

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Hampir seluruh pengerjaan logam di era sekarang tidak terlepas dari yang namanya pengelasan. Berbagai standart-standart las yang telah ditemukan, seiring bertambahnya waktu makin banyak pula jenis material-material yang akan diciptakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam mengembangkan usahanya dibidang manufaktur. Sehingga dalam hal ini metode pengelasan terus menerus dilakukan agar mendapatkan pengerjaan-pengerjaan sambungan lasan yang baik (Saefudin 2020).

Dari berbagai jenis las yang telah diciptakan yang cocok untuk memenuhi kebutuhan konstruksi dari bahan *stainless steel* adalah pengelasan *Gas Metal Arc Welding (GTAW)*. Pengelasan *Gas Metal Arc Welding (GTAW)* adalah jenis las yang menggunakan bahan tungsten sebagai elektroda tidak terkonsumsi. Elektroda pada mesin las *Gas Metal Arc Welding (GTAW)* ini hanya menghasilkan busur nyala listrik. Busurnyala listrik akan melelehkan bahan penambah untuk mengisi sambungan logam. Pengelasan *Gas Metal Arc Welding (GTAW)* ini menghasilkan kualitas pengelasan yang sangat baik, tidak menghasilkan terak sama sekali (Widharto 2003).

*Stainless steel* merupakan baja tahan karat yang banyak digunakan masyarakat. *Stainless steel* mempunyai keunggulan yaitu tahan korosi, tahan terhadap oksidasi pada temperatur tinggi dan mempunyai hardenability yang tinggi. Dalam lingkup rumah tangga *Stainless steel* banyak digunakan sebagai tempat

pengolahan dan penyimpanan makanan misalnya seperti alat penggorengan. Dalam lingkup kesehatan, selain sifatnya yang bersih dan menarik, Stainless steel dipilih untuk kebutuhan alat-alat medis seperti pisau bedah, agar kesterilannya selalu terjaga (Marihot 1984).

Ismawan dkk, Pada pengelasan *Gas Metal Arc Welding (GTAW)* gas pelindung yang digunakan adalah gas argon, karena mampu mengurangi difusi hidrogen. Salah satu cara untuk menghindari patah dan retak akibat difusi hidrogen yaitu dengan menggunakan gas pelindung untuk mencegah agar hidrogen yang terdapat pada atmosfer tidak terserap pada logam cair pada saat proses pengelasan (Ismawan 2010).

Subodh dkk, Menjelaskan selain faktor arus, heat input juga mempengaruhi hasil lasan *Gas Metal Arc Welding (GTAW)* pada baja SS304 terhadap sifat mekanis. Penelitian tersebut menghasilkan hasil kekuatan tarik tertinggi berada pada heat input terendah (2463 kJ/mm). Dalam penelitian tersebut didapatkan juga panjang dendrit dan jarak antar dendrit di *weld metal* meningkat seiring dengan meningkatnya heat input, sehingga memberikan pengaruh terhadap kekuatan tariknya (Subodh Kumar 2011).

Ahmad saefudin dkk, Melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh variasi arus pengelasan dan debit aliran gas pelindung terhadap kekuatan tarik SS304 pada proses las *Gas Metal Arc Welding (GTAW)*” dengan variasi kuat arus 80A, 90A dan 100A dan debit aliran gas pelindung sebesar 8 L/menit dan 10 L/menit. Menghasilkan Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada penggunaan arus 90A dengan debit aliran gas 8 L/menit sebesar 610,54 Mpa. Nilai kekuatan tarik

terendah terdapat pada penggunaan arus 80A dengan debit aliran gas 10 L/menit sebesar 560,89 Mpa (Saefudin 2020).

Berdasarkan beberapa referensi penelitian sebelumnya, maka penulis mengambil judul **“ANALISA PENGARUH KUAT ARUS PADA PENGELASAN MATERIAL *STAINLESS STEEL 304* MENGGUNAKAN PENGELASAN GAS *TUNGSTEN ARC WELDING (GTAW)*”**

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan masalah yang disebutkan di atas maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana hasil uji kekuatan tarik pada pengelasan *stainless steel 304* menggunakan variasi arus 90A, 110A, dan 130A.

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk lebih Mengarahkan ke pokok pembahasan dalam penyusunan laporan tugas ini, maka penulis memberi batasan cakupan masalah. Adapun batasan masalah yang akan dibahas pada laporan ini adalah :

1. Material yang digunakan untuk penelitian adalah baja *stainless steel 304* dengan tebal 6 mm.
2. Pengelasan dilakukan dengan tiga variasi arus, yaitu 90A, 110A, dan 130A.
3. Pengelasan dilakukan dengan las *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*.
4. Jenis sambungan yang digunakan adalah *butt joint* dengan posisi 1G.
5. Gas yang digunakan adalah gas argon murni dengan tekanan gas 8 bar.
6. *Filler* yang digunakan adalah ER309L.
7. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian tarik (ASTM-E8)

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan masalah yang disebutkan di atas maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui seberapa pengaruh pada sambungan las dengan variasi arus 90A, 110A, dan 130A.
2. Untuk mengetahui sifat mekanis dari pengaruh hasil kekuatan tarik pada sambungan las dengan variasi arus 90A, 110A, dan 130A.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penulisan tugas akhir skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Menjadi sarana bagi penulis untuk mengimplementasikan serta menambah wawasan mengenai pengelasan *GTAW* serta pengaruh kuat arus pada paduan *stainless steel 304* terhadap kekuatan tarik.
2. Menghasilkan data yang telah teruji.
3. Menjadi bahan referensi mahasiswa yang akan membahas topik yang sama.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Tugas akhir ini disusun sedemikian rupa sehingga diharapkan dapat disajikan secara sistematis. Penyusunan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, masing-masing bab diuraikan sebagai berikut:

**1. BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir dan sistematika laporan.

**2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan kajian pustaka dan landasan teori dari penelitian tugas akhir.

**3. BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab ini berisikan penjelasan tentang metode-metode pengambilan data dan penyusunan tugas akhir.

**4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan tentang hasil yang telah diperoleh dari tugas akhir.

**5. BAB 5 PENUTUP**

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dan saran untuk meningkatkan hasil penelitian yang lebih akurat dimasa yang akan datang dengan pembahasan dibidang yang sama.

## **BAB 2**

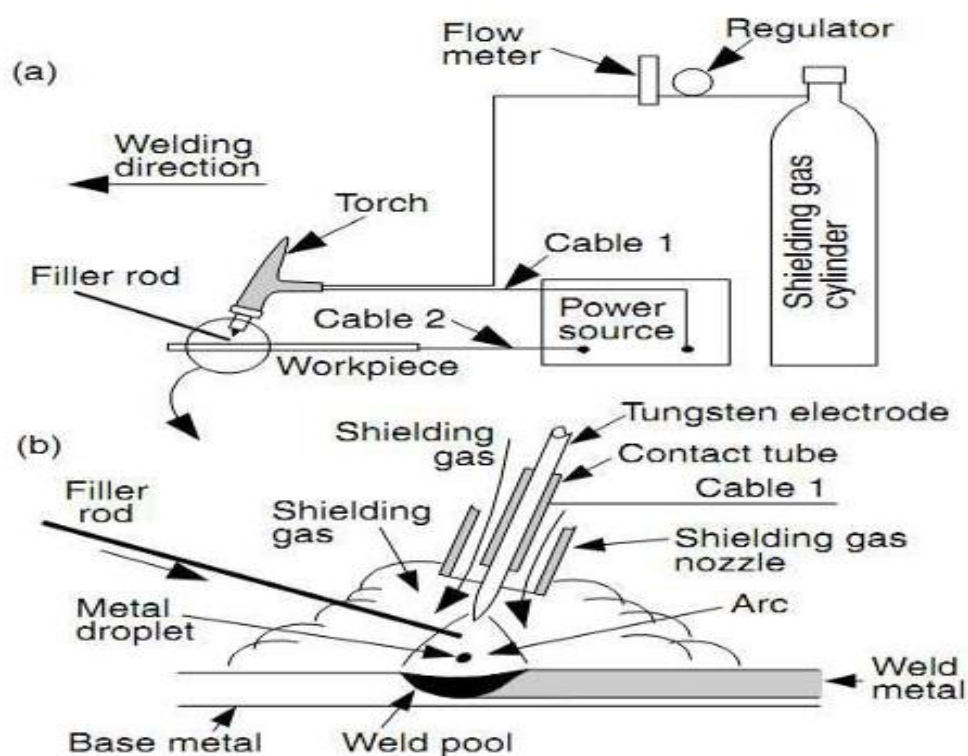
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)***

Pengertian pengelasan GTAW adalah sebuah proses pengelasan busur listrik yang menggunakan elektroda yang tidak ikut mencair (*non-consumable electrode*). Pengelasan GTAW ini juga sering disebut dengan las argon, hal tersebut dikarenakan gas pelindung yang digunakan adalah gas argon. Las GTAW ini biasanya digunakan untuk melakukan pengelasan aluminium atau *stainless steel* yang memang banyak membutuhkan perlakuan khusus (Agustriyana 2020).

*Gas tungsten arc welding (GTAW)* adalah proses las busur yang menggunakan busur antara tungsten elektroda (non konsumsi) dan titik pengelasan. Proses ini digunakan dengan perlindungan gas dan tanpa penerapan tekanan. Proses ini dapat digunakan dengan atau tanpa penambahan *filler metal*. GTAW telah menjadi sangat diperlukan sebagai alat bagi banyak industri karena hasil las berkualitas tinggi dan biaya peralatan yang rendah. Panas dari busur terjadi diantara elektrode tungsten dan logam induk akan meleburkan logam pengisi ke logam induk di mana busurnya dilindungi oleh gas mulia (Ar atau He). Las listrik TIG (*Tungsten Inert Gas*) menggunakan elektroda wolfram yang bukan merupakan bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar merupakan sumber panas untuk pengelasan. Titik cair elektroda wolfram sedemikian tingginya sampai 3.410° C, sehingga tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik. Tangkai listrik dilengkapi dengan nosel keramik untuk

penyembur gas pelindung yang melindungi daerah las dari luar pada saat pengelasan. Sebagian bahan tambah dipakai elektroda tanpa selaput yang digerakkan dan didekatkan ke busur yang terjadi antara elektroda wolfram dengan bahan dasar. Sebagai gas pelindung dipakai gas inert seperti argon, helium atau campuran dari kedua gas tersebut yang pemakaiannya tergantung dari jenis logam yang akan dilas. Sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2. 1 Skema Pengelasan GTAW (AWS 2000)

Proses pengelasan GTAW memiliki beberapa keuntungan, diantaranya dapat digunakan dengan atau tanpa *filler* (logam pengisi), dapat digunakan untuk mengelas hampir semua logam, termasuk sambungan yang berbeda (*dissimilar weld*), tetapi umumnya tidak digunakan untuk logam dengan titik leleh rendah seperti timbal dan timah. Hasil pengelasan GTAW umumnya bebas dari percikan

dan tidak ada pembentukan terak selama proses yang membuat pengelasan GTAW sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan tingkat kebersihan yang tinggi.

Terdapat 4 komponen utama dari las GTAW, yaitu :

### **2.1.1 Stang Las/Obor (*torch welding*)**

Stang las atau obor GTAW berfungsi sebagai pemegang elektroda tidak terkonsumsi (*tungsten*) yang menyalakan arus pengelasan ke busur listrik, serta menjadi sarana penyalur gas pelindung ke zona busur (*arc zone*). Obor dipilih sesuai dengan kemampuan menampung arus las maksimum ke busur nyala tanpa mengalami over heating. Sebagian besar obor didesain untuk mengakomodasi segala ukuran elektroda serta berbagai tipe ukuran *nozzle* (Anwar 2018). Pada umumnya obor untuk pengelasan manual memiliki sudut kepala (*heat angle*), yakni antara sudut elektroda dan pegangan (*handle*) 120o dan jenis-jenis obor lainnya seperti obor dengan sudut kepala yang dapat diatur, sudut kepala siku (90o), dan kepala bentuk pensil. Obor GTAW manual memiliki switch dan katub tambahan yang dipasang pada peganganya yang digunakan untuk mengendalikan arus dan aliran gas pelindung, sedangkan obor untuk mesin GTAW otomatis hanya dapat diatur pada permukaan sambungan, sepanjang sambungan, dan jarak antara obor dan bahan yang akan dilas (Sriwidharto, 2006). Sebagaimana dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2. 2 Stang las (*torch welding*)

### 2.1.2 Elektroda Tidak Terumpan (*Tungsten*)

Dalam konteks *American Welding Society (AWS)*, istilah "*Tungsten*" merujuk pada elektroda tungsten yang digunakan dalam proses pengelasan GTAW. Elektroda tungsten adalah jenis elektroda yang digunakan sebagai elektroda tidak terkonsumsi (*non - consumable*) dalam proses pengelasan GTAW/TIG. Elektroda tungsten terbuat dari logam tungsten yang memiliki titik leleh yang sangat tinggi, tahan terhadap panas, dan konduktivitas listrik yang baik. Elektroda tungsten digunakan dalam pengelasan GTAW/TIG karena kemampuannya untuk mempertahankan kestabilan dan kualitas busur listrik selama proses pengelasan. Elektroda tungsten adalah elektroda tidak terumpan (*non-consumable electrode*) yang berfungsi sebagai pencipta busur nyala saja yang digunakan untuk mencairkan kawat las yang ditambahkan dari luar dan benda yang akan disambung menjadi satu kesatuan sambungan. Elektroda ini tidak berfungsi sebagai logam pengisi sambungan sebagaimana yang biasa dipakai pada elektroda batang las busur metal maupun elektroda gulungan pada las MIG . Titik lebur metal tungsten adalah 6.170°F (3.410 °C). Pada saat tungsten mendekati suhu tersebut, sifatnya menjadi thermonic (sumber pemasok elektron). Suhu tersebut dihasilkan melalui tahanan

listrik, jika saja bukan karena pengaruh pendinginan dari penguapan elektron yang keluar dari ujung elektroda, elektroda tersebut akan mencair oleh panas yang dihasilkan dari tahanan listrik tersebut. Pada kenyataannya suhu pada ujung elektroda jauh lebih dingin daripada bagian dari elektroda diantara ujungnya dan bagian collet yang paling dingin. Ada beberapa tipe elektroda tungsten yang biasa dipakai di dalam pengelasan sebagaimana dijelaskan pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 Elektroda *Tungsten*

<b>Klasifikasi AWS</b>	<b>Perkiraan Komposisi</b>	<b>Kode Warna</b>
EWP	Tungsten Murni	Hijau
EWCe-2	97,3% tungsten, 2% cerium oksida	Oranye
EWCe-1	98,3% tungsten, 1% lanthanum oksida	Hitam
EWTh-1	98,3% tungsten, 1% thorium oksida	Kuning
EWTh-2	97,3% tungsten, 2% thorium oksida	Merah
EWZr-1	99,1% tungsten, 0,25% zirconium oksida	Coklat
EWG	94,5% tungsten, sisa tidak disebut	Abu-abu

Tabel di atas disusun berdasarkan klasifikasi AWS dimana kodekodenya dapat dijelaskan sebagai berikut:

E : elektroda

W: wolfram atau tungsten

P : tungsten murni (pure tungsten)

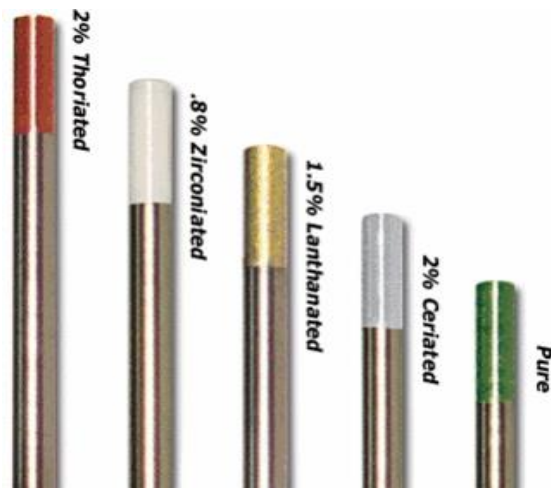
G : umum (general ) dimana komposisi tambahan biasa tidak disebut.

Sedangkan untuk kode Ce-2, La-1, Th-1, Th-2, dan Zr-1 masing-masing adalah komposisi tambahan sebagaimana yang dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2. 2 Penggunaan Elektroda Tungsten Untuk Pengelasan Baja Karbon  
(Wiriosumarto, 2008)

Diameter Elektroda (mm)	Arus Las			
	AC		Elektroda Negatif	Elektroda Positif
	YWP	YWth	Ywp, YWth	Ywp, YWth
0.5	5 - 15	5 - 20	5 - 20	-
1.0	10 - 60	15 - 80	15 - 80	-
1.6	50 - 100	70 - 150	70 - 150	10 - 20
2.4	100 - 160	140 - 235	150 - 250	15 - 30
3.2	150 - 210	225 - 325	250 - 400	25 - 40
4.0	200 - 275	300 - 425	400 - 500	40 - 55
4.8	250 - 350	400 - 525	500 - 800	55 - 80
6.4	325 - 475	500 - 700	800 - 1100	80 - 125

Elektroda tungsten murni biasa digunakan untuk pengelasan AC pada pengelasan aluminium maupun magnesium. Elektroda tungsten thorium digunakan untuk pengelasan DC. Elektroda *tungsten Zirconium* digunakan untuk AC- HF Argon dan *AC Balanced Wave Argon*. Elektroda tungsten disediakan dalam berbagai ukuran diameter dan panjang. Untuk diameter dari mulai ukuran 0,254 mm sampai dengan 6,35 mm. Untuk panjang disediakan mulai dari 76,2 mm sampai dengan 609,6 mm. Pengasahan elektroda tungsten dilakukan membujur dengan arah putaran gerinda. Pengasahan dengan arah ini akan mempermudah aliran arus yang akan digunakan di dalam pengelasan, sebaliknya jika penggerindaan dilakukan melintang dengan arah putaran batu gerinda akan mengakibatkan terhambatnya jalannya arus yang digunakan untuk mengelas. Adapun ukuran penggerindaan elektroda tungsten dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).



Gambar 2. 3 Jenis-Jenis Tungsten

Berikut adalah beberapa jenis Tungsten yang umum digunakan dan fungsinya:

1. Tungsten Murni (*Pure Tungsten*)

Tungsten murni digunakan dalam elektroda Tungsten untuk proses pengelasan GTAW/TIG (*Gas Tungsten Arc Welding/Tungsten Inert Gas*) dan dalam aplikasi lain yang membutuhkan ketahanan tinggi terhadap panas, seperti dalam industri penerbangan dan elektronik.

2. *Tungsten 1,5% Lanthanated (WL15/WL20)*

Tungsten 1,5% *lanthanated* digunakan dalam elektroda tungsten untuk pengelasan GTAW/TIG pada berbagai jenis logam, termasuk baja, *stainless steel*, dan logam *non-ferrous*. Elektroda ini memiliki kestabilan busur yang baik dan tahan terhadap pembasahan dan pemindahan materi.

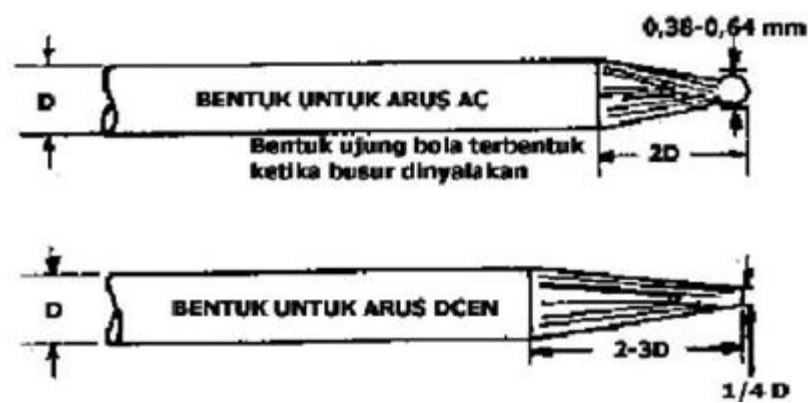
3. *Tungsten 2% Ceriated (WC20):*

Tungsten 2% *ceriated* digunakan dalam elektroda tungsten untuk pengelasan GTAW/TIG logam *non-ferrous* dan baja tahan karat. Elektroda ini

memiliki titik leleh yang lebih rendah daripada tungsten murni, kestabilan busur yang baik, dan daya tahan panas yang tinggi.

#### 4. Tungsten 2% Thoriated (WT20):

Tungsten 2% *thoriated* digunakan dalam elektroda tungsten untuk pengelasan GTAW/TIG baja dan *stainless steel*. Elektroda ini memiliki kestabilan busur yang baik dan daya tahan panas yang tinggi.



Gambar 2. 4 Penggerindaan Tungsten (Miller 2013)

### 2.1.3 Pemilihan Polaritas Listrik (AC/DC)

Dalam penggunaannya, jenis polaritas yang digunakan akan mempengaruhi kedalaman penetrasi yang akan dibentuk. Pada arus AC distribusi panasnya terjadi 1/2 untuk benda kerja dan 1/2 untuk elektroda. Pada arus DCEP 2/3 panas terjadi pada elektroda dan 1/3 sisanya terjadi pada benda kerja, sedangkan pada arus DCEN terjadi sebaliknya yaitu 1/3 panas untuk elektroda dan 2/3 panas sisanya terjadi pada benda kerja. Konsekuensi distribusi panas yang berbeda ini akan berpengaruh pada kedalaman penetrasi yang berbeda. Pada AC kedalaman penetrasi sedang dengan lebar kawah sedang. Pada DCEP, lebar kawah lebih besar

dengan kedalaman penetrasi lebih dangkal bila dibanding AC. Pada DCEN, Lebar kawah lebih sempit dan kedalaman penetrasi lebih dalam bila dibandingkan AC.

#### **2.1.4 Gas Pelindung (Argon)**

Gas lindung (*inert gas*) adalah gas yang tidak bereaksi dengan logam maupun gas yang lain. Gas ini dipakai sebagai pelindung busur dan logam panas ketika proses pengelasan karena diudara bebas terdapat gas Nitrogen dan Oksigen yang pada temperatur tinggi gas-gas tersebut akan bereaksi dengan kebanyakan logam dan menimbulkan logam oksida dan gas-gas oksida yang membahayakan kesehatan. Disamping itu pengaruh sangat negatif terhadap hasil lasan. Gas lindung yang biasa dipakai di dalam las gas tungsten dapat berupa gas argon, helium, dan campuran argon-hidrogen. Argon lebih sering dipakai di dalam las gas tungsten berdasar atas beberapa pertimbangan yang antara lain:

- a. Busur lebih tenang dan halus.
- b. Membutuhkan tegangan busur yang lebih rendah bila dibandingkan dengan gas lindung yang lain untuk panjang busur dan arus yang digunakan.
- c. Busur mudah sekali dinyalakan.
- d. Dengan arus AC, pengelasan aluminium dan magnesium mudah sekali dilakukan karena aksi pembersihan permukaan logam yang lebih besar
- e. Karena berat atom yang besar, konsumsi gas lindung dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan dengan gas lindung yang lain.

Argon yang dipakai sebagai gas lindung di dalam pengelasan gas tungsten harus mempunyai kemurnian 99,99%. Gas ini biasa disimpan di dalam silinder baja

berukuran 330 cu.ft. (9,34 m<sup>3</sup>) yang biasanya mirip dengan silinder baja untuk gas oksigen.

Berikut ini beberapa keuntungan pengelasan dengan menggunakan GTAW:

- a. Sambungan las yang dihasilkan bermutu tinggi, biasanya minim dari cacat.
- b. Tidak menghasilkan percikan las (*spatter*).
- c. Dapat digunakan dengan atau tanpa logam pengisi (*filler metal*).
- d. Penetrasi (tembusan) pengelasan root nya dapat dikendalikan dengan baik.
- e. Untuk produksi pengelasan autogenous cukup tinggi dan murah.
- f. Sumber tenaga yang digunakan relatif murah.
- g. Kemungkinan variabel las dapat dikendalikan secara akurat.
- h. Dapat digunakan pada hampir semua jenis logam termasuk pengelasan logam berbeda.
- i. Memungkinkan pengendalian mandiri sumber panas maupun penambahan filler metal.

Sementara berikut ini beberapa keterbatasan dari pengelasan GTAW :

- a. Laju deposisi material lebih rendah dibanding pengelasan dengan elektroda terkonsumsi.
- b. Memerlukan keterampilan tangan dan koordinasi juru las lebih tinggi dibanding dengan las GMAW (MIG) atau SMAW.
- c. Untuk penyambungan bahan  $>3/8$  (10 mm), GTAW lebih mahal daripada las dengan elektroda terkonsumsi.
- d. Jika lingkungan berangin cukup kencang, fungsi gas pelindung akan berkurang karena terhembus oleh angin.

## 2.2 Kuat Arus

Penyetelan kuat arus pengelasan mempengaruhi hasil las. Penggunaan arus yang terlalu kecil akan menyebabkan penetrasi las yang rendah. Akibat yang timbul dari penetrasi las yang kurang ini adalah konstruksi menjadi kurang kuat dan kokoh. Karena penetrasi atau penyambungan yang kurang, mengakibatkan penyambungan menjadi tidak sempurna. Sedangkan penggunaan arus yang terlalu besar akan mengakibatkan terbentuknya manik las yang terlalu lebar dan deformasi dalam pengelasan. Ketika struktur las mengalami deformasi pada saat pengelasan, akan menyebabkan kerusakan struktur selama pemakaian.

Tabel 2. 3 Ketentuan umum penyetelan besaran kuat arus dan tegangan berdasarkan diameter kawat dan tebal bahan

Diameter Kawat	Arus (Amper)	Tegangan (Volt)	Tebal Bahan
0.6 mm	50 – 80	13 – 14	0.5 – 1.0 mm
0.8 mm	60 – 150	14 – 22	0.8 – 2.0 mm
0.9 mm	70 – 220	15 – 25	1.0 – 10 mm
1.0 mm	100 – 290	16 – 29	3.0 – 12 mm
1.2 mm	120 – 350	18 – 32	6.0 – 25 mm
1.6 mm	160 - 390	18 - 34	12.0 – 50 mm

## 2.3 Filler

Pada proses pengelasan GTAW atau TIG elektroda merupakan bahan tak habis pakai (*nonconsumable*) sehingga memerlukan bahan tambah untuk mengisi kampuh logam lasan, bahan ini yang sering disebut dengan *filler rod*. Bahan tambah ini berupa logam pengisi (*filler metal*) yang digunakan untuk mengisi kampuh pada proses pengelasan GTAW atau TIG. Pemilihan *filler metal* dalam teknik pengelasan ditentukan oleh faktor-faktor berikut ini :

1. Kuat tarik yang mendekati bahan dasar
2. Keuletan (*toughness*) yang mendekati bahan dasar
3. Konduktivitas listrik bahan *filler*
4. Konduktivitas thermal bahan *filler*
5. Ketahanan terhadap serangan karat
6. Tampak wujud yang baik

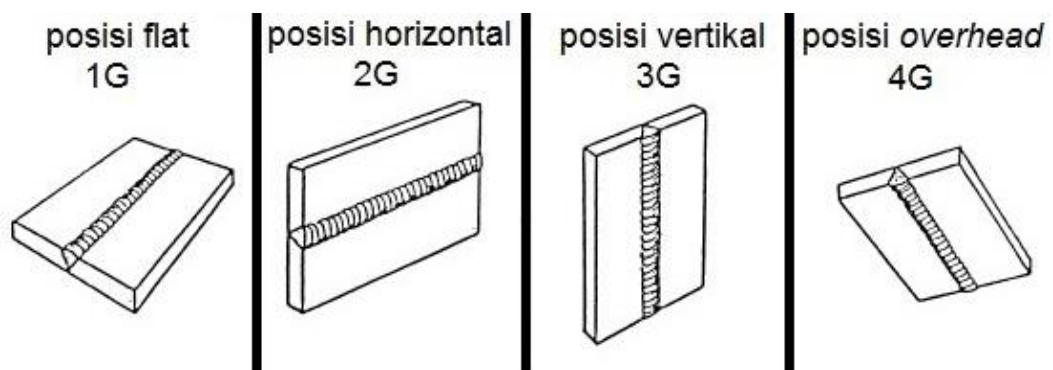
*Filler rod* untuk las TIG memiliki berbagai ukuran diameter, tersedia ukuran standar diameter 1.0, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4, 3.2, 4.0, dan 5.0 mm. Kodefikasi dilakukan untuk memudahkan *welder* melakukan pemilihan dan menstandarkan bahan tambah las GTAW atau TIG. Beberapa kodefikasi yang ada antara lain AWS (*American Welding Society*), DIN (*Deutsche Industrie Norm*), dan JIS (*Japan Industrie Standart*).

Pada penelitian ini digunakan *filler* dengan kode ER309L yang merupakan *filler* yang umum digunakan pada pengelasan aluminium. “ER” mengacu pada “*Electrode Rod*” atau batang elektroda dalam bahasa Indonesia. Ini menunjukkan bahwa *filler* ini digunakan dalam proses pengelasan. “40” mengacu pada komposisi kimia dari *filler* tersebut. Pada kasus ER 4043, ini menunjukkan bahwa *filler* ini terbuat dari aluminium. “4” menunjukkan kualitas dan kekuatan mekanis *filler* tersebut yang termasuk dalam kategori *filler* aluminium dengan kekuatan menengah. “3” mengindikasikan kelas aluminium yang dapat diisi oleh *filler* tersebut.

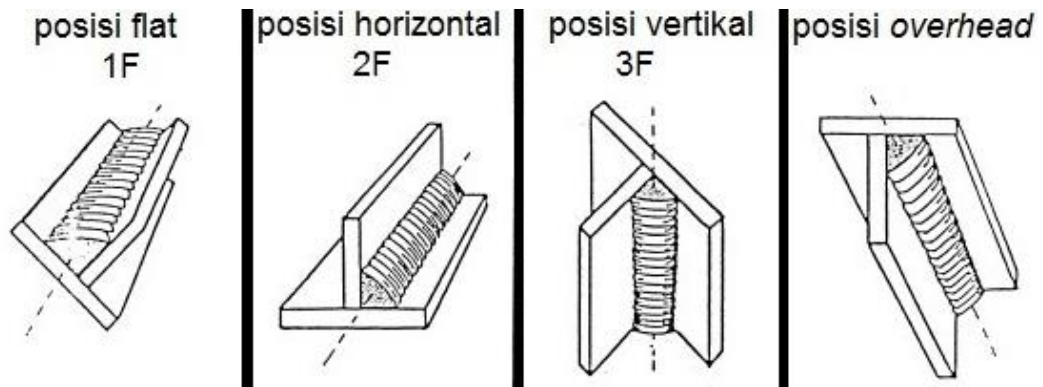
## 2.4 Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan adalah posisi sambungan yang akan dilakukan pengelasan. Posisi pengelasan dipilih berdasarkan material atau produk yang akan dilas. Menurut ASME, untuk sambungan *groove* atau *butt weld plate* disimbolkan 1G, 2G, 3G dan 4G. Sedangkan untuk sambungan *fillet weld plate*, disimbolkan dengan posisi IF, 2F, 3F, dan 4F. Untuk pengelasan pipa sambungan *groove* atau *butt weld* disimbolkan dengan 1G, 2G, 5G dan 6G. Sedangkan penyambungan dengan *plate* atau *fillet weld pipe* disimbolkan dengan IF, 2F, 4F dan 5 F. Adapun pada penelitian ini, jenis posisi pengelasan yang digunakan adalah posisi pengelasan 1G yaitu posisi pengelasan datar atau dibawah tangan.

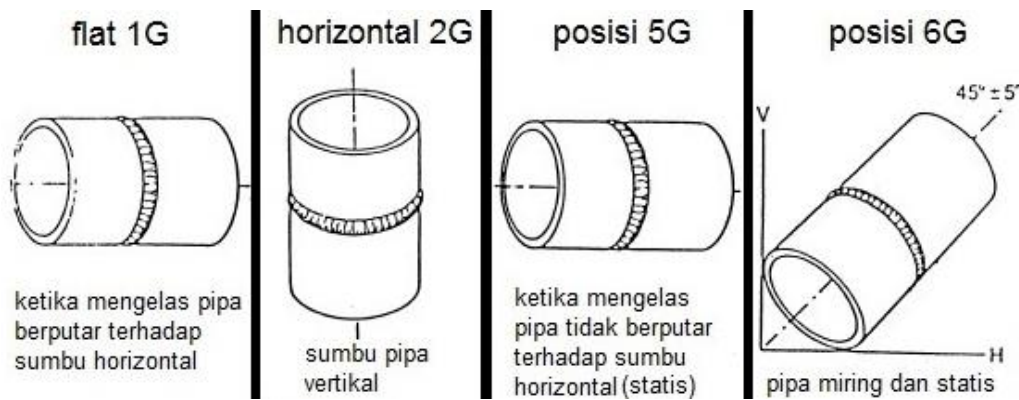
1G pelat merupakan pengelasan *butt joint plate* dengan arah elektroda/busur listrik menghadap kebawah. Untuk mengelas dengan posisi 1G, dimulai dari pembuatan *root*, kemudian membuat lapisan pengisian dan terakhir lapisan penutup/*capping*.



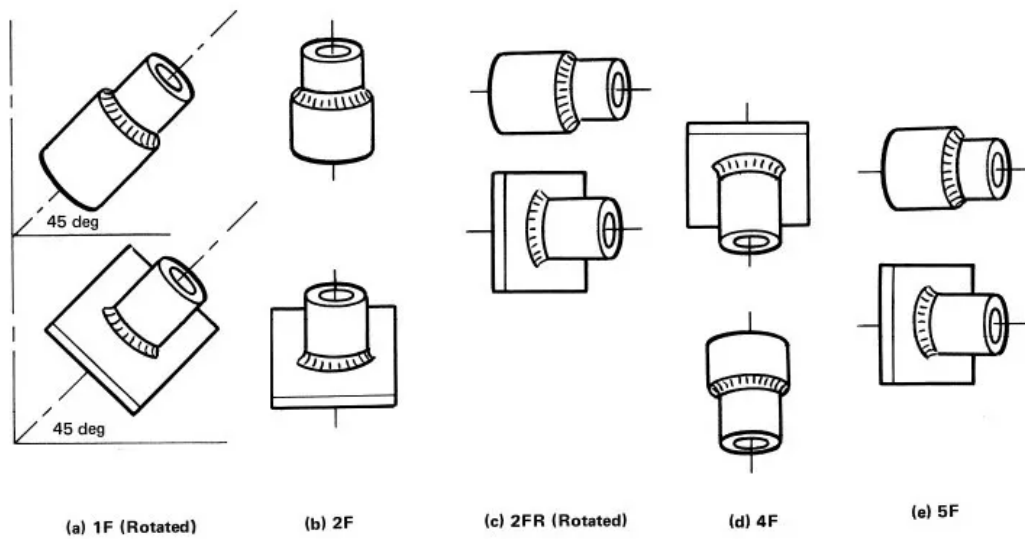
Gambar 2. 5 Posisi Sambungan *Butt Weld Plate* (AWS 2000)



Gambar 2. 6 Posisi Sambungan *Fillet Weld Plate* (AWS 2000)



Gambar 2. 7 Posisi Sambungan *Butt Weld Pipe* (AWS 2000)



Gambar 2. 8 Posisi Sambungan *Fillet Weld Pipe* (AWS 2000)

## 2.5 *Stainless Steel*

Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan *Stainless Steel* adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% Kromium untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). Komposisi ini membentuk *protective layer* (lapisan pelindung anti korosi) yang merupakan hasil oksidasi oksigen terhadap Krom yang terjadi secara spontan. Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida Kromium, dimana lapisan oksida ini menghalangi proses oksidasi besi (Ferum). Tentunya harus dibedakan mekanisme *protective layer* ini dibandingkan baja yang dilindungi dengan coating (misal Seng dan Cadmium) ataupun cat. Baja stainless merupakan baja paduan yang mengandung minimal 10,5% Cr. Sedikit baja stainless mengandung lebih dari 30% Cr atau kurang dari 50% Fe.

Daya tahan *Stainless Steel* terhadap oksidasi yang tinggi di udara dalam suhu lingkungan biasanya dicapai karena adanya tambahan minimal 13% (dari

berat) Krom. Krom membentuk sebuah lapisan tidak aktif, Kromium Oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) ketika bertemu Oksigen. Lapisan ini terlalu tipis untuk dilihat, sehingga logamnya akan tetap berkilau. Logam ini menjadi tahan air dan udara, melindungi logam yang ada di bawah lapisan tersebut. Untuk mendapatkan besi yang lebih baik lagi, diantaranya dilakukan penambahan beberapa zat-zat berikut; Penambahan Molibdenum (Mo) bertujuan untuk memperbaiki ketahanan korosi pitting di lingkungan Klorida dan korosi celah unsur karbon rendah dan penambahan unsur penstabil Karbida (Titanium atau Niobium) bertujuan menekan korosi batas butir pada material yang mengalami proses sensitasi.

Penambahan Kromium (Cr) bertujuan meningkatkan ketahanan korosi dengan membentuk lapisan oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) dan ketahanan terhadap oksidasi temperatur tinggi. Penambahan Nikel (Ni) bertujuan untuk meningkatkan ketahanan korosi dalam media pengkorosi netral atau lemah. Nikel juga meningkatkan keuletan dan mampu meningkatkan ketahanan korosi tegangan. Unsur Aluminium (Al) meningkatkan pembentukan lapisan oksida pada temperatur tinggi.

## **2.6 Material Stainless Steel 304**

Grade 304 adalah termasuk jenis *austenitic stainless steel* yang paling serbaguna dan paling luas pemakaiannya, tersedia dalam range produk yang luas, yang mempunyai bentuk dan finish yang bagus disbanding dengan jenis yang lain. Mempunyai karakteristik *welding dan forming* yang bagus. Keseimbangan austenitic structure dari Grade 304 memungkinkan untuk diproses tanpa *intermediate annealing*, sehingga membuat grade ini dominan di industri *manufaktur stainless*

parts seperti *sinks*, *hollow-ware* dan *saucepans*. Grade 304 sudah banyak aplikasinya di bidang industrial architectural, dan transportation. Grade 304 memiliki karakteristik las yang bagus. *Post-weld annealing* tidak dibutuhkan ketika *welding section* yang tipis. Grade 304L, versi *low carbon* dari 304, tidak membutuhkan *post-weld annealing* dan dipakai secara luas dalam *heavy gauge components* (lebih dari 6mm). Grade 304H dengan kadar carbon yang tinggi diaplikasikan pada temperatur yang tinggi. *Austenitic structure* juga memberikan grade ini ketangguhan yang bagus, meskipun pada *cryogenic temperature*. Untuk Spesifikasi, komposisi kimia, dan sifat mekanik dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. 4 Tabel Spesifikasi Stainless Steel 304

<b>Stainless Steel 304</b>	<b>Keterangan</b>
Specifications	ASTM A240 Grade 304
Standard	AISI, JIS, ASTM, DIN
Thickness	0,40 mm to 6 mm
Cutting Method	Plasma Cut, Laser Cut, Waterjet Cut, SAW Cut
Length	1000 mm to 6000 mm
Form	Coils, Foils, Rolls, Plain Sheet, Shim Sheet, Perforated Sheet, Chequered Plate, Strip, Flats, Blank (Circle), Ring (Flange)
Finish	- Cold Rolles (2D, 2B, 2R) - Heat Treated (2D,2B) - Satin Polish (1K / 2K)
Hardness Grade	Soft, Hard, Half Hard, Quarter Hard, Spring Hard, etc ASTM A240 Grade 304

Tabel 2. 5 Mechanical Physical properties

Grade	Tensile Strength (MPa) Min	Yield Strenght 0,2% Proof (MPa) Min	Elongation (% in 50mm) mm	Hardness	
				Rockwell (HR) Max	Brinell (HB) Max
304	515	205	40	92	201

Tabel 2. 6 Nilai *Chemical Composition*

Grade		C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	N
304	Min	-	-	-	-	-	18.0	-	8.0	-
	Max	0.08	2.0	2.0	0.75	0.045	0.030	-	10.5	0.10

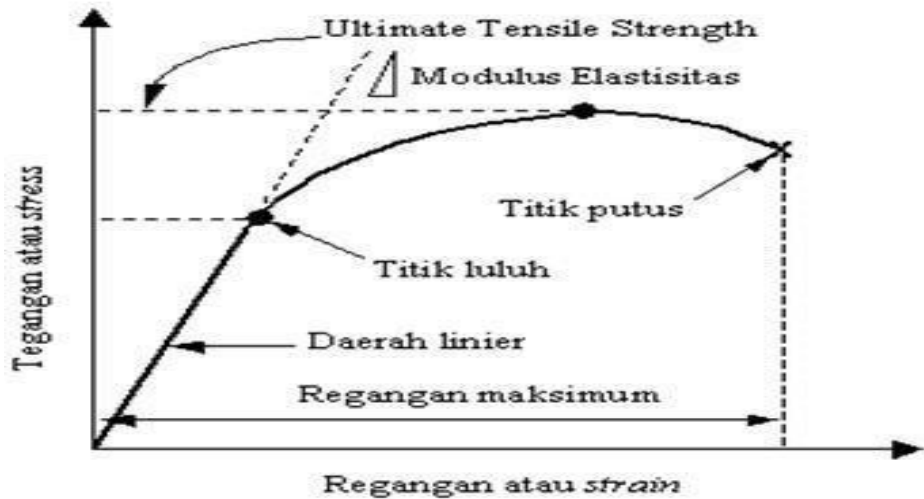
## 2.7 Uji Tarik (*Tensile Test*)

Uji tarik (*tensile test*) adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengukur kekuatan tarik atau daya tahan suatu bahan. Uji ini biasanya dilakukan pada bahan logam atau bahan yang memiliki sifat elastis atau plastis. Proses uji tarik melibatkan penerapan gaya tarik secara perlahan pada spesimen atau sampel uji. Spesimen yang umum digunakan adalah berbentuk silinder atau batang dengan dimensi tertentu. Gaya tarik diterapkan secara berlawanan arah dengan menggunakan mesin uji tarik.

Proses pengujian setiap benda harus sesuai dengan standart yang dibutuhkan, oleh karena itu perlu dilakukan persiapan spesimen sebelum melakukan pengujian. Selama uji tarik, gaya tarik secara bertahap ditingkatkan hingga spesimen mengalami deformasi atau patah. Selama pengujian, gaya tarik dan perubahan panjang spesimen diukur. Dari data ini, beberapa parameter dapat dihitung, seperti kekuatan tarik maksimum, batas elastisitas, perpanjangan maksimum, dan keuletan. Hasil dari uji tarik digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pemilihan bahan dalam rekayasa struktural, pengujian kualitas material, dan perancangan komponen mekanik.

Tujuan dilakukannya pengujian tarik adalah untuk mengetahui kekuatan sambungan pengelasan GTAW terhadap paduan aluminium dengan memberikan beban statis secara kontinu hingga putus. Beban statis yang diberikan ketika

pengujian tarik akan bersamaan dengan pengamatan mengenai perpanjangan pada spesimen uji yang menghasilkan kurva tegangan-regangan.



Gambar 2. 9 Kurva Tegangan-Regangan (ASME Section IX 1995)

Tegangan diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang awal benda uji.

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

$\sigma$  = Tegangan (N/mm<sup>2</sup>)

F = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang awal benda uji (mm<sup>2</sup>)

Regangan (persentase pertambahan panjang) diperoleh dengan membagi perpanjangan benda uji ( $\Delta L$ ) dengan panjang awal benda uji lalu dikalikan 100%.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

$\varepsilon$  = Regangan (%)

$\Delta L$  =  $L - L_0$

$L$  = Panjang akhir (mm)

$L_0$  = Panjang awal (mm)

*Modulus elastisitas (E)* merupakan ukuran kekakuan suatu material pada grafik tegangan-regangan modulus kekakuan tersebut dapat dihitung dari slope kemiringan garis elastic yang linier.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2.3)$$

$E$  = Modulus elastisitas (Gpa)

$\sigma$  = Tegangan maksimum (N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

Dari kurva uji tarik yang diperoleh dari hasil pengujian akan didapatkan beberapa sifat mekanik yang dimiliki oleh benda uji, sifat-sifat tersebut antara lain

1. Kekuatan Tarik
2. Kuat luluh dari material
3. Keuletan dari material
4. Modulus elastisitas dari material
5. Kelentingan dari suatu material
6. Ketangguhan