

**ANALISIS PENYAMBUNGAN LAS GTAW ( *GAS TUNGSTEN  
ARC WELDING* ) / TIG MENGGUNAKAN MESIN LAS SMAW  
( *SHIELDED METAL ARC WELDING* )**

**Skripsi**

Skripsi ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan  
Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Diusulkan oleh

Firdiansyah Candra

NIRM : 1041839

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI**

**BANGKA BELITUNG 2021/2022**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENYAMBUNGAN LAS GTAW ( GAS TUNGSTEN ARC  
WELDING ) TIG MENGGUNAKAN MESIN LAS SMAW ( SHIELDED  
METAL ARC WELDING )

Oleh:

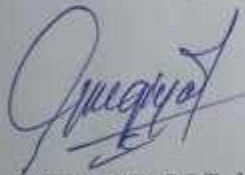
Firdiansyah Candra

NIM : 1041839

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan  
program Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



SUGIYARTO, S.S.T., M.T.

NIDN : 0230107301

Pembimbing 2



ERWANTO, S.S.T., M.T.

NIDN : 0207097301

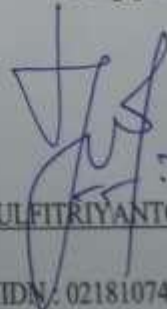
Penguji 1



YULIANTO, S.S.T., M. T.

NIDN : 0216077503

Penguji 2



ZULFITRIYANTO, S.S.T., M.T.

NIDN : 0218107402

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Firdiansyah Candra NIRM : 1041839

Dengan Judul : Analisis Penyambungan Las Gtaw ( *Gas Tungsten Arc Welding* )/  
Tig Menggunakan Mesin Las Smaw ( *Shielded Metal Arc Welding* ).

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

Sungailiat, 19 Januari 2022

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Firdiansyah Candra

## ABSTRAK

*Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) merupakan salah satu dari bentuk las busur listrik ( Arc Welding ) yang menggunakan inert gas sebagai pelindung dengan tungsten atau wolfram sebagai elektroda. Pada Penelitian ini dilakukan pengelasan GTAW menggunakan mesin las SMAW dengan diharapkan hasil las didapatkan bersih dari slag dan dapat digunakan untuk mengelas plat tipis dengan hasil yang maksimal. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yang terdiri dari pengumpulan data, persiapan alat dan bahan, proses perakitan mesin, proses pengelasan, parameter ampere, pengujian hasil lasan, dan terakhir analisa pengambilan data. Dari hasil yang didapatkan setelah melakukan pengelasan GTAW menggunakan mesin las SMAW diketahui bahwa pengelasan tersebut dapat dilakukan, dan hasil pengelasan yang telah dilakukan pengujian dye penetrant didapatkan hasil bahwa pada ampere 75 dapat dilakukan pengelasan GTAW dengan hasil yang optimal dibandingkan ampere 40. Hal itu disebabkan pada 3 spesimen pada ampere 40 didapatkan diskontinuitas sedangkan pada ampere 75 dari 3 spesimen uji hanya 1 yang terdapat diskontinuitas. Diharapkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan ini dapat membantu penelitian yang akan dilakukan kedepannya dan sebagai media pembelajaran.*

*Kata Kunci: dye penetrant test , pengelasan GTAW, variasi ampere*

## *ABSTRACT*

*Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) is a form of electric arc welding (Arc Welding) that uses an inert gas as a shield with tungsten or tungsten as the electrode. In this study, GTAW welding was carried out using a SMAW welding machine with the hope that the weld results were clean of slag and could be used to weld thin plates with maximum results. The research method used in this study is an experimental method consisting of data collection, preparation of tools and materials, machine assembly processes, welding processes, amperage parameters, welding results testing, and finally data collection analysis. From the results obtained after doing GTAW welding using a SMAW welding machine, it is known that the welding can be carried out, and the results of the welding that have been carried out by dye penetrant testing, the results show that at 75 amperes GTAW welding can be carried out with optimal results compared to 40 amperes. 3 specimens at 40 amperes obtained discontinuities while at 75 amperes of the 3 test specimens only 1 had discontinuities. It is hoped that the results of the research that has been carried out can help research that will be carried out in the future and as a learning medium*

*.Keywords: dye penetrant test, GTAW welding, amperage variation*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik. Kepada keluarga besar yang selalu senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral maupun materi dan semangat laporan dan proyek akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma IV di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Pada proyek akhir ini penulis mencoba untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan selama 4 tahun menimba ilmu pendidikan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah berperan sehingga proyek akhir ini dapat terselesaikan :

1. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang tak pernah berhenti memberikan dukungan moral, material, semangat, dan doa.
2. Bapak Sugiyarto, S.S.T., M.T. selaku pembimbing 1 yang telah sabar dalam membimbing, meluangkan banyak waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan arahan dan bimbingan kepada saya selama proses pengerjaan proyek akhir ini.
3. Bapak Erwanto, S.S.T., M.T. selaku pembimbing 2 yang telah banyak memberikan saran-saran dan solusi dari masalah-masalah yang saya hadapi selama proses pengerjaan proyek akhir ini.
4. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Pristiansyah, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Boy Rollastin, M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Mesin dan Manufaktur
7. Dewan penguji proyek akhir Polmanbabel.
8. Komisi Tugas Akhir dan seluruh staf dosen Jurusan Teknik Mesin

9. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, terutama kepada saudara Picki Ilham yang telah banyak membantu selama menyelesaikan proyek akhir ini.

Penulis menyadari penulisan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritikan yang membangun agar penulis bias membuat laporan yang lebih baik lagi kedepannya.

Sungailiat, 19 Januari 2022

penulis

## DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN .....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT .....	ii
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 BATASAN MASALAH.....	2
1.3 RUMUSAN MASALAH.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
BAB II.....	3
DASAR TEORI .....	3
2.1. Pengelasan SMAW.....	3
2.1.1. Mesin Las SMAW .....	3
2.1.2. Kelebihan dan Kekurangan Las SMAW.....	3
2.2. Pengelasan GTAW .....	4
2.2.1. Prinsip Kerja Las GTAW .....	4
2.2.2. Kelebihan dan Kekurangan Las GTAW.....	5
2.3. Stang Las ( Torch Las Gtaw / Tig ).....	6
2.4. Tabung Gas Argon.....	6
2.5. Kawat Las GTAW ( <i>Welding Rod</i> ) .....	6
2.6. Polaritas Las GTAW .....	6
2.7. <i>Dye Penetrant Test</i> .....	6
2.7.1. Kelebihan dan Kekurangan <i>Dye Penetrant Test</i> .....	7
2.8. <i>Stainless Steel</i> AISI 304.....	7
2.9. <i>Thoriated Tungsten (Yellow or Red)</i> .....	8
2.10. Arus Las .....	8
2.11. Posisi pengelasan 1G.....	9



2.12. Sambungan Kampuh I Terbuka ( <i>Square Groove</i> ) .....	9
<b>BAB III.....</b>	<b>10</b>
<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>10</b>
3.1. Pengumpulan Data .....	11
3.2.1. Survey .....	11
3.2.2. Study Literatur .....	12
3.2. Persiapan Alat dan Bahan .....	12
3.3.1 Persiapan Alat .....	12
3.3.2 Persiapan Bahan .....	16
3.3. Proses Perakitan Mesin.....	17
3.4. Proses Pengelasan .....	18
3.5. Pengujian Hasil Lasan.....	19
<b>BAB IV .....</b>	<b>20</b>
<b>PEMBAHASAN.....</b>	<b>20</b>
4.3.1. Proses Pengelasan .....	20
4.5.1. Pengujian Liquid Dye Penetrant Test .....	22
4.5.2. Hasil Pengujian .....	23
<b>BAB V .....</b>	<b>26</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>26</b>
<b>A. KESIMPULAN.....</b>	<b>26</b>
<b>B. SARAN .....</b>	<b>26</b>

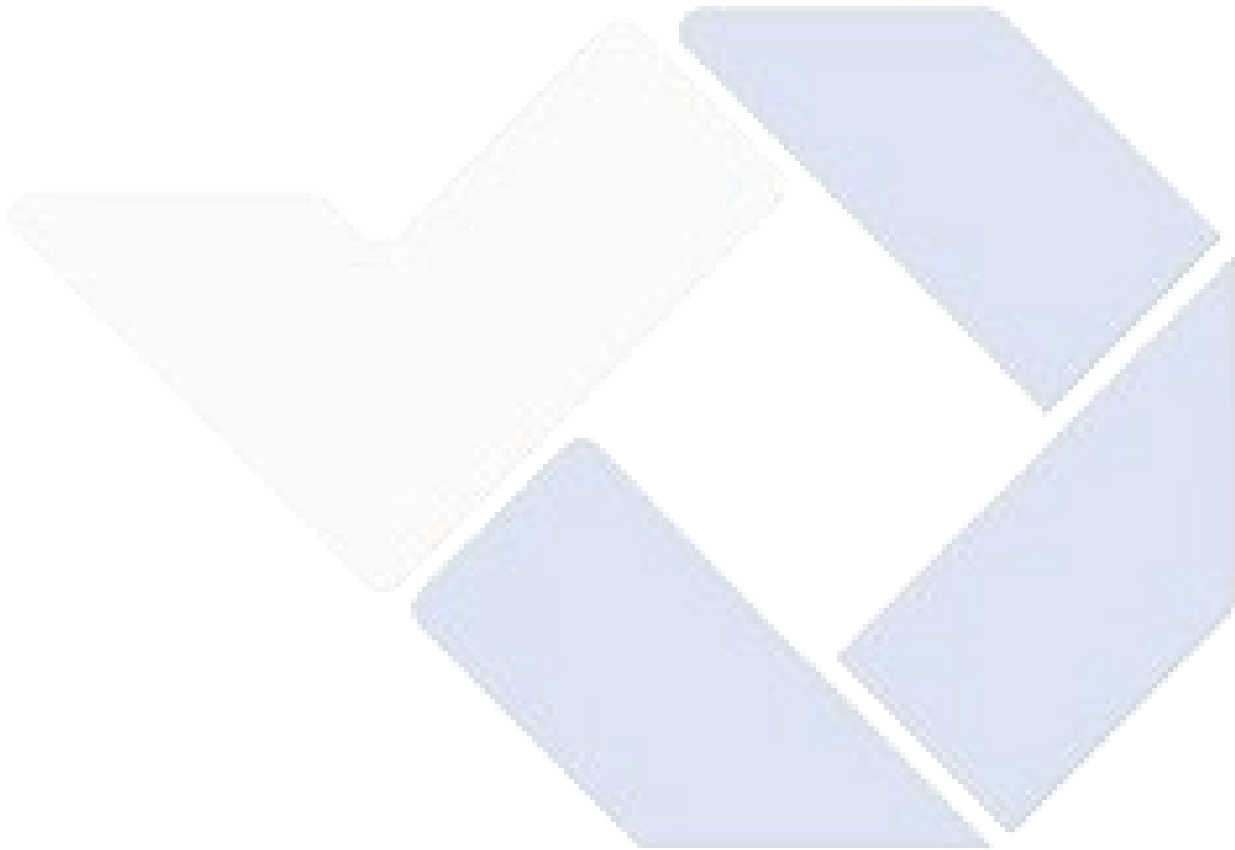
## DAFTAR GAMBAR

Halaman

2.1 Prinsip Kerja Las GTAW .....	5
2.2 Arus Pengelasan GTAW .....	8
3.1 Skema Diagram Alir Penelitian .....	11
3.2 Rancangan Pengelasan.....	12
4.1 Mesin Las SMAW KRISBOW Kw 14-722 <i>Inverter TIG Welding 200A</i> .....	13
4.2 Stang Las Argon <i>Nozzle</i> Ukuran 4 Mm .....	14
4.3 Tabung Dan Regulator Gas Argon.....	14
4.4 Plat <i>Stainless Steel</i> AISI 304.....	15
4.5 Spesimen 1 Pengujian 1 .....	17
4.6 Spesimen 2 Pengujian 1 .....	17
4.7 Spesimen 3 Pengujian 1 .....	18
4.8 Spesimen 4 Pengujian 1 .....	18
4.9 Spesimen 5 Pengujian 1 .....	19
4.10 Spesimen 6 Pengujian 1 .....	19
4.11 Spesimen 7 Pengujian 1 .....	20
4.12 Spesimen 1 Pengujian 2 .....	20
4.13 Spesimen 2 Pengujian 2 .....	21
4.14 Spesimen 3 Pengujian 2 .....	21
4.15 Spesimen 4 Pengujian 2 .....	22
4.16 Spesimen 5 pengujian 2 .....	22
4.17 Spesimen 6 Pengujian 2 .....	23
4.18 Spesimen 7 Pengujian 2 .....	23
4.19 Standar AWS D1.1, <i>Visual Inspection Acceptance Criteria</i> .....	24
4.20 Hasil Spesimen 2 Yang Telah Diuji.....	26

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kelebihan dan Kekurangan Las SMAW.....	4
2.2 Kelebihan dan Kekurangan Las GTAW .....	5
2.3 Kelebihan dan Kekurangan <i>Dye Penetrant Test</i> .....	7
4.1 Indikasi Diskontinuitas Uji Spesimen 2 .....	26



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam dunia industri manufaktur tidak akan lepas dengan namanya teknik pengelasan. Contoh pengelasan yang banyak dilakukan di industri adalah pengelasan baja, *stainless steel*, aluminium, dan lainnya. Pengelasan adalah teknik penyambungan logam dengan sebagian logam induk dan logam pengisi dapat digunakan logam penambah atau tidak, serta menghasilkan logam yang kontinu (Siswanto, 2011). Sambungan las merupakan sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan proses dalam keadaan cair (Harsono, 1996). Pada umumnya material yang digunakan untuk pengelasan diklasifikasikan menjadi dua yaitu logam ( *Metal* ) dan non logam ( *Non-Metal* ).

*Stainless steel* merupakan baja paduan yang memiliki sifat tahan korosi (karat) yang kuat, biasa digunakan dalam industri makanan dan minuman, industri kimia, industri yang berhubungan dengan air laut, dan segala jenis industri yang berhubungan dengan ketahanan korosi (John dan Lippold, 2005). Baja tahan karat austenitik tipe 304 adalah baja dengan kandungan Cr 18-20%, dan Ni 8-10,5% , baja ini memiliki ketahanan korosi yang tinggi karena terdapatnya lapisan kromium oksida pada permukaannya (Safitri, 2018).

Pengelasan dengan las GTAW hasil yang didapatkan paling utama adalah terbebas dari slag yang menempel, permukaan benda kerja yang bersih, hasil pengelasan yang kuat karena penetrasi yang dalam dan ketahanan korosi yang tinggi. Tetapi, harga dari mesin, dan perlengkapan lainnya dari las GTAW yang cukup mahal membuat pengelasan ini kurang diminati untuk dilakukan oleh masyarakat umumnya. Dengan modifikasi las GTAW menggunakan mesin las SMAW diharapkan dapat membantu mengurangi permasalahan yang telah dijabarkan sebelumnya.

Dengan harga mesin las SMAW lebih terjangkau, dapat dilakukan pengelasan GTAW pada plat tipis dengan hasil yang maksimal dan bersih dari *slag*, *set-up* yang cepat dan mudah diatur serta jika digunakan sebagai media penelitian dan pendidikan akan lebih efektif dan efisien dari segi biaya dan waktu.

Pada penelitian ini selain dilakukan uji pengelasan GTAW menggunakan mesin las SMAW, penulis juga melakukan pengujian menggunakan *dye penetrant* pada spesimen yang sudah dilakukan proses pengelasan. Proses ini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil sambungan pengelasan GTAW yang dilakukan dengan menggunakan mesin las SMAW memiliki mutu yang baik. Uji *dye penetrant* dilakukan dengan cara menyemprotkan cairan penetrant pada spesimen yang sudah dilakukan proses pengelasan.

## **1.2 BATASAN MASALAH**

Penelitian ini akan meneliti tentang penyambungan las GTAW( *Gas Tungsten Arc Welding* )/TIG menggunakan mesin las SMAW( *Shielded Metal Arc Welding* ) dengan *dye penetrant test*.

## **1.3 RUMUSAN MASALAH**

Dari permasalahan yang ada maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Apakah dapat melakukan pengelasan GTAW ( *Gas Tungsten Arc Welding* )/ TIG menggunakan mesin SMAW ( *Shielded Metal Arc Welding* )?
2. Bagaimana hasil *dye penetrant test* terhadap spesimen hasil las?

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui apakah dapat dilakukan penyambungan las GTAW ( *Gas Tungsten Arc Welding* )/ TIG menggunakan mesin las SMAW ( *Shielded Metal Arc Welding* ).
2. Untuk mengetahui ampere yang optimal dalam melakukan penyambungan las GTAW ( *Gas Tungsten Arc Welding* )/TIG menggunakan mesin las SMAW ( *Shielded Metal Arc Welding* ).

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Pengelasan SMAW**

Pengelasan SMAW adalah mencairkan elektroda dan benda kerja menggunakan energi panas yang dihasilkan pada ujung elektroda. Las SMAW banyak dipakai oleh masyarakat dibandingkan dengan las yang lain karena beberapa keunggulan yang ada namun juga banyak kelemahannya juga. Salah satu keunggulannya adalah dapat melakukan pengelasan dimana saja dan kapan saja serta dapat dilakukan didalam air, sedangkan salah satu kekurangannya adalah pengelasan yang terbatas sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan.

##### **2.1.1. Mesin Las SMAW**

Mesin las SMAW adalah mesin las yang menggunakan arus DC, AC, atau DC/AC. Sedangkan, yang digunakan pada saat pengelasan di Bengkel Fabrikasi Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (Polmanbabel) adalah mesin las SMAW berarus DC. Banyaknya las SMAW yang digunakan dipolman babel tidak terlepas karena harga mesin yang lebih murah dibandingkan dengan mesin las GTAW.

##### **2.1.2. Kelebihan dan Kekurangan Las SMAW**

Kelebihan dan kekurangan las SMAW dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Las SMAW

<b>NO.</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
<b>1.</b>	Dapat digunakan dimana saja termasuk didalam air.	Pengelasan terbatas sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan

<b>NO.</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
2.	Dapat mengelas berbagai macam material.	Setiap melakukan pengelasan berikutnya harus membersihkan terak las sebelumnya.
3.	Mudah diatur dan mudah untuk dirakit.	Sering dan mudah terjadi oksidasi karena pelindung logam cair hanyalah busur las.
4.	Dapat dipakai mengelas semua posisi.	Tebal pelat dan posisi pengelasan mempengaruhi diameter elektroda.
5.	Elektroda mudah didapat dalam banyak ukuran dan diameter.	

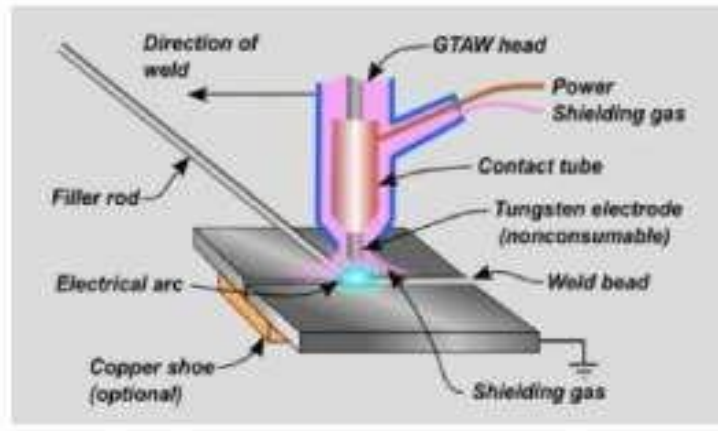
## **2.2. Pengelasan GTAW**

*Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* atau sering juga disebut *Tungsten Inert Gas (TIG)* merupakan salah satu dari bentuk las busur listrik (*Arc Welding*) yang menggunakan inert gas sebagai pelindung dengan tungsten atau wolfram sebagai elektroda (Syahrani, Mustafa and Oktavianus 2010).

### **2.2.1. Prinsip Kerja Las GTAW**

Prinsip kerja pengelasan GTAW adalah meleburkan dan menggabungkan logam dengan cara memanaskan benda kerja dengan busur listrik yang berasal dari tungsten yang digunakan pada stang las.

Prinsip kerja las GTAW digambarkan pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.1 Prinsip kerja las GTAW  
(Syahrani, Mustafa and Oktavianus 2010)

### 2.2.2. Kelebihan dan Kekurangan Las GTAW

Kelebihan dan kekurangan dari las GTAW dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Las GTAW

NO.	Kelebihan	Kekurangan
1.	Tidak perlu membersihkan <i>slag</i> .	Cacat las porositas atau lubang-lubang kecil sering terjadi karena gas pelindung tidak dapat melindungi secara maksimal.
2.	Aliran gas menjadikan daerah disekitar cairan logam tidak mengandung udara sehingga mencegah pengotoran oleh nitrogen dan oksigen, yang dapat menyebabkan oksidasi.	Laju pengisian lebih lambat dibandingkan las SMAW.
3.	Hasil lasan lebih kuat karena dapat penetrasi yang dalam dan ketahanan korosi lebih tinggi.	Agar terhindar dari porositas dan cacat lain las GTAW butuh kebersihan sambungan yang lebih baik dari las SMAW.



<b>NO.</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
4.	Hasil pengelasan sangat bersih.	
5.	Hasil las lebih bersih karena tidak menghasilkan percikan.	

### **2.3. Stang Las ( Torch Las Gtaw / Tig )**

Stang las ( *torch* las GTAW/tig) adalah alat yang digunakan dalam melakukan pengelasan berfungsi sebagai tempat keluarnya gas lindung dan menyatukan sistem las yang berupa penyalaan busur.

### **2.4. Tabung Gas Argon**

Tempat yang digunakan sebagai penyimpanan gas lindung berupa argon dan helium. Dalam penelitian ini tabung gas yang digunakan adalah tabung gas untuk argon.

### **2.5. Kawat Las GTAW ( Welding Rod)**

Kawat las yang ada pada las GTAW bermacam-macam, ada tipe ER 70 S, ER 308 L-16, ER 309 Mo L, ER 309 Mo L-16/17, ER 316 L-16, ER 312-16. Semua jenis tersebut dapat diaplikasikan pada pengelasan baja atau jenis material yang tahan korosi.

### **2.6. Polaritas Las GTAW**

Polaritas adalah pemasangan kabel elektroda dan kabel massa ke kutub positif / negatif pada mesin las. Polaritas las GTAW untuk penetrasi dalam terdapat pada polaritas DCEN, dan untuk yang dangkal terdapat pada DCEP. Hal ini disebabkan panas pada DCEN 70% benda kerja, dan 30% elektroda, sedangkan DCEP 70% panas di elektroda, 30% benda kerja.

### **2.7. Dye Penetrant Test**

Pengujian dapat membuktikan terdapatnya cacat tersembunyi yang tidak terlihat dan dapat mengetahui letaknya (Mgonja 2017). Metode *Liquid Penetrant Test* merupakan metode NDT yang paling sederhana. Metode ini digunakan untuk menemukan cacat di permukaan terbuka dari komponen solid, baik logam maupun

non logam, seperti keramik dan plastik *fiber*. Melalui metode ini, cacat pada material akan terlihat lebih jelas (Irwansyah 2019).

### 2.7.1. Kelebihan dan Kekurangan *Dye Penetrant Test*

Berikut kelebihan dan kekurangan *dye penetrant Test* dijelaskan pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan *Dye Penetrant Test*

No.	Kelebihan	Kekurangan
1.	Dapat digunakan untuk semua jenis material logam.	Tidak dapat digunakan untuk material yang berpori dan permukaan kasar.
2.	Tidak merusak spesimen atau produk.	Hanya digunakan untuk menguji permukaan material atau pengelasan.
3.	Pendeteksian cacat tidak terbatas dimensi atau bentuk.	Hanya dapat mendeteksi indikasi yang terbuka.
4.	Harga yang murah.	

### 2.8. *Stainless Steel* AISI 304

*Stainless Steel* AISI 304 yang arti dari AISI adalah (*American Iron & Steel Institue*) standar yang digunakan di Amerika Serikat dan 304 adalah penomoran untuk AISI, untuk angka pertama menunjukkan jenis baja, angka kedua menunjukkan kadar unsur paduan untuk baja, terakhir dua angka terakhir menunjukkan kadar karbon perseratus persen adalah salah satu jenis baja tahan karat yang mengandung senyawa kromium dengan presentase sedikitnya 11% yang cukup untuk membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan baja, baja ini umum digunakan dalam dunia industri karena memiliki sifat mekanik yang kuat, tahan korosi, mampu mencegah kontaminasi dan mudah dibersihkan (R, Hendronursito and S 2017).

### 2.9. Thoriated Tungsten (Yellow or Red)

*Tungsten* yang akan digunakan sebagai elektroda dalam penelitian ini *thoriated tungsten (yellow or red)* adalah *tungsten* yang umum digunakan di Amerika dan negara-negara lain. *Tungsten* jenis ini secara khusus dapat bekerja dengan baik ketika mengalami kelebihan beban atau arus. *Tungsten* ini utamanya digunakan pada pengelasan baja karbon, baja tahan karat (*Stainless Steel*), paduan nikel, titanium, dll.

### 2.10. Arus Las

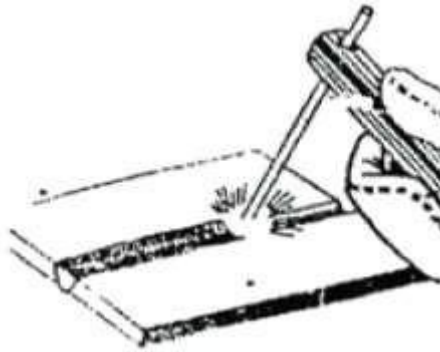
Arus adalah pembawa muatan listrik, *I* adalah *symbol* dalam satuan ampere. Arus las merupakan parameter yang memengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Pada penelitian ini menggunakan arus las dimulai dari ampere 40, 75, 100 merujuk pada referensi yang diambil. Penyetelan arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las, jika arus yang digunakan terlalu rendah dapat menyebabkan susahnya penyalaan busur listrik, busur listrik yang dikeluarkan menjadi tidak stabil, dan panas yang dihasilkan tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasil yang dihasilkan pun menjadi rigi-rigi las kecil dan tidak rata serta penembusan yang kurang dalam. Sebaliknya jika arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebar serta penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan Tarik yang rendah dan menambah kerapuhan hasil pengelasan (Santoso, Solichin and Hutomo 2015).

Dia.	Kuat Arus Las pada		Nosel Gas		
	Arus searah (elektroda pada kutub negative dengan 2% thorium)	Arusbolak-balik dengan Kapasitor	Ukuran	Diameter mm	
		Tungsten murni	Dengan 2% thorium		
	A	A	A		
1,0	.....80	..... 30	30 ... 60	4 ... 5	6,5 ... 8
1,6	10 ... 140	30 ... 70	40 ... 100	4 ... 6	6,5 ... 9,5
2,4	20 ... 230	50 110	70 ... 200	6 ... 8	9,5 ... 12,7
3,2	30 ... 310	100 170	130 ... 200	7 ... 8	11,2 ... 12,7
4,0	40 ... 400	160 200	170 ... 250	8 ... 10	12,7 ... 15,9

Gambar 2.2 Arus Pengelasan GTAW  
(Halimkoe 2020)

### 2.11. Posisi pengelasan 1G

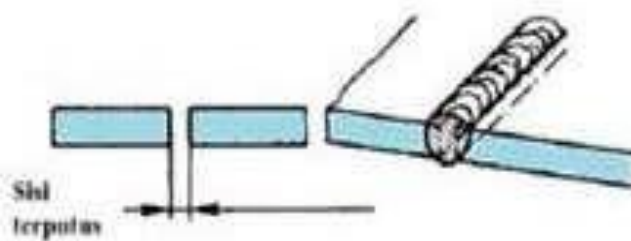
Posisi pengelasan 1G adalah pengelasan *butt joint* plat dengan arah elektroda / busur listrik yang menghadap kebawah. Untuk memulai pengelasan 1G dimulai dengan pembuatan kampuh, kemudian lapisan pengisi dan terakhir lapisan penutup.



Gambar 2.3 Posisi Pengelasan 1G

### 2.12. Sambungan Kampuh I Terbuka (*Square Groove*)

Sambungan las digunakan untuk mendapatkan sambungan yang kuat dan tangguh pada benda kerja. Karena dengan mengetahui desain kampuh dan jenis sambungan yang akan digunakan, maka membuat kita dapat menghitung kekuatannya. Untuk pengelasan plat dengan ketebalan yang tipis dapat digunakan kampuh I terbuka, kampuh I terbuka digunakan untuk plat dengan ketebalan antara 1-3 mm, dan lebar celah tergantung pada ketebalan plat yang digunakan. (Hakim dan Imran, 2020)

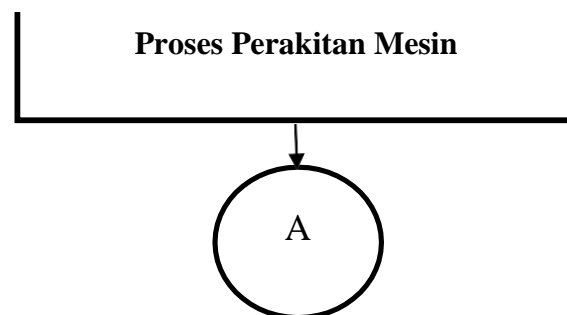


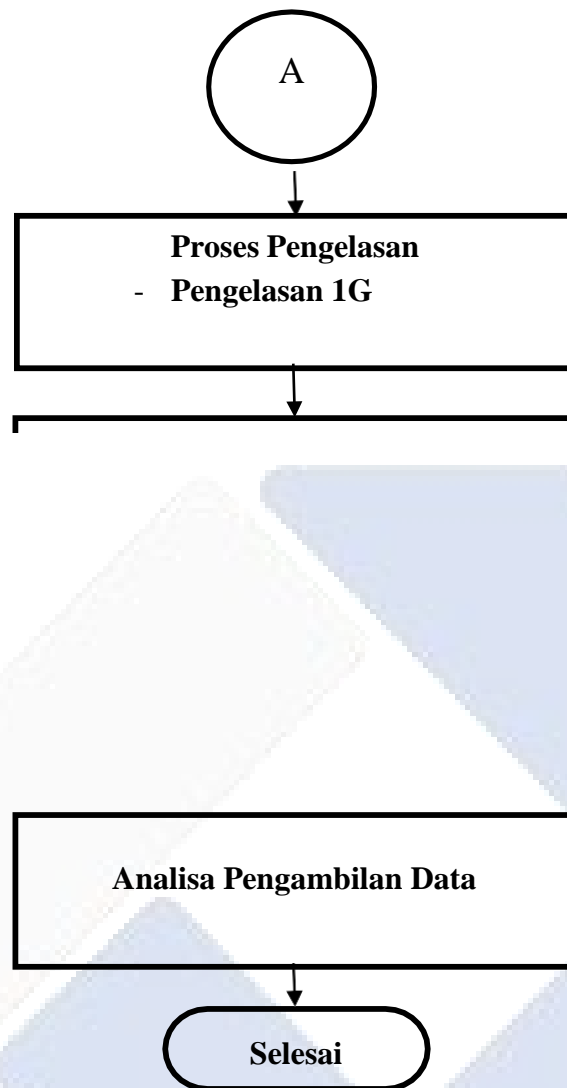
Gambar 2.4 Kampuh I Terbuka (*Square Groove*)

### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian adalah proses berfikir sistematis terhadap suatu sistem, komponen atau produk bahkan proses untuk mencapai sesuatu yang diinginkan, metode penelitian dapat juga dikatakan sebagai proses pengambilan keputusan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, skema sistem metodologi penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut :





Gambar 3.1. Skema Diagram Alir

### 3.1. Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan informasi yang diperlukan dalam mencapai suatu tujuan penelitian maka dibutuhkan pengumpulan data serta dilakukan beberapa metode untuk mendapatkan data yang mendukung pembuatan alat dan analisis. Adapun metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

#### 3.2.1. Survey

Melakukan pengamatan secara langsung ke Bengkel Fabrikasi Polmanbabel untuk melihat mesin las SMAW yang akan digunakan, dan pengamatan ke mesin GTAW untuk melihat *part-part* yang masih bisa digunakan. Lalu, pengamatan contoh material dan tungsten yang digunakan.

### 3.2.2. Study Literatur

Study literatur dilakukan dengan mencari teori dan referensi yang absolut dan relevan terhadap kasus atau permasalahan yang ditemukan dan tulisan lain dapat mendukung penelitian.

### 3.2. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam melakukan penelitian analisis penyambungan las gtaw ( *Gas Tungsten Arc Welding* ) / tig menggunakan mesin las smaw ( *Shielded Metal Arc Welding* ) dengan *Dye Penetrant Test* adalah sebagai berikut :

#### 3.3.1 Persiapan Alat

Persiapan alat adalah persiapan untuk alat-alat yang akan kita gunakan dalam suatu proses penelitian dan sebisa mungkin kelengkapannya harus lengkap. Untuk penelitian yang akan dilakukan alat yang digunakan seperti stang las TIG/argon, gas argon, dan mesin las SMAW.

##### 3.3.1.1. Stang Las

Stang las adalah alat untuk mengeluarkan percikan api pada saat pengelasan. Stang las yang digunakan pada penelitian ini adalah stang las argon manual dengan *nozzle* berukuran  $\varnothing 4$  mm.



Gambar 3.2 Stang Las Argon Manual nozzle  $\varnothing 4$  mm

### 3.3.1.2. Tabung Gas

Tabung gas adalah wadah atau tempat yang digunakan untuk menampung gas argon yang akan digunakan pada saat proses pengelasan. Tabung gas argon yang digunakan adalah tipe 6m<sup>3</sup>.



Gambar 3.3 Tabung Gas Argon

### 3.3.1.3. Mesin Las

Mesin yang digunakan untuk penelitian ini adalah mesin las SMAW jenis KRISBOW kw14-722 Inverter TIG Welding 200A. Mesin ini berbentuk persegi panjang dengan panjang 40x17x28 cm, berat bersih mesin 13.21 kg, tipe DC inverter. Manfaat menggunakan mesin ini adalah mudah dibawa dan mudah digunakan, harga yang terjangkau, dapat mengelas MMA dan TIG sekaligus atau disebut juga multifungsi.



Gambar 3.4 Mesin Las SMAW KRISBOW kw14-722 Inverter TIG  
Welding 200A



#### **3.3.1.4. Apron (Pelindung Dada)**

Apron biasa digunakan untuk melindungi bagian dada dari percikan busur listrik saat pengelasan.



Gambar 3.5 Apron ( Pelindung Dada)

#### **3.3.1.5. Sarung Tangan**

Sarung tangan berfungsi untuk melindungi tangan ketika melakukan pengelasan agar percikan busur listrik tidak mengenai tangan.



Gambar 3.6 Sarung Tangan

#### **3.3.1.6. Sepatu *Safety***

Sepatu *safety* adalah salah satu peralatan utama yang harus digunakan saat mengelas maupun melakukan aktivitas lain ketika berada di bengkel pemesinan. Kegunaan sepatu *safety* adalah untuk melindungi bagian kaki dari kecelakaankerja.



Gambar 3.7 Sepatu *Safety*

### 3.3.1.7. Helm Las

Helm las adalah peralatan utama dalam mengelas untuk melindungi wajah dari percikapan busur listrik, melindungi dari panas saat pengelasan, dan kaca yang terdapat pada helm las berguna untuk melihat saat pengelasan. dan melindungi mata dari cahaya pengelasan yang sangat tajam.



Gambar 3.8 Helm Las

### 3.3.1.8. Klem, Tang, Kunci Pas Ring, Kunci L

Alat-alat yang digunakan lainnya seperti klem, tang, kunci pas ring, kunci L,



Gambar 3.9 Klem, Tang, Kunci Pas Ring, Kunci L

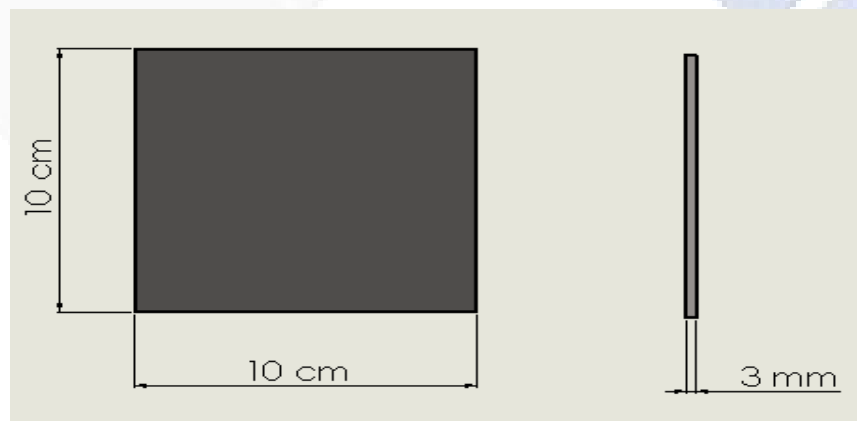
### 3.3.2 Persiapan Bahan

Bahan yang akan digunakan meliputi bahan apa saja yang akan digunakan dalam suatu penelitian. Dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Stainless Steel* AISI 304, kawat las yang digunakan adalah kawat las tipe ER 308 L, dan elektroda *tungsten* yang digunakan berwarna merah.

#### 3.3.2.1. Stainless Steel AISI 304

Plat stainless steel AISI 304 dengan dimensi 10 cm x 10 cm dengan ketebalan plat 3 mm. Plat ini biasa digunakan untuk industri makanan, rumah sakit, dan hotel karena plat ini memiliki sifat tahan korosi dan aman bersentuhan dengan makanan dan minuman.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.10 Plat Stainless Steel AISI 304

#### 3.3.2.2. Kawat las GTAW

Kawat las GTAW (*welding rod*) tipe ER-308L dengan  $\phi 2$  mm. Kawat las ini merupakan bahan yang sering digunakan untuk mengelas *stainless steel* tipe 304 dan tipe seri 300 yang lain, yang sering digunakan dibidang manufaktur.



Gambar 3.11 Kawat Las GTAW Tipe ER-308L

### 3.3.2.3. Tungsten warna merah (Thoriated Tungsten)

Elektroda *tungsten* warna merah (*Thoriated Tungsten*) dengan  $\phi 1.6$  mm. *Tungsten* warna merah (*Thoriated Tungsten*) biasanya digunakan di amerika mengandung paduan *thorium* 2%, kelebihananya saat penyalaan busur dan menghasilkan arus listrik yang kuat dibandingkan dengan tungsten murni. *Thorium* biasanya menambah emisi *electron* di elektroda, dan dapat digunakan untuk ukuran elektroda yang kecil, serta digunakan untuk mengelas arus DC pada *stainless steel*, titanium, dan paduan nikel.



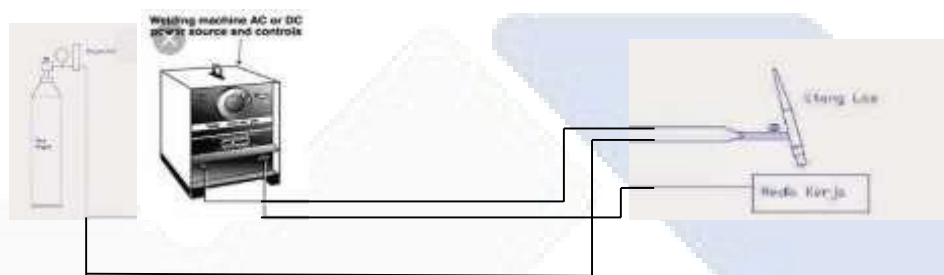
Gambar 3.12 Elektroda *Tungsten* Warna Merah (*Thoriated Tungsten*)

## 3.3. Proses Perakitan Mesin

Perakitan mesin dilakukan saat semua bahan dan alat sudah disiapkan, perakitan mesinnya sebagai berikut :

1. Pertama yang dilakukan adalah merakit mesin dengan memasang kabel stang las argon ke kutub positif dan kabel untuk gas argon ke kutub negatif.
2. Kedua, kabel untuk gas argon dipasangkan ke regulator gas dan regulator siap digunakan.

3. Kabel stang las disetel dengan gas argon untuk pengeluaran gas nya berapa banyak yang akan dikeluarkan.
4. Berikutnya mesin dihidupkan dan dilakukan penyetelan ampere.
5. Setelah itu bahan spesimen yang akan digunakan dipersiapkan untuk proses pengelasan, pertama yang dilakukan setelah persiapan bahan spesimen adalah mencari busur listrik nya dan barulah dapat dimulai proses pengelasan sesuai rencana yang telah disiapkan.



Gambar 3.13 Rancangan Mesin

### 3.4. Proses Pengelasan

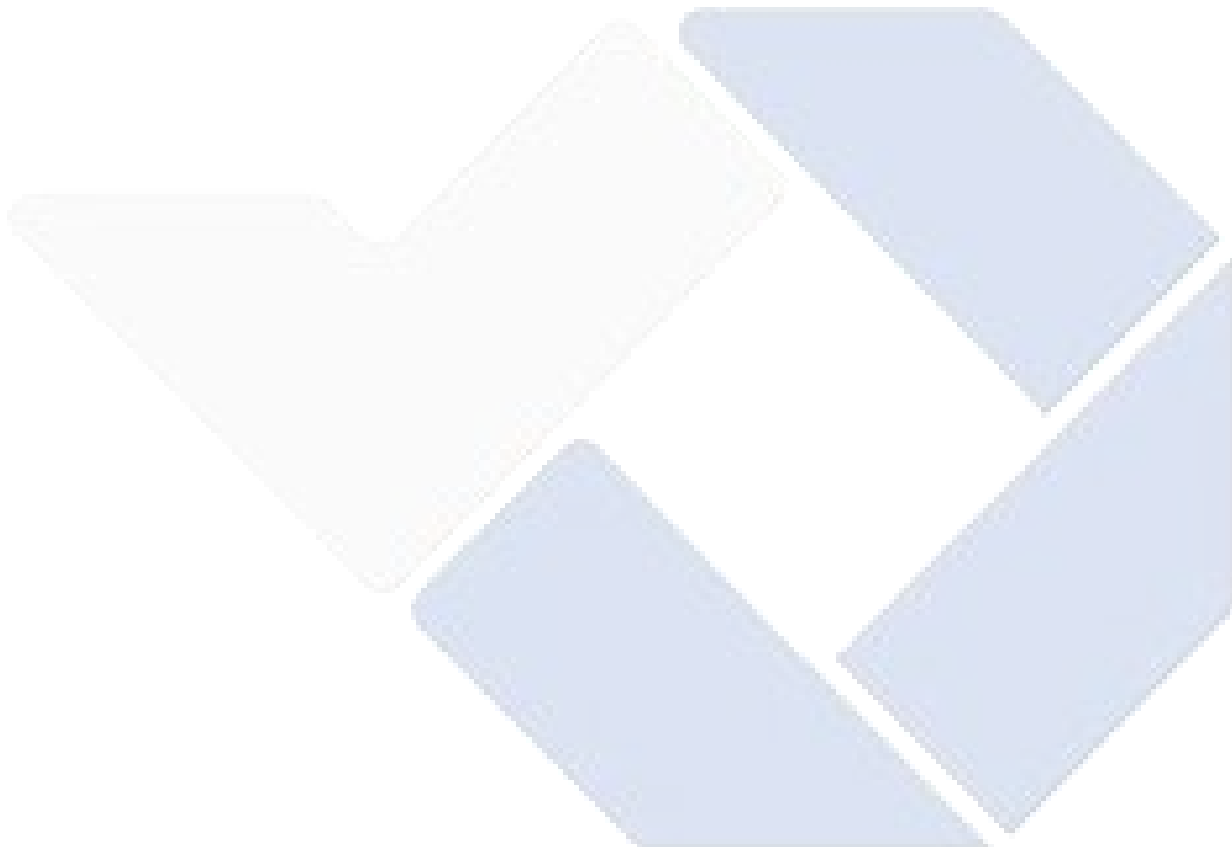
Proses pengelasan yang akan dilakukan menggunakan parameter *ampere* dan *ampere* yang digunakan adalah 40 A, 75 A, 100 A. untuk rancangan pengelasan nya dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.14 Proses Pengelasan

### **3.5. Pengujian Hasil Lasan**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil yang akan digunakan di dalam suatu penelitian. Dalam penelitian ini pengujian yang akan dilakukan adalah dengan *Dye Penetrant* untuk mengetahui kecacatan yang terjadi pada hasil lasan yang telah dilakukan dengan pengamatan visual. Apabila hasil dari pengelasan kurang maksimal maka dapat dilakukan pengulangan pengelasan sebelum dilakukan pengujian.



## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.3.1. Proses Pengelasan

Proses pengelasan dilakukan menggunakan spesimen *stainless steel* berukuran 10 cm x 10 cm, posisi pengelasan 1G dengan kampuh yang digunakan adalah kampuh I dengan tipe sambungan *single joint*. Hasil dari pengelasan dan pengujian dengan *dye penetrant test* yang dilakukan dengan menggunakan variasi *ampere* 40, dan 75 dengan kampuh I dengan tipe sambungan *single joint* sebagai berikut :



Gambar 4.1 Spesimen 1 Pengujian *Ampere* 40



Gambar 4.2 Spesimen 2 Pengujian *Ampere* 40



Gambar 4.3 Speimen 3 Pengujian *Ampere* 40



Gambar 4.4 Spesimen 4 Pengujian *Ampere* 75



Gambar 4.5 Spesimen 5 Pengujian *Ampere* 75



Gambar 4.6 Spesimen 6 Pengujian *Ampere* 75



#### 4.5.1. Pengujian Liquid Dye Penetrant Test

Standar yang digunakan dalam proses pengujian menggunakan *liquid dye penetrant* ini adalah menggunakan standar Standar ASME VIII Div 1 Appendix 8

---

#### ACCEPTANCE STANDARDS

---

Standar untuk penerimaan harus bebas dari beberapa kriteria yakni

1. Indikasi linier relevan: merupakan indikasi yang disebabkan oleh diskontinuitas yang muncul pada permukaan benda kerja yang memiliki panjang lebih besar dari tiga kali lebarnya.
2. Indikasi *rounded* relevan: merupakan indikasi yang disebabkan oleh diskontinuitas berbentuk bulat atau elips.

---

Gambar 4.3 Standar ASME VIII Div 1 Appendix 8

Proses pengujian menggunakan *dye penetrant* magnaflux *spotcheck*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian adalah

a. Persiapkan Permukaan Spesimen

Permukaan Spesimen yang telah dilakukan proses pengelasan 1 dan pengelasan 2 dibersihkan terlebih dahulu, permukaan spesimen harus bersih dari berbagai kotoran seperti minyak, karat, air dll. Hal ini bertujuan agar tidak mengganggu proses pengamatan.

b. *Pre-Cleaning*

Setelah permukaan spesimen dipastikan sudah dalam keadaan bersih semprotkan cairan *cleaner* ke permukaan spesimen lalu bersihkan menggunakan kain dan diamkan spesimen selama kurang lebih satu menit, agar cairan *cleaner* yang ada dipermukaan spesimen dapat menguap.

c. Penggunaan cairan *penetrant*

Pengaplikasian *red liquid* spesimen dilakukan dengan cara disemprotkan ke permukaan spesimen yang akan diuji dan telah dibersihkan secara merata. Setelah itu biarkan cairan meresap ke spesimen dengan waktu kurang lebih 5-10 menit.

*d. Pembersihan Sisa Cairan Penetrant*

Setelah proses *red liquid* selesai, dilakukan pembersihan pada permukaan spesimen yang sudah disemprotkan *red liquid*. Pembersihan dilakukan menggunakan kain yang bersih beberapa kali dan searah. Setelah didiamkan setelah 1 menit kemudian dilakukan pembersihan lagi menggunakan kain yang telah disemprotkan sedikit cairan *cleaner*. Setelah bersih tunggu kurang lebih 1 menit untuk persiapan pengaplikasian cairan *developer*.

*e. Pemberian Cairan Developer*

Sebelum disemprotkan pastikan cairan *developer* tercampur sempurna. Semprotkan cairan *developer* ke permukaan spesimen yang telah dibersihkan sebelumnya, jarak penyemprotan 15-20 cm dari permukaan spesimen.

*f. Pengamatan dan Inspeksi Indikasi*

Setelah penyemprotan *developer* selesai, langkah berikutnya adalah pengamatan indikasi minimal 10 menit dan maksimal 30 menit. Pengamatan dilakukan dengan pencahayaan yang terang agar dapat melihat semua diskontinuitas pada setiap permukaan spesimen. Setelah diamati langkah selanjutnya adalah mengukur dan mencatat diskontinuitas yang terjadi.

*g. Pembersihan permukaan spesimen setelah pengujian*

Lakukan pembersihan terhadap spesimen yang telah dilakukan pengujian dengan menggunakan sikat baja setelah itu dilakukan penyemprotan lagi menggunakan *cleaner* kemudian dibersihkan menggunakan kain.

#### **4.5.2. Hasil Pengujian**

Dari proses pengelasan dan pengujian spesimen didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.4 Hasil Spesimen 2 Yang Telah Diuji dengan *Dye Penetrant*

Setelah pengujian dengan cairan *Dye Penetrant* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Indikasi Diskontinuitas Spesimen Hasil Las

No. Spesimen	Arus Las ( <i>Ampere</i> )	Distorsi (mm)	Porositas (mm)	Retak (mm <sup>2</sup> )	Ket
1	40	-	-	1.5mm <sup>2</sup>	<i>Accepted</i>
2	40	-	2, 2mm	-	<i>Accepted</i>
3	40	-	1.5, 1.5mm	-	<i>Accepted</i>
4	75	-	-	-	<i>Accepted</i>
5	75	-	-	-	<i>Accepted</i>
6	75	-	2mm	-	<i>Accepted</i>

Berdasarkan tabel 4.1 pada pengujian 2 diatas, menggunakan standar ASME VIII Div 1 Appendix 8, didapatkan kriteria penerimaan hasil pengelasan yang masuk toleransi penerimaan. Permukaan yang akan dipantau harus bebas dari

indikasi linier relevan : retak (1.6 mm) ; indikasi *rounded* relevan : porositas (4.8 mm). Spesimen 1 dengan *ampere* 40 memiliki cacat retak pada permukaannya sebesar 1.5mm<sup>2</sup> dengan pengamatan yang telah dilakukan disimpulkan bahwa yang menyebabkan spesimen 1 mengalami kecacatan karena posisi pengelasan 1G yang tidak stabil, spesimen 2 dengan *ampere* 40 memiliki cacat porositas pada permukaannya sebesar 2, 2mm dengan pengamatan yang telah dilakukan disimpulkan bahwa yang menyebabkan spesimen 2 mengalami kecacatan karena masuknya sedikit kotoran pada permukaan lasan dan mengakibatkan porositas, spesimen 3 dengan *ampere* 40 memiliki 2 cacat porositas pada permukaannya sebesar 1.5mm dan 1.5mm dengan pengamatan yang telah dilakukan disimpulkan bahwa yang menyebabkan spesimen 3 mengalami kecacatan dikarenakan kotoran yang masuk ketika pengelasan pada permukaan lasan, spesimen 4 dengan *ampere* 75 setelah dilakukan pengamatan tidak ditemukan kecacatan, spesimen 5 dengan *ampere* 75 setelah dilakukan pengamatan juga tidak ditemukan kecacatan, spesimen 6 dengan *ampere* 75 memiliki cacat porositas pada permukaannya sebesar 2mm dengan pengamatan yang telah dilakukan disimpulkan bahwa yang menyebabkan spesimen 6 mengalami kecacatan adalah masuknya kotoran pada permukaan lasan dan mengakibatkan porositas.

Dengan hasil yang telah didapatkan disimpulkan bahwa indikasi yang terdapat pada permukaan spesimen uji yang telah dilakukan pengelasan dapat diterima dikarenakan hasil yang didapatkan dalam pengujian *dye penetrant* masih masuk didalam standar yang digunakan. Pada spesimen ke empat dan kelima yang menggunakan *ampere* 75 tidak ditemukan diskontinuitas, dapat disimpulkan bahwa *ampere* 75 adalah *ampere* yang bagus untuk melakukan pengelasan GTAW menggunakan mesin las SMAW. Pada *ampere* yang lainnya terdapat beberapa diskontinuitas yang mengakibatkan spesimen uji tidak lulus standar yang telah ditentukan. Beberapa hal yang dapat menyebabkan spesimen mengalami kecacatan setelah dilakukan pengelasan dan pengujian seperti, posisi pengelasan yang digunakan, dan masuknya kotoran saat pengelasan terjadi pada permukaan spesimen benda kerja.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang telah didapat kan, maka terdapat beberapa kesimpulan diantaranya adalah :

1. Setelah dilakukan proses pengelasan dapat disimpulkan bahwa penyambungan dengan las GTAW menggunakan mesin las SMAW berhasil dan dapat dilakukan .
2. Setelah dilakukan proses pengujian dengan cairan *Dye Penetrant* pada permukaan hasil lasan didapatkan hasil bahwa *ampere* yang bagus untuk melakukan pengelasan GTAW menggunakan mesin las SMAW adalah pada *ampere 75*.

#### B. SARAN

1. Pastikan proses pengelasan dan pengujian pada spesimen dilakukan sesuai dengan standar yang dipilih.
2. Untuk mendapatkan hasil yang optimal disarankan menggunakan peralatan yang memadai agar hasil pengelasan dan pengujian lebih teliti dan lebih baik.
3. Diharapkan penelitian yang telah dilakukan ini dapat menjadi acuan untuk penelitian-penelitian lain kedepannya dan dapat menjadi media pembelajaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amzah, Muhamad. 2021. *Pengaruh Variasi Coating Cat Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon ST 37*. Universitas Sriwijaya.
- Anwar, Badaruddin. 2018. *Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas ( TIG) Kampuh V Ganda Pada Baja Karbon Rendah ST 37*. Makassar : Teknologi Volume 17.
- Bakhori, Ahmad. 2017. "Perbaikan Metode Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil di Kota Medan." 15.
- Dowandju, PT. Prima. 2016. "Liquid Penetrant Examination Procedure - AWS D1.1." Certification.
- Fata, Husnul, Muhammad Razi, and Syukran. 2020 . "Pengaruh Variasi sudut kampuh bevel groove terhadap kekuatan tarik material stainless steel 304." *journal of welding techology* .
- Hakim, Arif Rahman, and Imran. 2020. "Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap Hasil Pengelasan SMAW pada Stainless Steel 304 Menggunakan Pengujian Ultrasonic dan Kekuatan Tarik." *Jurnal Polimesin*.
- Hakim, Putra, Makrai, and & Priyanto. 2020. "Desain Cetakan Plastik Multy Cavity Dengan Sistem Intercangeable Mold Insert." *Jurnal Simetris*.
- Halimkoe. 2020. "Persiapan dan perawatan Elektroda Tungsten Las GTAW." <https://halimlanjut.blogspot.com/202010/persiapan-dan-perawatan-elektroda.html?m=1>.
- Harsono. 1996. "Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam Vol. 03* 91-98.
- Irwansyah. 2019. "deteksi cacat pada material dengan teknik pengujian tidak merusak."
- jalill, saifuddin A, Zulkifli, and Tri Rahayu. 2017. "analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan SMAW material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan."
- John, and Lippold. 2005. "Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steel." *Wiley Inter Science*.

- Leonard. 2015. "Pengaruh Kuat Arus Pengelasan GTAW Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah." *Metrik Serial Teknologi dan Sains. Vol 1* 31-32.
- Mgonja. 2017. " . " *Penggunaan Dye Penetrant dan Ultrasonic Testing pada Kolimator Nikel Murni: Metode Non-Destructive Test.*
- Priyotomo, Gadang. 2008. *Korosi Retak Tegang Material Stainless Steel AISI 304 di Lingkungan MgCl<sub>2</sub>.* FMIPA UI.
- R, Tumpal Ojohan, Yusuf Hendronursito, and Daniel Anggi S. 2017. "Analisis Pengaruh Parameter Pengelasan GTAW Pada Stainless Steel AISI 304 Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro." *POROS* 53-62.
- Sack, Raymond J. 1976. *Welding: principles and practices.* Mc Graw Hills.USA.
- Safitri, Novita. 2018. "Analisis Laju Korosi dan Kekerasan pada Stainless Steel 304 dan Baja Nikel Laterit dengan Variasi Kadar Ni (0,3 dan 10%) dalam Medium Korosif."
- Santoso, Trinova Budi, Solichin, and Prihanto Tri Hutomo. 2015. "Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Las SMAW Dengan Elektroda E7016." *Jurnal Teknik Mesin, Tahun 23, No. 1.*
- Siswanto. 2011. "Pengaruh Variasi Elektroda Pada Las FCAW Terhadap Distorsi dan Sifat Mekanik Pada Baja Karbon A36." 5-6.
- Suwardi, and Daryanto. 2018. *Teknik Fabrikasi Pengerjaan logam.* Yogyakarta: Gava Media.
- Syahrani, Awal, Mustafa, and Oktavianus. 2010. "pengaruh variasi arus pengelasan GTAW terhadap sifat mekanis pada pipa baja karbon ASTM A 106."
- Widharto. 2001. "Kekuatan Tarik dan Bending Sambungan Las Pada Material Baja SM490 Dengan Metode Pengelasan SMAW dan SAW." *Jurnal Mekanikal, vol 6.*