

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Pada tugas akhir ini, peneliti menggali informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik itu mengenai kekuatan maupun kelemahan yang ada. Selain itu, peneliti juga menggali informasi dari buku dan jurnal untuk memperoleh informasi teoritis yang telah tersedia sebelumnya terkait dengan judul, sehingga diperoleh landasan teori ilmiah.

Wahyudi, 2019, dengan judul “Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Pada Pengelasan SMAW Penyambungan Baja Karbon Rendah Dengan Baja Karbon Sedang Terhadap Tensile Strength”. Berdasarkan temuan tersebut, pengelasan SMAW menggunakan E7016 + E7018 menghasilkan regangan tarik maksimum (7,55%) dan kekuatan tarik (55,60 kgf/mm<sup>2</sup>). Logam las dan zona yang terkena panas melewati serangkaian siklus termal selama pengelasan, di mana keduanya dipanaskan hingga suhu tertentu. Ini adalah siklus pencairan dan pembekuan di dunia termal. Akibatnya, struktur mikro logam akan bergeser, yang menyebabkan perubahan ukuran butir dan struktur mikro yang pada gilirannya akan menyebabkan nilai daya tarik yang bervariasi.

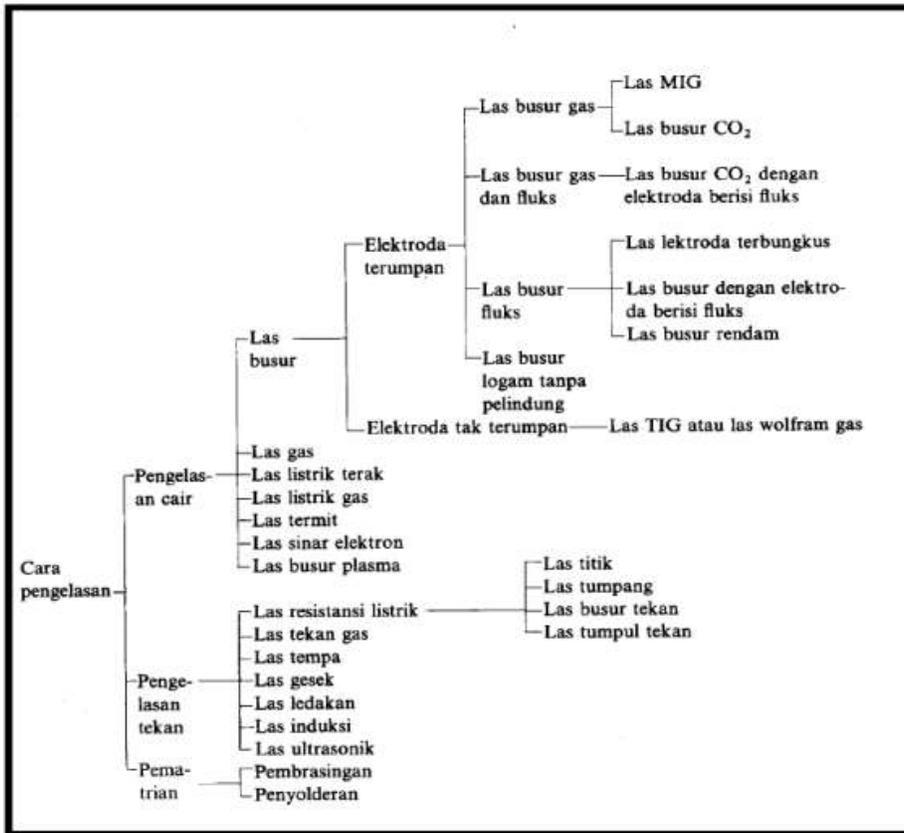
Putra & Wulandari, 2017 dengan judul “Pengaruh Polaritas Pengelasan dan Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW”. Pengelasan pada material ASTM A36 menggunakan polaritas DCEP/DC+ dan DCEN/DC-, dengan E6013 dan E7018 diameter 3,2 mm sebagai bahan tambanya. Spesimen kampuh V dengan sudut bevel 70°. Setelah dilakukan Uji Tarik data yang didapat adalah nilai Tegangan Tarik untuk Raw Material yaitu E7018 DCEN (565.56 MPa), E7018 DCEP (366.67 MPa), E7016 DCEN (522.22 MPa), E7016 DCEP(590 MPa). Diperoleh data bahwa elektroda E7016 polaritas DCEP/DC+ menghasilkan tegangan tarik tertinggi yaitu 590 MPa.

Zulkifli dkk., 2019, dengan judul “Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Mekanik Pada Hasil Pengelasan Metode SMAW Material Baja ST 52”. Pengelasan V-seam digunakan untuk baja ST 52. Setelah pengelasan selesai, benda uji didinginkan dengan cara direndam dalam minyak bekas. 30 menit menyusun mesin dan memutar mesin bubut. Uji tarik ASTM E8 dilakukan. Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian tarik pada benda uji, nilai kuat tarik paling tinggi pada media pendingin oli bekas sebesar 48,3 Kgf/mm<sup>2</sup> dengan nilai elongasi kecil sebesar 6,4%, sedangkan nilai kuat tarik paling rendah pada collant bubut. media pendingin sebesar 45,49 Kgf/mm<sup>2</sup> dengan nilai elongasi besar 9,61%.

#### **2.2 Landasan Teori**

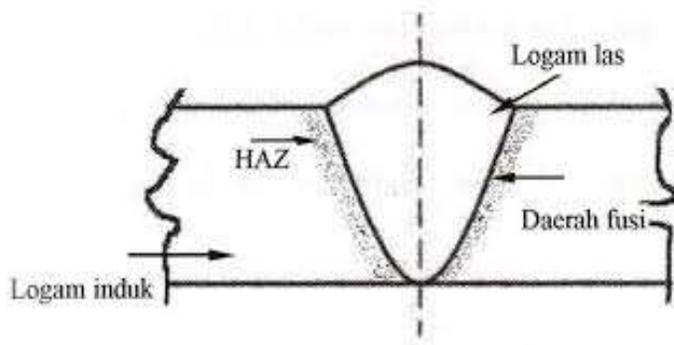
Pengelasan adalah metode penggabungan logam yang melibatkan peleburan bagian logam dasar dan logam pengisi, dengan atau tanpa tekanan, dan kadang-kadang termasuk logam lainnya. Mematri dan menyolder adalah alternatif lain yang sudah mapan untuk pengelasan untuk mengikat bahan yang berbeda. Pengelasan berbeda dari metode penyambungan lainnya karena hanya melelehkan logam pengisi, bukan logam dasar. Sementara itu, titik leleh logam pengisi membedakan Brazing dari Solder. Penyolderan

menggunakan logam pengisi dengan titik leleh di bawah 4500°C, sedangkan proses brazing dapat mencapai suhu hingga 9000°C..(Widharto, 2003)



Gambar 2. 1 Klasifikasi Pengelasan  
 Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

Pada proses pengelasan terdapat tiga daerah seperti terlihat pada Gambar 2.2 :



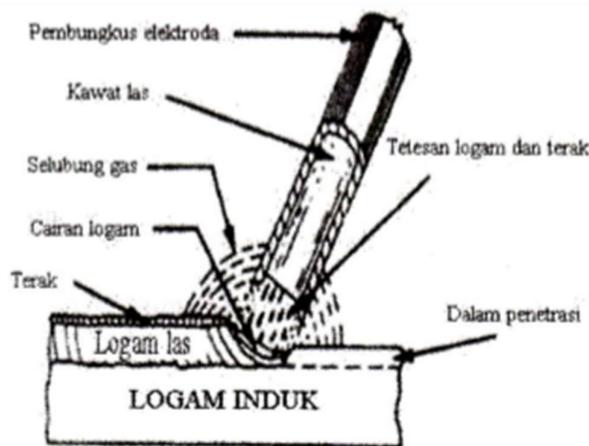
Gambar 2. 2 Daerah Lasan  
 Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

1. Logam induk (base metal), bagian logam yang tidak terpengaruh oleh pemanasan selama pengelasan. Suhu yang dihasilkan selama proses pengelasan tidak mengubah struktur dan sifat base metal. Ini karena suhu di logam dasar belum mencapai suhu kritis
2. Logam las (weld metal), yaitu pengelasan dimana logamnya meleleh kemudian selama proses pengelasan. Deposit las berasal dari logam pengisi (filler metal).
3. HAZ (Heat Affected Zone), adalah daerah dimana logam induk berdekatan dengan siklus pemanasan dan pendinginan yang cepat selama proses pengelasan.
4. Batas las atau daerah fusi (fusion line), adalah garis gabungan antara logam lasa dan zona yang terkena panas. Daerah ini merupakan batas antara bagian cair dan padat dari sambungan las.

### 2.2.1 Jenis Pengelasan Secara Umum

Adapun jenis pengelasan umum yang sering digunakan adalah :

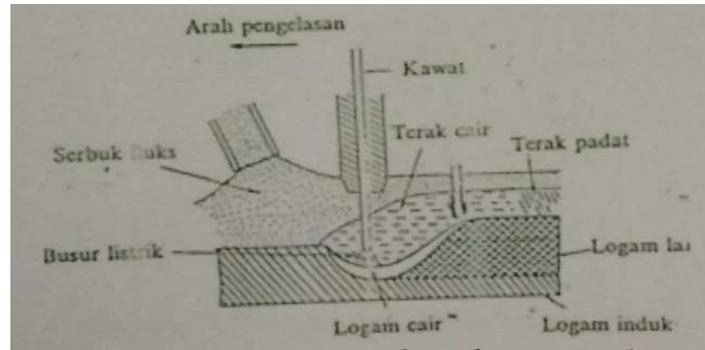
1. Las Busur Listrik Elektroda Terlindung *SMAW (Shielded Metal Arc Welding)*  
Las busur listrik elektroda terlindung atau lebih dikenal dengan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) merupakan pengelasan menggunakan busur nyala listrik sebagai panas pencair logam. Busur listrik terbentuk diantara elektroda terlindung dan logam induk seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. Karena panas dari busur listrik maka logam induk dan ujung elektroda mencair dan membeku bersama. (Wiryosumarto, 2000)



Gambar 2. 3 Las busur listrik elektroda terlindung

Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

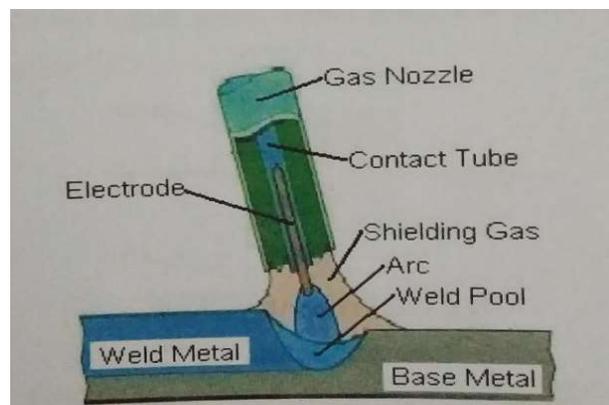
2. Proses Pengelasan Busur Terendam (*Shield Arc Welding*)  
Jenis pengelasan di mana logam cair ditutupi dengan fluks, dan pada pengelasan busur terendam dalam fluks, bahan kawat padat yang ditambahkan berjalan secara konsisten. Baja karbon rendah, dengan persentase karbon sedikit lebih dari 0,05%, sangat ideal untuk pengelasan SAW karena efisiensi metode tersebut. SAW juga dapat digunakan untuk mengelas karbon sedang dan baja paduan, meskipun hal ini membutuhkan langkah tambahan (seperti perlakuan panas dan elektroda lainnya) untuk memastikan keberhasilan pengelasan. Gambar 2.4 menggambarkan prosedur las busur terendam (SAW).



Gambar 2. 4 Proses pengelasan busur terendam  
Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

3. Proses Pengelasan Busur Logam Gas (*Gas Metal Arc Welding*)

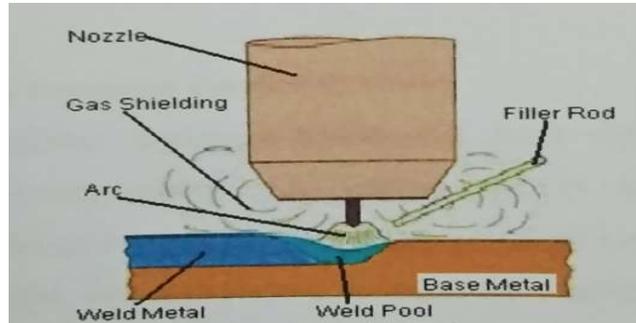
Pengelasan GMAW dalam prosesnya menggunakan wire rod yang dapat diatur kecepatan dan tegangannya. Gas pelindung pada pengelasan GMAW menggunakan CO<sub>2</sub>. Proses pengelasan GMAW yang diperlihatkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Proses pengelasan busur logam gas  
Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

4. Proses Pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*)

Pengelasan GTAW/TIG atau masyarakat umum biasanya menyebut dengan Las Argon merupakan jenis las listrik yang menggunakan elektroda non-consumable yaitu tungsten. Tungsten ini hanya digunakan untuk menghasilkan busur listrik, sedangkan bahan tambahnya dinamakan filler rod. Dalam prosesnya las GTAW ini juga dapat dilakukan tanpa menggunakan bahan tambah. Pengelasan GTAW/TIG menggunakan gas Argon sebagai pelindung untuk mencegah terjadinya oksidasi saat proses pengelasan berlangsung. digunakan gas mulia seperti Argon dan Helium. Proses Las GTAW dapat dilihat pada Gambar 2.6.



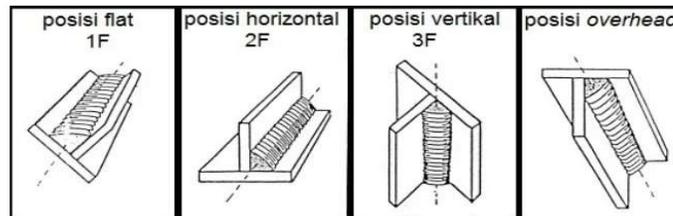
Gambar 2. 6 Proses pengelasan busur tungsten gas  
 Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

### 2.2.2 Posisi Pengelasan G dan F Pada Plat

Posisi sambungan yang akan dilas dikenal sebagai posisi las. Posisi pengelasan ini digunakan ketika bahan logam yang akan dilas terletak di area tertentu.

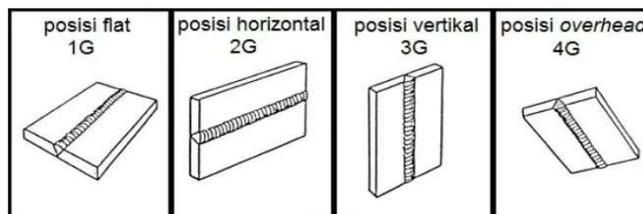
Pada pengelasan (*Fillet*) menggunakan sambungan T (*Tee Joint*) dan pada pengelasan G (*Groove*) menggunakan kampuh V (*Butt Joint*).

1. Jenis sambungan F (*fillet*) pada pelat maka disimbolkan dengan posisi 1F, 2F, 3F, dan 4F.



Gambar 2. 7 Sambungan Fillet  
 Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

2. Jenis sambungan G (*groove*) pada pelat maka disimbolkan dengan 1G, 2G, 3G, dan 4G.



Gambar 2. 8 Sambungan Groove  
 Sumber : (Wiryosumarto, 2000 )

### 2.2.3 Faktor Pengelasan

Dalam melakukan pengelasan ada beberapa parameter yang harus diketahui agar hasil pegelasan menjadi maksimal. Adapun faktor pengelasan atau parameter pengelasan sebagai berikut :

1. Jenis dan Diameter Elektroda  
 Jenis elektroda yang digunakan dalam pengelasan disesuaikan dengan komposisi logam

yang dilas, posisi serta polaritasnya. Selain itu diameter elektroda juga mempengaruhi tinggi rendahnya arus pengelasan yang digunakan.

2. Tegangan Busur Las

Tegangan las didasarkan pada panjang busur, yang pada gilirannya ditentukan oleh ukuran dan jenis elektroda. Tukang las yang ahli berpengalaman dapat menggunakan suara busur untuk memperkirakan panjangnya.

3. Besar Arus Las

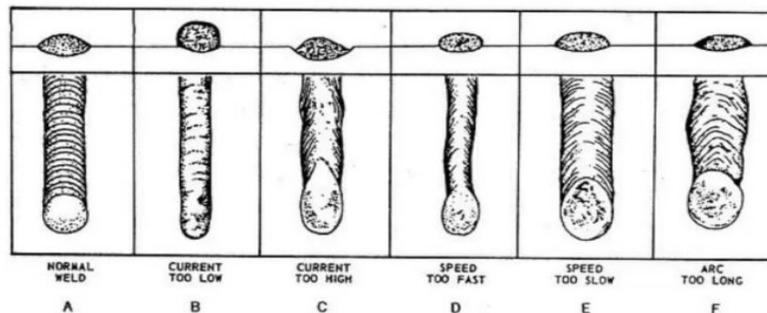
Besarnya arus pengelasan ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain jenis elektroda yang digunakan, lokasi pengelasan, geometri sambungan, bahan elektroda, dan diameter inti elektroda. Lasan yang tidak memadai berasal dari penggunaan arus las yang salah.

4. Polaritas

Pentingnya memilih polaritas mempengaruhi konsentrasi panas yang dihasilkan dan terjadi di elektroda atau benda kerja. Konsentrasi setiap proses pengelasan memiliki hasil dan karakteristik yang berbeda beda. Polaritas pada proses pengelasan yaitu DCEN/DCSP dan DCEP/DCRP. Polaritas DCEN/DCSP benda kerja pada kabel + dan Elektroda pada kabel -, hal ini bertujuan untuk menghasilkan penetrasi yang dalam karena panas lebih besar pada benda kerja, biasanya digunakan untuk proses penembusan. Polaritas DCEP/DCRP benda kerja pada kabel – dan elektroda pada kabel + dengan tujuan menghasilkan penetrasi yang dangkal.

5. Kecepatan Pengelasan

Hasil pengelasan akan berbeda tergantung pada kecepatan pengelasan, oleh karena itu penting untuk memperhitungkan arus. Jika Anda menginginkan profil pengelasan yang baik dan pengelasan yang lurus, Anda perlu mendapatkan arus dan kecepatan yang sinkron. Gambar 2.9 menampilkan efek pengelasan pada beberapa tingkat.



Gambar 2. 9 Parameter Kecepatan Las

Sumber : (Wiryo Sumarto, 2000)

1) Parameter las yang sesuai (A)

Dari gambar A dapat dilihat untuk lebar las rata dan seimbang. Berarti parameter las dari besar arus, tegangan dan kecepatan las sudah sesuai.

2) Arus terlalu rendah (B)

Dari gambar B dapat dilihat rigi – rigi las sangat kecil dan kurang lebar, ketinggian rigi – rigi las terlalu menonjol. Hal ini disebabkan karena proses las menggunakan arus yang rendah.

- 3) Arus las terlalu tinggi (C)  
Dari gambar C dapat dilihat hasil rigi – rigi pengelasan lebar berlebih, sedangkan ketinggian lasannya kurang. Hal ini akibat penggunaan arus yang terlalu tinggi
- 4) Kecepatan las terlalu cepat (D)  
Dari gambar D dapat dilihat hasil rigi – rigi pengelasan lebarnya sangat kecil dan tidak seimbang dengan tebal lasan. Hal ini akibat kecepatan yang berlebih saat mengelas.
- 5) Kecepatan las terlalu rendah (E)  
Dari gambar E dapat dilihat hasil rigi – rigi pengelasan terlalu lebar yang disebabkan karena proses pengelasan terlalu lambat sehingga cairan elektroda menumpuk.
- 6) Busur las terlalu panjang (F)  
Dari gambar F dapat dilihat hasil rigi – rigi pengelasan sangat lebar, hal ini disebabkan karena jarak busur las elektroda dan benda kerja terlalu jauh.

#### 2.2.4 Jenis Elektroda

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (American Welding Society) dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut :

1. E : Menyatakan elektroda busur listrik
2. XX (dua angka): Sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las satuannya Ksi (Kilopound square inch)
3. X (angka ketiga): Menyatakan posisi pengelasan.
4. Angka 1 untuk pengelasan segala posisi. angka 2 untuk pengelasan posisi datar dan horizontal.
5. X (angka keempat): Menyatakan jenis komposisi kimia yang nanti juga berpengaruh terhadap penetrasi, arus dan polaritas.

##### 2.2.4.1 Elektroda E6013

Elektroda las E6013 dapat digunakan dalam posisi pengelasan apa pun dan dengan arus las AC atau DC. Kalium titania berlimpah di lapisan luar kawat elektroda las semacam ini. Kawat ini memiliki kekuatan tarik yang luar biasa sebesar 60.000 psi.

Penunjukan Exxxx menunjuk kawat las SMAW khusus ini (4 digit).

Saat mencari kawat las E6013, misalnya, kodenya memiliki arti:

1. E = Elektroda untuk jenis las SMAW
2. E60xx = Dua digit pertama (angka 60) menunjukkan kekuatan tariknya dalam Ksi (kilopound-square-inch).
3. Angka 60 berarti kekuatannya 60000 psi, Dimana 1 ksi = 1000 psi.
4. Exx1x = Digit ketiga (angka 1) adalah posisi pengelasan.  
kode angka 1 – untuk semua posisi  
kode angka 2 – untuk posisi flat dan horizontal  
kode angka 3 – hanya untuk posisi flat.
5. Exxx3 = Digit keempat (angka 3) menunjukkan:
  - Jenis salutan
  - Penetrasi busur
  - Arus las dan Polaritas

#### **2.2.4.2 Elektroda E7016**

Kawat elektroda las E7016 termasuk jenis kawat las hydrogen rendah yang biasanya digunakan untuk plat dan struktur dengan tugas yang berat. Hasil pengelasan sangat halus, penetrasi yang dalam, tahan retak, ulet, tampilan lasan sangat bagus, kerak mudah dihilangkan, dan busur stabil.

Contoh lain misalnya jenis kawat las E7016, artinya :

- Elektroda.
- Kekuatan tarik 70 ksi = 70000 psi, Dimana 1 ksi = 1000 psi
- Exx1x = Digit ketiga (angka 1) adalah posisi pengelasan.  
kode angka 1 – untuk semua posisi  
kode angka 2 – untuk posisi flat dan horizontal  
kode angka 3 – hanya untuk posisi flat
- Exxx6 = Digit keempat (angka 6) menunjukkan:  
Elektroda las kalium hidrogen rendah (AC atau DC+)

#### **2.2.4.3 Elektroda E7018**

Elektroda las E 7018 digunakan untuk pengelasan konstruksi pada baja karbon rendah hingga sedang karena konsentrasi hidrogennya yang rendah. Elektroda berlapis yang dibuat dengan serbuk besi memenuhi persyaratan pengelasan sinar-X dan memiliki kualitas mekanik yang sangat baik, termasuk keuletan dan ketahanan retak. Meskipun mudah dibersihkan, tingkat penetrasi kawat las yang rendah ini merupakan kelemahan utama. Elektroda E7018 ini cocok untuk digunakan di semua posisi pengelasan dan dengan peralatan las AC dan DC+.

Contoh lain misalnya jenis kawat las E7018, artinya :

- Elektroda.
- Kekuatan tarik 70 ksi = 70000 psi, Dimana 1 ksi = 1000 psi
- Exx1x = Digit ketiga (angka 1) adalah posisi pengelasan.  
kode angka 1 – untuk semua posisi  
kode angka 2 – untuk posisi flat dan horizontal  
kode angka 3 – hanya untuk posisi flat
- Exxx8 = Digit keempat (angka 8) menunjukkan:  
Elektroda las serbuk besi, hidrogen rendah (AC atau DC+)

#### **2.2.5 Media Pendingin**

Dalam penelitian ini, kami akan menguji kemandirian penggunaan air, air garam, dan minyak daur ulang sebagai media pendingin.

##### **2.2.5.1 Air**

Penelitian ini mengkaji penggunaan baik air kran maupun air tanah untuk proses pendinginan. Oleh karena itu air mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Memiliki massa jenis yang besar untuk menjadi media pendingin.
2. Tingkat kekentalannya sangat rendah, oleh karna itu mempercepat proses pendinginan.
3. Proses laju pendinginan sangat maksimal.

### 2.2.5.2 Air Garam

Air garam digunakan sebagai media pendingin untuk perlakuan panas untuk mendinginkan baja. Air garam digunakan sebagai pendingin karena karakteristik pendinginannya yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan dalam air garam akan menyebabkan ikatan mengeras. Oleh karena itu air garam mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Proses pendinginan yang sangat cepat.
2. Meningkatkan nilai kekerasan.
3. Tingkat kekentalannya rendah.

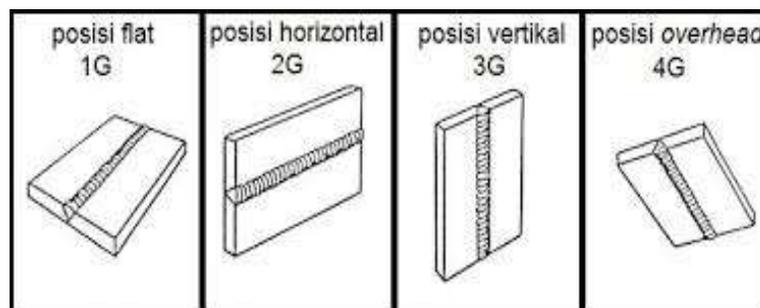
### 2.2.5.3 Oli

Oli memberikan pendinginan yang lambat, dan oli ini umumnya digunakan dalam industri. Dibandingkan dengan media pendingin lainnya, oli memiliki nilai viskositas tertinggi dan densitas rendah, sehingga laju pendinginannya lambat. Oli yang digunakan untuk pendinginan pada penelitian ini adalah oli bekas yang digunakan pada mobil. Oleh karena itu oli mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Meningkatkan selaput karbon untuk kekerasan pengujian tarik.
2. Menjaga perubahan struktur mikro pada specimen.
3. Memiliki massa jenis yang rendah.

### 2.2.6 Posisi Pengelasan

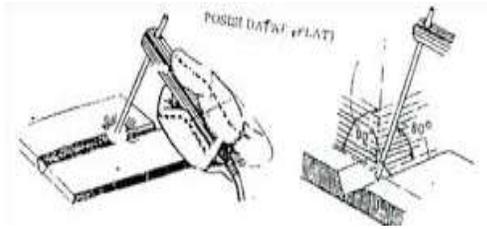
Ada empat posisi berbeda yang dapat digunakan selama proses pengelasan: datar, horizontal, vertikal, dan di atas. Postur pengelasan, juga dikenal sebagai sikap pengelasan, adalah metode dimana posisi dan gerakan elektroda dikendalikan. Seperti dilansir (Wiryosumarto, 2000). Gambar 2.10 menggambarkan posisi pengelasan yang tepat.



Gambar 2. 10 Posisi pengelasan  
Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

#### 2.2.6.1 Posisi Bawah Tangan (1G)

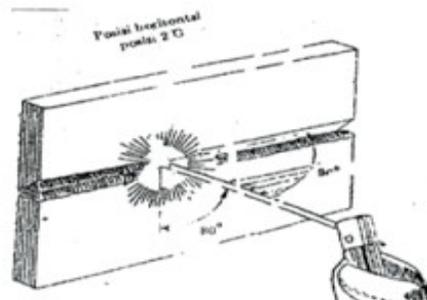
Posisi bawah tangan (posisi 1G) adalah pengelasan yang dilakukan terhadap benda kerja dengan permukaan rata/datar dan dilakukan dibawah tangan. Posisi 1G merupakan posisi yang paling mudah dalam pengelasan. Untuk mendapatkan manik – manik las yang bagus maka sudut elektroda saat pengelasan yaitu  $90^\circ$  terhadap garis garis vertical dan  $70^\circ$ - $80^\circ$  terhadap benda kerja. Posisi pengelasan 1G dapat dilihat pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11.** Posisi bawah tangan (1G)  
 Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

**2.2.6.2 Posisi Horizontal (2G)**

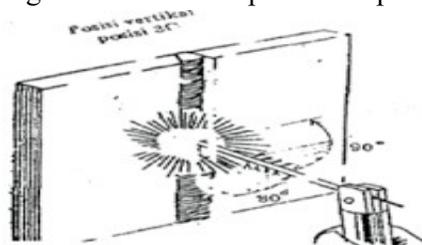
Saat benda kerja dipegang dalam posisi datar horizontal (Posisi 2G), elektroda diorientasikan dalam garis lurus tegak lurus ke tanah. Dalam pengelasan, elektroda miring kira-kira 5-10 derajat dari vertikal dan 70-80 derajat dari benda kerja. Maka dapat mengamati posisi pengelasan horizontal pada Gambar 2.12.



**Gambar 2. 11** Posisi horizontal (2G)  
 Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

**2.2.6.3 Posisi Vertikal (3G)**

Posisi tegak vertical (posisi 3G), Mengelas dengan posisi tegak yang arah pengelasannya dapat keatas atau kebawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paing sulit, oleh karna itu kemiringan elektroda sekitar 10°-15° terhadap garis vertical dan 70°-80° terhadap benda kerja. Posisi pengelasan vertical dapat dilihat pada Gambar 2.13.

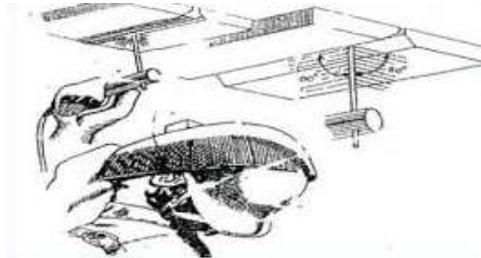


**Gambar 2. 12** Posisi pengelasan (3G)  
 Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

**2.2.6.4 Posisi Atas Kepala (4G)**

Posisi atas kepala (*over head*), Posisi ini juga di sebut posisi 4G dan pengelasan ini sangat sukar dan berbahaya karena bahan cair banyak berjatuhan dan dapat mengenai juru las, hal ini dipengaruhi adanya gaya grafitasi, oleh karna itu diperlakukan perlengkapan yang

serba lengkap untuk mendukung keselamatan kerja dari juru las. Perlengkapan tersebut diantaranya adalah : werpark, apron, kaca mata ,helm las, sarung tangan, sepatu las dan sebagainya. Posisi pengelasan 4G dapat dilihat pada Gambar 2.14.

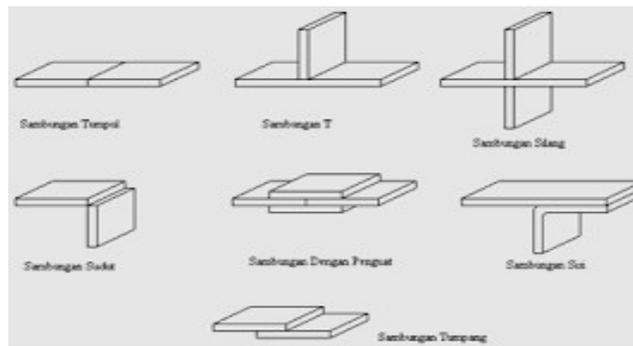


Gambar 2. 13 Posisi pengelasan (4G)

Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

### 2.2.7 Sambungan Pengelasan

Sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang tindih adalah empat jenis sambungan las yang paling umum digunakan dalam konstruksi baja. Sambungan silang, sambungan dengan tulangan, dan sambungan samping semuanya muncul di samping sambungan dasar yang disebutkan di atas. Seperti dilansir (Wiryosumarto, 2000). Gambar 2.15 menggambarkan banyak jenis sambungan las:



Gambar 2. 14 Jenis-jenis sambungan pengelasan

Sumber : (Wiryosumarto, 2000)

#### 1. Sambungan Tumpul (Butt Joint)

Dalam aplikasinya jenis sambungan ini terdapat beberapa jenis kampuh ,yang paling umum digunakan adalah V groove. Sambungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian.

#### 2. Sambungan bentuk T dan bentuk silang ( T Joint)

T joint merupakan tipe sambungan seperti huruf T , sambungan ini banyak diaplikasikan guna pembuatan konstruksi bangunan.

#### 3. Sambungan Sudut (Corner Joint)

Sambungan sudut / corner joint memiliki desain sambungan yang mirip dengan T Joint, yang membedakannya hanya letak dari materialnya. Pada sambungan sudut yang dilas merupakan bagian dari ujung kedua ujung pelat.

4. Sambungan Tumpang (Lap Joint)  
Tipe sambungan las yang sering digunakan untuk pengelasan spot atau seam. Karena posisi materialnya ditumpuk atau disusun sehingga sering digunakan untuk aplikasi pengelasan pada plat-plat yang tipis.
5. Sambungan Sisi (Edge Joint)  
Sambungan yang kedua bendanya terletak sejajar satu sama lain serta salah satu ujung dari kedua pelat tersebut memiliki ketinggian yang sama.

### 2.2.8 Klasifikasi Material

Baja Besi, karbon, dan terkadang mangan, fosfor, belerang, dan tembaga membentuk bahan minor lainnya dari baja karbon. Jika kandungan karbon baja dinaikkan, baja akan menjadi lebih kuat dan keras. Oleh karena itu, baja karbon diklasifikasikan menurut kandungan karbonnya. Seperti dilansir (Wiryosumarto, 2000).

Kekuatan, kekerasan, dan kelenturan baja secara signifikan dipengaruhi oleh konsentrasi karbonnya. Sementara kandungan karbon yang tinggi dalam baja membuatnya lebih keras, material menjadi rapuh dan sulit dibentuk sebagai akibatnya (Wiryosumarto, 2000)

1. Baja Karbon Rendah  
Baja yang diklasifikasikan sebagai karbon rendah memiliki karbon kurang dari 0,3%. Baja ringan dan baja perkakas adalah nama umum untuk baja karbon rendah. Baja canal dingin dengan konsentrasi karbon 0,08% hingga 0,30% adalah jenis baja yang paling populer dan banyak digunakan untuk bodywork otomotif. (Wiryosumarto, 2000)
2. Baja Karbon Sedang  
Jika mengacu pada baja, konsentrasi karbon 0,30 persen hingga 0,60 persen dianggap sebagai karbon sedang. Lebih kuat dari baja karbon rendah dan sangat tahan panas, baja karbon sedang adalah pilihan material yang sangat baik untuk berbagai aplikasi. Selain las busur listrik elektroda terlindung, berbagai teknik pengelasan dapat digunakan untuk menyambung baja karbon sedang. Memanaskan lebih dulu logam sebelum pengelasan dan kemudian menormalkannya setelah pengelasan keduanya diperlukan untuk hasil yang optimal. (Wiryosumarto, 2000)
3. Baja Karbon Tinggi  
Jika dibandingkan dengan baja karbon lainnya, kandungan karbon baja karbon tinggi 0,60 persen hingga 1,70 persen adalah yang paling besar. Karena tingginya konsentrasi karbon dan komponen las baja lainnya pada baja karbon tinggi, pengelasan hanya terjadi di zona yang terpengaruh panas, membuat pengelasan lebih menantang dibandingkan dengan baja karbon rendah dan menengah (HAZ). Baja ini sangat rentan terhadap retak las karena sifatnya yang menyebarkan hidrogen dan mudah mengeras. Mengurangi retak las pada baja karbon tinggi melalui pemanasan awal sebelum pengelasan dan perlakuan panas pasca las. (Wiryosumarto, 2000)  
Berdasarkan klasifikasi material di atas, baja A36 termasuk baja karbon rendah, dengan komposisi kimia Karbon : 0,5%, Mangan : 0,8%, Silikon 0,3% ditambah unsur Fe lainnya. Baja ST 37 mempunyai nilai kekuatan tarik sebesar 37 Kg/mm<sup>2</sup> atau sebesar 370 N/mm<sup>2</sup> (53664 Psi), 1 N/mm<sup>2</sup> = 145,038 Psi.

### 2.2.9 Pengujian Tarik

Pengujian untuk mengetahui kekuatan yang terjadi pada sambungan logam Pengujian destruktif dan non-destruktif dapat digunakan untuk mengevaluasi kekuatan sambungan logam yang dilas. Uji tarik standar adalah salah satu contoh uji mekanis yang dapat dilakukan secara destruktif untuk mengukur kekuatan sambungan logam yang dilas. Faktor-faktor seperti komposisi logam induk, area HAZ, komposisi logam las, geometri dan distribusi tegangan, dan kualitas logam las semuanya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik sambungan las. (Wiryosumarto, 2000)

Batang tarik diperlukan untuk melakukan uji tarik. Benda uji digunakan untuk membuat batang tarik dengan spesifikasi standar. Saat mencoba mencari tahu kualitas mekanis seperti apa yang dimiliki suatu material, uji tarik hanyalah salah satu dari beberapa opsi. Untuk melakukan uji tarik, seseorang hanya perlu mengamankan setiap ujung benda uji ke rangka beban yang dirancang khusus. Mesin uji tarik (Universal Testing Machine) menerapkan gaya tarik yang terkontrol ke spesimen uji tarik, merentangkannya hingga retak.

Karakteristik tarik suatu bahan dapat ditentukan dengan memberikan serangkaian beban yang semakin berat dalam percobaan sampai bahan tersebut pecah. (Wiryosumarto, 2000)

Tegangan :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (Kg/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$\sigma$  = *Engineering Stress/Tegangan* (Mpa)

F = Beban (Kg)

$A_0$  = Luas mula dari penampang batang uji (mm<sup>2</sup>)

Regangan :

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

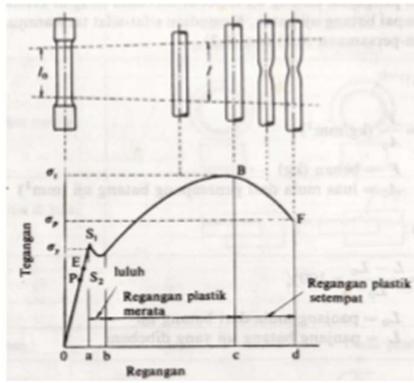
Dimana :

$\epsilon$  = *Engineering Strain/Regangan* (%)

$L_0$  = Panjang mula dari batang uji (mm)

L = Panjang batang uji yang dibebani (mm)

Stres dan regangan secara grafis ditunjukkan pada Gambar 2.15. Dimana hukum Hooke masih berlaku, ditunjukkan oleh titik P, adalah limit proporsional; di mana batang uji tidak akan memanjang secara permanen jika beban dikurangi menjadi nol lagi, dilambangkan dengan titik E, adalah batas elastis. Dalam kebanyakan kasus, batas elastis, atau titik E, ditentukan oleh perpanjangan tetap dari 0,005% menjadi 0,01%, membuat penentuannya tidak tepat. Titik hasil yang lebih tinggi dilambangkan dengan S1, dan titik hasil yang lebih rendah dengan S2. Ketika batas luluh tidak digambarkan dengan jelas pada diagram tegangan-regangan, seperti halnya logam tertentu, tegangan pada regangan 0,2 persen digunakan untuk menghitung tegangan luluh. Seperti dilansir (Wiryosumarto, 2000). Gambar 2.15 menampilkan kurva tegangan dan regangan.



Gambar 2. 15 Kurva Tegangan dan Regangan  
 Sumber : (Wiryo Sumarto, 2000)