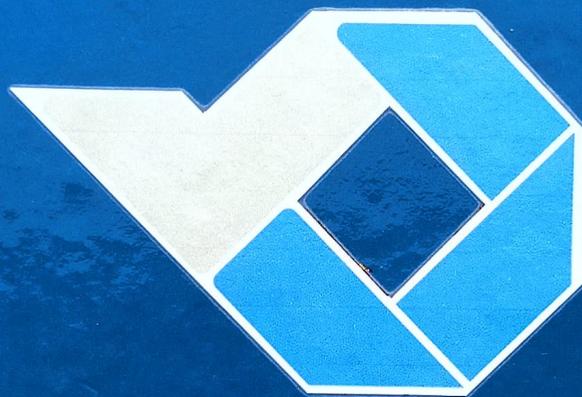


**ANALISIS PENGARUH ELEKTRODA E309-16 PADA SAMBUNGAN
BIMETAL BAJA *CARBON* AISI 1045 DAN *STAINLESS STEEL* 304
DENGAN MENGGUNAKAN PENGELASAN SMAW**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana
Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun oleh:

Budi Haryanto NIM: 1041907

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

2022/2023

**ANALISIS PENGARUH ELEKTRODA E309-16 PADA
SAMBUNGAN BIMETAL BAJA *CARBON* AISI 1045 DAN
STAINLESS STEEL 304 DENGAN MENGGUNAKAN
PENGELASAN SMAW**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun oleh:

Budi Haryanto NIM : 1041907

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

2022/2023

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH ELEKTRODA E309-16 PADA SAMBUNGAN
BIMETAL BAJA *CARBON* AISI 1045 DAN *STAINLESS STEEL* 304 DENGAN
MENGUNAKAN PENGELASAN SMAW**

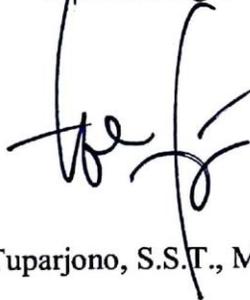
Oleh:

Budi Haryanto NIM 1041907

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



Tuparjono, S.S.T., M.T.

Pembimbing 2



Yuli Dharta, S.S.T., M.T.

Penguji 1



Sugiyarto, S.S.T., M.T.

Penguji 2



Erwansyah, S.S.T., M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

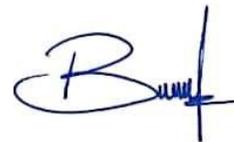
Nama Mahasiswa: Budi Haryanto NIM: 104107

Dengan Judul: Analisis Pengaruh Elektroda E309-16 Pada Sambungan Bimetal Baja
*Carbon AISI 1045 Dan Stainless Steel 304 Menggunakan Pengelasan
Smaw*

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja saya sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 18 Januari 2023

Penulis,



Budi Haryanto

ABSTRAK

Proses pengelasan bimetal merupakan proses pengelasan yang menyambungkan dua macam jenis logam yang berbeda. Pada penelitian ini dilakukan proses pengelasan bimetal dengan menggunakan elektroda E309-16. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh elektroda E309-16 pada sambungan dua material yang berbeda yaitu baja karbon AISI 1045 dan stainless steel 304 dengan menggunakan pengelasan smaw terhadap kekuatan tarik. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu melakukan proses pengelasan untuk sambungan butt joint dengan jenis kampuh V dan elektroda yang digunakan adalah E309-16. Bentuk spesimen pada penelitian ini menggunakan standar ASTM E8 dan uji hasil pengelasan dilakukan dengan menggunakan uji tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektroda E309-16 memiliki pengaruh pada proses las bimetal terhadap baja carbon AISI 1045 dan stainless steel 304 dengan kekuatan tarik yang dihasilkan sebesar 568,88 Mpa – 671,56 Mpa, kekuatan luluh yang dihasilkan sebesar 352,75 Mpa – 364,02 Mpa, nilai regangan yang dihasilkan sebesar 12,50 % - 43,00 % dan mampu menahan beban tarik yang diberikan sebesar 6450 Kg – 7900 Kg. dan proses pengelasan bimetal menggunakan elektroda E309-16 memiliki pengaruh yang lebih mengikat pada material stainless steel 304, hal ini dibuktikan berdasarkan spesimen yang putus pada area las dan pada kandungan carbon stainless steel 304 yang lebih rendah dengan kandungan carbon 0,042 % dibandingkann dengan material baja AISI 1045 yang memiliki kandungan carbon 0,42 %.

Kata Kunci: AISI 1045; STAINLESS STEEL 304; Uji tarik;

ABSTRACT

The bimetallic welding process is a welding process that connects two different types of metal. In this study, the bimetal welding process was carried out using the E309-16 electrode. The purpose of this study was to determine the effect of the E309-16 electrode on the connection of two different materials, namely AISI 1045 carbon steel and 304 stainless steel using smaw welding on tensile strength. This study used an experimental method, namely carrying out the welding process for butt joints with the type V seam and the electrode used was E309-16. The shape of the specimens in this study used the ASTM E8 standard and the welding results were tested using a tensile test. The results showed that the E309-16 electrode had an influence on the bimetallic welding process on AISI 1045 carbon steel and 304 stainless steel with a resulting tensile strength of 568,88 Mpa – 671,56 Mpa, a resulting yield strength of 352,75 MPa – 364 ,02 MPa, the resulting strain value is 12.50% - 43.00% and is able to withstand a given tensile load of 6450 Kg - 7900 Kg. and the bimetallic welding process using the E309-16 electrode has a more binding effect on the 304 stainless steel material, this is evidenced by the broken specimens in the weld area and the lower carbon content of 304 stainless steel with a carbon content of 0.042% compared to AISI steel material 1045 which has a carbon content of 0.42%.

Keywords: AISI 1045; STAINLESS STEEL 304; Tensile strength;

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan proyek akhir ini.

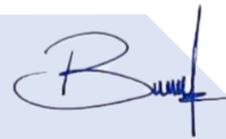
Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan laporan proyek akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu, Bapak, dan keluarga yang telah memberikan motivasi, doa, perhatian dan kasih sayang kepada penulis.
2. Bapak Tuparjono, S.S.T., M.T. selaku pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, dukungan dan bantuan untuk penelitian proyek akhir ini.
3. Bapak Yuli Dharta, S.S.M.T., selaku pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis
4. Bapak Muhammad Subhan, M.T selaku dosen wali
5. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng. selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Bapak Susanto selaku dosen dan teman curhat yang selalu memberi semangat kepada penulis.
8. Kepada Muhammad Afriadi, Adha, Arianda Pratama, yang sangat berjasa dan teman-teman yang telah membantu dan memberi suport kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini dengan tepat waktu.

Akhir kata penulis ucapkan banyak terima kasih kepada semua yang terlibat dalam proses penyusunan tugas akhir penulis. Semoga ilmu yang penulis tulis dapat bermanfaat bagi pembaca, akhir kata penulis ucapkan

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.

Penulis, Sungailiat 18 Januari 2023



Budi Haryanto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1. Pengertian Pengelasan.....	4
2.2. <i>Shielding Metal Arc Welding (SMAW)</i>	4
2.3. Pengelasan Logam Yang Berbeda	5

2.4. Parameter Pengelasan	6
2.4.1 Arus Pengelasan.....	6
2.4.2 Sambungan Kampuh	7
2.4.3 Elektroda	8
2.5. Kekuatan Tarik.....	9
2.6. <i>Stainless Steel</i> 304.....	11
2.7. Baja AISI 1045.....	12
2.7.1 Unsur Baja <i>AISI</i> 1045.....	13
2.7.2 Sifat Mekanik Baja AISI 1045.....	13
2.8. Pengujian Tarik	14
2.9. Sifat Uji Tarik Dilihat Dari Patahan.....	16
BAB III METODE PELAKSANAAN.....	18
3.1. Metode Penelitian.....	18
3.2. Diagram Alir	18
3.3. Identifikasi Masalah.....	19
3.4. Studi Literatur	19
3.5. Persiapan Alat dan Bahan	19
3.5.1 Alat Penelitian.....	19
3.5.2 Bahan Penelitian.....	19
3.6. Rancangan Eksperimen.....	20
3.7. Proses Pengelasan	20
3.8. Proses Pembentukan Spesimen.....	21
3.9. Pengujian Tarik	22

3.10. Analisa Data.....	23
3.11. Kesimpulan Dan Saran.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1. Proses Pengambilan Data Uji Coba	24
4.2. Hasil Uji Coba.....	24
4.3. Analisis Hasil Uji Coba.....	25
4.3.1 Analisis Spesimen Putus diarea Las dan <i>Basemetal</i>	25
4.3.2 Analisis Grafik Hasil Uji Tarik Spesimen Putus di Las.....	26
4.3.3 Analisis Grafik Hasil Uji Tarik Spesimen Putus di <i>Basemetal</i>	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	30
5.1. Kesimpulan	30
5.2. Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tabel 2.1 Diameter Elektroda Dan Arus Las.....	7
Tabel 2. 2. Tabel Komposisi Kimia E309-16	9
Tabel 2. 3. Dimensi Spesimen Uji Tarik.....	10
Tabel 2. 4. Unsur Baja Karbon AISI 1045	13
Tabel 2. 5. Sifat Mekanik Baja Karbon AISI 1045	13
Tabel 3. 1. Rancangan Eksperimen yang Ditentukan	20
Tabel 4. 1. Hasil Uji Coba Tarik Spesimen	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Bentuk rangkaian proses <i>Shielding Metal Arc Welding</i> (SMAW).....	5
Gambar 2. 2. Bentuk Kampuh V	7
Gambar 2. 3. Elektroda E309-16	9
Gambar 2. 4. Dimensi Spesimen Uji tarik	11
Gambar 2. 5. Kurva Tegangan-Regangan.....	15
Gambar 2. 6. Batas elastis dan tegangan luluh 0,2 %	16
Gambar 2. 7. Ilustrasi penampang samping bentuk perpatahan benda uji tarik sesuai dengan tingkat keuletan/kegetasan.....	16
Gambar 3. 1. Diagram Alir	18
Gambar 3. 2. Hasil Proses Pengelasan	21
Gambar 3. 3. Standar Dimensi Spesimen ASTM E8	21
Gambar 3. 4. Hasil Pembentukan Spesimen Penelitian.	22
Gambar 3. 5. Spesimen Hasil Uji Tarik.	22
Gambar 4. 1. Grafik Hasil Uji Tarik Spesimen 1, 4 dan 5.....	26
Gambar 4. 2. Spesimen Putus di Area Las.....	27
Gambar 4. 3. Spesimen 2, 3, 6 dan 7 Hasil Uji Tarik	28
Gambar 4. 4. Spesimen Putus di Area <i>Basemetal</i>	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2. Proses Pengerjaan

Lampiran 3. Sertifikat Material

Lampiran 4. Proses Pengelasan



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada era globalisasi ini perkembangan teknologi dalam bidang industri konstruksi baja semakin meningkat. Hal ini dibuktikan dengan maraknya penggunaan logam seperti besi, baja, *stainless* dan aluminium baik dalam skala kecil maupun skala besar. Seperti halnya penggunaan logam di daerah Bangka Belitung yang semakin banyak digunakan dalam kebutuhan rumah tangga maupun perusahaan yang ada di Bangka Belitung, hal ini terbukti dengan banyaknya perusahaan yang memproduksi di bidang manufaktur. Pengelasan merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan dalam proses manufaktur sehingga banyaknya penggunaan logam yang semakin meningkat, tetapi hal ini berbanding terbalik dengan proses penggunaan jenis logam yang tepat serta minimnya pengetahuan dalam mengelola dan penggunaan logam serta sumber bahan baku yang tersedia seperti yang di ungkapkan (Wibowo & Suwito, 2016). Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan ketrampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik.

Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Salah satu proses penyambungan logam dengan logam yang lain adalah proses pengelasan, dimana proses pengelasan sangat berhubungan erat dengan energi termal (panas), sehingga dalam prosesnya akan dapat mengubah sifat dasar dari material dasar, untuk itu dalam proses pengelasan perlu diperhatikan beberapa parameter proses pengelasan yang berhubungan dengan kualitas hasil las, seperti pemilihan mesin las,

penunjukan juru las, pemilihan kuat arus, pemilihan elektroda, dan pemilihan jarak pengelasan.

Pengelasan yang sering digunakan dalam dunia industri secara umum adalah pengelasan dengan menggunakan metode pengelasan dengan busur nyala logam terlindung atau biasa disebut *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Metode SMAW banyak digunakan pada masa ini karena penggunaannya lebih praktis, lebih mudah pengoperasiannya, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien (Zulfadly & Ghony, 2022).

Proses pengelasan bimetal adalah proses pengelasan yang menyambungkan dua macam jenis logam yang berbeda. Pengelasan bimetal mempunyai tingkat kerumitan yang lebih tinggi dibanding dengan pengelasan dengan logam yang sama jenis. Karena logam yang tidak sejenis mempunyai karakteristik yang berbeda satu sama lainnya. Sehingga proses pengelasan logam yang tidak sejenis membutuhkan beberapa teknik tertentu, misalnya pemilihan logam yang akan disambung harus tepat, pemilihan elektroda yang sesuai. Untuk itu dibutuhkan suatu cara agar pengelasan bimetal lebih dapat diterima dan pada akhirnya dapat diaplikasikan dengan baik sesuai dengan yang diinginkan (Mustafid et al., 2011).

Kelemahan dari pengelasan *dissimilar* adalah timbulnya lonjakan tegangan yang besar disebabkan oleh perubahan struktur mikro pada daerah las yang menyebabkan turunnya kekuatan bahan dan akibat adanya tegangan sisa dan adanya cacat dan retak akibat proses pengelasan. Kemudian kegagalan pada pengelasan *dissimilar* dikarenakan kualitas sambungan las yang tidak optimal akibat lonjakan tegangan tinggi disekitar las yang ditimbulkan karena temperatur puncak las dan temperatur terdistribusikan tidak sama pada kedua logam yang disambung (Nasrul L et al., 2016).

Penggunaan jenis elektroda yang berbeda dan jenis standard pengujian tarik yang berbeda menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda. Perbedaan arus pengelasan dengan menggunakan elektroda yang sama juga berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil lasan (Arifin et al., 2017).

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh elektroda E309-16 pada pengelasan bimetal antara baja *carbon* AISI 1045 dan *stainless steel* 304 terhadap kekuatan sambungan las pada las SMAW?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda E309-16 pada sambungan baja carbon AISI 1045 dan stainless steel 304 terhadap kekuatan tarik.

1.4. Batasan Masalah

1. Batasan masalah yang di kaji pada penelitian ini adalah hasil uji tarik yang terjadi akibat sambungan las yang menggunakan elektroda E309-16.
2. Menggunakan kampuh V 60° pada setiap spesimen proses pengelasan.
3. Setiap spesimen menggunakan 90 Ampere pada proses penembusan.
4. Setiap spesimen menggunakan 120 Ampere pada proses pengisian.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada pengelasan bimetal.
2. Untuk mengetahui keunggulan dan kelemahan pada pengelasan baja dan stainless dengan pemanfaatan elektroda E309-16.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengertian Pengelasan

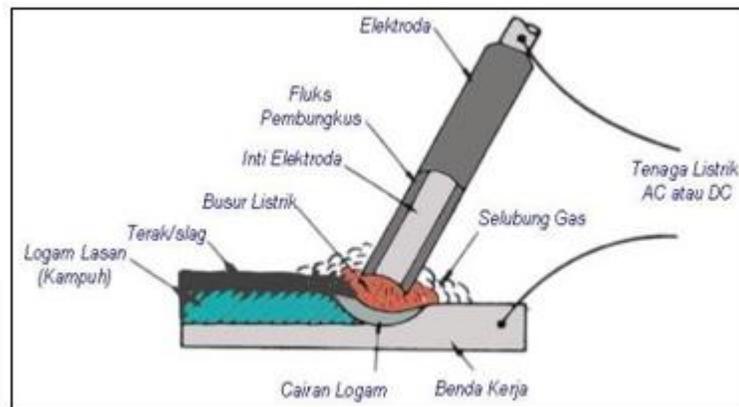
Pengelasan Las (*welding*) merupakan suatu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan (Widharto, 2007). Pengelasan tidak hanya memanaskan dua bagian benda hingga mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan sesuai dengan mutu. Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Sehingga las (*welding*) dapat diartikan sebagai suatu teknik menyambungkan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinu (Nasrul L et al., 2016).

Pengelasan memiliki sisi kelebihan dan sisi kekurangan, kelebihan dari pengelasan diantaranya adalah biaya terjangkau, proses relatif lebih cepat, lebih ringan, bentuk konstruksi lebih variatif, sambungan las bersifat permanen, dan kekuatan hasil las lebih besar dari pada logam yang disambungkan. Sisi kekurangan dari pengelasan adalah sambungan yang permanen, rakitan yang telah dilas tidak dapat dilepas kembali. Sehingga metode pengelasan tidak cocok digunakan untuk produk yang memerlukan pelepasan rakitan misalnya untuk perbaikan atau perawatan (Nasrul L et al., 2016).

2.2. Shielding Metal Arc Welding (SMAW)

Pada proses pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah proses pengelasan dengan mencairkan material dasar yang menggunakan panas dari listrik antara penutup *metal* (elektroda). Dalam teknik pengelasan SMAW, proses perlindungan logam lasan

dilakukan dua tahap. Ketika logam las dalam kondisi cair dilindungi oleh bermacam-macam gas hasil pembakaran elektroda las dan ketika sedang membeku cairan ini dilindungi oleh lapisan terak yang terbentuk dari *fluks* yang membeku. Bentuk rangkaian proses *Shielding Metal Arc Welding* (SMAW) dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini (Mustafid et al., 2011).



Gambar 2. 1. Bentuk rangkaian proses *Shielding Metal Arc Welding* (SMAW) (Azwinur & Muhazir, 2019).

2.3. Pengelasan Logam Yang Berbeda

Proses pengelasan bimetal adalah proses pengelasan yang menyambungkan dua macam jenis logam yang berbeda. Pengelasan bimetal mempunyai tingkat kerumitan yang lebih tinggi dibanding dengan pengelasan dengan logam yang sama jenis. Karena logam yang tidak sejenis mempunyai karakteristik yang berbeda satu sama lainnya. Sehingga proses pengelasan logam yang tidak sejenis membutuhkan beberapa teknik tertentu, misalnya pemilihan logam yang akan disambung harus tepat, pemilihan elektroda yang sesuai. Untuk itu dibutuhkan suatu cara agar pengelasan bimetal lebih dapat diterima dan pada akhirnya dapat diaplikasikan dengan baik sesuai dengan yang diinginkan (Mustafid et al., 2011).

2.4. Parameter Pengelasan

Parameter yang digunakan untuk melihat hasil pengelasan *Shielding Metal Arc Welding* (SMAW) diantaranya adalah kuat arus listrik, sambungan kampuh, elektroda, tegangan busur, dan posisi pengelasan. Parameter tersebut memiliki pengaruh yang besar pada performa keberhasilan lasan. Berikut ini merupakan penjelasan dari parameter pengelasan SMAW.

2.4.1 Arus Pengelasan

Kuat arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus las maka akan semakin besar penembusan dan kecepatannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las, apabila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sedangkan apabila arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi (Santoso, 2006).

Busur listrik yang dihasilkan berasal dari sumber listrik arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*) atau sumber arus searah (*Direct Current/DC*) yang dihasilkan dari generator arus searah atau *accu*. Proses pengelasan SMAW dilakukan dengan menggunakan energi listrik (AC/DC), energi listrik dikonversikan menjadi energi panas dengan membangkitkan busur listrik melalui sebuah elektroda (Bintoro, 1999). Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan dapat dilihat pada table 2.1 dibawah ini.

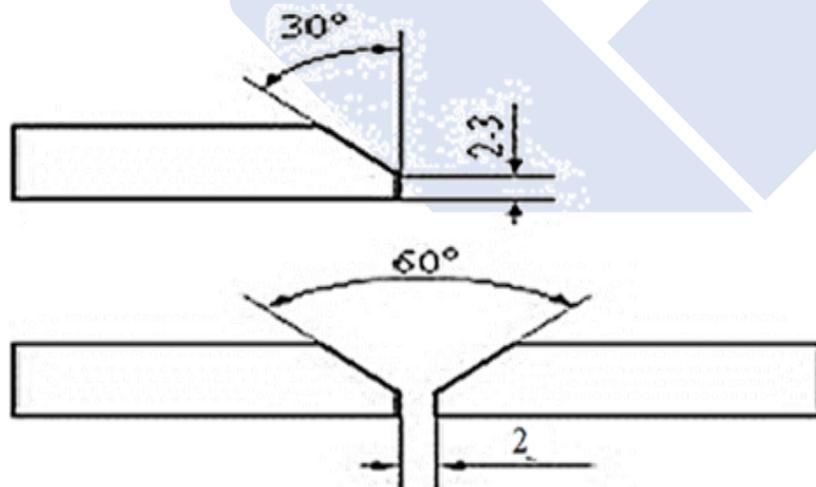
Tabel 2. 1. Tabel 2.1 Diameter Elektroda Dan Arus Las

Diameter Kawat Las (mm)	Arus Las (Ampere)
2,5	60-90
2,6	60-90
3,2	80-130
4,0	150-190
5,0	180-250

(Sumber: Saputra *et al.*, 2016).

2.4.2 Sambungan Kampuh

Hasil pengelasan yang baik juga ditentukan dengan pemilihan kampuh yang baik, dalam hal ini kampuh las di rancang dengan sedemikian rupa agar hasil pengelasan memiliki kekuatan yang baik dan tahan lama. Kampuh las harus dirancang untuk pengelasan yang efisien secara ekonomis dan mudah dalam hal pelaksanaannya serta untuk meminimalkan cacat las pada saat mengelas. Jenis kampuh yang sesuai dengan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kampuh V. Bentuk kampuh V dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2. 2. Bentuk Kampuh V (Sumber: Syaripuddin *et al.*, 2014).

Sambungan tumpul V tunggal dapat dirancang secara tertutup maupun terbuka. Sambungan ini lebih kuat dibandingkan dengan sambungan tumpul lurus dalam penggunaannya untuk penyambungan logam dengan pembebanan tekanan yang besar. Biaya persiapan sambungan akan lebih tinggi dan jumlah pengisian lebih banyak jika pengisian hanya satu sisi dengan pengelasan berulang.

Pengerjaan kampuh las terdiri dari 4 jenis yaitu sambungan kampuh V tunggal, kampuh V ganda, kampuh U tunggal, dan kampuh U ganda. Penggunaan kampuh V dipergunakan untuk menyambung logam atau plat yang tebalnya antara 6 – 16 mm dengan sudut kampuh 50° - 70° dan jarak kisar 1 – 2 mm serta tinggi dasar sudut kampuh 1 – 2 mm, dimana sambungan ini terdiri dari kampuh V terbuka dan tertutup. Kampuh V terbuka digunakan untuk penyambungan logam atau plat yang tebalnya 6 – 16 mm (Miftahul Huda ST. MPD & Setiawan, 2016).



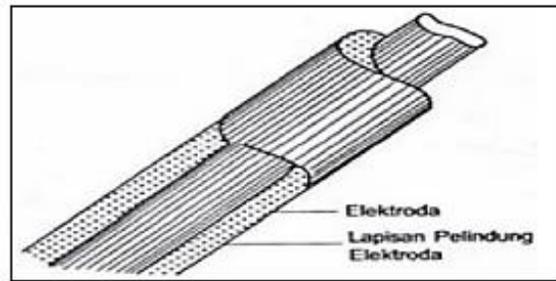
Gambar 2.3 Jenis-jenis Kampuh (Zulfadly & Ghony, 2022).

2.4.3 Elektroda

Pengelasan SMAW memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan campuran kimia. Fungsi dari elektroda adalah pembangkit dan bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput merupakan pangkal menjepitkan tang las. Fungsi dari *fluks* adalah melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur (Santoso, 2006).

Pada standar AWS A5.4 menyatakan elektroda yang tersedia harus sesuai dengan komposisi logam dasar, namun komposisi kimia sebenarnya dari logam pengisi secara

tipikal lebih tinggi dari logam dasar, karena beberapa elemen sering hilang dalam transfermelinasi busur. Pada penelitian ini jenis elektroda yan akan digunakan adalah E309-16 dengan diameter 2,6 mm dan diameter 3,2 dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2. 3. Elektroda E309-16

Keterangan E menunjukkan arti elektroda 309 Menunjukkan komposisi kimia logam inti elektroda, dalam hal ini termasuk kedalam golongan elektroda baja tahan karat 16 Menunjukkan zat pelapis pelindung (*fluks*) yang terbuat dari hidrogen rendah (*low hydrogen*) (Mustafid et al., 2011). Tabel komposisi kimia dapat di lihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2. 2. Tabel Komposisi Kimia E309-16

% Alloy	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	S	P	Cu
E309-16	0,06	23	13	0,09	0,8	0,51	0,01	0,02	0,12

Sumber: (Mustafid et al., 2011).

2.5. Kekuatan Tarik

Cara mengetahui sifat-sifat suatu bahan maupun mutu hasil lasan, tentu kita harus mengadakan pengujian terhadap bahan tersebut. Ada empat jenis uji coba yang biasa dilakukan, salah satunya adalah uji kekuatan tarik (*tensile test*). Menurut Saputra *et al.*, (2014), pengujian kekuatan tarik bertujuan untuk mengetahui sifat- sifat mekanik dan perubahan-perubahannya dari suatu logam terhadap gaya tarik yang diberikan. Pengujian ini paling sering di lakukan karena merupakan dasar pengujian-pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan.

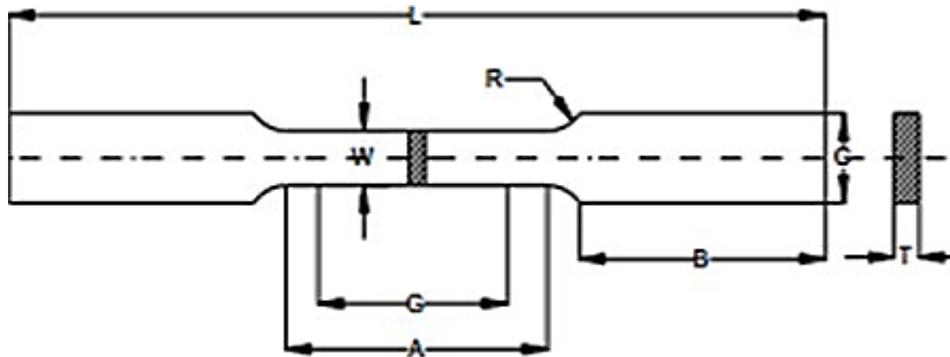
Uji tarik adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan maka akan diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*) (Risca, 2017).

Spesimen uji kekuatan tarik yang digunakan untuk sambungan las harus diambil dari hasil sambungan las yang dianggap dapat mewakili dari proses pengelasan. Untuk menentukan sifat-sifat mekanis dari daerah las. Dilihat pada tabel 2.3 di bawah ini:

Keterangan	Ukuran
Gage Length (G)	50 mm
Length of Reduced Section	57 mm
Width (W)	12,5 mm
Thickness (T)	10 mm
Radius of Fillet (R)	12,5 mm
Overall Length (L)	200 mm
Width of grip Section	20 mm

Tabel 2. 3. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Tabel menunjukkan tentang ukuran dimensi spesimen pengujian tarik berdasarkan standar *ASTM E-8* panjang *Gauge Length* (G) sebesar 2 inch (50.8 mm), dimensi *Width* (W) sebesar 0.5 inch (12.7 mm) dan lebar area cekam sekitar 3/4 in. (19.05 mm). Dibagian tengah dari batang uji (bagian yang paralel) adalah bagian yang menerima tegangan yang *uniform* dan pada bagian ini disebut panjang ukur (*gauge length*), yaitu bagian yang dianggap menerima pembebanan, bagian ini selalu diukur panjangnya selama proses pengujian. Rancangan dimensi spesimen uji tarik menurut standar *ASTM E8* dapat dilihat pada Gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2. 4. Dimensi Spesimen Uji tarik (Panggaben et al., 2017).

2.6. *Stainless Steel 304*

Stainless Steel merupakan salah satu jenis baja telah banyak digunakan dan diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. *Stainless steel* banyak menawarkan proteksi fisik yang sangat bagus, mudah dibentuk, dekoratif serta dapat didaur ulang tanpa harus mengurangi kualitas senyawa penyusunnya. Campuran *stainless steel* mengandung senyawa kromium dengan presentase sedikitnya 11% yang cukup untuk dapat membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan baja (Ojahan, 2017).

Stainless Steel 304 merupakan jenis baja tahan karat *austenitic stainless steel* yang memiliki komposisi 0.042% C, 1.19% Mn, 0.034% P, 0.006% S, 0.049% Si, 18.24% Cr, 8.15% Ni, dan sisanya Fe. Beberapa sifat mekanik yang dimiliki baja karbon tipe 304 ini antara lain kekuatan tarik 646 Mpa, yield strength 270 Mpa, *elongation* 50%, kekerasan 82 HRB. *Stainless steel* tipe 304 merupakan jenis baja tahan karat yang serbaguna dan paling banyak digunakan. Komposisi kimia, kekuatan mekanik, kemampuan las dan ketahanan korosinya sangat baik dengan harga yang relative terjangkau. *Stainless steel* tipe 304 ini banyak digunakan dalam dunia industri maupun skala kecil. Penggunaannya antara lain untuk tanki dan container untuk berbagai macam cairan dan padatan, peralatan pertambangan, kimia, makanan, dan industri farmasi (Sumarji, 2011).

Stainless steel memiliki sifat tidak mudah terkorosi seperti logam baja yang lain. *Stainless steel* berbeda dari baja biasa dari kandungan kromnya. Baja karbon akan terkorosi ketika diekspos pada udara yang lembab. Besi oksida yang terbentuk bersifat aktif dan akan mempercepat korosi dengan adanya pembentukan oksida besi yang lebih banyak lagi. *Stainless steel* memiliki persentase jumlah krom yang memadai sehingga akan membentuk suatu lapisan pasif kromium oksida yang akan mencegah terjadinya korosi lebih lanjut (Sumarji, 2011).

2.7. Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon dengan kandungan karbon sekitar 0,43-0,50% yang termasuk dalam kategori baja karbon sedang atau baja karbon menengah. Baja AISI 1045 merupakan standarisasi baja AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan SAE (*Society of Automotive Engineers*). Terdapat beberapa regulasi dalam standarisasi baja berdasarkan AISI dan SAE yang diwakili oleh 4 atau 5 angka (Rifnaldy, et al., 2019). (1) angka pertama menunjukkan jenis baja. (2) angka kedua menunjukkan tingkat elemen paduan untuk baja paduan sederhana, untuk baja paduan tingkat jenis baja paduan kompleks yang dimodifikasi. (3) dua atau tiga angka terakhir menampilkan persentase kandungan karbon (%). (4) jika terdapat huruf di depan angka tersebut, maka huruf tersebut menunjukkan proses pembuatan baja.

Jadi baja AISI 1045 pada angka 10 menyatakan baja karbon atau *plain carbon steel* sedangkan angka 45 menunjukkan bahwa kandungan karbon pada baja tersebut memiliki persentase 0,45% (Pramono, 2011). Baja AISI 1045 mempunyai karakteristik proses pengerjaan yang sangat baik, sifat mekanik yang dapat dilas, kemampuan mesin yang baik serta mempunyai kekerasan yang baik dan ketahanan arus (Parekke et al., 2014).

2.7.1 Unsur Baja AISI 1045

Adapun kandungan unsur yang terdapat pada baja karbon AISI 1045 menurut standar ASTM A 827-85 dapat dilihat dari Tabel 2.4 di bawah ini :

Tabel 2. 4. Unsur Baja Karbon AISI 1045 (Rifnaldi & Mulianti, 2019).

Unsur	%	Sifat Mekanik Lainnya
<i>Carbon</i>	0,42-0,50	<i>Tensile strenght</i>
<i>Mangan</i>	0,60-0,90	<i>Yield strenght</i>
<i>Sulfur</i>	Maks. 0,035	<i>Elongation</i>
<i>Fosfor</i>	Maks. 0,040	<i>Reduktion in area</i>
<i>Silican</i>	0,15-0,40	<i>Hardness</i>

Sumber : AISI (*American Iron and Steel Institute*)

2.7.2 Sifat Mekanik Baja AISI 1045

Adapun sifat-sifat mekanik yang terdapat pada baja karbon AISI 1045 menurut standar ASTM A 827-85 dapat dilihat dari Tabel 2.5 sebagai berikut :

Tabel 2. 5. Sifat Mekanik Baja Karbon AISI 1045 (Rifnaldi & Mulianti, 2019).

Sifat Mekanik	Keterangan
Kekuatan Tarik	396 N/mm ²
Kekuatan Luluh	380 N/mm ²
<i>Elongation</i>	16 % /mm ²
Modulus Elastisitas	200 Gpa
Massa Jenis	7,89 gr/cm

Sumber : AISI (*American Iron and Steel Institute*)

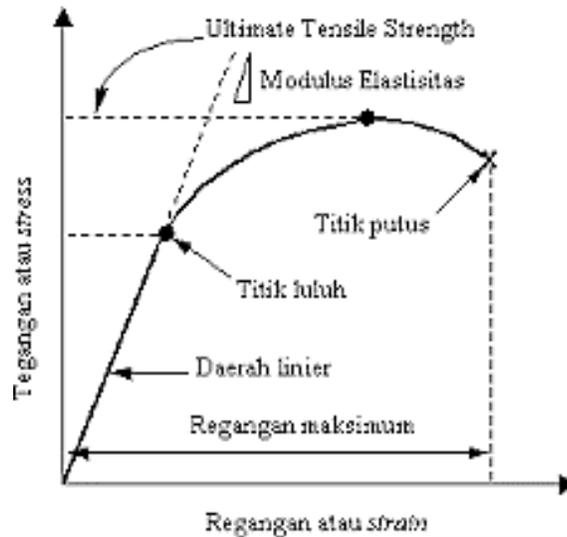
2.8. Pengujian Tarik

Pengujian untuk mengetahui kekuatan yang terjadi pada sambungan logam hasil pengelasan dapat dilakukan dengan pengujian merusak dan pengujian tidak merusak. Pengujian merusak dapat dilakukan dengan uji mekanik untuk mengetahui kekuatan sambungan logam hasil pengelasan, yang salah satunya dapat dilakukan suatu uji tarik yang telah distandarisasi. Kekuatan tarik sambungan las sangat dipengaruhi oleh sifat logam induk, daerah HAZ (*heat affected zone*), sifat logam las, dan geometri serta distribusi tegangan dalam sambungan .

Untuk melaksanakan pengujian tarik dibutuhkan batang tarik. Batang tarik, dengan ukuran-ukuran yang dinormalisasikan, dibubut dari spesimen yang akan diuji. Uji tarik merupakan salah satu dari beberapa pengujian yang umum digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari satu material. Dalam bentuk yang sederhana, uji tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik. Gaya tarik terhadap spesimen uji tarik diberikan oleh mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*) yang menyebabkan terjadinya pemanjangan spesimen uji dan sampai terjadi patah. Dalam pengujian, spesimen uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga spesimen uji tersebut patah.

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (*deformasi*) bahan tersebut. Proses terjadinya *deformasi* pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan- regangan (Santoso, 2006).



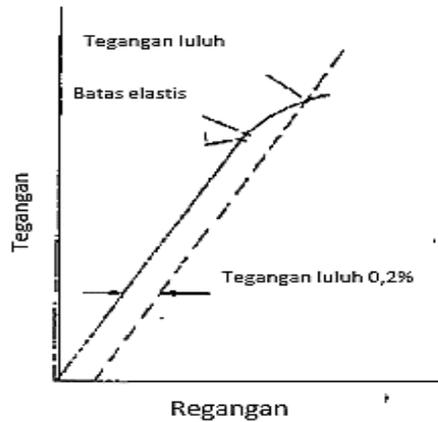
Gambar 2. 5. Kurva Tegangan-Regangan (Urmartono & Irawan, 2018).

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan- regangan.

Jika sebuah benda ditarik dengan sebuah gaya sampai ukuran tertentu, maka tegangan yang diperoleh adalah dengan cara membagi beban dengan luas penampang mula benda uji. Tegangan sendiri di simbolkan dengan lambang (σ).

Regangan (persentase penambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula-mula benda uji. Regangan sendiri di simbolkan dengan lambang (ϵ).

Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa penambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban (Santoso, 2006).

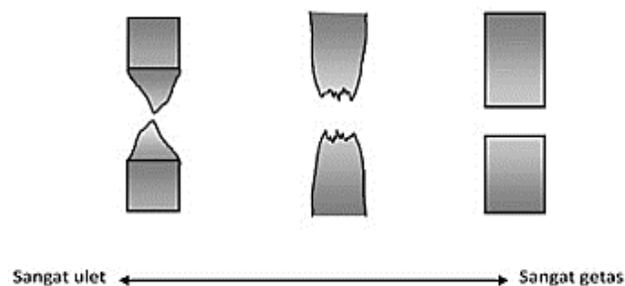


Gambar 2. 6. Batas elastis dan tegangan luluh 0,2 % (Santoso, 2006).

Uji tarik suatu material dapat dilakukan dengan menggunakan *universal testing machine*. Benda uji dijepit pada mesin uji tarik, kemudian beban *static* dinaikkan secara bertahap sampai spesimen putus. Besarnya beban dan pertambahan panjang dihubungkan langsung dengan *plotter*, sehingga diperoleh grafik tegangan (Mpa) dan regangan (%) yang memberikan informasi data berupa tegangan luluh (σ_{ys}) tegangan *ultimate* (σ_{ult}), modulus elastisitas bahan (E), ketangguhan dan keuletan sambungan las yang diuji tarik.

2.9. Sifat Uji Tarik Dilihat Dari Patahan

Dilihat dari specimen yang putus saat pengujian tarik bentuk patahan dari specimen dapat dilihat pada gambar 2.7 bawah ini.



Gambar 2. 7. Ilustrasi penampang samping bentuk perpatahan benda uji tarik sesuai dengan tingkat keuletan/kegetasan (Urmartono & Irawan, 2018).

Perpatahan ulet memberikan karakteristik berserabut (*fibrous*) dan gelap (*dull*), sementara perpatahan getas ditandai dengan permukaan patahan yang berbutir (*granular*) dan terang. Perpatahan ulet umumnya lebih disukai karena bahan ulet umumnya lebih tangguh dan memberikan peringatan lebih dahulu sebelum terjadinya kerusakan, ini juga terjadi pada sambungan las (Urmartono & Irawan, 2018).



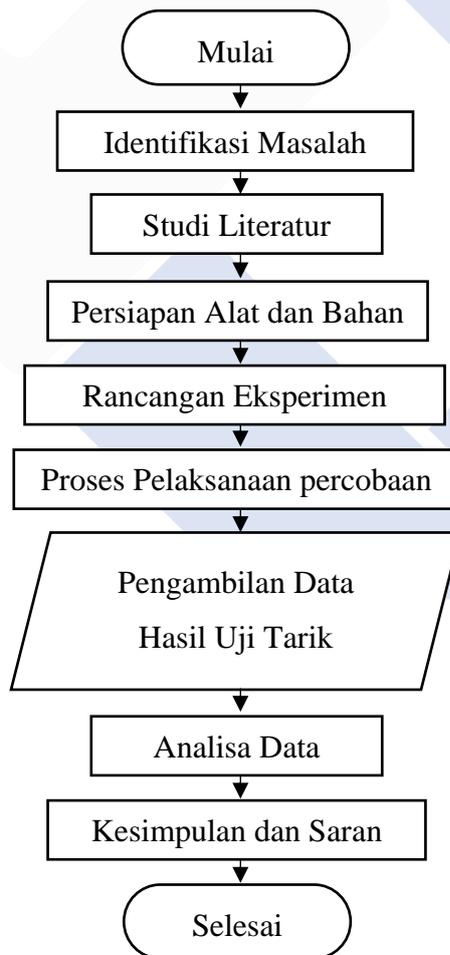
BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian adalah suatu cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga pelaksanaan dan hasil penelitian bisa untuk dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen.

3.2. Diagram Alir

Proses penelitian ini dilakukan dengan mengikuti rangkaian berupa diagram alir seperti yang terdapat pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1. Diagram Alir

3.3. Identifikasi Masalah

Identifikasi Masalah adalah tahapan pertama dalam setiap proses penelitian, dimana peneliti harus terlebih dahulu mengetahui dan mengenali apa saja masalah yang terdapat dalam sebuah penelitian yang ingin diteliti.

3.4. Studi Literatur

Studi literatur adalah tahapan penting setelah mengidentifikasi masalah, dimana pada tahapan ini merupakan proses mengumpulkan informasi dari referensi yang dapat membantu dalam proses penelitian yang dilakukan, baik berupa studi lapangan, referensi dari buku, jurnal penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian yang ingin diteliti.

3.5. Persiapan Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan adalah tahapan yang harus ditentukan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan, alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

3.5.1 Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Mesin Las DC+
2. Gerinda Tangan
3. Jangka Sorong
4. Mesin Frais
5. Mesin Uji Tarik

3.5.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini yaitu:

1. Baja *Carbon* AISI 1045
2. *Stainless Steel* 304
3. Elektroda E309-16

3.6. Rancangan Eksperimen

Dalam penelitian yang dilakukan, rancangan eksperimen dalam proses pengelasan harus ditentukan, dalam penelitian ini rancangan eksperimen yang ditentukan dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3. 1. Rancangan Eksperimen yang Ditentukan

Rancangan Eksperimen	
Kampuh V	60°
Proses Penembusan	90 Ampere
Proses Pengisian	120 Ampere

Rancangan eksperimen menggunakan jenis Kampuh V 60° dalam proses pengelasan penelitian ini, kampuh V 60° ditentukan berdasarkan dari standar kampuh V yang sering digunakan dalam proses pengelasan. Kemudian dalam proses penembusan digunakan diameter elektroda 2,6 mm dengan 90 ampere dan dalam proses pengisian digunakan elektroda diameter 3,2 mm dengan 120 ampere, dimana nilai 90 ampere adalah nilai ampere tertinggi yang ditentukan berdasarkan data spesifikasi dari elektroda E309-16 diameter 2,6 mm. Dan nilai 120 Ampere adalah nilai ampere tertinggi pada elektroda E309-16 diamter 3,2 mm.

3.7. Proses Pengelasan

Proses pengelasan dilakukan menggunakan elektroda E309-16 terhadap dua benda kerja yang berbeda yaitu baja AISI 1045 dengan stainlees steel 304, Langkah-langkah dalam proses pengelasan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan material baja carbon AISI 1045 dan stainless steel 304 dengan ukuran tebal 10 mm x panjang 100 mm x lebar 50 mm.
2. Mempersiapkan mesin las SMAW DC+.
3. Mempersiapkan elektroda E309-16.
4. Kampuh yang digunakan adalah jenis kampuh V, dengan sudut 60°.
5. Setelah dibentuk kampuh V, selanjutnya dilakuan proses pengelasan pada material.
6. Pengelasan spesimen sebanyak 7 buah spesimen.
7. Material yang selesai di las lalu di siapkan untuk proses selanjutnya.

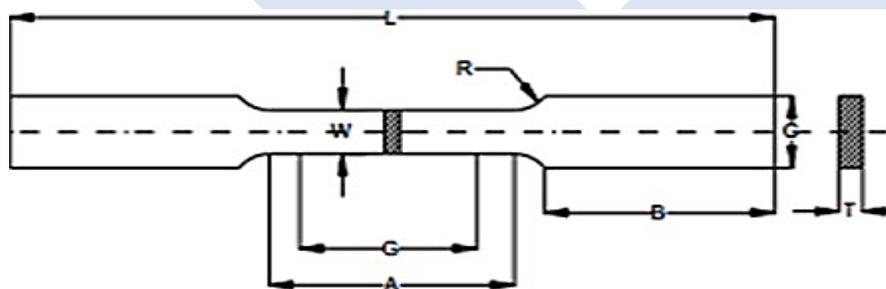
Hasil proses pengelasan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.2
Dibawah ini:



Gambar 3. 2. Hasil Proses Pengelasan

3.8. Proses Pembentukan Spesimen

Proses pembentukan spesimen dilakukan setelah proses pengelasan selesai, bertujuan agar saat proses pengelasan lebih maksimal dikarenakan ukuran spesimen masih berbentuk plat dengan ukuran 200 mm x 50 mm, dengan demikian proses pembentukan spesimen yang mengacu pada standar ASTM E8, standar ASTM E8 dilihat pada Gambar 3.3 Sebagai berikut:



Gambar 3. 3. Standar Dimensi Spesimen ASTM E8

Adapun langkah langkah yang dilakukan dalam proses pembentukan spesimen sebagai berikut:

1. Meratakan alur hasil pengelasan dengan gerinda tangan.
2. Setelah proses selesai, dilakukan proses pembuatan spesimen untuk pengujian tarik sesuai standar ASTM E8 dengan mesin frais.

Sehingga dihasilkan bentuk spesimen berdasarkan standar yang telah ditentukan pada Gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3. 4. Hasil Pembentukan Spesimen Penelitian.

3.9. Pengujian Tarik

Pada proses pengujian tarik terhadap spesimen yang telah dilakukan pengelasan serta pembentukan bentuk yang ditetapkan berdasarkan ketentuan standar ASTM E8 menggunakan mesin uji tarik, proses uji tarik dilakukan untuk mendapatkan data nilai kekuatan tarik dari spesimen penelitian dengan satuan kg/mm^2 . Hasil uji tarik terhadap spesimen dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut:



Gambar 3. 5. Spesimen Hasil Uji Tarik.

3.10. Analisa Data

Analisa Data dilakukan dengan melakukan perhitungan yang telah ditentukan untuk mencapai hasil eksperimen yang diharapkan berdasarkan permasalahan yang ditetapkan.

3.11. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan dan Saran merupakan tahapan akhir dari penelitian yang telah dilakukan, dimana pada tahapan ini hasil kesimpulan dari keseluruhan telah didapatkan melalui proses yang telah selesai dilakukan.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses Pengambilan Data Uji Coba

Proses pengambilan data hasil uji coba dilakukan setelah spesimen proses pengelasan dan pembentukan spesimen pada benda kerja baja carbon AISI 1045 dan *Stainlees steel* 304, dengan rancangan eksperimen yang sudah ditentukan dan ukuran yang mengacu pada standar ASTM E8.

4.2. Hasil Uji Coba

Spesimen yang sudah selesai dilakukan pengelasan, kemudian dilakukan proses uji coba dengan pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik, Hasil data uji tarik yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 4.1 Dibawah ini:

Tabel 4. 1. Hasil Uji Coba Tarik Spesimen

No Spesimen	Panjang Awal	Panjang Akhir	ϵ	Pu	Py	σ_u	σ_y	Ket
	mm		(%)	Kg		Mpa		
1	50	57,75	15,50	6450	4000	568,88	352,75	Putus Di Las
2	50	62,75	25,50	7100	4300	590,65	357,65	Putus Di Basemetal
3	50	69,75	39,50	7700	4200	667,34	364,02	Putus Di Basemetal
4	50	63,00	26,00	7150	4000	654,69	357,06	Putus Di Las
5	50	56,25	12,50	6700	4000	605,36	361,06	Putus Di Las
6	50	69,13	38,26	7825	4200	671,56	360,49	Putus Di Basemetal
7	50	71,50	43,00	7900	4200	652,34	356,57	Putus Di Basemetal

4.3. Analisis Hasil Uji Coba

Analisis hasil uji coba ini akan dilakukan berdasarkan hasil pengelasan putus di area las dan putus di area *basemetal* dari kondisi ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

4.3.1 Analisis Spesimen Putus diarea Las dan *Basemetal*

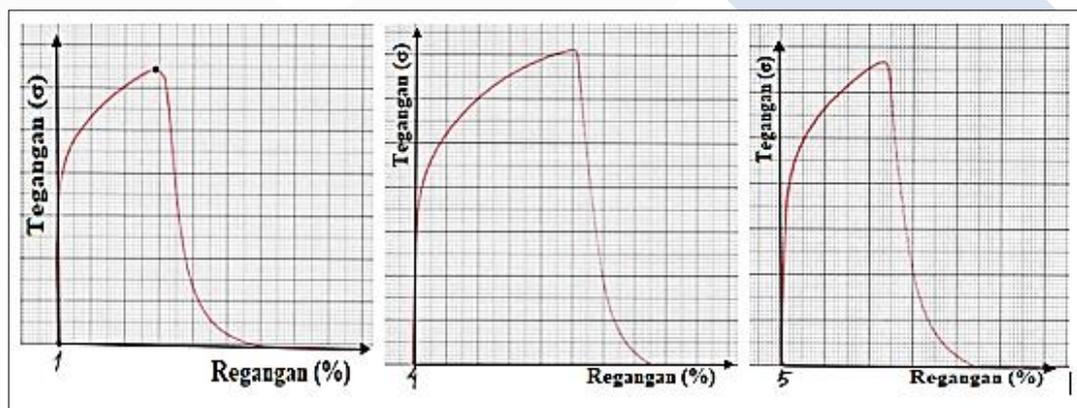
Dari tabel hasil uji tarik di atas dapat di analisis hasil sambungan pengelasan yang telah dilakukan, spesimen 1, 4 dan 5 yang mengalami putus di area las dengan beban *ultimate* pada spesimen 1 sebesar 6450 kg, pada spesimen 4 beban *ultimate* diberikan sebesar 7150 kg, dan pada spesimen 5 beban *ultimate* diberikan sebesar 6700 kg, terdapat perbedaan beban *ultimate* pada spesimen 1,4 dan 5, perbedaan yang spesifik terdapat pada spesimen 4 yaitu mengalami putus dalam beban *ultimate* sebesar 7150 Kg.

Dan pada spesimen 2, 3, 6 dan 7 hasil sambungan pengelasan yang mengalami putus di area *basemetal*. Pada spesimen 2 mampu menahan beban *ultimate* diberikan sebesar 7100Kg, pada spesimen 3 mampu menahan beban *ultimate* yang diberikan 7700 Kg, pada spesimen 6 mampu menahan beban *ultimate* yang diberikan sebesar 7825 Kg, dan pada spesimen 7 mampu menahan diberikan beban *ultimate* 7900 Kg, pada ke empat spesimen ini diberikan beban awal sebesar 1000 Kg dan pada kisaran beban >7000 Kg mengalami putus akan tetapi putus yang terjadi bukan pada area las melainkan pada *basemetal*. Jika dihubungkan pada spesimen yang putus diarea las dan pada spesimen yang putus di *basemetal* mengalami perbedaan beban *ultimate*, kisaran beban *ultimate* yang putus di *basemetal* sebesar 7000-8000 Kg, beban *ultimate* putus pada area las sebesar 6400-6800 Kg, dapat dianalisis pada spesimen yang putus di *basemetal* memiliki beban yang lebih besar dari spesimen yang putus di area las kecuali pada spesimen 4 yang memiliki beban *ultimate* 7150 kg yang seharusnya mengalami putus *dibasemetal* akan tetapi mengalami putus diarea las hal ini dikarenakan faktor cacat *slag inclusion* yang mengendap pada hasil las sehingga mempengaruhi hasil uji spesimen dimana hasil yang tidak tepat berdasarkan kemampuan menahan beban

yang diberikan dimana spesimen 4 mengalami putus di area las. Dan dilihat pada 4 spesimen yang putus di *basemetal terjadi* pada material *stainless* sehingga dapat dianalisis dengan melihat kandungan *carbon* yang dimiliki pada setiap material, *stainless* memiliki kandungan *carbon* senilai 0,042% lebih rendah dari kandungan *carbon* baja AISI 1045 yaitu 0,42% dimana semakin tinggi kandungan *carbon* yang dimiliki pada material maka semakin kuat, dan sebaliknya semakin rendah kandungan *carbon* yang dimiliki material memiliki karakteristik kekuatan rendah. Hal ini yang menyebabkan hasil uji tarik putus dibagian *basemetal Stainless*.

4.3.2 Analisis Grafik Hasil Uji Tarik Spesimen Putus di Las

Dari hasil uji tarik yang telah dilakukan didapatkan hasil grafik uji tarik spesimen putus di area las dapat dilihat pada Gambar grafik 4.1 sebagai berikut



Gambar 4. 1. Grafik Hasil Uji Tarik Spesimen 1, 4 dan 5

Pada hasil uji tarik didapatkan grafik kurva tegangan-regangan dengan gambar grafik spesimen 1,4 dan 5 yang mengalami putus di area las, dari ketiga spesimen ini memiliki nilai tegangan dan regangan yang berbeda. Dimana pada proses uji tarik spesimen 1 mengalami tegangan sebesar 568,88 Mpa dan regangan sebesar 15,50 %, hal ini dikarenakan benda hanya mampu menahan beban ultimate sebesar 6450 Kg. Dari kurva tegangan-regangan spesimen 4 hanya mampu menahan beban *ultimate* sebesar 7150 Kg, hal ini mengalami kenaikan grafik tegangan sebesar 654,69 Mpa, dan mengalami pertambahan regangan sebesar 26,00 %. Dari kurva tegangan-regangan spesimen 5 benda hanya mampu menahan

beban *ultimate* sebesar 6700 Kg, hal ini mengakibatkan penurunan grafik tegangan sebesar 605,36 Mpa dan pengecilan regangan sebesar 12,50 %.

Pada gambar hasil uji tarik didapatkan tegangan tertinggi dialami pada gambar grafik spesimen 4 sebesar 654,69 Mpa, dan tegangan terendah dialami gambar grafik 1 sebesar 568,88 Mpa. Dari ketiga gambar grafik didapatkan juga regangan terbesar pada spesimen 4 sebesar 26,00 % dan hasil regangan terkecil pada spesimen 5 sebesar 12,50 %.

Dan pada grafik hasil uji spesimen berdasarkan putus diarea las mengalami fenomena dimana hasil regangan yang didapatkan lebih kecil dibandingkan hasil regangan hasil uji spesimen yang putus *dibasemetal*, hal ini dikarenakan batas mulur pada spesimen yang putus dilas memiliki nilai yang kecil dilihat dari grafik uji tarik spesimen memiliki *curva* grafik yang tidak jauh dari garis tegangan dan dibuktikan pada panjang akhir yang didapatkan pada setiap spesimen yang putus dilas tidak jauh dari nilai panjang awal spesimen dan memiliki nilai yang lebih rendah dari spesimen yang mengalami putus *dibasemetal*.

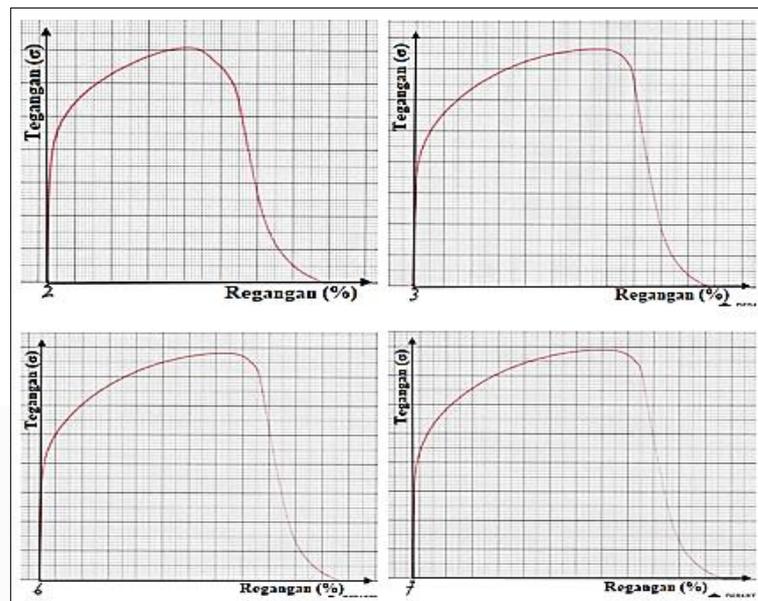
Spesimen hasil uji tarik yang putus di area las pada spesimen 1, 4 dan 5 dapat dilihat pada Gambar 4.2. dibawah ini:



Gambar 4. 2. Spesimen Putus di Area Las

4.3.3 Analisis Grafik Hasil Uji Tarik Spesimen Putus di *Basemetal*

Dari hasil uji tarik yang telah dilakukan didapatkan hasil grafik uji tarik spesimen putus di area *basemetal* dapat dilihat pada Gambar grafik 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4. 3. Spesimen 2, 3, 6 dan 7 Hasil Uji Tarik

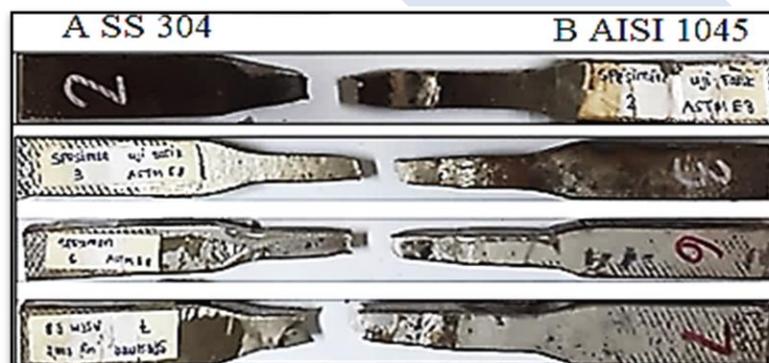
Pada hasil uji tarik didapatkan kurva tegangan-regangan gambar grafik spesimen 2, 3, 6 dan 7 mengalami putus di area *basemetal*, dari ke empat gambar grafik pada spesimen ini mengalami kurva tegangan dan regangan yang berbeda, dikarenakan perbedaan kemampuan spesimen menahan beban *ultimate* dimana grafik spesimen 2 mengalami tegangan sebesar 590,65 Mpa dan regangan sebesar 25,50%, hal ini dikarenakan spesimen 2 hanya mampu menahan beban *ultimate* sebesar 7100 Kg, pada grafik spesimen 3 memiliki nilai tegangan dan regangan sebesar 667,34 Mpa dan 39,50 % , hal ini dikarenakan spesimen 3 hanya mampu menahan beban *ultimate* sebesar 7700 kg, sehingga pada kurva tegangan-regangan spesimen 3 mengalami kenaikan tegangan sebesar 667,34 Mpa dan regangan mengalami pertambahan panjang sebesar 39,50%. Pada grafik spesimen 6 benda hanya mampu menahan beban *ultimate* sebesar 7825 kg, dari kurva tegangan-regangan grafik spesimen 6 ini menunjukkan bahwa mengalami kenaikan tegangan sebesar 671,56 Mpa, namun terjadi penurunan regangan sebesar 38,26 % . Pada

grafik spesimen 7 benda hanya mampu menahan beban ultimate sebesar 7900 Kg dari beban awal yang diberikan yaitu 1000 kg, dari kurva tegangan-regangan yang dapat dilihat bahwa grafik spesimen 7 mengalami penurunan tegangan sebesar 652,34 Mpa dan mengalami kenaikan regangan sebesar 43,00 %.

Dilihat dari kurva tegangan-regangan ke empat spesimen yang mengalami putus di area *basemetal* tegangan tertinggi didapat pada grafik spesimen 6 yaitu sebesar 671,56 Mpa dan tegangan terkecil di dapat pada spesimen 2 sebesar 590,65 Mpa. Regangan terbesar terdapat pada grafik spesimen 7 sebesar 43,00 %, dan regangan terkecil terdapat pada grafik spesimen 2 sebesar 25,50 %.

Pada gambar grafik hasil uji tarik spesimen 2, 3, 6 dan 7 mengalami fenomena yang berbeda dibandingkan dari grafik hasil uji tarik spesimen yang mengalami putus di area las, fenomena grafik yang dialami pada spesimen yang putus *dibasemetal* mengalami regangan yang lebih besar dilihat dari bentuk *curva* yang menjauhi garis tegangan sehingga dapat disimpulkan bahwa spesimen yang putus *dibasemetal* memiliki batas mulur yang besar hal ini juga dikarenakan hasil putusan uji tarik terdapat pada *basemetal Stainless* dan dibuktikan dari nilai panjang akhir pada setiap benda kerja yang mengalami putus di area *basemetal stainless* memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai panjang akhir spesimen yang mengalami putus di area las.

Spesimen hasil uji tarik yang putus di area *basemetal* adalah spesimen 2, 3, 6 dan 7 dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini:



Gambar 4. 4. Spesimen Putus di Area *Basemetal stainless*

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan pada penelitian dengan judul “Analisis Pengaruh Elektroda E309-16 Pada Sambungan Baja *Carbon* AISI 1045 dan *Stainless Steel* 304 Dengan Menggunakan Pengelasan Smaw” sebagai berikut:

Dari penelitian hasil uji tarik yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan pengaruh elektroda E309-16 pada proses las bimetal terhadap baja *carbon* AISI 1045 dan *stainless steel* 304 memiliki kekuatan tarik sebesar 568,88 Mpa, – 671,56 Mpa, dan memiliki kekuatan luluh sebesar 352,75 Mpa – 364,02 Mpa, dengan nilai regangan 12,50 % - 43,00 % dan mampu menahan beban tarik sebesar 6450 Kg – 7900 Kg.

Pada penelitian ini disimpulkan juga bahwa baja *carbon* AISI 1045 yang sebelumnya memiliki kekuatan tarik sebesar 396 Mpa dan kekuatan luluh sebesar 380 Mpa, dalam proses pengelasan bimetal kemudian disambungkan dengan *stainless steel* 304 menggunakan elektroda E309-16 memiliki kekuatan tarik sebesar 568,88 Mpa, – 671,56 Mpa dan kekuatan luluh sebesar 352,75 Mpa – 364,02 Mpa. Hal ini membuktikan bahwa terjadi peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan luluh pada baja *carbon* AISI 1045 setelah dilakukan penyambungan dengan *stainless steel* 304 menggunakan elektroda E309-16.

Pengaruh elektroda E309-16 pada proses las bimetal memiliki pengaruh yang lebih mengikat pada material *stainless steel* 304, hal ini dibuktikan berdasarkan spesimen yang putus pada area las dan dilihat pada kandungan karbon *stainless steel* 304 yang lebih rendah dengan kandungan karbon 0,042 % dibandingkan dengan material baja AISI 1045 yang memiliki kandungan karbon 0,42 %. Dan hal ini dilihat dari perbedaan titik lebur kedua spesimen, baja *carbon* AISI 1045 memiliki titik lebur 1500°C dan *stainless steel* 304 memiliki titik lebur 1454°C,

dimana titik lebur *stainless steel* 304 lebih rendah sehingga mengakibatkan elektroda lebih mengikat pada *stainless steel* 304 dibandingkan pada baja *carbon* AISI 1045.

5.2. Saran

1. Pada penelitian selanjutnya dapat menambahkan beberapa faktor dan level.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode analisa faktorial, full faktorial, taguchi ataupun metode lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, J., Purwanto, H., & Syafa'at, I. (2017). Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan. *Momentum*, 13(1), 27–31.
- Azwinur, & Muhazir. (2019). PENGARUH JENIS ELEKTRODA PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL SS400. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 19–25.
- Miftahul Huda ST. MPD, & Setiawan, F. (2016). *V Dan Kuat Arus Dengan Las (Smaw) Pada Baja a36 Terhadap*. 1–9.
- Mustafid, S., Hartono, P., & Robbi, N. (2011). *Analaisis Pengaruh Pengelasan Bimetal Baja S45C Dan STAINLESS STEELS 304 Terhadap Kekuatan Dan Struktur Mikro*. 25–30.
- Nasrul L, M. Y., Suryanto, H., & Qolik, A. (2016). Pengaruh Variasi Arus Las Smaw Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar Stainless Steel 304 Dan St 37. *Jurnal Teknik Mesin*, 24(1), 1–12. <http://journal2.um.ac.id/index.php/jurnal-teknik-mesin/article/view/511>
- Panggaben, C., Budiarto, U., & Santosa, A. (2017). Pengaruh Variasi Arus Dan Polaritas Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Kekerasan Hasil Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Pada Baja SS 400. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(4), 785. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- Parekke, S., Leonard, J., & Muchsin, A. H. (2014). Pengaruh Pengelasan Logam Berbeda (AISI 1045) Dengan (AISI 316L) Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. *J. Sains & Teknologi, Desember*, 3(2), 191–198.
- Rifnaldi, R., & Mulianti. (2019). Pengaruh Perlakuan Panas Hardening dan Tempering Terhadap Kekerasan (Hardness) Baja AISI 1045. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 1(4), 950–959.

- Santoso, J. (2006). *PENGARUH ARUS PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETANGGUHAN LAS SMAW DENGAN ELEKTRODA E7018 SKRIPSI Disusun guna menyelesaikan studi Strata S1 untuk mencapai gelar S1.*
- Sumarji. (2011). Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe STAINLESS STEEL 304 Dan SS 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan Ph. *Jurnal ROTOR*, 4(1), 1–8.
- Urmartono, A. setiyo, & Irawan, D. (2018). Analisa Pengaruh Perbedaan Metode Pengelasan Smaw Dan Gtaw Terhadap Sifat Mekanis Material Hg 30. *Jurnal Keilmuan Dan Terapan Teknik*, 7(2), 131–142.
- Wibowo, A., & Suwito, D. (2016). Pengaruh Jenis Elektroda, Pengutupan Langsung Dan Pengutupan Terbalik Terhadap Kekuatan Tarik Pada Baja ST-41. *JTM (Jurnal Teknik Mesin)*, 04(02), 33–36.
- Zulfadly, & Ghony, M. A. (2022). Variasi Ampere Terhadap Kekuatan Tarik Pada Hasil Pengelasan Dengan Posisi D. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 1(1), 12.

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

A. Biodata Pribadi

1. Nama : Budi Haryanto
2. jenis Kelamin : Laki- Laki
3. Tempat tanggal lahir : Sungailiat, 10-mei-2000
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Mahasiswa
6. Agama : Islam
7. Alamat : LINGK Kenanga Permai Atas
8. No Hp : 081369819467
9. Email : budiaryantoas@gmail.com



B. Riwayat Pendidikan

1. SD : SD N 24 Sungailiat
2. SMP : SMP Negeri 4 Sungailiat
3. SMA : SMK Muhammadiyah Sungailiat
4. Perguruan Tinggi : Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Lampiran 2 Proses Pengerjaan



Lampiran 3 Sertifikat Material

(A02) INSPECTION CERTIFICATE & MILL TEST REPORT										
Manufacturer's Symbol (A04) 	(A03) MTR NO: 10309877 (Z02) DATE: 25.10.2017									
	MATERIAL SPEC: SS 304 (B02) GRADE: SS 304 DIMENSIONAL SPEC: 09									
	(B01) : STAINLESS STEEL BRIGHT BARS					(B04) DELIVERY CONDITION : PEEL & POLISHED				
(A07) ORDER NO: PTG3006-8304 (B09-B1) ITEM DESCRIPTION: ROUND 2 1/4"			LENGTH: 6.00(-0/+0.03MM)		(B08) PIECES(No): 40		(A09) Article No: 4.898		(B07) HEAT NO: 196704	
Bundle No: 1100785054,1100785056,1100785057,1100785055,1100785055										
(C7)-(C9) CHEMICAL ANALYSIS										
ELEMENT	%C	%Mn	%Si	%S	%P	%Cr	%Ni	%Cu	%Mo	%N
HEAT	0.0250	1.6500	0.3700	0.0230	0.0300	18.1000	8.0600	0.6400	0.3000	0.1500
MECHANICAL PROPERTIES										
Inspection No: 10000119647	(C12) Tensile Strength		Yield Strength			(C13) Elongation%		Reduction of Area%		Hardness
	Rp=0.2%		Rp=1%		Rp=1%		L ₅₀ -SO		HRW	
609.00		307.00		Mpa		55.00		72.00		180
(B06) Product Marking : SIZE, GRADE, HEAT NO., LOGO & INSPECTOR STAMP MATERIAL CONFIRMS TO ASTM A276/A276M-17 COND A. INTERGRANULAR CORROSION TEST SATISFACTORY AS PER ASTM A262-15 PRACTICE E. CERTIFIED AS PER EN 10204-3.1.										
REMARKS : MINIMUM SOLUTION ANNEALING TEMPERATURE 1050°C, SOAKING TIME 01 HR/INCH WATER QUENCHED. MATERIAL HAS BEEN TESTED AND FOUND TO BE FREE FROM RADIOACTIVE CONTAMINATION.										
We certify that the above material has been inspected and tested and complies with the order/contract and is of Indian origin										



Lampiran 4. Proses Pengelasan



