

**ANALISIS PENGARUH PARAMETER PENGELASAN SMAW
TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA SS 304**



**SURYA NARAYANA
D021 20 1063**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS PENGARUH PARAMETER PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT
MEKANIS PADA SS 304**

**SURYA NARAYANA
D021 20 1063**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS PENGARUH PARAMETER PENGELASAN SMAW
TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA SS 304**

SURYA NARAYANA
D021 20 1063

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Mesin

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH PARAMETER PENGELASAN SMAW
TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA SS 304**

Disusun dan diajukan oleh

**SURYA NARAYANA
D021201063**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 05 Desember 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Hairul Arsyad, ST., MT
NIP 19750322 200212 1 001

Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Muhammad Syahid, ST., MT
NIP 19770707 200511 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "ANALISIS PENGARUH PARAMETER PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA SS 304" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr. Hairul Arsyad, ST., MT sebagai Pembimbing Utama. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 6 Desember 2024



Surya Narayana
D021201063

UCAPAN TERIMA KASIH

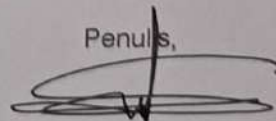
Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wata'ala* atas rahmat, berkah serta izin-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ **ANALISIS PENGARUH PARAMETER PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA SS 304**”. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat kelulusan dalam menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penelitian dilaksanakan hingga penyusunan skripsi ini selesai. Ucapan terima kasih terkhusus yang sedalam-dalamnya penulis persembahkan kepada Ibunda **Ni Nyoman Murtini** dan Ayahanda **I Nyoman Juwena** serta Kakak **Adhi Jayadharma** yang senantiasa mendoakan, menyayangi, menyemangati dan menasehati penulis sampai bisa berada di tahap ini. Dengan segala keikhlasan dan kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Bapak **Dr. Hairul Arsyad ST., MT** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam mengarahkan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman, MT** dan Bapak **Lukman Kasim, ST., MT** selaku dosen penguji atas segala saran dan masukan untuk perbaikan serta pengembangan skripsi ini.
3. Seluruh Dosen Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin atas segala ilmu dan bantuan selama penulis menjalani perkuliahan.
4. Seluruh Staf Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin atas segala bantuan yang telah diberikan dalam pengurusan administrasi dan pengurusan lainnya selama penulis menjalani perkuliahan.
5. Saudara – saudara seperjuangan ZTATOR 2020 yang setia menemani, membantu, dan mendukung penulis dari awal kuliah dan seterusnya.
6. Teman – teman, kakak senior serta junior seperjuangan Laboratorium Teknologi Mekanik yang telah bersedia menemani dan membantu selama masa penelitian dan penyusunan skripsi.
7. Sahabat seperjuangan **BALANTANG FAMZ** yang senantiasa memberikan bantuan tenaga dan waktu serta semangat dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih sudah menemani penulis melewati hari-hari baik maupun buruk selama masa perkuliahan.
8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah memberi dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna walaupun telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan skripsi ini.

Penulis,



Surya Narayana

ABSTRAK

SURYA NARAYANA. **Analisis Pengaruh Parameter Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanis Pada SS 304** (dibimbing oleh Hairul Arsyad).

Latar Belakang. Pengelasan adalah teknik penyambungan logam yang pencairan sebagian logam induk dan logam pengisi, baik dengan atau tanpa logam penambah, untuk menghasilkan sambungan yang kuat dan kontinyu. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisa pengaruh parameter pengelasan terhadap kekuatan uji tarik, kekuatan uji kekerasan dan perubahan struktur mikro dengan variasi jenis elektroda dan besar arus. **Metode.** Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dimulai pada bulan Januari 2024 di Laboratorium Teknologi Mekanik Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin. Variasi elektroda yang digunakan adalah jenis elektroda Nikko Steel 308S dan Nikko Steel 308L, dan variasi arus yang digunakan adalah 70 ampere, 80 ampere dan 90 ampere. Penelitian ini dilakukan dengan tahapan mengidentifikasi dan perumusan masalah, melakukan studi pustaka, pembuatan spesimen, pengambilan data, melakukan analisa hasil dan pembahasan, serta penarikan kesimpulan dan saran. **Hasil.** Pengelasan dengan menggunakan variasi jenis elektroda dan variasi besar arus pada penelitian ini, nilai terbaik pada jenis elektroda Nikko Steel 308S dan besar arus 90 ampere dengan rata rata maksimum nilai uji tarik 498,800 MPa, nilai kekerasan 306,3 HV dan dengan struktur mikro dimana dendrit yang terbentuk pada daerah batas tampak lebih besar dan jarak antar dendrit lebih lebar. **Kesimpulan.** Pengelasan dengan menggunakan jenis elektroda Nikko Steel 308S dengan besar arus 90 ampere terbukti bagus dan dapat direkomendasikan.

Kata kunci: pengelasan, nikko steel 308S, nikko steel 308L, besar arus, uji tarik, uji kekerasan, struktur mikro.

ABSTRAC

SURYA NARAYANA. *Analysis of the Effect of SMAW Welding Parameters on the Mechanical Properties of SS 304* (supervised by Hairul Arsyad).

Background. Welding is a metal joining technique that partially melts the base metal and filler metal, either with or without additional metal, to produce a strong and continuous connection. **Objective.** This research aims to calculate and analyze the effect of welding parameters on tensile test strength, hardness test strength and microstructural changes with variations in electrode type and current size. **Method.** This research was carried out experimentally starting in January 2024 at the Mechanical Technology Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Hasanuddin University. The electrode variations used are Nikko Steel 308S and Nikko Steel 308L electrode types, and the current variations used are 70 amperes, 80 amperes and 90 amperes. This research was carried out in the stages of identifying and formulating problems, conducting literature studies, making specimens, collecting data, carry out analysis of results and discussions, as well as drawing conclusions and suggestions. **Results.** Welding using a variety of electrode types and variations in current size in this study, the best value was Nikko Steel 308S electrode type and a current size of 90 amperes with an average maximum tensile test value of 498,800 MPa, a hardness value of 306.3 HV and with a microstructure where the dendrites were formed in the boundary area appears larger and the distance between the dendrites is wider. **Conclusion.** Welding using the Nikko Steel 308S electrode type with a current of 90 amperes has proven to be good and can be recommended.

Key words: welding, Nikko steel 308S, Nikko steel 308L, large current, tensile test, hardness test, microstructure.

DAFTAR ISI

ANALISIS PENGARUH PARAMETER PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA SS 304	ii
ANALISIS PENGARUH PARAMETER PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA SS 304	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN.....	iii
PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRAC.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	3
I.3. Tujuan Penelitian	4
I.4. Batasan Masalah	4
I.5. Manfaat Penelitians.....	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1. Pengertian Pengelasan	5
II.2. Mekanisme Pengelasan.....	6
II.3. Jenis-jenis Pengelasan	6
II.4. Pengelasan SMAW.....	12
II.5. Kelebihan dan Kekurangan Pengelasan SMAW.....	15
II.5.1 Kelebihan Pengelasan SMAW.....	15
II.5.2 Kekurangan Pengelasan SMAW	15
II.6. Sambungan Konstruksi Baja.....	15
II.7. Elektroda Las.....	16
II.7.1 Elektroda Nikko Steel E308S (SS308S)	17

II.7.2 Elektroda Nikko Steel E308L (SS308L).....	18
II.8. Pengujian Tarik	19
II.8.1 Rumus-Rumus yang Digunakan	20
II.9. Pengujian Kekerasan	22
.....	23
II.10 Pengujian Metalografi	24
II.10.1 Rumus-Rumus yang Digunakan	24
II.10.1.1 Penentuan Persen Fasa.....	24
II.10.1.2 Penentuan Ukuran Butir.....	25
II.11. Baja Stainless Steel 304.....	25
BAB III	27
METODOLOGI PENELITIAN	27
III.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
III.2. Alat dan Bahan Penelitian	27
III.3. Metode Penelitian.....	32
III.4. Variabel Penelitian	32
III.4.1 Variabel Bebas	32
III.4.2 Variabel Terikat.....	32
III.4.3 Variabel Kontrol.....	32
III.5. Pelaksanaan Penelitian	32
III.5.1 Prosedur Proses Las.....	32
III.5.1.1 Pembuatan Spesimen.....	34
III.5.2 Pengujian Tarik	35
III.5.3 Pengujian Kekerasan	36
III.5.4 Pengujian Metalografi	38
III.5.5 Flowchart Penelitian.....	40
.....	40
BAB IV	41
HASIL DAN PEMBAHASAN	41
IV.1 Data Pengujian	41
IV.1.1 Pengujian Uji Tarik.....	41
IV.1.1.1 Data Hasil Pengamatan	41
IV.1.1.2 Variasi Arus Pengelasan.....	45

IV.1.1.3 Pengaruh Elektroda	45
IV.1.2 Pengujian Uji Kekerasan	48
IV.1.2.1 Analisis Hasil Pengelasan dengan Variasi Kuat Arus 70a, 80a, dan 90a dengan Jenis Elektroda NS 308S berdasarkan Uji Hardness	48
IV.1.2.2 Analisis Perbandingan Hasil Uji Kekerasan dengan dengan Variasi Kuat Arus dan Jenis Elektroda.....	50
IV.1.3 Pengujian Uji Metalografi	53
IV.1.3.1 Analisis Hasil Pengelasan dengan Variasi Kuat Arus dan Beda Jenis Elektroda berdasarkan Uji Metalografi	53
BAB V	59
PENUTUP	59
V.1 Kesimpulan	59
V.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematik pengelasan Gas Metal Arc Welding.....	6
Gambar 2.2 Skematik las Gas Tungsten Arc Welding	7
Gambar 2.3 Skematik las Submerged Arc Welding	7
Gambar 2.4 Skematik las Flux-Cored Arc Welding	8
Gambar 2.5 Skematik las Thermit Welding	9
Gambar 2.6 Skematik las Laser Beam Welding	9
Gambar 2.7 Skematik las Ultrasonic Welding	10
Gambar 2.8 Skematik las Friction Stir Welding.....	10
Gambar 2.9 Skematik las Diffusion Welding.....	11
Gambar 2.10 Skematik las Shielded Metal Arc Welding	11
Gambar 2.11 Skematik las Oxygen Asitilen Welding	12
Gambar 2.12 Skema pengelasan SMAW	14
Gambar 2.13 Jenis-jenis sambungan dasar	15
Gambar 2.14 Alur sambungan las	16
Gambar 2.15 Kurva Tegangan-Regangan	20
Gambar 2.16 Jenis jenis pengujian kekerasan	23
Gambar 3.1 Mesin Las.....	27
Gambar 3.2 Elektroda	28
Gambar 3.3 Mesin Uji Tarik	28
Gambar 3.4 Mesin Penguji Kekerasan	29
Gambar 3.5 Mesin Gurinda.....	29
Gambar 3.6 Mikroskop Optik	30
Gambar 3.7 Jangka Sorong	30
Gambar 3.8 Sikat Baja	31
Gambar 3.9 Plat Stainless Steel 304.....	31
Gambar 3.10 Klem C	31
Gambar 3.11 Persiapan pengelasan	33
Gambar 3.12 Proses pengelasan dan Hasil Pengelasan	34
Gambar 3.13 Gambar Spesimen Uji Tarik	34
Gambar 3.14 Spesimen yang belum di bentuk dan sudah terbentuk.....	35

Gambar 3.15 Spesimen Uji Kekerasan.....	37
Gambar 4.1 Diagram stress strain dengan kuat arus pengelasan 70a dengan elektroda ss308S.....	41
Gambar 4.2 Diagram stress strain dengan kuat arus pengelasan 80a dengan elektroda ss308S.....	42
Gambar 4.3 Diagram stress strain dengan kuat arus pengelasan 90a dengan elektroda ss308S.....	42
Gambar 4.4 Diagram stress strain dengan kuat arus pengelasan 70a dengan elektroda ss308L.....	43
Gambar 4.5 Diagram stress strain dengan kuat arus pengelasan 80a dengan elektroda ss308L.....	43
Gambar 4.6 Diagram stress strain dengan kuat arus pengelasan 90a dengan elektroda ss308L.....	44
Gambar 4.7 Diagram batang rata rata nilai maksimum stress pada hasil uji tarik	44
Gambar 4.8 Diagram perbandingan nilai rata rata hasil kekerasan dengan kuat arus 70a, 80a dan 90a dengan elektroda ss308S	50
Gambar 4. 9 Skema pengambilan data uji kekerasan	51
Gambar 4.10 Diagram perbandingan nilai rata rata hasil kekerasan dengan kuat arus 70a, 80a dan 90a dengan elektroda 308L.....	52
Gambar 4.11 Struktur mikro batas spesimen 70a SS308S 200x.....	53
Gambar 4.12 Struktur kampuh spesimen 70a SS308S 500x.....	54
Gambar 4.13 Struktur mikro batas spesimen 80a SS308S 200x.....	54
Gambar 4.14 Struktur kampuh spesimen 80a 500x	54
Gambar 4.15 Struktur mikro batas spesimen 90a SS308S 200x.....	55
Gambar 4. 16 Struktur kampuh spesimen 90a SS308S 500x.....	55
Gambar 4.17 Struktur mikro batas spesimen 70a SS308L 200x	55
Gambar 4.18 Struktur kampuh spesimen 70a SS308L 500x	56
Gambar 4.19 Struktur mikro batas spesimen 80a SS308L 200x	56
Gambar 4.20 Struktur kampuh spesimen 80a SS308L 500x	56
Gambar 4.21 Struktur mikro batas spesimen 90a SS308L 200x	57
Gambar 4.22 Struktur kampuh spesimen 90a SS308L 500x	57
Gambar 4.23 Struktur mikro base metal 500x.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Logam Las.....	17
Tabel 2.2 Sifat Mekanis Logam las.....	18
Tabel 2.3 Parameter Elektroda	18
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Logam Las.....	19
Tabel 2.5 Sifat Mekanis Logam las.....	19
Tabel 2.6 Parameter Elektroda	19
Tabel 2.7 Komposisi kimia SS304.....	26
Tabel 3.1 Jumlah Spesimen yang di Uji.....	39
Tabel 4.1 Perbandingan Komposisi Kimia Elektroda.....	46
Tabel 4.2 Hasil uji kekerasan dengan kuat arus 70a dengan elektroda ss308S.....	48
Tabel 4.3 Hasil uji kekerasan dengan kuat arus 80a dengan elektroda ss308S.....	48
Tabel 4.4 Hasil uji kekerasan dengan kuat arus 90a dengan elektroda ss308S.....	48
Tabel 4.5 Hasil uji kekerasan dengan kuat arus 70a dengan elektroda ss308L.....	49
Tabel 4.6 Hasil uji kekerasan dengan kuat arus 80a dengan elektroda ss308L.....	49
Tabel 4.7 Hasil uji kekerasan dengan kuat arus 90a dengan elektroda ss308L.....	49
Tabel 4.8 Perbandingan nilai rata rata hasil kekerasan dengan kuat arus 70a, 80a dan 90a dengan elektroda ss308S	50
Tabel 4.9 Perbandingan nilai rata rata hasil kekerasan dengan kuat arus 70a, 80a dan 90a dengan elektroda 308L	52

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Teknik Pengelasan sering di gunakan pada berbagai industri manufaktur, seperti: otomotif, pesawat terbang, kereta api, konstruksi jembatan, perkapalan dan sebagainya. Teknik pengelasan memiliki berbagai keuntungan untuk produksi antara lain seperti hemat biaya, akurasi ukuran, dan variasi struktur las. Disamping keuntungan tersebut, teknik pengelasan menimbulkan dampak yang merugikan, diantaranya: perubahan struktur mikro kekuatan dan ketangguhan suatu bahan menurun. Adanya faktor yang mempengaruhi kualitas pengelasan, dan prosedur saat pengelasan yaitu heat input dapat dilakukan dengan diaturnya parameter pengelasan seperti arus, tegangan las, atau mengatur kecepatan pengelasan. Heat input yang besar akan mengakibatkan regangan termal yang tidak merata yang berakibat pada distorsi (Wibowo Heri dan Priyo, 2016).

Saat ini hampir tidak ada logam yang tidak dapat di las, karena telah banyak teknologi baru yang di temukan dengan berbagai macam pengelasan. Penyambungan dua buah logam yang berbeda atau paduan logam yang berbeda (*Dissimilar Metal Welding*) merupakan perkembangan dari teknologi las yang modern berasal dari kebutuhan akan penyambungan material-material yang memiliki jenis logam yang berbeda (Parekke dkk. 2014).

Secara umum, proses fabrikasi melibatkan proses pengelasan seperti *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) (Lee, dkk. 2004). Pengelasan SMAW telah secara luas digunakan untuk berbagai aplikasi dalam berbagai bidang teknik (Tong, dkk. 2016). Bagaimanapun, efek termal berhubungan dengan proses pengelasan secara umum yang menyebabkan kegagalan struktur pada logam lasan dan konsekuensinya berpengaruh terhadap struktur lasan, parameter las, morfologi padatan hasil lasan terhadap sifat mekanik sambungan *stainless steel* (Lee, dkk. 2004).

Stainless steel merupakan baja paduan yang mengandung sekitar 12% Cr yang menunjukkan ketahanan korosi karena pembentukan lapisan film kromium oksida (Cr_2O_3). *Stainless steel* tahan terhadap korosi dan oksidasi karena adanya unsur yang ditambahkan pada paduan besi carbon seperti nikel, mangan, molybdenum, nitrogen dan elemen lain yang sangat mempengaruhi properties material. Menurut kandungan prosentase Cr-Ni *stainless steel* dibagi menjadi *austenitic*, *martensitic*, *ferritic* dan *duplex*. (W Martin, 2006).

Proses pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) merupakan salah satu metode pengelasan menggunakan kawat elektroda logam yang berselaput fluks. Panas yang ditimbulkan dari busur listrik mencairkan ujung elektroda dan logam induk secara bersamaan. Elektroda yang dipanaskan akan membentuk cairan logam cair yang terbawa arus listrik. Semakin tinggi arus listrik, maka cairan logam yang terbawa akan semakin halus. Cairan logam yang halus memberikan sifat mampu las logam yang tinggi. Pengujian sifat mekanis dapat memberikan informasi sifat mampu las logam. (Wirjosumarto, H dan Toshie Okumura, 2004).

Uji tarik ialah proses pemberian beban pada bahan dengan arah menjauhi titik tengah, dengan tujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari bahan tersebut. Pengujian tarik dilakukan secara umum karena merupakan dasar dari pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan. Salah satu hasil yang didapatkan dari pengujian tarik adalah perubahan bentuk atau deformasi pada bahan, yang terjadi akibat pergeseran butiran kristal hingga terlepasnya ikatan kristal karena gaya maksimum. (R. D. Salindeho, dkk, 2018).

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan

melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongan sebagai material ulet atau getas. Pengujian kekerasan (hardness test) adalah suatu proses yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan suatu material terhadap deformasi pada daerah lokal atau permukaan material, khusus untuk logam deformasi yang di maksud adalah deformasi plastis.(Moses Mapareyau,2023)

Metalografi merupakan disiplin ilmu yang mempelajari karakteristik mikro struktur suatu logam dan paduannya serta hubungannya dengan sifat-sifat logam dan paduannya tersebut. Ada beberapa metode yang dipakai yaitu: mikroskop (optik maupun elektron), difraksi (sinar-X, elektron dan neutron), analisis (Xrayfluoresence, elektron mikroprobe) dan juga stereometric metalografi. Dimana bertujuan untuk mengetahui struktur pada logam (ferlit, perlit, bainit dan mertensit) sehingga dapat melihat sifat yang ada pada logam tersebut (M. Rizaldy Sugestian, 2019).

AISI 304 merupakan jenis *austenitic stainless steel* yang mempunyai sifat *non magnetic*, dapat dikeraskan dengan *cold working* tetapi tidak bisa dikeraskan dengan heat treatment. Pada kondisi aneal *stainless steel* mempunyai sifat *formability*. Tipe 304 stainless steel paling banyak digunakan dengan 18% Cr dan 8% Ni (Iron and Steel Society, 1999).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka pengaruh parameter pada proses pengelasan diharapkan dapat mempengaruhi kualitas hasil pengelasan menjadi lebih baik. Karena latar belakang tersebut maka disini penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul **“ANALISIS PENGARUH PARAMETER PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA SS 304”**

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa masalah yang dapat dirumuskan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi besar arus dan jenis elektroda terhadap hasil uji tarik pada SS304?

2. Bagaimana pengaruh variasi besar arus dan jenis elektroda terhadap hasil uji kekerasan pada SS304?
3. Bagaimana pengaruh variasi besar arus dan jenis elektroda terhadap struktur mikro pada SS304?

I.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kekuatan uji tarik akibat variasi besar arus dan jenis elektroda.
2. Untuk mengetahui kekuatan uji kekerasan akibat variasi besar arus dan jenis elektroda.
3. Untuk mengetahui perubahan struktur mikro akibat variasi besar arus dan jenis elektroda.

I.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Material yang digunakan adalah baja SS 304 berbentuk plat dengan ketebalan 3 mm.
2. Menggunakan jenis elektroda Nikko Steel 308S dan Nikko Steel 308L
3. Parameter pengelasan yang divariasikan adalah kuat arus las, yaitu 70 A, 80 A dan 90 A dengan kecepatan konstan dan waktu pengelasan 12 detik.

I.5. Manfaat Penelitians

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan tentang pengaruh parameter pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan SMAW.
2. Dapat memberikan informasi sebagai referensi tambahan dibidang pengelasan.
3. Sebagai pemenuhan syarat untuk memperoleh gelar S1 pada program studi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Pengertian Pengelasan

Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu (Siswanto, 2011). Menurut (Tarkono, 2010) perbedaan menggunakan jenis-jenis elektrode akan mempengaruhi kekuatan tarik hasil pengelasan dan perpanjangan (*elongation*). Pada penelitian (Syahrani, 2013) melakukan variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan bending padabaja SM 490 diperoleh perbedaan nilai kekuatan tarik dan bending. Penelitian ini menggunakan perbedaan metode pegelasan, penggunaan arus, dan jenis elektroda. Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektrode dan jenis kampuh yang digunakan.

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsch Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya. Faktor yang mempengaruhi proses pengelasan adalah prosedur pengelasan itu sendiri yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las dan sambungan yang sesuai rencana dan spesifikasi, dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut, sedangkan faktor produksi pengelasan adalah jadwal

pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan meliputi : pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan kuat arus, pemilihan elektroda, dan pemilihan jarak pengelasan serta penggunaan jenis kampuh las (Wiryosumarto, 2000).

II.2. Mekanisme Pengelasan

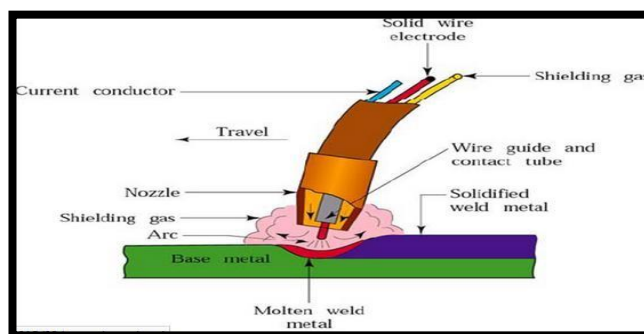
Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang sering disebut heat input. Persamaan dari heat input hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut:

$$HI \text{ (Heat Input)} = \frac{\text{Tegangan Las} \times \text{Arus Las}}{\text{Kecepatan Pengelasan}}$$

II.3. Jenis-jenis Pengelasan

a. Gas Metal Arc Welding (GMAW)

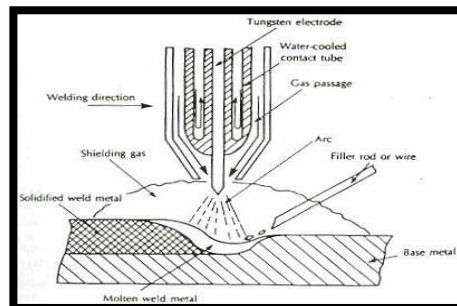
Nama lain dari proses pengelasan ini adalah metal inert gas (MIG) dimana kawat elektroda yang digunakan tidak terbungkus dan sifat suplainya yang terus- menerus. Daerah lasan terlindung dari atmosphere melalui gas yang dihasilkan dari alat las (Genculu, 2007). Gas pelindung yang digunakan adalah gas Argon, helium atau campuran dari keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas O₂ antara 2 sampai 5% atau CO₂ antara 5 sampai 20% (Wiryosumarto, 1996) seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Skematik pengelasan Gas Metal Arc Welding (Wiryosumarto, 1996)

b. *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*

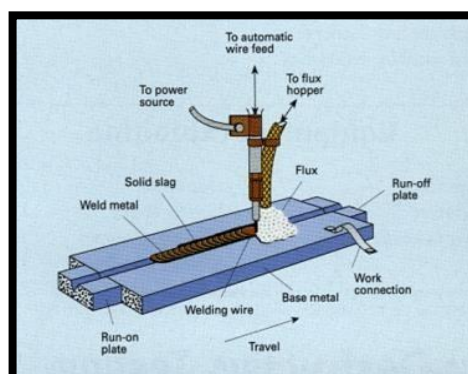
Gas tungsten arc welding (GTAW) adalah proses las busur yang menggunakan busur antara tungsten elektroda (non konsumsi) dan titik pengelasan. Proses ini digunakan dengan perlindungan gas dan tanpa penerapan tekanan. Proses ini dapat digunakan dengan atau tanpa penambahan filler metal. GTAW telah menjadi sangat diperlukan sebagai alat bagi banyak industri karena hasil las berkualitas tinggi dan biaya peralatan yang rendah skematik proses pengelasan dapat dilihat seperti gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Skematik las Gas Tungsten Arc Welding (Wiryosumarto, 1996)

c. *Submerged Arc Welding (SAW)*

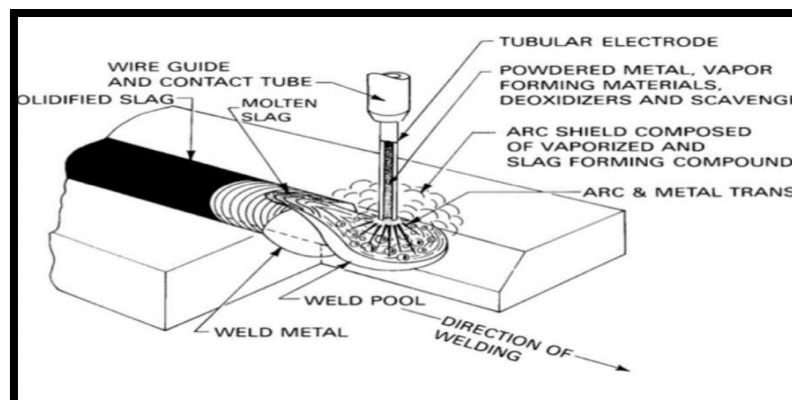
Submerged Arc Welding (SAW) adalah salah satu jenis las listrik dengan proses memadukan material yang dilas dengan cara memanaskan dan mencairkan metal induk dan elektroda oleh busur listrik yang terletak diantara metal induk dan elektroda. Arus dan busur lelehan metal diselimuti (ditimbun) dengan butiran flux di atas daerah yang dilas seperti yang terlihat pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Skematik las Submerged Arc Welding (Wiryosumarto, 1996)

d. *Flux-Cored Arc Welding (FCAW)*

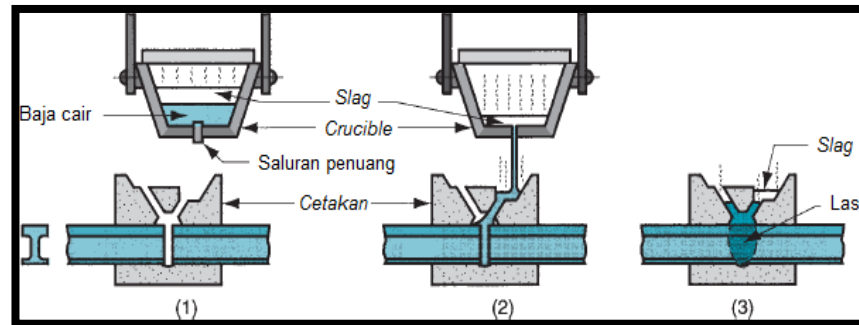
Flux cored arc welding (FCAW) merupakan las busur listrik fluk inti tengah. FCAW merupakan kombinasi antara proses SMAW, GMAW dan SAW. Sumber energi pengelasan yaitu dengan menggunakan arus listrik AC atau DC dari pembangkit listrik atau melalui trafo dan atau rectifier. FCAW adalah salah satu jenis las listrik yang memasok filler elektroda secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler elektroda dan metal induk. Gas pelindungnya juga sama-sama menggunakan karbon dioxida CO₂. Biasanya, pada mesin las FCAW ditambah robot yang bertugas untuk menjalankan pengelasan biasa disebut dengan super anemo seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Skematik las Flux-Cored Arc Welding (Wirjosumarto, 1996)

e. *Thermit Welding (TW)*

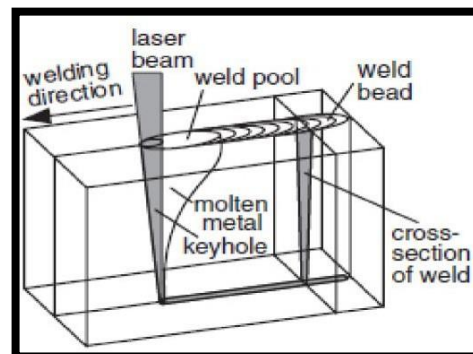
Thermit welding (TW) adalah proses pengelasan di mana panas untuk penggabungan dihasilkan dari logam cair yang berasal dari reaksi kimia *Thermit*. *Thermit* merupakan merk dagang dari *thermite*, yakni sebuah campuran serbuk aluminium dan besi oksida yang bisa menghasilkan reaksi *exothermic* ketikadibakar. Bahan tambah atau *filler* pada pengelasan ini berupa logam cair. Logam cair tersebut dituang pada sambungan yang telah dilengkapi dengan cetakan. Proses penggabungan ini lebih mirip dengan pengecoran dapat dilihat seperti pada gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Skematik las Thermit Welding (Wiryosumarto, 1996)

f. *Laser Beam Welding (LBW)*

Laser beam welding (LBW) adalah proses pengelasan di mana penggabungan diperoleh dari energi yang terkonsentrasi tinggi, sorotan cahaya sedarap difokuskan pada sambungan benda kerja. Pada umumnya dioperasikan dengan gas pelindung untuk mencegah oksidasi. Gas pelindung yang digunakan contohnya adalah helium, argon, nitrogen, dan karbon dioksida. Pada LBW bahan tambah atau *filler* biasanya tidak diberikan seperti yang terlihat pada gambar 2.6 di bawah ini.

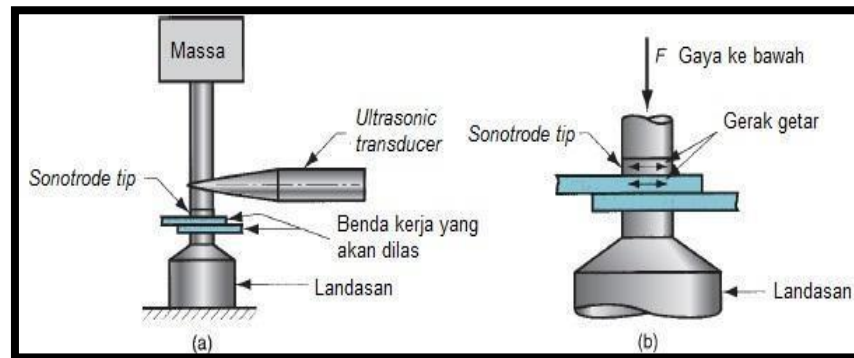


Gambar 2.6 Skematik las Laser Beam Welding (Wiryosumarto, 1996)

g. *Ultrasonic Welding (USW)*

Ultrasonic welding (USW) adalah jenis pengelasan *solid-state* di mana dua benda kerja ditahan/dijepit bersamaan dan diberi getaran berfrekuensi *ultrasonic* supaya terjadi penggabungan. Gerak dari getaran melewati celah antara dua bendakerja yang dijepit secara *lap joint*. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya kontak dan ikatan

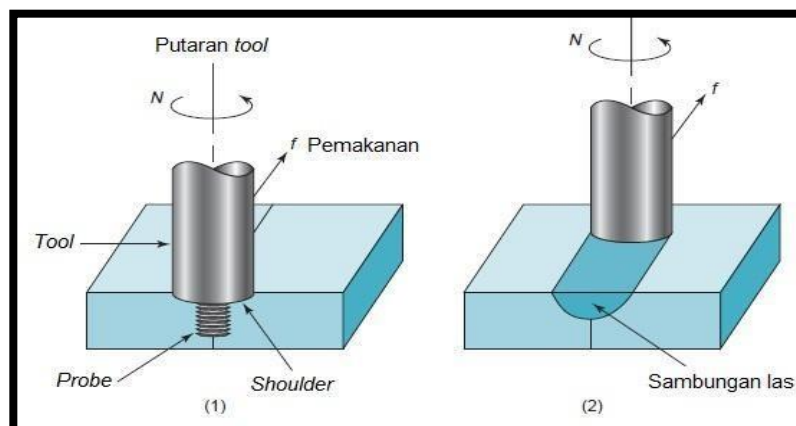
metalurgi yang kuat antara kedua permukaan benda kerja. Panas pada proses USW dihasilkan dari gesekan antar permukaan benda kerja dan deformasi plastis. Suhu panas tersebut berada di bawah titik cair benda kerja seperti yang terlihat pada gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.7 Skematik las Ultrasonic Welding (Wiryosumarto, 1996)

h. Friction Stir Welding (FSW)

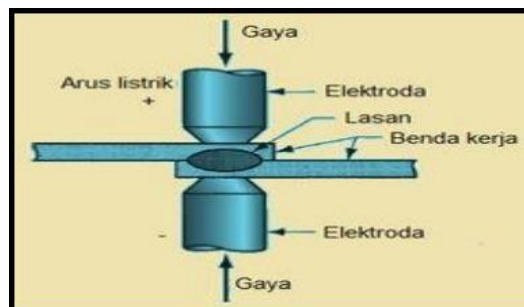
Friction stir welding (FSW) adalah proses pengelasan *solid-state* di mana sebuah *tool* yang berputar dimakamkan sepanjang garis sambungan antara dua benda kerja. *Tool* yang berputar dan dimakamkan pada garis sambungan tersebut menghasilkan panas serta secara mekanis menggerakkan (*stirring*; bentuk dasar: *stir*, sehingga diberi nama *friction stir welding*) logam untuk membentuk sambungan las seperti yang terlihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Skematik las Friction Stir Welding (Wiryosumarto, 1996)

i. *Diffusion Welding (DFW)*

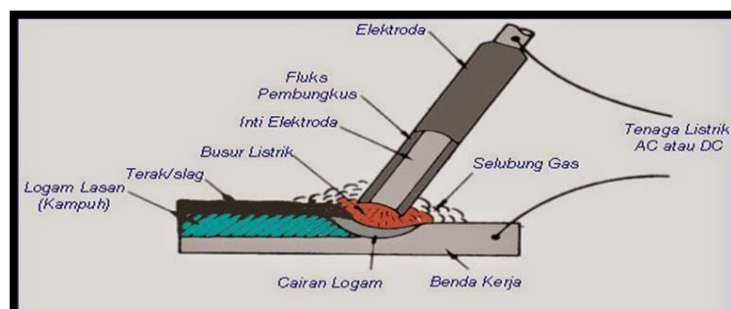
Diffusion welding (DFW) adalah proses pengelasan *solid-state* yang dihasilkan dari pemberian panas dan tekanan supaya terjadi difusi serta penggabungan. Proses tersebut biasanya dilakukan dengan atmosfer yang terkontrol dan waktu yang tepat untuk membiarkan difusi serta penggabungan terjadi. Temperatur yang digunakan sebaiknya di bawah titik cair dari logam benda kerja dan deformasi plastis yang terjadi pada permukaan benda kerja sebaiknya minimal. Mekanisme penggabungan pada *diffusion welding* terjadi dalam bentuk padat, di mana atom berpindah dan saling menyeberang di antara dua permukaan benda kerja yang saling kontak. Pengelasan ini terkadang menggunakan lapisan bahan tambah yang diletakkan di antara dua benda kerja yang akan disambung (seperti roti isi) seperti yang terlihat pada gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2.9 Skematik las Diffusion Welding (Wiryosumarto, 1996)

j. *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*

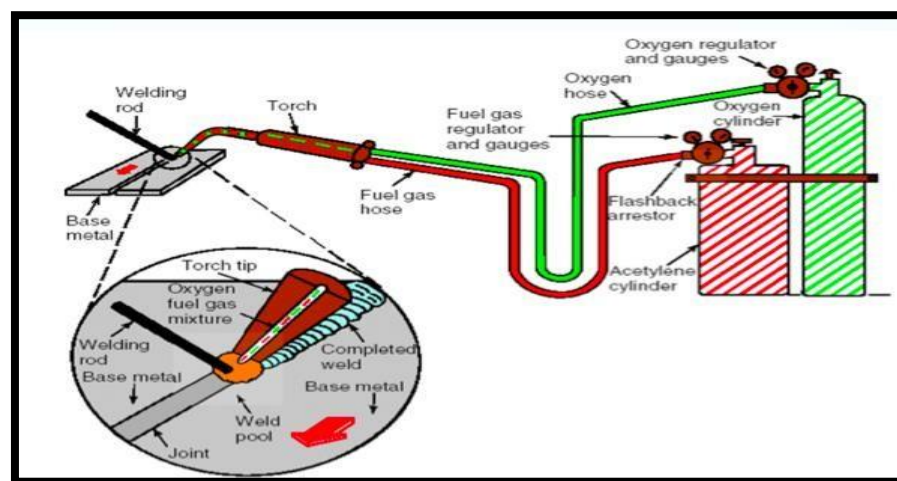
Pengelasan busur adalah pengelasan lebur dimana penyatuan logam dicapai dengan menggunakan panas dari busur listrik dapat dilihat seperti pada gambar 2.10 di bawah ini.



Gambar 2.10 Skematik las Shielded Metal Arc Welding (Wiryosumarto, 1996)

k. *Oxygen Asetilen Welding (OAW)*

Oxygen Asitilen Welding (OAW) suatu proses pengelasan gas yang menggunakan sumber panas nyala api melalui pembakaran gas oksigen dan gas asetilen untuk mencairkan logam dan bahan tambah. Dalam pengelasan OAW ini biasanya digunakan hanya untuk plat tipis, hal ini dikarenakan sambungan las *Oxigen Acetyline* ini mempunyai kekuatan yang rendah dibandingkan las busur listrik seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11 Skematik las Oxygen Asitilen Welding (WiryoSumarto, 1996)

II.4. Pengelasan SMAW

Las busur listrik elektroda terlindung atau lebih dikenal dengan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan pengelasan menggunakan busur nyala listrik sebagai panas pencair logam. Busur listrik terbentuk diantara elektroda terlindung dan logam induk. Karena panas dari busur listrik maka logam induk dan ujung elektroda mencair dan membeku bersama. Dalam cara pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama.

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencairkan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang

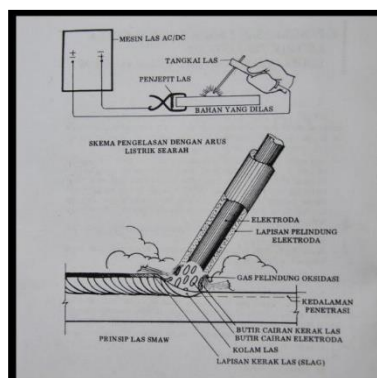
terbawa menjadi halus, sebaliknya bila arusnya kecil maka butirannya menjadi besar. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus seperti diterangkan diatas dan juga oleh komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses pengelasan bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang terkumpul ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahannya tidak dapat terbakar, tetapi berubah menjadi gas yang juga menjadi pelindung dari logam cair terhadap oksidasi dan memantapkan busur (Wiryosumarto dan Okumura, 2000).

Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau Direct Current (DC), mesin las arus bolak-balik atau Alternating Current (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Mesin Las arus DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Mesin las DC polaritas lurus (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negative dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negative. (A. Hamid, 2016)

Ada beberapa prosedur produksi dalam teknik pengelasan yaitu menentukan jadwal pengelasan, perencanaan proses pembuatan, siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dan persiapan pengelasan (meliputi : pemeliharaan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda dan pemakaian variasi kampuh). Kampuh las merupakan bentuk potongan plat yang akan disambung, kualitas hasil dari pengelasan yang bagus juga ditentukan dari penggunaan kampuh las yang tepat. Tujuan pembuatan

kampuh pengelasan ini untuk mendapatkan peneterasi atau penembusan yang dalam dari hasil pengelasan.(A. T. Kuncoro, 2017)

Arus yang digunakan untuk pengelasan sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil las karena terjadinya perubahan struktur akibat pendinginan sehingga berpengaruh terhadap kekuatan bahan. Jika penggunaan arus semakin besar maka proses pencairan logam yang akan disambung akan semakin cepat. Dampak dari penggunaan arus yang besar antara lain adalah akan membuat hasil rigi-rigi las bertambah lebar, jika bahan yang dilas itu tipis maka dapat menyebabkan bahan kerja berlubang. Selain itu, pengaruh arus yang besar akan mempengaruhi struktur atom pada daerah lasan karena semakin panas saat proses pengelasan maka daerah pengelasan atau disebut sebagai daerah HAZ akan membuat pengaruh rekristalisasi yaitu menyebabkan terjadinya butirbutir pada daerah HAZ semakin bertambah besar. Jika butiran ini semakin besar maka akan menurunkan kualitas dan kekuatan sambungan las. Sedangkan logam yang tidak dilas tidak akan terpengaruh struktur atomnya. Sedangkan jika arus yang digunakan terlalu kecil maka panas yang ditimbulkan juga kecil sehingga akan berdampak pada pencairan logam yang disambung. Arus yang digunakan kecil maka pencairan logam yang disambung tidak akan menjadi sambungan yang baik atau tidak akan terjadi ikatan metalurgi yang baik antar logam yang akan disambung. Selain itu, dampak arus yang kecil juga dapat membuat elektroda sering lengket terhadap benda kerja.(A. Azwinur, S. A. Jalil, and A. Husna, 2017)



Gambar 2.12 Skema pengelasan SMAW(Widharto, 2009)

II.5. Kelebihan dan Kekurangan Pengelasan SMAW

II.5.1 Kelebihan Pengelasan SMAW

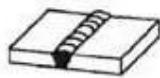
1. Dapat dipakai dimana saja didalam air maupun di luar air
2. Pengelasan dengan segala posisi.
3. Elektroda tersedia dengan mudah dalam banyak ukuran dan diameter.
4. Perlatan yang digunakan sederhana, murah dan mudah dibawa kemana-mana.
5. Tingkat kebisingan rendah.
6. Tidak terlalu sensitif terhadap korosi, oli & gemuk.
7. Dapat di kerjakan pada ketebalan berapapun

II.5.2 Kekurangan Pengelasan SMAW

1. Pengelasan terbatas hanya sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan.
2. Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya flag harus dibersihkan.
3. Tidak dapat digunakan untuk pengelasan bahan baja non – ferrous. Efisiensi endapan rendah.

II.6. Sambungan Konstruksi Baja

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang seperti yang terlihat pada gambar 2.13 dibawah ini.



(a) Sambungan tumpul



(b) Sambungan sudut



(c) Sambungan T



(d) Sambungan tumpang



(e) Sambungan Sisi

Gambar 2.13 Jenis-jenis sambungan dasar (Sonawan, 2003)

Sambungan tumpul (*butt weld joint*) ialah bentuk sambungan dimana kedua bidang yang akan disambung berhadapan satu sama lain, tetapi sebelumnya dilakukan pengerjaan terhadap bidang sambungan tersebut untuk membentuk kampuh las, agar didapatkan hasil sambungan pengelasan yang kuat (Suryana, 1998). Jenis kampuh sambungan tumpul (*butt joint*) dapat dilihat pada gambar 2.14 dibawah ini.

Jenis lasan	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Persegi (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (V)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (K)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
J tunggal (J)		—	
J ganda (DJ)		—	

Gambar 2.14 Alur sambungan las (Wiryosumarto, 1996)

II.7. Elektroda Las

Pengelasan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (fluks) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari fluks adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur. Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas (Alip, 1989).

II.7.1 Elektroda Nikko Steel E308S (SS308S)

Elektroda baja tahan karat untuk menyambung baja tahan karat tipe 18/8

Klasifikasi	EN 1600	AWS A/SFA 5.4	IS 5206
	E 19 9 R 12	E 308-16	E 19.9 R26

Fitur Utama

1. Lapisan berbahan dasar rutil
2. Las SS austenitik tipe 19/10
3. Tahan terhadap retak, korosi dan kerak hingga 800°C
4. Konten ferit terkontrol
5. Karakteristik pengoperasian yang lancar
6. Semua kemampuan posisi
7. Kualitas las radiografi

Jenis Pengaplikasian

1. Pengelasan baja Cr-Ni yang diwakili oleh AISI 301, 302, 304 dan 308
2. Fabrikasi boiler, reaktor dan turbin
3. Perpipaan SS di kilang, industri minyak dan gas, pabrik kimia
4. Membangun aplikasi pada permukaan SS impeler pompa sentrifugal dan permukaan katup poros, dudukan, dll.
5. Cocok untuk material no. 1.4300, 1.4301, 1.4310, 1.4312, 1.4550, 1.4001, 1.4016, 1.4057.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Logam Las

KOMPOSISI KIMIA LOGAM LAS TANPA DILUSI, % Berat :							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
Tipe	0.05	1.2	0.6	19	10.2	0.02	0.02
Spesifikasi	0.08 max	0.70-2.0	0.30-0.85	18.0-21.0	9.0-11.0	0.03 max	0.04 max

Tabel 2.2 Sifat Mekanis Logam las

SIFAT MEKANIK SEMUA LOGAM LAS				
	Kondisi	UTS, MPa	EL%	Ferrit
Tipe	As Welded	600	40	5
Spesifikasi		560-660	35-50	7-Mar

Tabel 2 3 Parameter Elektroda

PARAMETER	
Ø x L, mm	ampere
2.0 x 300	35-45
2.5 x 350	50-75
3.15 x 350	80-100
4.0 x 350	110-140
5.0 x 350	150-180

II.7.2 Elektroda Nikko Steel E308L (SS308L)

Elektroda Stainless steel untuk pengelasan semua baja tahan karat tipe 18/8.

Fitur Utama

1. Lapisan tipe rutil
2. Busur halus dan stabil
3. Percikan Minimal
4. Terak yang terkelupas sendiri
5. Daya tarik tukang las yang luar biasa
6. Semua kemampuan posisi
7. Las kualitas radiografi
8. Menghasilkan pengelasan dengan ketahanan korosi dan kerak yang sangat baik

Jenis Pengaplikasian

1. Pengelasan baja Cr-Ni yang diwakili oleh AISI 301, 302, 304, 304L, 308 dan 308L

2. Untuk aplikasi pelapis

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Logam Las

KOMPOSISI KIMIA LOGAM LAS TANPA DILUSI, % Berat :						
C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0.04	0.5-0.25	1.0 max	18.0-21.0	9.0-11.0	0.03 max	0.03 max

Tabel 2.5 Sifat Mekanis Logam las

SIFAT MEKANIK SEMUA LOGAM LAS		
KONDISI	UTS, MPa	EL%
As Welded	520 min	35 min

Tabel 2.6 Parameter Elektroda

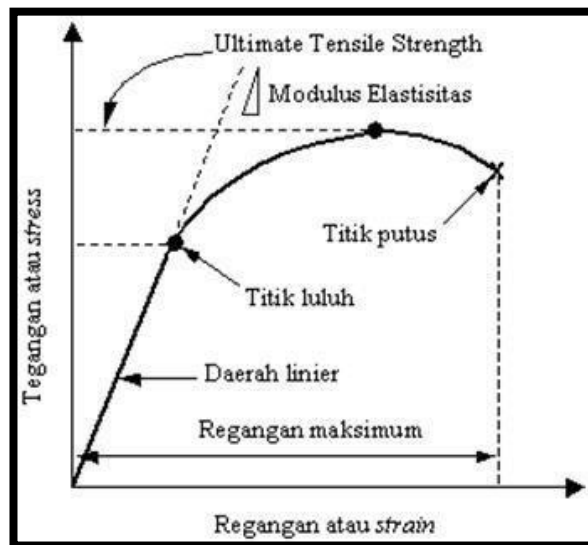
PARAMETER	
Ø x L, mm	ampere
2.0 x 300	35-45
2.5 x 350	55-75
3.15 x 350	85-100
4.0 x 350	110-140

II.8. Pengujian Tarik

Kekuatan tarik (*Tensile Strength, Ultimate Tensile Strength*) adalah tegangan maksimum yang bias ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Kekuatan tarik adalah kebalikan dari kekuatan tekan, dan nilainya bisa berbeda. Beberapa bahan dapat patah begitu saja tanpa mengalami deformasi, yang berarti benda tersebut bersifat rapuh atau getas (*brittle*). Bahan lainnya akan meregang dan mengalami deformasi sebelum patah, yang disebut dengan benda elastis (*ductile*).

Kekuatan tarik umumnya dapat dicari dengan melakukan uji tarik dan mencatat perubahan regangan dan tegangan. Titik tertinggi dari kurva

tegangan- regangan disebut dengan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) nilainya tidak bergantung pada ukuran bahan, melainkan karena faktor jenis bahan. Faktor lainnya yang dapat mempengaruhi seperti keberadaan zat pengotor dalam bahan, temperatur dan kelembaban lingkungan pengujian, dan penyiapan spesimen seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.15 di bawah ini.



Gambar 2.15 Kurva Tegangan-Regangan (Beumer, 1985)

II.8.1 Rumus-Rumus yang Digunakan

A. Perhitungan tegangan teknik dan regangan teknik (rekayasa)

1. Tegangan yang terjadi pada batas X

$$S_x = \frac{P_x}{A_o} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

Dimana :

A_o = luas penampang mula-mula = lebar (W_o) x tebal (T_o) (mm^2)

2. Regangan yang terjadi hingga batas X

$$e_x = \frac{\Delta L_x}{L_o} \text{ (mm)} \quad \text{Dimana : } L_o = \text{panjang mula-mula (mm)}$$

3. Reduksi penampang pada saat X

$$Q_x = \frac{A_o - A_x}{A_o} \times 100\% \text{ (%)}$$

Dimana :

A_x = luas penampang pada posisi X

$$= \frac{A_o \times L_o}{L_x} \text{ (mm}^2\text{)}$$

4. Modulus elastisitas $E = \frac{S_p}{e_p} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

5. Modulus kelentingan (U_R) (Resilience)

$$U_R = \frac{1}{2} \times S_o \times e_o$$

$$U_R = \frac{1}{2} \times S_o \times \frac{S_o}{E}$$

$$U_R = \frac{S_o^2}{2E}$$

Dimana :

S_o = Tegangan luluh

E = modulus elastisitas

Keterangan :

- Batas X : - Proporsional (P)
- Yielding (Y)
- Ultimate (U)
- Batas Break (B)
- Apabila daerah yielding tidak tampak jelas maka untuk mencari tegangannya menggunakan metode Offset, dengan rumus :

$$S_y = \frac{P(0,2\%)}{A_o}$$

B. Perhitungan tegangan dan regangan yang sebenarnya (true stress-true strain)

1. Tegangan sejati

$$\sigma_x = \frac{P}{A_o} (e_x + 1) \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_x = S_x (e_x + 1)$$

Dimana :

S_x = Tegangan teknik yang terjadi pada titik X

e_x = Regangan teknik yang terjadi pada titik X

2. Regangan sejati

$$\varepsilon_x = \ln(e_x + 1)$$

3. Tegangan sejati pada beban maksimum

$$S_u = \frac{P_{maks}}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{P_{maks}}{A_u}$$

$$\varepsilon_u = \ln \frac{A_o}{A_u}$$

Sehingga :

$$\sigma_u = S_u \frac{A_o}{A_u} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_u = S_u x e^{\varepsilon_u}$$

Dimana :

S_u = Tegangan pada titik ultimate

ε_u = Regangan sejati pada titik ultimate

C. Koefisien anisotropis plastis (anisotropi normal)

$$\bar{R}_{(0^\circ)} = \frac{\ln\left(\frac{W_o}{W_1}\right)}{\ln\left(\frac{T_o}{T_1}\right)}$$

Dimana :

W_o dan T_o = Lebar dan tebal mula-mula spesimen

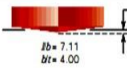
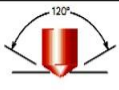
W_1 dan T_1 = Lebar dan tebal spesimen setelah dilakukan pengujian tarik

II.9. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan (hardness test) adalah suatu proses yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan suatu material terhadap deformasi pada daerah lokal atau permukaan material, khusus untuk logam deformasi yang di maksud adalah deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri adalah

suatu keadaan dari material yang ketika diberikan gaya maka struktur mikronya tidak akan kembali ke bentuk semula. Terdapat berbagai macam uji kekerasan lekukan, antara lain: Uji kekerasan Brinell, Vickers, Rockwell, Knoop, dan lain sebagainya. Dapat dilihat pada gambar 2.15

1. Pengujian Brinell dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja diperkeras (terbuat dari baja krom) dengan diameter tertentu oleh gaya tekan secara statis pada permukaan logam. Permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih. Setelah gaya tekan diiadakan dan bola baja dikeluarkan dari bekas lekukan, maka diameter lekukan paling atas diukur guna menentukan kekerasan logam yang diuji
2. Metode Vickers merupakan penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indenter berupa pyramid diamond terbalik dengan sudut puncak 136° ke permukaan logam yang akan diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih.
3. Pengujian *Rockwell* merupakan proses pembentukan lekukan pada permukaan logam memakai indenter atau penetrator yang ditekan dengan beban tertentu. Pada pengujain *rockwell* angka kekerasan yang ditunjukkan merupakan kombinasi antara beban dan indenter yang dipakai, maka perlu diberikan awalan huruf pada angka kekerasan yang menunjukkan kombinasi beban dan penumbuk tertentu untuk skala beban yang digunakan.

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	{ Diamond cone 1/8, 1/16, 1/32 in. diameter steel spheres	 	 	60 kg } Rockwell 100 kg } 150 kg } 15 kg } Superficial Rockwell 30 kg } 45 kg }	

Gambar 2.16 Jenis jenis pengujian kekerasan (Callister, 2007)

II.9.1 Rumus-Rumus yang Digunakan

A. Uji kekerasan Brinnell

1. Untuk nilai kekerasan Brinnell

$$HB = \frac{2P}{(\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2}))} \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

2. Untuk Kekerasan Vickers :

$$HV = 1.854 P/d^2$$

Dimana:

HV = Kekerasan Vickers (kg/mm²)

HB = kekerasan Brinnell [kg/mm²]

D = diameter indentor (diukur langsung) [mm]

P = beban [kg]

3. Untuk Nilai Kekerasan Rockwell Diukur langsung dari alat uji.

B. Untuk nilai kekerasan Vickers (HV) dapat diperoleh dengan menggunakan interpolasi nilai pada tabel konversi kekerasan dari nilai kekerasan Rockwell (HRC). Pembacaan langsung pada alat.

II.10 Pengujian Metalografi

Uji metalografi merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui struktur logam dengan menggunakan alat bantu mikroskop. Pada uji metalografi terdapat dua jenis, yaitu pengujian mikro dan pengujian makro. Pengujian makro bertujuan untuk mengamati daerah hasil pengelasan, yaitu pengukuran lebar weld metal serta untuk mengetahui cacat las yang ada. (A Fazadima, 2022)

II.10.1 Rumus-Rumus yang Digunakan

II.10.1.1 Penentuan Persen Fasa

$$\text{Persen fasa tertentu} = \frac{\text{Jumlah Titik Pada Fasa Tertentu}}{\text{Jumlah Titik Total}} \times 100\%$$

II.10.1.2 Penentuan Ukuran Butir

Ukuran butiran dinyatakan dengan besaran tertentu, misalnya standar dari ASTM, yaitu ASTM Grain Size Number (n) yang dinyatakan sebagai:

$$N = 2^{n-1}$$

Keterangan: n = ASTM Grain Size Number (1-10)

N = jumlah butiran per inci kuadrat

Ukuran butiran dapat ditentukan dengan menggunakan metode lingkaran Hilliard sebagai berikut:

$$G = -10 - 6.64 \log \frac{L_T}{P \times M}$$

Dimana: G = Besaran butir ASTM

L_T = Total keliling lingkaran

= $\pi \cdot d$ (cm)

P = Total jumlah perpotongan keliling lingkaran dengan butiran

M = Pembesaran (diketahui)

II.11. Baja Stainless Steel 304

SS304 merupakan baja tahan karat austenit dengan spesifikasi dasar umumnya mengandung paling sedikit 16% krom (Cr) dan 6% nikel (Ni) (R. Plaut, C. Herrera, D. Escriba.dkk,2007). Dalam usaha untuk meningkatkan karakteristik baja tahan karat untuk dapat digunakan bahan struktur dan ditempatkan pada lingkungan tertentu diperlukan beberapa keunggulan terhadap mekanik sehingga perlu ditambahkan unsur-unsur pepadu seperti Mo, Ti, Cu. Komposisikimia dari SS304 secara umum ditunjukkan pada Tabel II.7

Tabel 2.7 Komposisi kimia SS304 (R. Plaut, C. Herrera, D. Escriba.dkk,2007)

Unsur	Minimum (% berat)	Maksimal (% berat)
C	0,08	0,08
Si	1,00	1,00
Mn	2,00	2,02
Ni	8,00	10,50
Cr	18,00	20,00