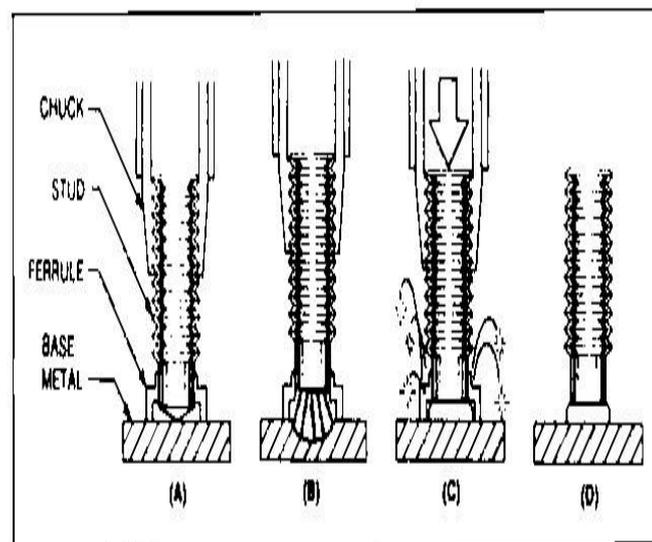
ESW adalah pengelasan busur terhenti, pengelasan sejenis SAW namun bedanya pada jenis ESW busurnya nyala mencairkan fluks, busur terhenti dan proses pencairan fluk berjalan terus dam menjadi bahan pengantar arus listrik (konduktif). Sehingga elektroda terhubung dengan benda yang dilas melalui konduktor tersebut. Panas yang dihasilkan dari tahanan terhadap arus listrik melalui cairan fluk/slag cukup tinggi untuk mencairkan bahan tambahan las dan bahan induk yang dilas temprturnya mencapai 3500°F atau setara dengan 1925°C. (Rizal & Ramli, 2021)



Gambar 2.4 Skema Pengelasan ESW (Padilla-Llano and Ocel 2021)

5. SW (*Stud Welding*)

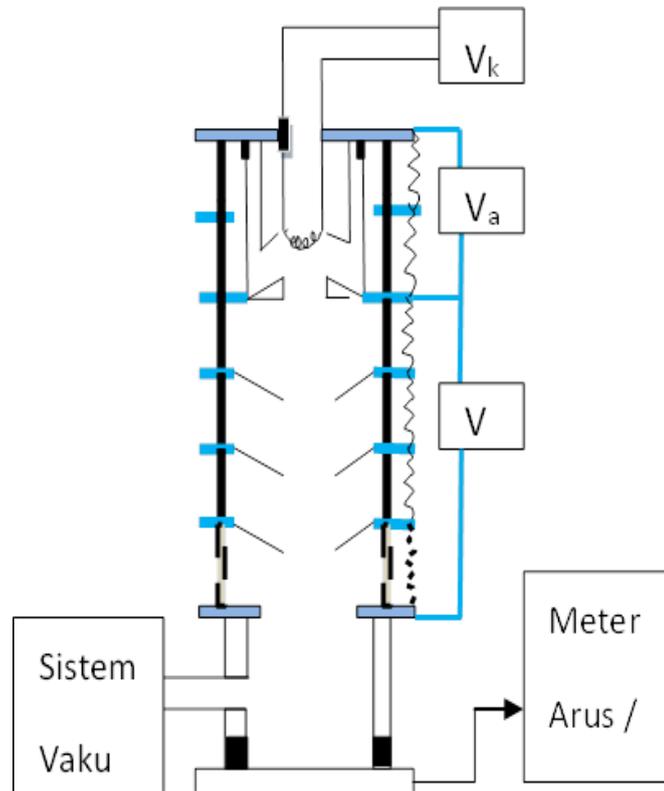
Proses pengelasan memerlukan panas untuk meleburkan atau mencairkan logam dasar dan bahan pengisi agar terjadi aliran bahan atau peleburan. Proses pengelasan yang paling umum, terutama untuk mengelas baja, yaitu memakai energi listrik sebagai sumber panas dan yang paling banyak digunakan adalah busur listrik. Salah satu jenis pengelasan yang biasa digunakan dalam pengelasan stud (baut tanpa ulir) atau untuk mengelas fins yang berbentuk silinder pada logam dasar disebut pengelasan *Stud Welding* atau *Arc Stud Welding*. Prinsip pengelasan *Stud Welding* atau *Stud Arc Welding* adalah mirip dengan metoda pengelasan busur listrik lain, yaitu melibatkan listrik, mekanik, dan prinsip metalurgi. Dalam *Stud Welding*, besarnya arus dan durasi busur listrik atau waktu kontak dikontrol oleh sumber energi dan sistem kontrol *Stud Welding* (Budiman, Suratman, and Permana 2020)



Gambar 2.5 Skema Pengelasan SW (Budiman, Suratman, and Permana 2020)

6. EBW (*Electron Beam Welding*)

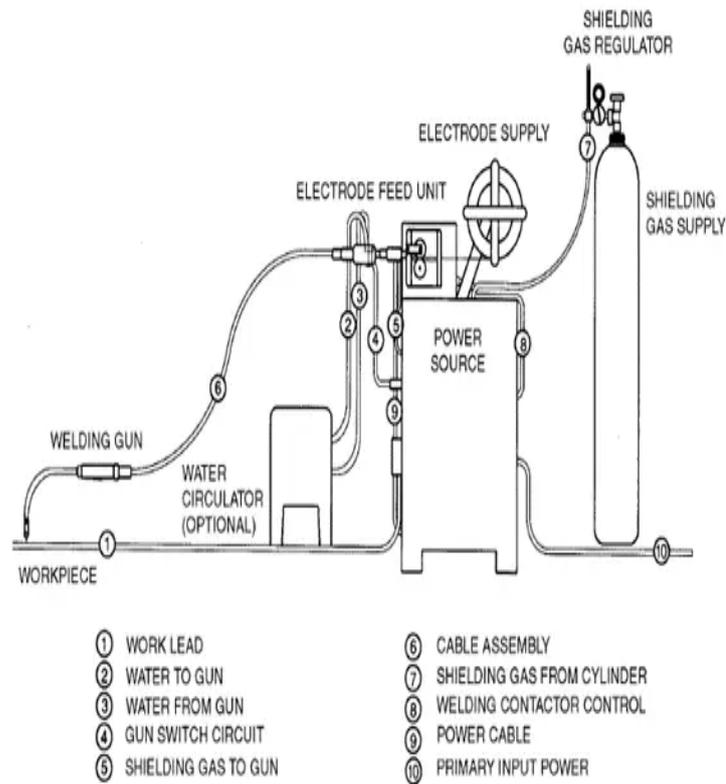
EBW adalah las dengan proses pemboman elektron, suatu pengelasan yang pencairannya disebabkan oleh panas yang dihasilkan dari suatu berkas loncatan elektron yang dimampatkan dan diarahkan pada benda yang akan dilas. Penelasan ini dilaksanakan di dalam ruang hampa, sehingga menghapus kemungkinan terjadinya oksidasi atau kontaminasi. (Rizal & Ramli, 2021)



Gambar 2.6 Skema Pengelasan EBW (Elektron et al. 2019)

7. GMAW (*Gas Metal Arch Welding*)

Proses pengelasan las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*), menggunakan suatu kawat dimana kawat tersebut berupa gulungan sehingga secara terusmenerus pengelasan tidak akan putus, kawat tersebut dihubungkan ke pemegang elektroda atau yang disebut dengan holder. Pengelasan GMAW dilindungi oleh gas umumnya menggunakan CO₂ ataupun Argon, perlindungan dihasilkan dari campuran gas yang diberikan dari luar pengelasan. Pada gambar dibawah ditunjukkan skema pada pengelasan GMAW. Mesin las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) yang sering digunakan biasanya mempunyai arus 250 amper, dan dilengkapi pula dengan penggulung kawat, sistem pendingin sampai dengan sistem kontrol arus. Las GMAW merupakan bertegangan stabil berarus DC, tenaga yang kawat yang digunakan, panjang busur ini adalah jarak antar holder dengan benda kerja dihasilkanpun relatif bisa berubah-ubah tergantung dari panjang busur(Warso, Wibowo, and Pratiwi 2021)

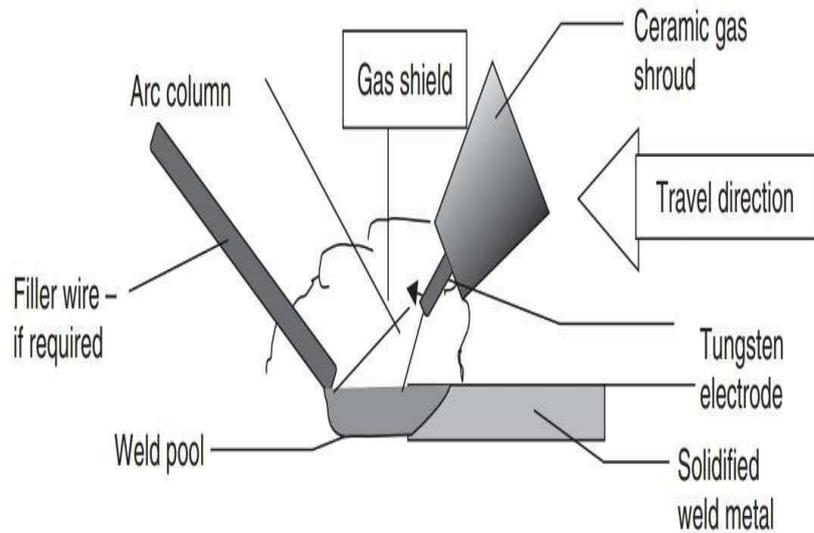


Gambar 2.7 Skema Pengelasan GMAW (Warso, Wibowo, and Pratiwi 2021)

8. GTAW (*Gas Tungsten Arch Welding*) atau TIG (*Tungsten Inert Gas*)

Salah satu metode yang digunakan untuk pengelasan Aluminium dan paduannya adalah *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Metode ini menggunakan Tungsten sebagai elektroda tidak terumpan dan gas mulia untuk melindungi elektroda. Gas mulia yang digunakan adalah gas Argon atau Helium yang disemburkan melalui torch untuk mencegah oksigen atau nitrogen masuk ke dalam cairan las yang dapat menimbulkan porositas. Material yang dilas menggunakan GTAW pada umumnya membutuhkan arus searah (*Direct Current*) dengan muatan negatif pada Tungsten dan logam lasan dihubungkan dengan muatan positif. Namun pada pengelasan Aluminium, sumber arus yang digunakan adalah arus bolak-balik (*Alternating Current*). Dalam pengelasan dengan arus AC, busur akan bekerja ketika elektrode bermuatan positif dan logam lasan bermuatan negatif sehingga dapat merusak lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan Aluminium untuk mempermudah proses pengelasan. Keuntungan GTAW jika dibandingkan dengan proses pengelasan lainnya adalah proses pengelasan yang

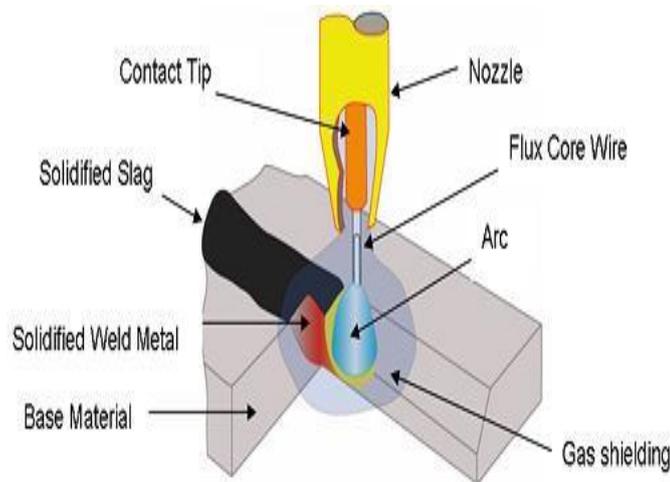
bersih karena sedikitnya oksidasi, pengontrolan heat input yang mudah, tidak ada percikan las, dan distorsi yang timbul sangat rendah. (Rahmatika et al. 2019)



Gambar 2.8 Skema Pengelasan GTAW (Rahmatika et al. 2019)

9. FCAW (Flux Cored Arch Welding)

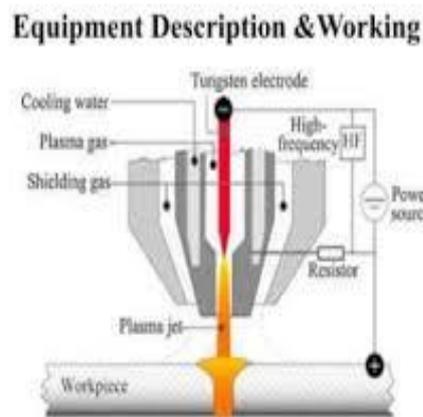
Pengelasan FCAW (*Flux-Cored Arc Welding*) merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (*rol*) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas CO₂ sebagai pelindung busur. Las FCAW adalah proses otomatis yang memanfaatkan elektroda wire roll untuk mencairkan logam (Mathews Yose Pratama, Untung Budiarto, Wilma 2019)



Gambar 2.9 Skema Pengelasan FCAW (Mathews Yose Pratama, Untung Budiarto, Wilma 2019)

10. PAW (*Plasma Arch Welding*)

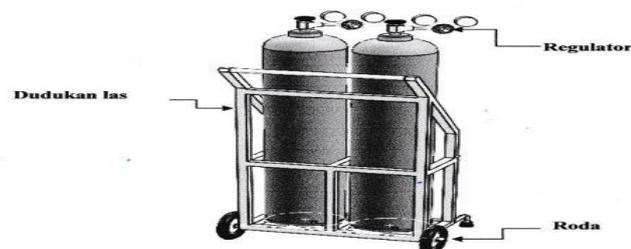
PAW adalah las listrik dengan plasma yang sejenis dengan GTAW hanya pada proses ini gas pelindung menggunakan bahan campuran antara *Argon*(Ar), *Nitrogen* (N) dan *Hidrogen* (H) yang lazim disebut dengan plasma. Plasma adalah gas yang luminous dengan derajat pengantar arus dan kapasitas termis/panas yang tinggi dapat menampung temperatur diatas 5000°C. (Sahoo and Tripathy 2019)



Gambar 2.10 Skema Pengelasan PAW (Sahoo and Tripathy 2019)

11. OAW (*Oxygen Acetylene Welding*)

Rancang bangun mesin las asetylin (OAW) adalah merupakan pengembangan proses pengelasan yang menggunakan dua bahan bakar utama yaitu oksigen dan gas asetylin. Metode penelitian yang digunakan adalah metode rancang bangun sekaligus penerapan pada sebuah mesin sekaligus dilakukan pengujian. Rancang bangun mesin las asetylin dikerjakan di laboratorium pengelasan



Gambar 2.11 Skema Pengelasan OAW (Hasbi R et al. 2019)

2.2. Jenis material

2.2.1 *Stainless Steel*

Stainless steel merupakan baja anti karat yang tahan terhadap korosi karena memiliki unsur paduan minimal 18% krom dan 8% nikel. *Stainless steel* dapat diperoleh dengan mencampurkan *feronikel* (18-20% Ni, 75-78% Fe) ke dalam leburan nikel ferokrom melalui oksidasi sebelum dilakukan proses pembuatan baja. *Feronikel* yang ditambahkan disesuaikan dengan kandungan nikel yang terdapat dalam nikel ferokrom. (Syaiful, Tang, and Kada 2022)

Kemajuan rekayasa konstruksi baja dalam bidang perancangan konstruksi rumah tangga, mesin dan bangunan perkembangannya semakin pesat. Penggunaan material baja tahan karat (*Stainless steel*) sangat tepat digunakan dalam industri rekayasa konstruksi baja seperti prabotan rumah tangga dan industri karena *Stainless steel* memiliki beberapa keunggulan seperti tahan pada suhu tinggi, kuat, ringan, ketahanan korosi yang tinggi serta tampilannya yang menarik (berseri). (Lasno, Purwanto, and Dzulfikar 2019)

2.2.2 Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan dalam suatu komponen mesin baik mesin industri mesin kendaraan atau seperti sepeda motor, mobil, pesawat dan kendaraan yang lainnya. Hal ini disebabkan karena sifatnya yang mudah dibentuk dan mampu mesin yang baik. Selain itu, baja karbon rendah merupakan baja yang mempunyai sifat mampu las yang baik. Baja karbon adalah logam yang tersusun atas besi (Fe), karbon (C) dan beberapa unsur lainnya. Yang paling berpengaruh terhadap sifat mekanik baja karbon adalah unsur karbon, semakin kecil persentase karbon yang dimiliki maka baja tersebut akan semakin lunak dan ulet. Sebaliknya, semakin besar persentase karbon yang dimiliki maka baja tersebut akan semakin keras dan getas. Selain oleh unsur karbon, sifat baja ditentukan juga dengan adanya unsur-unsur lain yang terpadu seperti *mangan (Mg)*, *phospor (P)*, *sulfur (S)* dan *silium (Si)*. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) memiliki kadar karbon maksimum sebesar 0,3 %. Baja ini bersifat lunak dan ulet serta mempunyai mampu mesin (*machinability*) dan mampu las (*weldability*) yang baik. Hal ini dikarenakan rendahnya kadar karbon yang dimilikinya. (Nukman 2019)

2.3. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan *Spot welding*

2.3.1. Jenis Material

Jenis bahan yang digunakan dalam *Spot welding* memiliki pengaruh besar terhadap kekuatan sambungan las. Setiap material memiliki konduktivitas termal, resistivitas listrik, dan sifat mekanik yang berbeda, yang menentukan seberapa baik bahan tersebut dapat dilas. Misalnya, baja karbon rendah lebih mudah dilas dibandingkan aluminium karena memiliki resistivitas listrik yang lebih tinggi dan konduktivitas termal yang lebih rendah, sehingga panas yang dihasilkan lebih efisien dalam membentuk nugget (inti las). Sebaliknya, aluminium memiliki konduktivitas termal yang tinggi, sehingga panas cepat menyebar dan memerlukan arus listrik yang lebih besar serta kontrol proses yang lebih ketat untuk menghasilkan sambungan yang kuat. Selain itu, baja tahan karat (*Stainless steel*) cenderung membentuk lapisan oksida yang dapat mengurangi kualitas sambungan, sehingga membutuhkan perlakuan permukaan sebelum proses pengelasan. Penelitian menunjukkan bahwa perbedaan sifat material dapat mempengaruhi distribusi panas dan pembentukan nugget selama pengelasan, yang pada akhirnya menentukan kekuatan sambungan. Oleh karena itu, pemilihan material yang tepat serta penyesuaian parameter seperti arus listrik, waktu pengelasan, dan tekanan elektroda sangat penting untuk memastikan sambungan yang kuat dan berkualitas dalam *Spot welding*. Jenis material yang digunakan dalam *Spot welding* memiliki pengaruh besar terhadap kekuatan sambungan. Logam dengan konduktivitas termal tinggi, seperti aluminium, menyebarkan panas lebih cepat, sehingga mengurangi ukuran zona fusi dan kekuatan sambungan. Sebaliknya, baja karbon rendah lebih mudah dilas karena memiliki konduktivitas termal rendah dan menghasilkan zona fusi yang lebih stabil (Fachruddin et al., 2020)

2.3.2. Kuat Arus Pengelasan

Kuat arus yang digunakan dalam *Spot welding* berpengaruh langsung terhadap (zona fusi) yang terbentuk. Sebagai perbandingan semakin tinggi arus, semakin besar ukuran nugget, tetapi arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan expulsion (percikan logam cair) dan penurunan kualitas sambungan (Lisa Agustriyana et al., 2018).

2.3.3. Waktu Pengelasan

Waktu pengelasan menentukan lamanya arus listrik mengalir ke material. Waktu yang terlalu singkat dapat menyebabkan fusi yang tidak sempurna, sedangkan waktu yang terlalu lama dapat menghasilkan pemanasan berlebihan dan deformasi logam (Muhammad Adnan, 2019).

2.3.4. Tekanan Elektoda

Tekanan elektroda sangat penting dalam membentuk sambungan yang kuat. Jika tekanannya terlalu rendah, kontak antar logam tidak sempurna dan menghasilkan resistansi tinggi, sehingga nugget yang terbentuk lebih kecil. Sebaliknya, jika tekanannya terlalu tinggi, dapat menyebabkan deformasi berlebihan dan mengurangi kekuatan tarik sambungan (Erwin Ari Pradana et al., 2021).

2.3.5. Ketebalan Material

Ketebalan material yang berbeda dapat mempengaruhi distribusi panas saat pengelasan. Jika perbedaan ketebalan terlalu besar, zona fusi menjadi tidak merata, yang dapat menyebabkan cacat seperti nugget asimetris atau retak pada sambungan (Yusuf Aljufri, 2022).

Faktor-faktor ini harus diperhitungkan dengan cermat dalam proses *Spot welding* untuk memastikan kualitas sambungan yang optimal kuat dan tahan lama.

2.4. Jenis Sambungan

Jenis Sambungan Pengelasan Jenis Sambungan Pengelasan adalah tipe sambungan material atau plat yang digunakan untuk proses pengelasan. Jenis sambungan las mempunyai beberapa macam yang menjadi jenis sambungan utama yaitu *Butt Joint*, *Fillet (T) Joint*, *Corner Joint*, *Lap Joint* dan *Edge Joint*.

2.4.1. *Butt Joint*

Sambungan *butt joint* adalah jenis sambungan tumpul, dalam aplikasinya jenis sambungan ini terdapat berbagai macam jenis kampuh atau *groove* yaitu *V groove* (kampuh V), *single bevel*, *J groove*, *U Groove*, *Square Groove*

2.4.2. *T (Fillet) Joint*

T Joint adalah jenis sambungan yang berbentuk seperti huruf T, tipe sambungan ini banyak diaplikasikan untuk pembutan kontruksi atap, konveyor dan jenis konstruksi lainnya. Untuk tipe *groove* juga terkadang digunakan untuk

sambungan fillet adalah double bevel, namun hal tersebut sangat jarang kecuali pelat atau materialnya sangat tebal. Berikut ini gambar sambungan T pada pengelasan.

2.4.3. *Corner Joint*

Joint mempunyai desain sambungan yang hampir sama dengan *T Joint*, namun yang membedakannya adalah letak dari materialnya. Pada sambungan ini materialnya yang disambung adalah bagian ujung dengan ujung. Ada dua jenis *corner joint*, yaitu *close* dan *open*.

2.4.4. *Lap Joint*

Tipe sambungan las yang sering digunakan untuk pengelasan spot atau bevel. Karena materialnya ini ditumpuk atau disusun sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada bagian body kereta dan cenderung untuk plat plat tipis. Jika menggunakan proses las SMAW, GMAW atau FCAW pengelasannya sama dengan sambungan fillet. Pada jenis sambungan ini, dua atau lebih lembaran logam disusun saling tumpang tindih (*lap joint*), kemudian disambungkan dengan menggunakan las titik di area tumpang tindih tersebut. Proses ini sering digunakan dalam industri otomotif, manufaktur peralatan rumah tangga, dan konstruksi logam tipis lainnya.

Prinsip Kerja:

1. Dua lembar logam ditempatkan saling bertumpuk (biasanya secara sejajar).
2. Elektroda tembaga menekan kedua lembar logam tersebut dari kedua sisi.
3. Arus listrik dialirkan melalui elektroda, menghasilkan panas akibat resistansi pada area kontak.
4. Panas ini melelehkan logam pada titik tertentu dan menyatukan kedua logam setelah pendinginan.

Beberapa Karakteristik teknik sambungan lap joint yaitu Cocok untuk logam lembaran dengan ketebalan antara 0,5 hingga 3 mm, Biasanya digunakan pada baja karbon rendah, *Stainless steel*, dan aluminium, Tidak memerlukan bahan pengisi dan Pengelasan terjadi hanya di titik-titik tertentu (bukan sepanjang sambungan).

Sambungan lap joint memiliki kelebihan yaitu Cepat dan efisien untuk produksi massal, sambungan terlihat rapi tanpa perlu pengamplasan atau finishing

tambahan, minim distorsi karena area yang dipanaskan kecil dan dapat diotomatisasi dengan mudah. Sambungan ini juga memiliki kekurangan yaitu kurang cocok untuk logam dengan ketebalan besar, sambungan hanya kuat di area las, bukan sepanjang permukaan dan tidak cocok untuk struktur yang memerlukan kekuatan tinggi di sepanjang sambungan. Pengaplikasian sambungan ini ada pada Industri otomotif (penyambungan panel bodi mobil), pembuatan peralatan rumah tangga (seperti kulkas dan mesin cuci), rangka baja ringan dan juga komponen elektronik.

2.5. Uji Kekuatan Geser

Uji kekuatan geser adalah metode pengujian mekanik yang digunakan untuk menentukan kekuatan geser suatu material atau sambungan. Gaya geser (*shear*) adalah gaya yang bekerja sejajar dengan bidang material dan berusaha menggeser satu bagian material terhadap bagian lainnya. Dalam konteks sambungan, seperti pengelasan atau sambungan paku keling, uji geser digunakan untuk mengetahui seberapa besar beban yang dapat ditahan sambungan sebelum terjadi kegagalan akibat gaya geser. Uji geser sangat penting dalam dunia teknik mesin, sipil, dan manufaktur, karena banyak komponen dan struktur dirancang untuk menahan gaya-gaya tersebut. Kegagalan akibat geser sering terjadi pada sambungan, baut, paku keling, dan pengelasan titik. Oleh karena itu, pengujian ini memberikan informasi yang penting dalam desain dan analisis kekuatan sambungan atau material. Gaya geser bekerja sejajar terhadap permukaan bidang suatu objek. Ketika dua gaya yang berlawanan arah bekerja sejajar pada dua sisi suatu benda, maka akan timbul tegangan geser (*shear stress*). Tegangan geser (τ) dapat di rumuskan

sebagai:

$$\tau = F / A$$

di mana:

- τ = tegangan geser (MPa atau N/mm²)
- F = gaya geser yang diberikan (N)
- A = luas penampang bidang geser (mm²)

Material atau sambungan akan mengalami deformasi dan pada akhirnya gagal

(patah atau bergeser secara permanen) jika tegangan geser melebihi kekuatan geser maksimumnya.(Haslinda 2023)

Adapun Jenis-Jenis Uji Geser beberapa metode pengujian geser yang umum digunakan di laboratorium adalah Uji Geser Tunggal (*Single Shear Test*) Pada pengujian ini, gaya geser hanya terjadi pada satu bidang. Contoh penerapan adalah pengujian baut atau paku keling dengan satu lapisan pelat dan Uji Geser Ganda (*Double Shear Test*) Dalam uji ini, gaya geser bekerja pada dua bidang geser sekaligus. Biasanya digunakan untuk sambungan yang berada di antara dua pelat. Uji Lap Shear (Geser Tumpang Tindih) Digunakan khusus untuk menguji kekuatan sambungan las atau perekat pada dua material yang ditumpangkan. Adapun alat yang di gunakan untuk Uji geser dilakukan menggunakan mesin uji tarik/tekan universal (*Universal Testing Machine - UTM*) yang mampu memberikan gaya sejajar dengan permukaan material. Komponen utama dari alat ini meliputi *gripper* atau *fixture*, sensor beban, dan sistem pencatat deformasi. Hasil dari uji geser biasanya disajikan dalam bentuk grafik gaya terhadap perpindahan. Parameter utama Tegangan geser maksimum, Modulus geser dan Jenis kegagalan (di las, material dasar, atau sambungan).

Uji geser sangat penting di berbagai bidangseperti di bidang Industri otomotif (uji kekuatan sambungan las), bidang Konstruksi (evaluasi kekuatan sambungan baut dan paku keeling), bidang material perekat dan komposit (uji daya rekat antar lapisan) dan Pengujian pengelasan, terutama las titik. Uji geser merupakan metode penting untuk mengevaluasi kekuatan material atau sambungan terhadap gaya geser. Pengujian ini memberikan data teknis yang esensial dalam proses desain dan verifikasi kekuatan struktur, baik itu dalam bentuk sambungan las, baut, maupun perekat.

2.6. Uji Kekerasan

Kekerasan adalah kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Ada 3 jenis cara pengujian kekerasan logam yaitu dengan cara goresan, penekanan dan cara dinamik. Beberapa metode pengujian kekerasan untuk mengetahui nilai kekerasan dari material pengujian, antara lain: pengujian

kekerasan dengan metode Vickers, pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Rockwell, dan pengujian kekerasan dengan metode Brinell.

2.6.1. Uji Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan Vickers adalah pengujian kekerasan dengan pembebanan yang relatif kecil. Uji kekerasan Vickers menggunakan indentor yang berbentuk piramid intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar dengan sudut 136° . Angka kekerasan Vickers (Vickers Hardness Number, VHN) didefinisikan sebagai beban dibagi dengan luas permukaan lekukan. Besar sudut antara permukaan yang terdapat pada piramida intan ini memiliki sudut 136° dan memiliki dua tipe pembebanan yang digunakan pada metode ini yaitu mikro 10-1000 g dan makro 1-100 Kg.

Tujuan dari pengujian kekerasan suatu material dengan bentuk daya tahan material terhadap yang dibebankan. Pengujian kekerasan dengan metode Vickers, bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramida. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari nilai kekerasan Vickers. Berikut adalah rumus untuk mencari nilai kekerasan Vickers.

$$VHN = \frac{F}{A}$$

Dimana: VHN = Nilai kekerasan menurut metode Vickers.

F = Gaya pendesakan masing-masing dalam N (newton) dan kgf (kilogram force).

A = Luas pendesakan berbentuk limas dalam mm^2 (milimeter persegi)

Pada penelitian ini menggunakan cara penekanan Vickers dengan menggunakan penekan berbentuk piramida intan. Bahan uji ditekan dengan gaya tertentu dan terjadi cetakan pada bahan uji dari intan. (Mamun and Hasanuzzaman 2020)

2.6.2. Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan Rockwell adalah pengujian dengan cara menemukan permukaan benda uji dengan suatu indikator. Pada pengujian kekerasan Rockwell diukur kedalaman pembenanan (t) penekan. Sebagai penekan pada baja yang dikeraskan digunakan sebuah kerucut intan. Untuk menyeimbangkan ketidakrataannya yang diakibatkan oleh permukaan yang tidak bersih, maka kerucut

intan ditekankan keatas bidang uji, pertama dengan beban pendahuluan 10 kg. setelah ini, beban ditingkatkan menjadi 150 kg sehingga tercapai kedalaman pembenanan terbesar (Haryadi, 2006). Pada pengujian kekerasan Rockwell memiliki dua macam indentor yang digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan material, antara lain: bola baja atau dapat disebut Rockwell Ball dan kerucut intan dengan besar sudut 120o dan dapat disebut dengan Rockwell cone. Semakin keras bahan yang diuji, makin dangkal masuknya penekan dan sebaliknya makin lunak bahan yang diuji, makin dalam masuknya. Cara Rockwell sangat disukai karena dengan cepat dapat diketahui kekerasannya tanpa menghitung dan mengukur. Seperti yang dapat dilihat pada data tabel dibawah menghitung dan mengukur pada tabel 2. 1 adalah tabel standar kekerasan dari pengujian dengan metode rockwell, berikut adalah standar pengujian Rockwell.

Tabel 2.1 Standar pada pengujian Rockwell

Skala	Penekanan	Beban			Skala Kekerasan	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120 ^o	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558mm (1/16’’)	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120 ^o	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120 ^o	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3.175mm (1/8’’)	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35mm (1/4’’)	10	50	60	130	Merah

M	Bola baja 6,35mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7mm	10	140	150	130	Merah

Pada proses pengujian kekerasan ini terdapat dua tahapan proses pembebanan yang meliputi tahapan beban minor dan beban mayor, dimana pada proses pembebanan minor besar pembebanan maksimal adalah 10 Kgf dan sedangkan pembebanan mayor tergantung terhadap skala kekerasan yang digunakan. Pada proses pengujian dengan metode Rockwell adapun penggunaan satuan, satuan yang terdapat pada pengujian Rockwell yang umum digunakan ada tiga macam, yaitu HRA, HRB, dan HRC. HR adalah suatu singkatan dari pengujian kekerasan Rockwell, namun pada pengujian material yang tingkat kekerasannya sama sekali belum diketahui disarankan menggunakan pengujian kekerasan HRC karena pada pengujian kekerasan tersebut indenter yang digunakan adalah kerucut intan dengan beban 150 Kgf. Digunakannya metode ini bertujuan untuk mencegah rusaknya indenter yang dikarenakan lebih kerasnya material yang akan diuji dibandingkan dengan indenter tersebut. (Mamun and Hasanuzzaman 2020)

2.6.3. Uji Kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan Brinell merupakan pengujian kekerasan dengan pengidentifikasian beban terhadap permukaan material yang akan diuji dengan penekanan menggunakan bola baja yang telah dikeraskan. Beban uji untuk logam yang keras adalah 3000 kg, sedangkan untuk logam yang lebih lunak beban dikurangi sampai 500 kg. Lama penekanan 20 – 30 detik dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop daya rendah, setelah beban tersebut dihilangkan. Permukaan dimana lekukan akan dibuat relatif halus, bebas dari debu atau kerak. Tujuan dari pengujian kekerasan ini adalah untuk menentukan tingkat kekerasan material dalam bentuk daya tahan material, terhadap indenter yang ditekan terhadap permukaan material yang diuji. Metode ini baik digunakan untuk material dengan kekerasan brinell 400 HB. Simbol yang digunakan untuk nilai

kekerasan Brinell menggunakan simbol HB (*Hardness Brinell*), nilai kekerasan tersebut didapatkan melalui hasil pembagian dari beban penekanan dengan luas permukaan lekukan yang diperoleh dari proses pengujian menggunakan bola baja tersebut. Angka kekerasan Brinell (Brinell hardness number, BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luas permukaan lekukan, persamaan untuk angka kekerasan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\frac{F}{\frac{n}{2}D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Keterangan:

HB = Nilai kekerasan Brinell

D = Diameter bola (mm)

d = Diameter lekukan (mm)

F = Beban yang digunakan (Kg)

Pemilihan beban tergantung dari nilai kekerasan material, semakin besar nilai kekerasan material maka beban yang digunakan juga semakin besar dan sebaliknya apabila kecilnya nilai kekerasan material, maka beban yang digunakan cenderung kecil. Beban yang digunakan untuk logam besi berkisar 3000 Kg selama 10 detik dan untuk logam non besi berkisar 500 Kg selama 30 detik. (Mamun and Hasanuzzaman 2020)

2.7. Standart Uji Geser Dan Uji Kekerasan

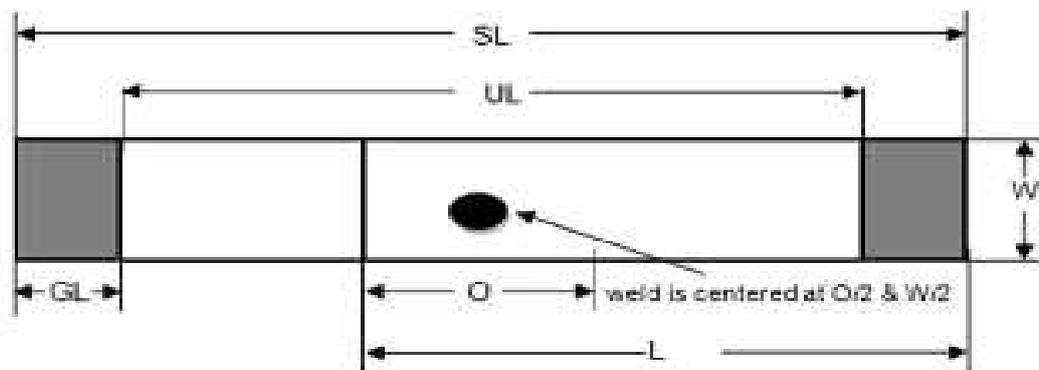
Standar uji geser mengacu pada standart AWS D8.9-97 merupakan pedoman yang diterbitkan oleh American Welding Society yang berjudul "*Recommended Practices for Test Methods for Evaluating the Resistance Spot welding Behavior of Automotive Sheet Steel Materials*". Standar ini digunakan untuk mengevaluasi karakteristik sambungan las titik pada material pelat baja otomotif melalui berbagai metode pengujian mekanik di laboratorium. Dalam penelitian ini, standar AWS D8.9-97 digunakan sebagai acuan untuk melakukan uji geser tarik (lap shear test) pada sambungan las titik, guna mengetahui kekuatan sambungan antar material (seperti baja karbon rendah dan *Stainless steel*). Uji ini dilakukan dengan menarik dua pelat yang disambung secara tumpang tindih hingga sambungan mengalami kegagalan. Adapun parameter pengujian seperti dimensi spesimen, kecepatan pembebanan, dan metode pembacaan hasil uji disesuaikan berdasarkan

ketentuan yang tercantum dalam standar tersebut, agar hasil pengujian dapat divalidasi dan dibandingkan secara ilmiah.

Tabel 2.2 Sampel Uji Kekuatan Geser

Tabel						
<i>Shear tension sampel dimension</i>						
<i>Sheet thickness</i>	<i>Coupon Length</i> L^a	<i>Coupon Width</i> W^b	<i>Overlap</i> O^b	<i>Sample length</i> SL^a	<i>Unclamped length</i> UL^b	<i>Gripped length</i> GL^b
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,60-1,29	105	45	35	175	95	40
1,30-3,00	1,38	60	45	2,30	105	62,5

Dan adapun bentuk spesimen yang akan dibentuk menurut standart AWS D8.9-97 adalah sebagai berikut



Gambar 2.13 Standar AWS D8.9-97 (Amin and Anwar 2020)

Sedangkan Standart uji kekerasan adalah ASTM E384 menetapkan metode pengujian kekerasan mikroindentasi menggunakan indenter Knoop dan Vickers untuk gaya uji berkisar dari 1 gf hingga 1000 gf ($\approx 0,0098$ – $9,807$ N), serta dalam beberapa versi ditambah pengujian makro hingga ~ 120 kgf (≈ 1177 N)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian berada di laboratorium Univeersitas Muhammadiyah Sumatra Utara Jl. Kapten muchtar Basri No. 03 Medan

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian Dimulai setelah judul penelitian di setuju oleh Ketua Program Study Teknik Mesin, dilaksanakan laboratorium MKM Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Jadwal dan kegiatan penelitian sebagai berikut

Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul						
2	Study literatur						
3	Penulisan proposal						
4	Seminar proposal						
5	Seminar hasil						
6	Pengujian /Tes material						
7	Sidang skripsi						

3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang akan digunakan untuk melakukan proses pengelasan dan juga pengujian kekuatan pada sambungan *Spot welding* pada bahan baja

karbon rendah dan *Stainless steel* yang berupa uji tarik dan uji kekerasan adalah sebagai berikut :

3.2.1. Alat penelitian

1. Mesin Las Titik

mesin *Spot welding* digunakan untuk melakukan proses pengelasan pada spesimen uji yang berupa plat baja karbon rendah dan plat *Stainless steel* yang sudah di sediakan dan di bentuk sesuai standart ASW D8.9-97 kemudian hasil dari pengelasan tersebut akan di tes kekuatannya menggunakan alat uji geser dan uji kekerasan



Gambar 3.1 Mesin Las Titik

2. Alat Uji Tarik

Alat uji tarik digunakan untuk menguji kekuatan sambungan las *Spot welding* yang ada pada sambungan plat baja karbon rendah dan *Stainless steel*. Cara pengujiannya adalah dengan memasang spesimen pada alat pengikat pada alat uji tarik lalu hidupkan mesin agar proses penarikan dapat dilakukan lalu spesimen yang sudah dipasang kemudian ditarik hingga spesimen yang sudah di las

menggunakan mesin *Spot welding* terputus dan mengeluarkan data yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini.



Gambar 3.2 Alat uji tarik

3. Uji Kekerasan

Alat uji kekerasan di gunakan untuk menguji kekerasan hasil pengelasan *Spot welding* pada sambungan Baja karbo rendah dan *Stainless steel*. Cara pengujiannya adalah dengan menekan mata intan pada mesin uji kekerasan lalu mengikuti intruksi lain pada uji kekerasan sampai mendapat hasil pengukuran



Gambar 3.3 Alat tes kekerasan

4. Mesin Milling

Mesin milling di gunakan untuk meratakan sprsimen yang di potong menggunakan gerinda dan sekaligus untuk membentuk spesimen uji sesuai dengan standart ASW D8.9-97



Gambar 3.4 Mesin milling

5. Jangka Sorong

Alat ukur jangka sorong akan digunakan untuk mengukur ukuran spesimen uji pada saat proses pembentukan sesuai standar yang sudah ditentukan sebelum

melakukan proses pengelasan sekaligus menjadi alat ukur pada saat proses pengujian



Gambar 3.5 Jangka sorong

6. Tang

Alat ini digunakan sebagai alat pegang spesimen uji pada saat proses pengelasan ini dilakukan



Gambar 3.6 Tang

7. Gerinda Tangan

Gerinda tangan di gunakan untuk memotong atau membentuk plat yang akan di uji sesuai ukuran yang sudah ditentukan



Gambar 3.7 Gerinda tangan

8. Sarung Tangan

Jenis sarung tangan yang digunakan dalam pada proses pengelasan ini ialah sarung tangan kain yang bertujuan untuk menghindari luka sayat pada telapak tangan saat melakukan proses pemotongan benda kerja Baja karbon rendah dan *Stainless steel* dan juga untuk menghindari kontak kulit secara langsung dengan permukaan panas pada saat proses pengelasan *Spot welding* berlangsung



Gambar 3.8 Sarung tangan

9. Kaca Mata *Safety*

Kacamata *safety* berfungsi untuk melindungi mata dari sisa material yang berterbangan pada saat saat melakukan proses pemotongan spesimen uji menggunakan mesin gerinda tangan



Gambar 3.9 Kacamata *Safety*

3.2.2 Bahan penelitian

1. Plat *Stainless Steel*

Bahan yang digunakan untuk adalah plat *Stainless steel* dan untuk ukuran plat yang digunakan adalah plat dengan tebal 2 mm



Gambar 3.10 Plat *Stainless steel*

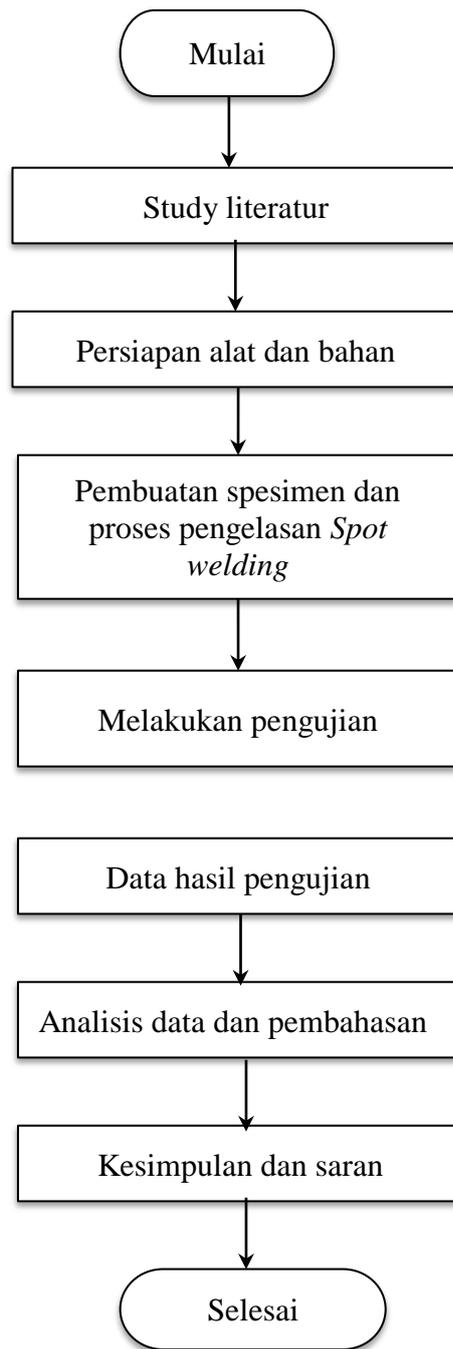
2. Plat Baja Karbon Rendah

Bahan yang digunakan adalah plat baja karbon rendah. Untuk ukuran plat yang di gunakan adalah plat Baja karbon rendah dangan tebal 2 mm.



Gambar 3.11 Plat baja karbon rendah

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.12 Bagan alir penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.13 Desain Mesin las titik

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Tahapan Pembuatan

1. Studi Literasi

Metode ini dilakukan untuk mencari sumber referensi yang berkaitan dengan proses pengelasan, pengujian kekuatan geser dan kekuatan tarik

2. Pembuatan Spesimen

Spesimen dibentuk sesuai Standart AWS D8.9-97 dan dilas menggunakan teknik sambungan yang di gunakan adalah *Lap joint Spot welding* yang merupakan salah satu jenis sambungan las yang umum digunakan dalam proses pengelasan titik (*Spot welding*). Pada jenis sambungan ini, dua atau lebih lembaran logam disusun saling tumpang tindih (*lap joint*), kemudian disambungkan dengan menggunakan las titik di area tumpang tindih tersebut. Serta variabel bebas berupa jenis material yang berupa *stainless stell* dan baja karbon rendah, sedangkan variabel tetapnya antara lain adalah waktu penahanan 4 detik, tekanan sebesar 1kg, diameter elektroda 3mm, ketebalan material 2mm dan menggunakan standart AWS D8.9-97 sesuai gambar 2.13 pada bab 2 diatas dan uji kekerasan menggunakan standart ASTM E384

3.5.2 Tahapan Pengujian

Penelitian ini menggunakan dua metode pengujian yaitu uji kekuatan geser dan uji kekerasan material langkah – langkah pengujiannya sebagai berikut

Posedur pengujian kekuatan geser :

1. Siapkan dan periksalah benda kerja yang akan diuji. Catatlah ukuran benda kerja (panjang, panjang ukur, lebar, dan tebal mula-mula)
2. Periksalah keadaan mesin serta peralatan yang digunakan.
3. Putar switch utama pada posisi “1”, switch terletak pada bagian belakang mesin dalam switch gear cabinet.
4. Hidupkan mesin dengan menekan tombol “ON”.
5. Aturlah posisi katup pada kedudukan closed.
6. Putarlah kran pengatur pada posisi menutup (putar ke kanan agak kencang) atau pada posisi “1”.
7. Aturlah kedudukan kopling atau lever dalam keadaan netral (nol) dengan cara memutar micro controller.

8. Tentukan piringan beban/load sesuai dengan bahan benda kerja yang akan diuji.
9. Jepit ujung benda kerja bagian atas pada grip chuck. Aturilah skala perpanjangan pada posisi nol (dengan kopling lever). Jepit ujung benda kerja bagian bawah (tentukan ukuran panjangnya) dengan cara mengatur kedudukan chuck bagian bawah. Setel jarum indikator pada posisi nol (dengan catatan tidak ada beban).
10. Mulailah pengujian dengan perlahan-lahan sambil memutar micro controller ke kanan (dapat dilihat pada skala dial).
11. Baca dan catatlah pertambahan gaya pada skala indikator untuk setiap pertambahan panjang
12. Setelah benda kerja patah, perhatikan nilai yang keluar pada alat uji.
13. Catatlah data yang dihasil yang didapat
14. Kemudian dari data yang dikumpulkan gambarlah grafik hubungan tegangan pada spesimen tersebut

Prosedur pengujian kekerasan material :

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan dilakukan untuk pengujian hardness.
2. Membagi benda kerja menjadi 3 titik pada setiap specimen dimulai dari tengah benda kerja sampai ke ujung benda kerja.
3. Menghidupkan alat uji kekerasan material.
4. Menyetel benda kerja tepat ditengah titik yang pertama dari specimen dengan alat uji hardness.
5. Mengunci benda kerja,dan memutar batang ulir pengangkat hingga specimen mengenai indenter,kemudian dilepaskan sehingga terlihat nilai HVnya.
6. Mencatat nilai HV dan melepaskan benda kerja,dan menjepit benda kerja ditengah titik selanjutnya, kemudian mereset nilai HV pada monitor hardness test menjadi 0 dan mengembalikan ke HV.
7. Setelah titik 1 selesai,melakukan hal yang sama hingga pada titik 3 dan spesimen lainnya.

8. uji Setelah selesai matikan alat harness test dan membersihkan peralatan dan ruang sekitarnya.
9. Menganalisa data hasil percobaan uji kekerasan hardnes test

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pembuatan Spesimen

Membuat bentuk atau menggambar bentuk spesimen uji pada plat *stainless steel* dan besi karbon menggunakan guris dan dilebihkan sebanyak 5 mm dari ukuran aslinya agar pada saat proses pemotongan menggunakan gerinda tangan tidak sampai melewati ukuran yang sudah ditentukan karena pada saat proses pemotongan bisa terjadi kesalahan dan untuk menghindari itu kita harus melebihkan ukuran pada plat yang kita bentuk. Seperti yang terlihat pada gambar di bawah.



Gambar 4.1 Membuat garis pada material yang akan di kerjakan

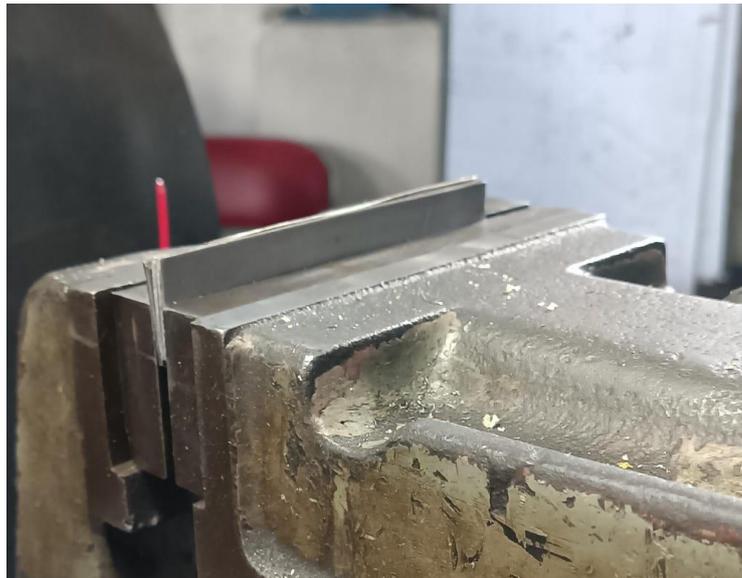
Proses pemotongan plat *Stainless steel* dan juga baja karbon rendah dengan menggunakan mesin potong yang sudah tersedia. Kemudian bahan dipotong mengikuti garis yang sudah dibuat tadi. Jangan lupa sebelum melakukan proses pemotongan operator harus menggunakan kacamata *safety* guna melindungi mata dari percikan hasil dari proses pemotongan tersebut juga pastikan tidak ada masalah pada mesin potong yang digunakan dan juga pastikan proses pemotong dilakukan secara perlahan guna menghindari kecelakaan dan juga terjadinya potongan spesimen yang tidak sesuai yang diinginkan karena beberapa kasus

terjadi hasil yang tidak sesuai pada hasil pemotongan dikarenakan terlalu terburu-buru pada saat pemotongan



Gambar 4.2 Proses pemotongan spesimen uji

Ikut benda kerja pada bais mesin milling dengan erat agar menghindari rusaknya spesimen uji ataupun lepasnya spesimen dari bais pengikat pada saat proses pembentukan



Gambar 4.3 Pengikatan spesimen pada bais

Proses pembentukan spesimen uji dilakukan secara perlahan dan juga hati-hati serta pastikan mata ada dalam jarak aman karena terkadang bagian sisa atau disebut bram sisa pemotongan akan berterbangan ke segala arah dan juga menjaga

agar tidak terjadi kesalahan pada spesimen pada saat pembentukan menggunakan mesin milling dengan ukuran yang sesuai dengan standar ASW D8.9-97.



Gambar 4.4 Proses pembentukan spesimen uji sesuai standar

Berikut hasil dari pemotongan dan pembentukan spesimen menggunakan gerinda tangan dan juga mesin milling sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Spesimen pada gambar berjumlah 12 buah yang akan disambung menjadi 6 spesimen yang terdiri dari 3 spesimen baja karbon rendah dan juga 3 spesimen dari *Stainless steel* dan telah siap untuk ketahap selanjutnya yaitu proses pengelasan menggunakan mesin *Spot welding*



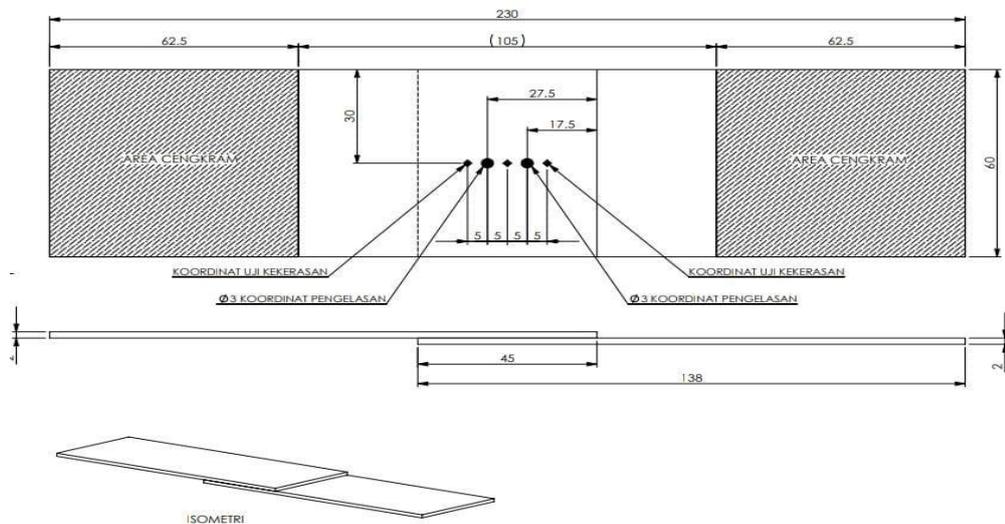
Gambar 4.5 Hasil spesimen setelah selesai di bentuk

Setelah spesimen selesai di sediakan maka langkah selanjutnya adalah menyediakan mesin *Spot welding* yang akan digunakan dan juga memastikan mesin *Spot welding* tersebut menyala dan berfungsi normal guna kelancaran proses pengelasan yang akan dilakukan. Kondisi mesin *Spot welding* terlihat pada gambar dibawah



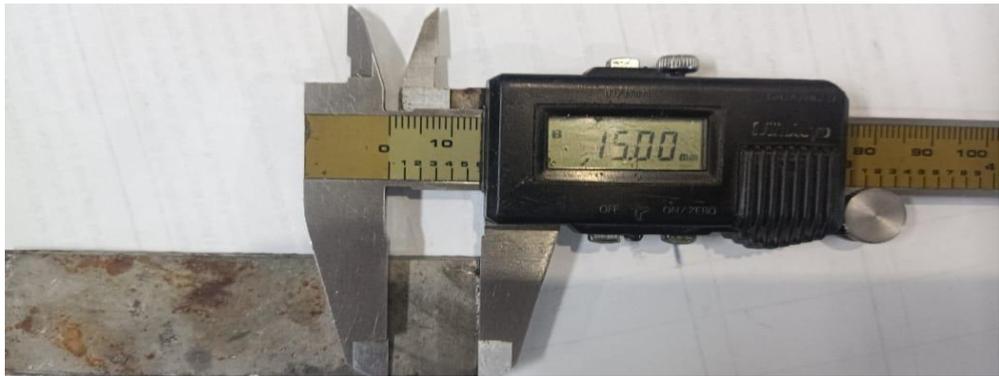
Gambar 4.6 Mesin las dalam kondisi ON

Sebelum melakukan pengelasan kita harus memperhatikan gambar yang telah di siapkan dan sekaligus yang akan menjadi acuan dan kordinat titik pengelasan yang akan dilakukan menggunakan *Spot welding*. Berikut gambar dibawah adalah rancangan spesimen dan koordinat pengelasan pada spesimen yang akan di las



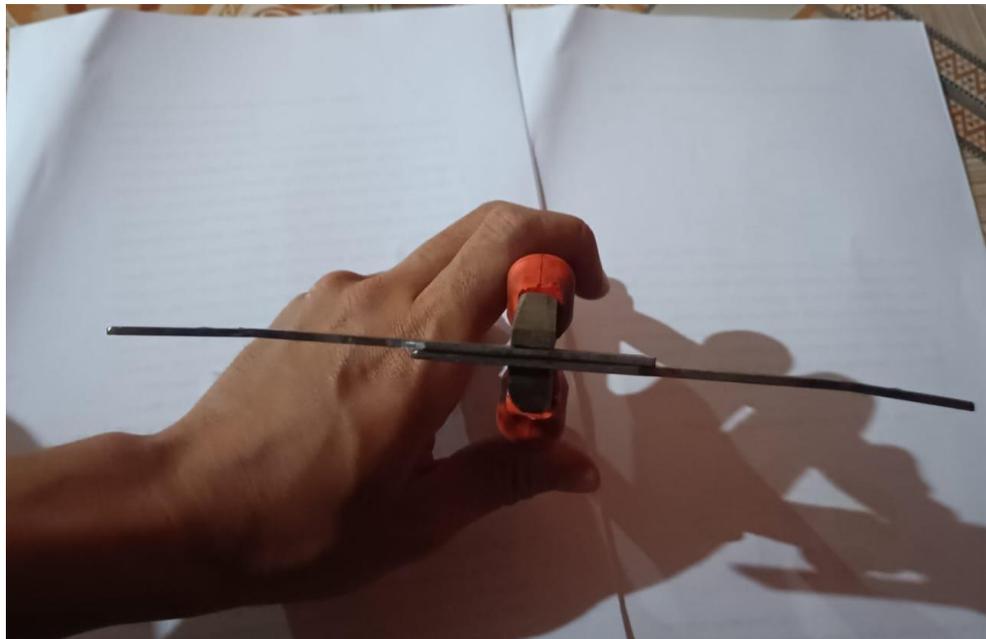
Gambar 4.7 Gambar rancangan spesimen uji

Membuat koordinat titik pengelasan pada spesimen uji yang telah ditentukan dan pengukuran menggunakan jangka sorong digital atau sigmat digital yang telah disiapkan kemudian ditandai menggunakan spidol atau pulpen sebagai penanda koordinat titik yang akan di las nanti menggunakan mesin las *Spot welding* yang sudah di sediakan tadi. Berikut adalah contoh kordinat spesimen yang diukur menggunakan sigmat atau jangka sorong digital guna mendapat ukuran yang presisi



Gambar 4.8 Kordinat titik pengelasan

Pegang spesimen dengan cara di tumpang tindihkan dua spesimen menjadi satu menggunakan tang jepit dan juga menjadi *safety* agar tangan tidak mengalami cedera pada saat pengelasan



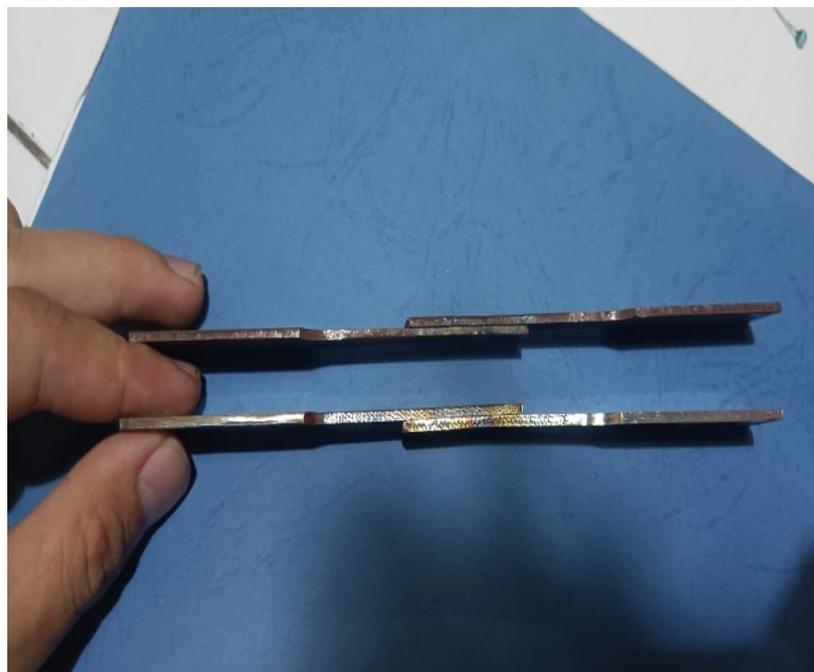
Gambar 4.9 Memegang spesimen menggunakan tang jepit

Melakukan proses penyambungan menggunakan mesin las *Spot welding* secara perlahan dan hati-hati mulai dari spesimen pertama hingga spesimen terakhir. Jumlah spesimen yang kita buat sejumlah 6 spesimen dengan waktu yang sama yaitu 4 detik yang mana di waktu pengelasan menggunakan stopwatch dari handphone



Gambar 4.10 Waktu pengelasan

Stelah proses pengelasan selesai maka spesimen akan dikumpulkan dan dihitung guna memastikan jumlah spesimen yang di kerjakan



Gambar 4.11 Hasil pengelasan

Setelah semua proses pengelasan telah selesai maka kembalikan semua perlengkapan yang digunakan tadi pada tempatnya dan tanpa ada yang tertinggal atau hilang pastikan mesin kembali pada kondisi off dan juga jangan lupa membersihkan tempat lokasi pengelasan yang sudah kita gunakan tadi.

4.1.1 Pengujian Kekuatan Geser

Mempersiapkan spesimen dan juga alat tulis guna mencatat hasil dari setiap spesimen pengujian yang akan dilakukan menggunakan mesin uji



Gambar 4.12 Perlengkapan tulis

Mengukur ulang ukuran (panjang) spesimen awal sebelum melakukan pengujian guna memastikan ukuran spesimen sesuai dengan standar yang sudah ditentukan



Gambar 4.13 Pengukuran ulang spesimen sebelum di uji

Memastikan mesin uji dalam kondisi on dan berfungsi normal guna kelancaran proses pengujian yang dilakukan



Gambar 4.14 Mesin uji dalam kondisi on berfungsi normal

Meletakkan spesimen uji pada alat pengujian atau pada pengikat mesin dan pastikan spesimen uji terikat dengan kuat guna memastikan hasil yang baik pada saat pengujian berlangsung



Gambar 4.15 Spesimen uji di letakan pada bais

Melakukan hal yang sama pada setiap pengujian yang sama pada setiap spesimen uji hingga selesai setelah itu rapikan dan bersihkan mesin, area yang digunakan dan peralatan lainnya

4.1.2 Pengujian Kekerasan

Mempersiapkan alat tulis seperti kertas dan pena guna mencatat hasil pengujian yang akan dilakukan menggunakan uji kekerasan setiap spesimen yang akan di uji



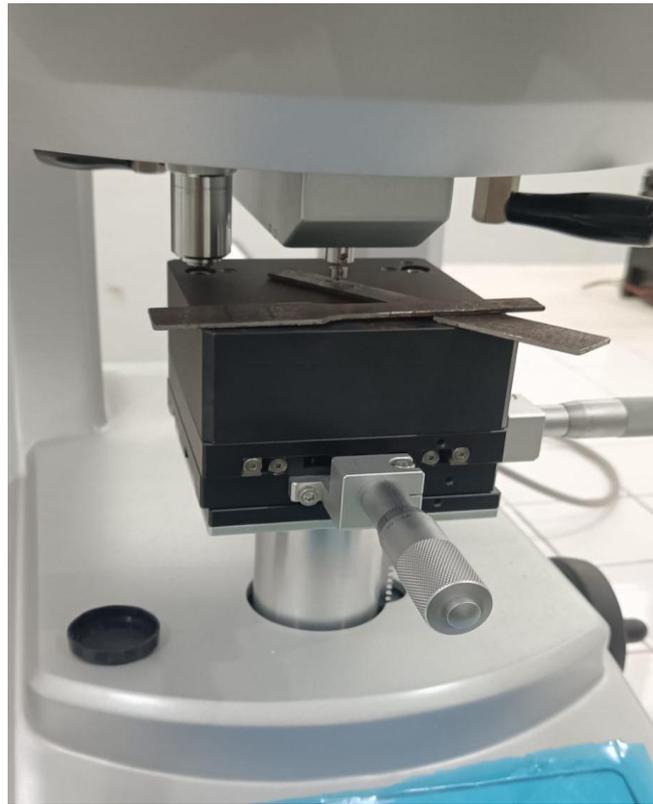
Gambar 4.18 Perlengkapan tulis

Kita akan menggunakan Alat uji kekerasan vickers. Langkah awal yang harus kita lakukan adalah Hidupkan alat uji dan pastikan alat uji dalam kondisi ON dan berfungsi normal



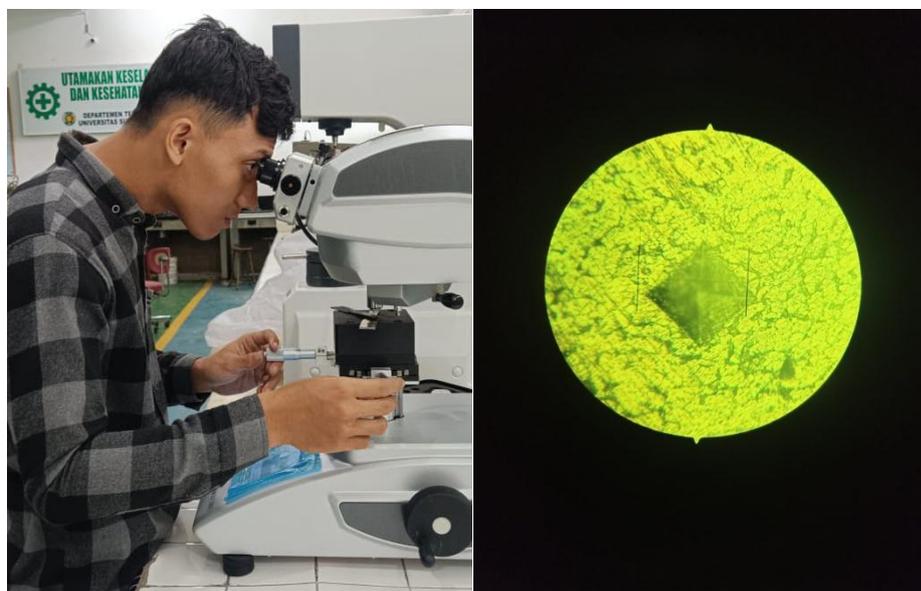
Gambar 4.19 Mesin uji dalam kondisi ON

Meletakkan spesimen uji pada tempat uji pada alat uji kekerasan pastikan bagian yang akan di uji di letakkan di bawah jarum pengujian seperti pada gambar



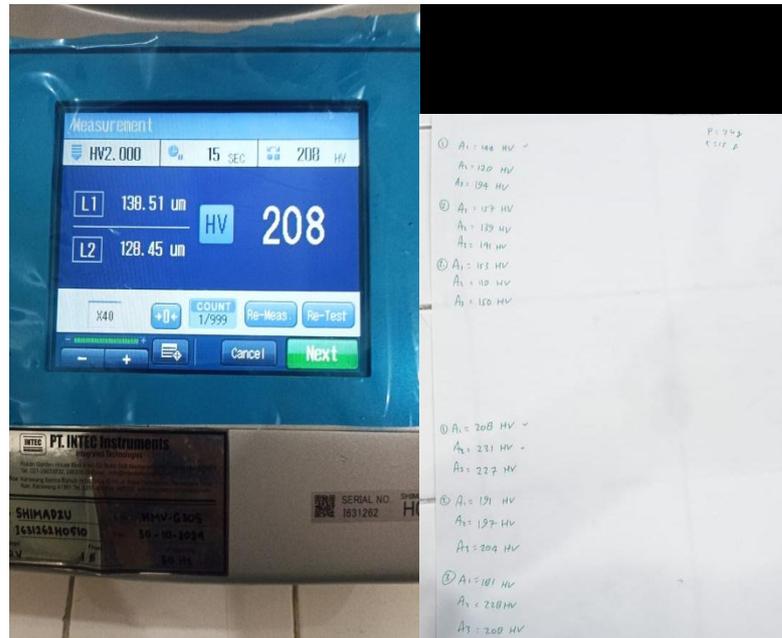
Gambar 4.20 Peletakan spesimen uji

Melakukan proses pengujian mengikuti panduan yang ada serta melakukannya secara hati-hati dan perlahan



Gambar 4.21 Proses pengujian

Mencatat hasil pengujian spesimen pertama hingga spesimen terakhir dan kemudian membuat hasil laporan berdasarkan data tersebut



Gambar 4.22 Hasil pengujian kekerasan

Kembalikan mesin pada kondisi OFF bersihkan area kerja dan kembalikan semua peralatan ke posisi semula

4.2 Pembahasan

4.2.1 Tegangan Geser

$$\tau = \frac{F}{A}$$

τ = Tegangan geser maksimum (N/mm²)

F = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang mula-mula (mm²)

Hasil perhitungan pengujian baja karbon – 1

Dari hasil pengujian pada spesimen baja karbon rendah 1 didapat hasil gaya maksimal 5100N

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot (2)$$

$$A = \frac{3.14}{4} x 3^2 x (2)$$

$$A = 7,065x2$$

$$A = 14,13mm^2$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{5100N}{14,13mm^2}$$

$$\tau = 360,93N / mm^2$$

Hasil perhitungan pengujian baja karbon karbon – 2

Dari hasil pengujian pada spesimen baja karbon rendah 1 didapat hasil gaya maksimal 6600N

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot (2)$$

$$A = \frac{3.14}{4} x 3^2 x (2)$$

$$A = 7,065x2$$

$$A = 14,13mm^2$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{6600N}{14,13mm^2}$$

$$\tau = 467,09N / mm^2$$

Hasil perhitungan pengujian baja karbon karbon – 3

Dari hasil pengujian pada spesimen baja karbon rendah 1 didapat hasil gaya maksimal 5950N

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot (2)$$

$$A = \frac{3.14}{4} x 3^2 x (2)$$

$$A = 7,065x2$$

$$A = 14,13mm^2$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{5960N}{14,13mm^2}$$

$$\tau = 421,80N / mm^2$$

Jadi setelah melakukan pengujian di atas maka dapat disimpulkan bahwa hasil rata-rata tegangan geser pada masing-masing spesimen yang berjumlah 3 spesimen baja karbon mulai dari yang pertama hingga yang terakhir adalah $416,61 N/mm^2$

Hasil perhitungan pengujian *Stainless steel* – 1

Dari hasil pengujian pada spesimen *Stainless steel* 1 didapat hasil gaya maksimal 8850N

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 .(2)$$

$$A = \frac{3.14}{4} x 3^2 x(2)$$

$$A = 7,065x2$$

$$A = 14,13mm^2$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{8850N}{14,13mm^2}$$

$$\tau = 626,32N / mm^2$$

Hasil perhitungan pengujian *Stainless steel* – 2

Dari hasil pengujian pada spesimen *Stainless steel* 2 maka didapat hasil gaya maksimal 8600N

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 .(2)$$

$$A = \frac{3.14}{4} x 3^2 x(2)$$

$$A = 7,065x2$$

$$A = 14,13mm^2$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{8600N}{14,13mm^2}$$

$$\tau = 608,63N / mm^2$$

Hasil perhitungan pengujian *Stainless steel* – 3

Dari hasil pengujian pada spesimen *Stainless steel* 1 maka didapat hasil gaya maksimal 11750N

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 .(2)$$

$$A = \frac{3.14}{4} x3^2 x(2)$$

$$A = 7,065x2$$

$$A = 14,13mm^2$$

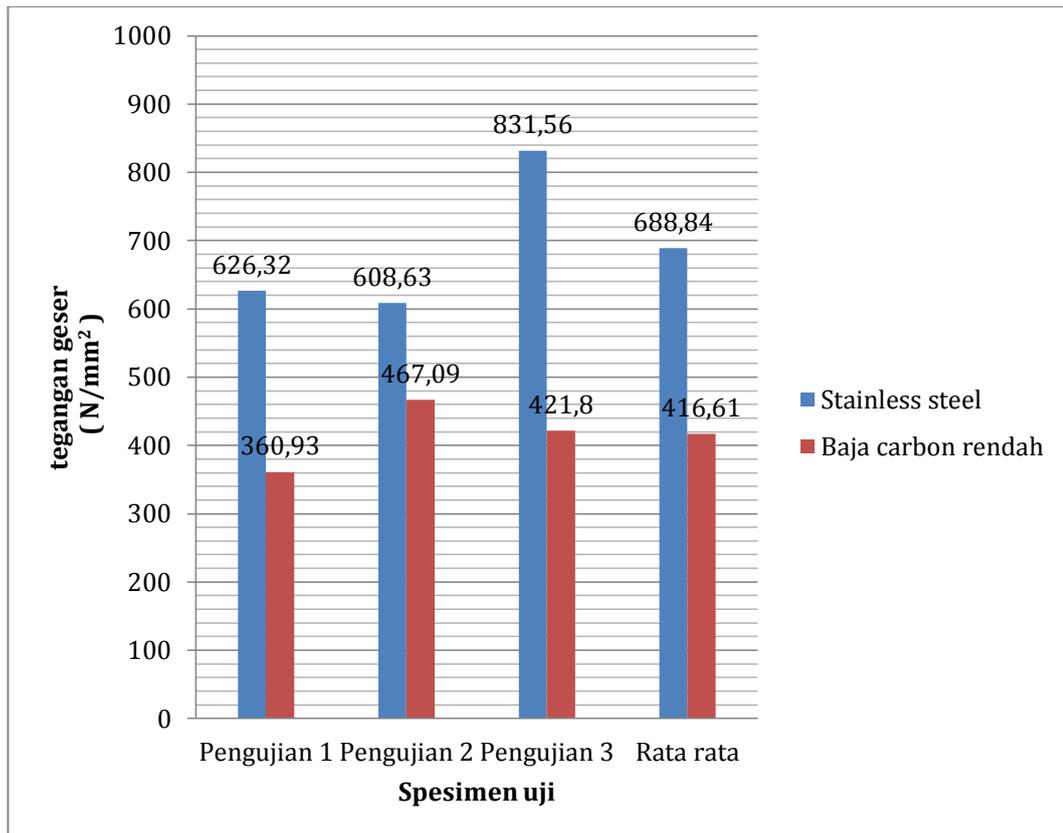
$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{11750N}{14,13mm^2}$$

$$\tau = 831,56N / mm^2$$

Jadi disimpulkan bahwa hasil rata-rata tegangan geser pada 3 spesimen *Stainless steel* adalah $688,84 mm^2$

Setelah dilakukan pengujian dapat dilihat bahwa kerusakan terjadi pada bagian yang dilas dan bukan pada spesimen uji melihat hasil analisa data di atas maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengelasan menggunakan *Spot welding* antara material baja karbon rendah dan *Stainless steel* terbukti *Stainless steel* memiliki kekuatan lebih besar dengan waktu pengelasan yang sama yaitu 4 detik. Dikarenakan *Stainless steel* menghasilkan dan tegangan geser lebih besar dibandingkan material baja karbon rendah berikut saya akan menunjukkan diagram dari hasil analisa data di atas



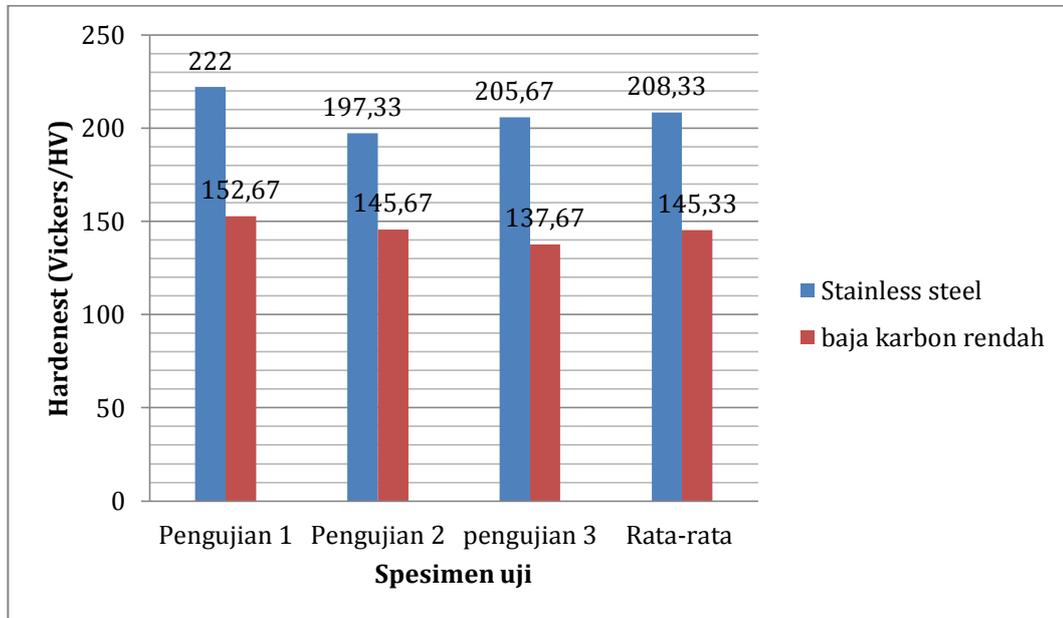
Gambar 4.23 Diagram hasil analisa dan nilai rata-rata tegangan geser

4.2.2 Kekerasan Spesimen

Uji kekerasan dilakukan guna mengetahui kekerasan material saat sudah dikenakan perlakuan panas berupa pengelasan di area yang di las yang di tentukan dan berikut hasil uji kekerasan yang sudah dilakukan

Spesimen	beban (kgf)	waktu (detik)	Hasil uji (Vickers/HV)	Rata-rata
<i>Stainless steel 1</i>	2	15	208, 231, 227	222,00
<i>Stainless steel 2</i>	2	15	191, 197, 204	197,33
<i>Stainless steel 3</i>	2	15	181, 228, 208	205,67
Baja karbon rendah 1	2	15	144, 120, 194	152,67
Baja karbon rendah 2	2	15	157, 139, 141	145,67
Baja karbon rendah 3	2	15	153, 110, 150	137,67

Dari data yang sudah di dapat di atas yang berasal dari setelah melakukan pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan vickres kemudian data tersebut akan di bentuk menjadi kedalam bentuk diagram seperti yang terlihat pada diagram di bawah.



Gambar 4.24 Diagram hasil analisa dan nilai rata-rata kekerasan material

Setelah melakukan penelitian dan melakukan analisa data seperti diatas dapat disimpulkan bahwa ternyata jenis bahan dapat mempengaruhi kekuatan spesimen yang dilas menggunakan *Spot welding* sebagai contoh setelah melakukan uji coba dan melakukan analisa data. Pada hasil uji coba diatas didapat disimpulan bahwa antara material *Stainless steel* dan juga baja carbon rendah menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda walaupun menggunakan rentang waktu dan alat yang sama sebagai hasilnya material *Stainless steel* mendapat kekuatan tarik yang lebih besar dari pada material baja karbon rendah jadi untuk mendapatkan kekuatan yang sama maka lamanya proses pengelasan harus berbeda atau sedikit lebih lama dibandingkan dengan *Stainless steel*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

4.3 Kesimpulan

Bedasarkan hasil dari pelaksanaan penelitian dapat disimpulkan beberapa hal dengan pengujian *Spot welding* dengan pengujian kekuatan geser

1. Kekuatan las titik antara material *Stainless steel* dan juga baja karbon rendah yang di las menggunakan las titik (*Spot welding*) dan waktu penahanan 4 detik pada pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa pengalasan titik pada *Stainless steel* menghasilkan kekuatan geser lebih baik dibandingkan baja karbon rendah
2. Setelah dilakukan pengelasan bahan *Stainless steel* dan baja karbon rendah didapatkan bahwa *Stainless steel* memiliki kekerasan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan baja karbon rendah
3. Faktor tambahan yang mempengaruhi tegangan geser las *Spot welding* selain jenis bahan antara lain waktu penahanan, arus yang dikeluarkan, diameter elektroda dan ketebalan spesimen

4.4 Saran

Bedasarkan hasil penelitian yang dilakukan, ada beberapa saran yang dapat di berikan yakni, sebagai berikut :

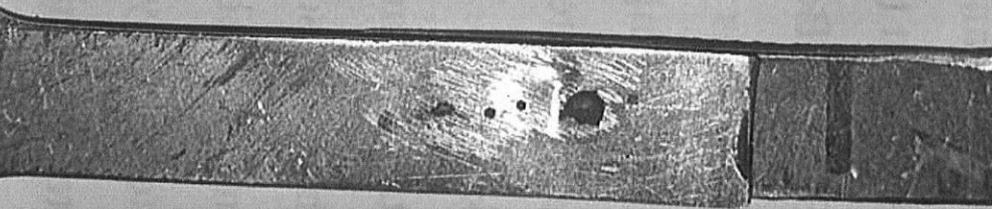
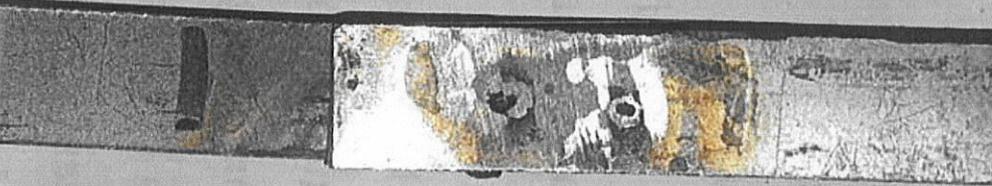
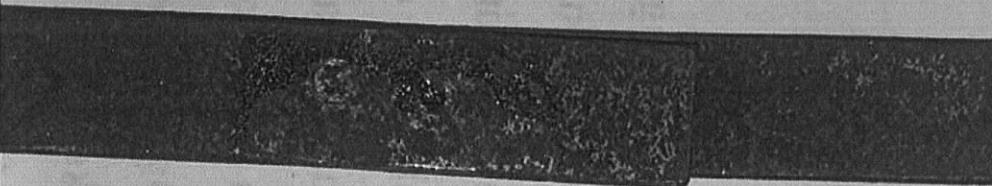
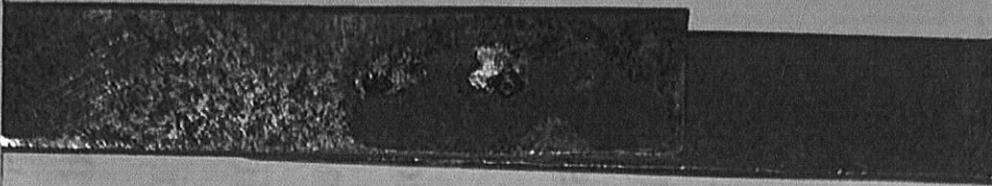
1. Perlunya alat uji yang lebih modern seperti alat uji yang sudah menggunakan komputer agar hasil pengujian lebih akurat
2. Harus selalu memperhatikan kebersihan spesimen yang akan dilas dengan *Spot welding* dan juga memperhatikan kebersihan lingkungan sekitar sehingga kebersihan spesimen selalu terjaga.
3. Operator diharuskan memakai perlengkapan pengaman sesuai standar yang sudah disediakan (sarung tangan, kaca mata, masker, sepatu *safety*, dll)

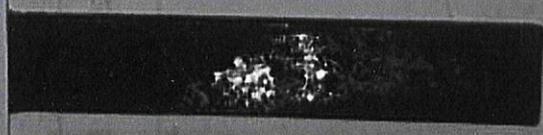
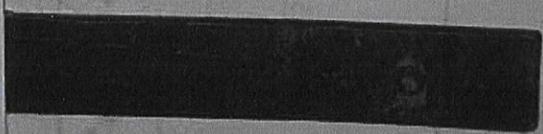
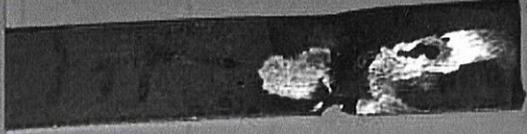
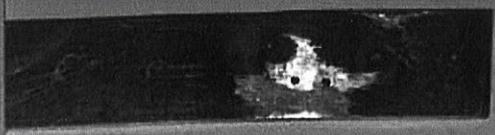
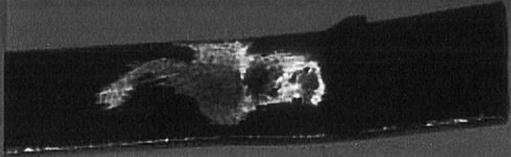
DAFTAR PUSTAKA

- Amin, Ahmadil, and Syarifil Anwar. 2020. "Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Geser Las Titik Beda Material *Stainless steel* Dan Aluminium." *Al Ulum Jurnal Sains Dan Teknologi* 5(2): 44.
- Budiman, Haris, Rochim Suratman, and Muki Satya Permana. 2020. "Studi Karakteristik Hasil Pengelasan Stud Welding A36 Terhadap SA 335 Grade P11 Pada Konstruksi Fins Penukar Kalor Pipa CDU." *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*: 1–8.
- Elektron, Sumber et al. 2019. "Sumber Elektron Tiga Elektroda Menggunakan Tabung Pemercepat Nec Untuk Mbe-Lateks 300kv/20 Ma the Electron Source with Three Electrodes Using Nec Accelerator Tube for Ebm -Latex of 300 Kv/20 Ma." : 91–102.
- Fahrezy, Zydan Irgi. 2023. "Perencanaan Dan Penerapan Maintenance Pada Mesin Las Mig (Metal Inert Gas) Dan Tig (Tungsten Inert Gas) Di Laksana Karoseri." 8(Sens 8): 135–43.
- Hasbi R, Ali, Eka P.S, Basuki, and Fajar Satriya H. 2019. "Rancang Bangun Las (Oaw) Oxy Acetylin Welding Berbahan Bakar Gas Acetylin Untuk Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Hasyim Asy`Ari." *Reaktom : Rekayasa Keteknikan dan Optimasi* 4(1): 17–20.
- Haslinda, Haslinda. 2023. "Analisis Kekuatan Tegangan Geser Pada Baja Karbon Sedang Dari Hasil Sambungan Las Titik." *Insta Adpertisi Journal* 3(2): 29–35.
- Hidayat, Achmad, and Arya Sakti. 2022. "Rancang Bangun Mesin *Spot welding* and Soldering Iron Semi Portable." *Jurnal rekayasa mesin* Vol 7 No 0: 9.
- Lasno, Mohamad, Helmy Purwanto, and Muhammad Dzulfikar. 2019. "Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Tig (Tungsten Inert Gas) Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Pada *Stainless steel* Hollow 304." *Jurnal Ilmiah Momentum* 15(2).
- Mamun, M. A.A., and M. Hasanuzzaman. 2020. "PENGARUH VARIASI ARUS PADA PENGELASAN GMAW TERHADAP KEKUATAN DAN KEKERASAN BAJA ST60." *Energy for Sustainable Development*:

Demand, Supply, Conversion and Management: 1–14.

- Mathews Yose Pratama, Untung Budiarto, Wilma, Sarjito Jokosisworo. 2019. “Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Tekuk, Dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Akibat Pengelasan FCAW (Flux- Cored Arc Welding) Dengan Variasi Jenis Kampuh Dan Posisi Pengelasan.” *Teknik Perkapalan* 7(2): 152–60.
- Nukman. 2019. “Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Akibat Variasi Bentuk Kampuh Las Dan Mendapat Perlakuan Panas.” *Jurnal Rekayasa Mesin* 9(2): 37–43.
- Padilla-Llano, David A., and Justin Ocel. 2021. “Qualification of Electroslag Welds Made from HPS 485W (70W) and 345W (50W) Steels.” *Journal of Constructional Steel Research* 183: 106705. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2021.106705>.
- Perdana, Shandy, Untung Budiarto, Ari Wibawa, and Budi Santosa. 2020. “Pengaruh Variasi Waktu Penahanan (Holding Time) Pada Perlakuan Panas Normalizing Setelah Pengelasan Submerged Arc Welding (SAW) Pada Baja SS400 Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk Dan Mikrografi.” *Teknik Perkapalan* 8(1): 21–30.
- Rahmatika, Amelia, Setiani Ibrahim, Megarini Hersaputri, and Ely Aprilia. 2019. “Studi Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GTAW Alumunium 1050 Dengan Filler ER 4043.” *Jurnal Polimesin* 17(1): 47–54.
- Sahoo, A., and S. Tripathy. 2019. “Development in Plasma Arc Welding Process: A Review.” *Materials Today: Proceedings* 41(xxxx): 363–68.
- Syaiful, A Zilfikar, M Tang, and Julia Dwita Rambung Batu Kada. 2022. “Analisis Laju Korosi Dan Lifetime.” *Jurnal SAINTIS* Vol 3 No 2.
- Warso, Warso, Trio Nur Wibowo, and Yuliyanti Dian Pratiwi. 2021. “Pengaruh Variasi Colling Pada Pengelasan GMAW Terhadap Uji Tarik Dan Uji Kekerasan Pada Baja ST 60.” *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science* 2(1): 22–26.





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

LABORATORIUM METALURGI

Jalan Alamater Kampus USU Medan, 20155

Telp; (061) 8211236, 8212090 Fax; (061) 8213250

Website; <http://dtm.usu.id> e-mail; ft_usu@usu.ac.id



UJI KEKERASAN

LABORATORIUM METALURGI

Bahan	Spesimen	Beban Penekanan (kgf)	Waktu penahanan (detik)	Angka Kekerasan (Vickers/HV)	Rata-Rata
Stainless Steel	1	2	15	208	222,00
				231	
				227	
	2	2	15	191	197,33
				197	
				204	
	3	2	15	181	205,67
				228	
				208	
Baja Karbon Rendah	1	2	15	144	152,67
				120	
				194	
	2	2	15	157	145,67
				139	
				141	
	3	2	15	153	137,67
				110	
				150	

Medan, 11 Maret 2025

Asisten



Reyhan Fahlevi Rambe



LABORATORIUM TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Nama Mahasiswa : M. Saroji
Kampus : UMSU
Jenis Pengujian : Uji Tarik
NPM : 2007230196

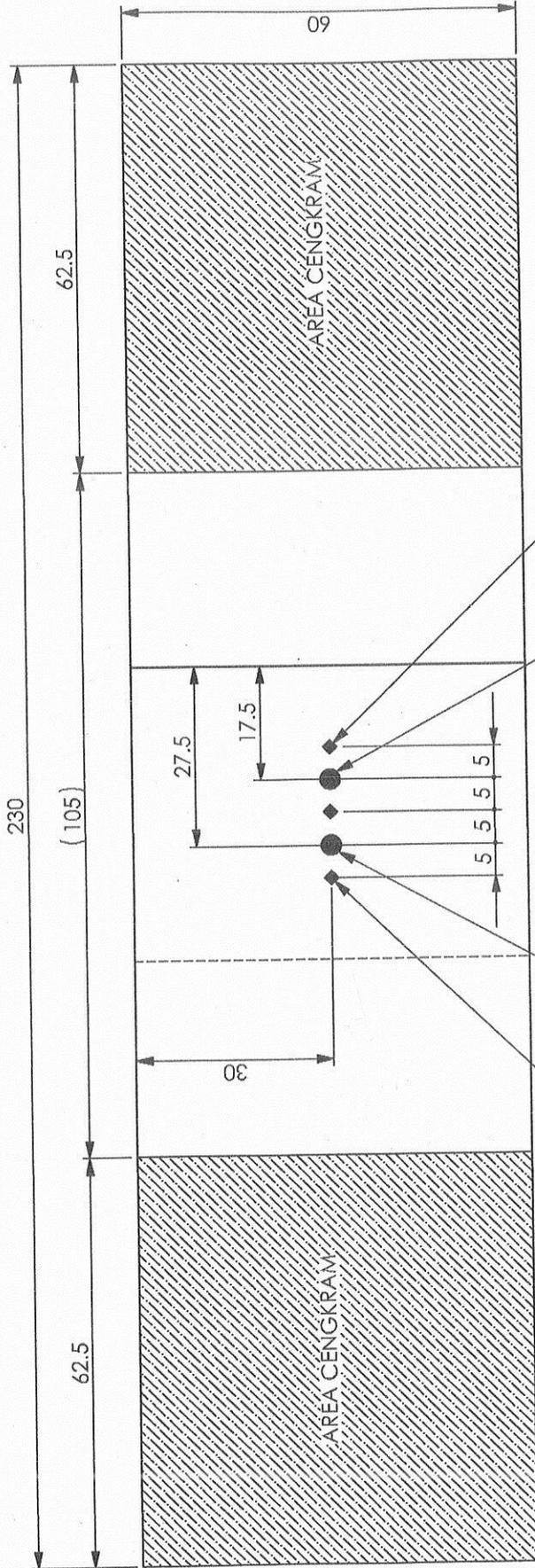
Tanggal uji : 18 - 02 - 2025

No	Kode Spesimen	Lebar (W)		Tebal (T)	Luas (A)	Panjang Awal (Lo)	Panjang Akhir (Li)	Perubahan Panjang (ΔL)	Fy	Fu	Ty	Tu	e
		mm	mm ²										
1	Carbon -1	60,05	2,00	230,50					5100	0,00			
2	Carbon -2	60,10	2,00	230,00					6600	0,00			
3	Carbon -3	60,00	2,00	230,10					5950	0,00			
4	Stainless Steel-1	60,50	2,00	230,00					8850	0,00			
5	Stainless Steel-2	60,00	2,00	230,30					8600	0,00			
6	Stainless Steel-3	60,75	2,00	230,20					11750	0,00			

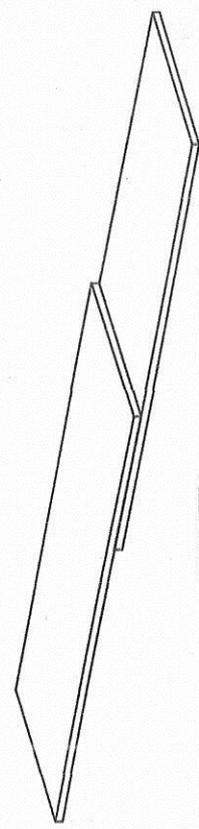
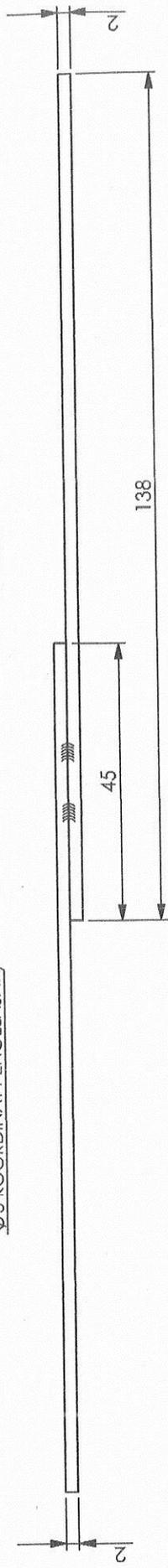
Keterangan : $G = 9,81 \text{ m/s}^2$, $F_f = \text{gaya hambat}$, $F_u = \text{gaya maks}$
 $\sigma_f = \text{tegangan luluh}$, $\sigma_u = \text{tegangan tarik}$, $\epsilon = \text{regangan}$

Penguji,

Edy Pranata Tarigan



KOORDINAT UJI KEKERASAN
 Ø 3 KOORDINAT PENGELASAN
 KOORDINAT UJI KEKERASAN
 Ø 3 KOORDINAT PENGELASAN



ISOMETRI

MATERIAL: 1. STAINLESS STEEL 2. BAJA KARBON RENDAH		NAME: SPESIMEN UJI TARIK	A4
WEIGHT:		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1
1	2	3	

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Pengaruh bahan stainless steel dan baja karbon Rendah pada kekuatan las titik
 Nama : Mhd saroji
 NPM : 2007230196
 Dosen Pembimbing : Arya Rudi Nasution S.T., MT

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	20 Mei/2025	Perbaikan sesuai dengan hasil Revisi Pengujian	
2.	24/Mei 2025	- BAB III Tabel Keputusan - Diagram Alir - Lembar Pengujian	
3.	2 Juni 2025	- lampiran foto dan pengujian	
4.	3 Juni 2025	- Aec Sidang Skripsi	



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila meninjau surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/AK.KP/PT/XII/2022

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id>

fatek@umsu.ac.id

[umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.tiktok.com/@umsumedan)

[umsumedan](https://www.youtube.com/channel/UC...)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor: 1190/3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 02 Desember 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : MHD SAROJI
NPM : 2007230196
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : PENGUJIAN PENGARUH BAHAN PADA KEKUATAN ATAU
DAYA TAHAN SAMBUNGAN SPOT WELDING .

Dosen Pembimbing : ARYA RUDI NST ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 19 Jum. Awal 1445 H
04 Desember 2023 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



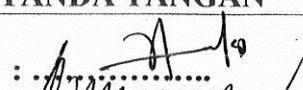
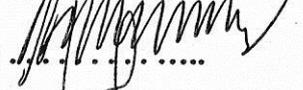
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

Peserta seminar

Nama : Muhammad Saroji

NPM : 2007230196

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Jenis Bahan Pada Kekuatan Las Spot Welding .

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Arya Rudi Nst ST.MT	: 
Pembanding – I : Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.S	: 
Pembanding – II : H.Muharnif ST.M.Sc	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230196	Mhd. Saroji	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 20 Syawal 446 H
19 April 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Muhammad Saroji
NPM : 2007230196
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Jenis Bahan Pada Kekuatan Las Spot Welding .

Dosen Pembanding – I : Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si
Dosen Pembanding – II : H.Muharnif ST.M.Sc
Dosen Pembimbing – I : Aryar Rudi NST ST.MT

KEPUTUSAN

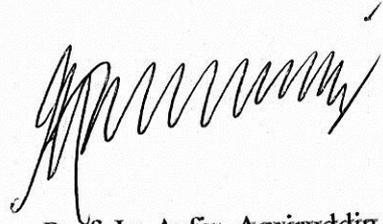
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - judul - material uji
 - teknik pengerjaan - proses uji tarik
 - variabel bebas
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 20 Syawaln 1446 H
19 April 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin


Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- 1


Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Sii

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Muhammad Saroji
NPM : 2007230196
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Jenis Bahan Pada Kekuatan Las Spot Welding
Dosen Pembanding – I : Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif ST.M.Sc
Dosen Pembimbing – I : Arya Rudi NST ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
Ukuran dan steps.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 20 Syawaln 1446 H
19 April 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- 11



H.Muharnif ST.M.Sc

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

1. Nama : Mhd. Saroji
2. Jenis Kelamin : Laki - Laki
3. Tempat Tanggal Lahir : Desa Kolam, 09 November 2001
4. Kewarganegaraan : Indonesia
5. Status : Belum Menikah
6. Agama : Islam
7. Alamat : Jalan Sukmo Desa Kolam
8. No. Hp : 085761260276
9. Email : mhdsaroji5@gmail.com

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

NO	PENDIDIKAN FORMAL	TAHUN
1	SD NEGERI 105290	2007 - 2013
2	MTS AMIN DARUSSALAM	2013 - 2016
3	SMK NEGERI 1 PERCUT SEI TUAN	2016 - 2019
4	TEKNIK MESIN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA	2020 - 2025