

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Akhir-akhir ini perkembangan teknologi di sektor konstruksi saat ini sangat meningkat, khususnya di bidang konstruksi yang melibatkan logam. Untuk menghasilkan konstruksi yang berkualitas maka diperlukan suatu teknologi untuk menggabungkan logam yaitu menggunakan teknologi pengelasan. Selain untuk menyambung, las juga digunakan untuk menambal lubang maupun menambah tebal permukaan jenis. Sambungan beda jenis merupakan metode penyambungan yang dilakukan pada dua jenis material logam yang berbeda. Pengelasan logam berbeda (dissimilar metal welding) adalah teknologi las yang dikembangkan akibat dari kebutuhan akan penyambungan logam yang memiliki jenis yang berbeda. Untuk menyesuaikan dan memenuhi kebutuhan teknologi, pengelasan beda jenis banyak dipakai diberbagai bidang industri, misalnya industri pembangkit listrik, industri transportasi, konstruksi sipil, dan lain-lain . logam yang memiliki ciri perbedaan fisik, mekanik, thermal dan metalurgi sehingga memiliki karakter sambungan berbeda. Pengontrolan struktur mikro maupun sifat mekanik pada daerah las umumnya pada saat terjadi root pass lebih penting karena mengakibatkan fasa campuran ferit, dan martensit terbentuk (Winardi et al., 2020) .

Pengelasan logam berbeda adalah suatu proses pengelasan yang dilakukan pada dua jenis logam atau paduan logam yang berbeda. Pengelasan logam berbeda (dissimilar metal welding) merupakan perkembangan dari teknologi las modern akibat dari kebutuhan akan penyambungan material-material yang memiliki jenis logam yang berbeda. Pemilihan elektroda dan penggunaan jenis kampuh yang tepat

serta pemilihan jenis sambungan menurut standar pengelasan sangat dibutuhkan untuk mendapatkan hasil pengelasan yang sempurna. Metalurgi pengelasan baja JIS G 3131 SPHC disambung dengan baja AISI 1045 . Teknik Pengelasan digunakan secara intensif pada berbagai industri manufaktur, seperti: otomotif, truck yaitu dibagian chassis truck karena pada chassis truck sering menahan beban mengakibatkan mudah aus dan patah dan juga mengalami korosi mengakibatkan mudah keropos. Dengan kualitas las dimulai dari perencanaan las, persiapan pengelasan, dan prosedur saat pengelasan. Perencanaan las salah satunya adalah pengaturan variasi jenis kampuh (Aji, 2019).

Pengertian SMAW (Shield Metal Arc Welding) adalah las busur listrik nyala terlindung adalah pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas cair logam. Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pencairan yang timbul antaraujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu busur las. Elektroda yang digunakan berupa kawat dibungkus pelindung berupa fluks. Elektroda ini selama pengelasan mengalami pencairan bersamaan dengan logam induk dan membeku bersama menjadi kampuh las.

Proses las SMAW terdiri dari pembungkus elektroda, sumbu kawat, daerah sekitar busur (arc), gas perisai, logam yang di endapkan dan terak (slag) yang telah mengeras. Proses las listrik ini dapat digunakan untuk mengelas semua jenis bangunan logam dari yang tipis sampai yang tebal dengan pengelasan sistem single pass atau multi pass. Untuk las biasa mutu lasan antara harus searah dengan arus bolak-balik tidak jauh berbeda, namun polaritas sangat mempengaruhi mutu pengelasan. Kecepatan pengelasan dan keserbagunaan mesin las arus bolak-balik

dan arus searah hampir sama, namun untuk pengelasan logam tebal, las arus bolak-balik lebih tepat (Fahmi Arifin, 2018).

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

Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan. Untuk itu dibutuhkan suatu cara agar pengelasan bimetal lebih dapat diterima dan pada akhirnya dapat diaplikasikan dengan baik sesuai

dengan yang diinginkan. Salah satu cara yang mungkin dapat dilakukan adalah pengaturan besarnya arus pengelasan yang tepat.

Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Penentuan besar arus dalam pengelasan dalam penelitian ini adalah 80, 90 A, 100 A dan 110 A.

Beberapa penelitian yang terkait dengan penelitian ini diantaranya penelitian yang pernah dilakukan oleh, Winarno di tahun 2018 tentang Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Geser Baja St-40 Dengan Model Sambungan Lapisan 1. Penelitian ini melakukan proses pengelasan dengan variasi arus pengelasan dan bentuk kampuh las terhadap kekuatan geser pada baja ST 40, kemudian dilakukan pengujian dengan alat Uji Tarik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan uji kekuatan geser dengan menggunakan alat uji Tarik dengan variasi arus pengelasan 80 A, 90 A, dan 100 A dengan banyak 5 spesimen per masing-masing arus. Hasil pengujian geser yang telah dilakukan menunjukkan nilai tegangan geser tertinggi adalah 128.4916 N/mm<sup>2</sup> pada variasi arus 80 ampere dispesimen nomor 5. Sedangkan pada variasi arus 90 ampere nilai tegangan geser tertinggi adalah 124.7528 N/mm<sup>2</sup> dispesimen no 5, dan variasi arus 100 ampere nilai tegangan geser tertinggi adalah 120.1484 N/mm<sup>2</sup> dispesimen no 4. semakin besar (I) arus yang digunakan maka besar pula (Q) masukan panas yang ditimbulkan Karena panas yang semakin tinggi membuat elektroda mencair sempurna semakin matang pula hasil pengelasan itu dan semakin kuat hasil las serta semakin besar ( $\tau$ ) tegangan geser yang terjadi dengan kata lain semakin besar arus

pengelasan maka kekuatan geser yang terjadi semakin besar pula (Winarno et al., 2018).

Penelitian terkait lainnya oleh Hamdani pada tahun 2019 tentang, Pengaruh Masukan Panas Proses Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Baja Aisi 1045. Pada penelitian ini, 9 buah spesimen pelat baja AISI 1045 dilas menggunakan SMAW dengan arus 80 A, 90 A, 100 A dan tegangan 20 V, 25 V, 28 V, sedangkan kecepatan pengelasan konstan sebesar 2 mm/dtk. Kemudian hasil pengelasan dipreparasi sehingga membentuk spesimen uji tarik standar JIS Z 2201 No 14A. Kemudian dilakukan pengujian tarik untuk mengamati distribusi tegangan dan kekuatan tarik pada spesimen uji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa masukan panas pengelasan mempengaruhi sifat mekanik baja AISI 1045. Masukan panas yang besar menghasilkan kekuatan tarik yang rendah. Parameter masukan panas dengan arus 80 A, tegangan 20 V menghasilkan kekuatan tarik sebesar 415 MPa. Semua spesimen yang diuji tidak putus pada daerah lasan, ini menandakan bahwa sambungan las dengan elektroda yang digunakan dan parameter pengelasan yang diberikan menghasilkan kekuatan sambungan yang baik (Hamdani, 2019).

Penelitian terkait lainnya oleh Wunardu, dkk ditahun 2020 tentang Pengaruh Elektroda Pengelasan Pada Baja AISI 1045 Dan SS 202 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Tarik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda pada baja AISI 1045 dan SS202 terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis E 6013 dan E 7018. Metode pengelasan menggunakan las SMAW. Struktur mikro dikarakterisasi menggunakan mikroskop optik. Kekuatan mekanik diuji menggunakan mesin uji tarik. Hasil pengamatan struktur mikro pada masing-

masing spesimen menunjukkan adanya perbedaan susunan. Struktur mikro didominasi oleh ferit dan perlit. Dengan menggunakan elektroda E7018, menghasilkan perlit yang lebih halus. Berdasarkan uji tarik, terdapat perbedaan yang signifikan. Pada spesimen E 6013 memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 275,7 kN/mm<sup>2</sup>, sedangkan E 7018 memiliki kekuatan rata-rata sebesar 419,5 kN/mm<sup>2</sup>. Sehingga bisa disimpulkan, jenis elektroda mempengaruhi kekuatan tarik pengelasan baja AISI 1045 dan SS202 (Winardi et al., 2020).

Dari permasalahan diatas maka penulis akan membahas lebih dalam tentang **“ Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Pada Baja AISI 1045 Terhadap Kekuatan Uji Tarik Dengan Menggunakan Elektroda HV-600”**.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Adapun beberapa perumusan masalah yang akan di bahas pada penelitian ini diantaranya :

1. Bagaimana pengaruh variasi arus terhadap kekuatan uji Tarik dengan pada pengelasan baja AISI 1045 dengan elektroda HV-600.
2. Bagaimana pengaruh variasi arus dan bentuk kampuh U pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan impact sambungan butt joint pada besi AISI 1045?
3. Bagaimana kondisi optimal pengaruh variasi arus dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan impact sambungan butt joint pada baja AISI 1045?

## **1.3 Batas Masalah**

Adapun Batasan permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Jenis material yang digunakan adalah baja AISI 1045.
2. Elektroda yang digunakan adalah berjenis HV-600 diameter elektroda 3,2 mm, standar ASTM (*American Society for Testing Material*) yang didasarkan pada standar asosiasi las Amerika Serikat AWS (*American Welding Society*).
3. Variasi arus yang digunakan 80A, 90A, 100A dan 110 A.
4. Pengelasan dilakukan di laboratorium PTKI Medan.
5. Pengelasan dilakukan berdasar WPS (*Welding Procedure Specification*) dan WQR (*Welding Procedure Qualification*).

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh variasi arus dan bentuk kampuh V pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan impact sambungan butt joint pada plat baja AISI 1045.
2. Mengetahui pengaruh variasi arus dan bentuk kampuh U pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan impact sambungan butt joint pada plat baja AISI 1045
3. Menganalisa kualitas sambungan pada kombinasi baja AISI 1045 dengan elektroda HV-600.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi tentang pengaruh variasi arus dan bentuk kampuh terhadap SMAW, memberikan masukan sebagai bahan pertimbangan penentuan arus pengelasan

yang baik dan juga penentuan kampuh las yang cocok untuk diterapkan pada pengelasan SMAW ditinjau dari hasil pengujian impact serta memberikan informasi mengenai katangguhan material apabila terkena beban yang disebabkan oleh benturan secara tiba-tiba.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding)**

Las SMAW adalah las busur listrik dengan menggunakan elektroda berselaput fluks. Fungsi fluks pada pengelasan ini adalah membentuk slag diatas hasil lasan yang berfungsi sebagai pelindung hasil lasan dari udara selama proses las berlangsung. Proses pengelasan ini memanfaatkan busur listrik yang terjadi antara elektroda dengan benda kerja. Mula- mula elektroda bersinggungan dengan logam yang dilas sehingga terjadi aliran arus listrik, kemudian elektroda diangkat sedikit sehingga timbullah busur. Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa fluks.

Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kampuh las. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar. Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan (Andi Pramono, 2019).

Proses pengelasan (welding) merupakan salah satu proses penyambungan material (material joining). Adapun untuk definisi dari proses pengelasan yang

mengacu pada AWS (American Welding Society), proses pengelasan adalah proses penyambungan antara metal atau non-metal yang menghasilkan satu bagian yang menyatu, dengan memanaskan material yang akan disambung sampai pada suhu pengelasan tertentu, dengan atau tanpa penekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi. Meskipun dalam metode proses pengelasan tidak hanya berupa proses penyambungan, tetapi juga bisa berupa proses pemotongan dan brazing. Las listrik merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dan elektroda sebagai bahan tambahannya. Pengelasan dengan las listrik menggunakan pesawat las listrik (SMAW = Shielded Metal Arc Welding) banyak di gunakan, karena proses pengelasan dengan cara demikian disamping menghasilkan sambungan yang kuat juga mudah untuk digunakan.

Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau Direct Current (DC), mesin las arus bolak – balik atau Alternating Current (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Untuk elektroda jenis E7018 arus yang digunakan berkisar antara 70 – 110 Ampere. Dengan interval arus tersebut, pengelasan yang dihasilkan akan berbeda-beda.

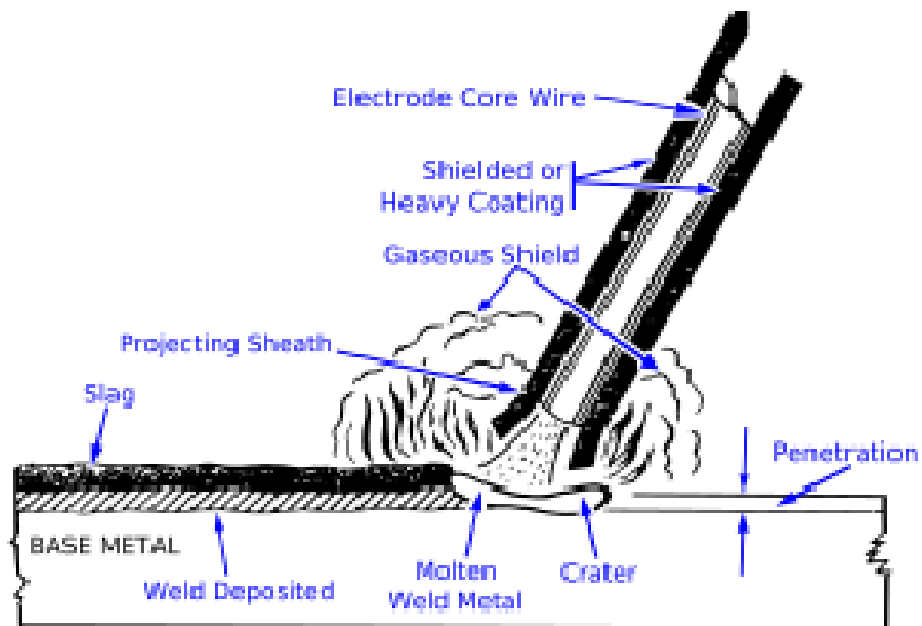
Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya. Faktor yang mempengaruhi proses pengelasan adalah prosedur pengelasan itu sendiri yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las dan sambungan yang sesuai

rencana dan spesifikasi, dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut, sedangkan faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan meliputi : pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan kuat arus, pemilihan elektroda, dan pemilihan jarak pengelasan serta penggunaan jenis kampuh las (Wiryo Sumarto, 2000).

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa fluks. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kampuh las. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

Pada prakteknya bila arus yang digunakan terlalu rendah, akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik dan busur yang terjadi akan tidak stabil, hal ini disebabkan panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasarnya sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam, sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan

proses pengelasan SMAW dapat dilihat seperti pada gambar 2.1. dibawah ini .(Andi Pramono, 2014)

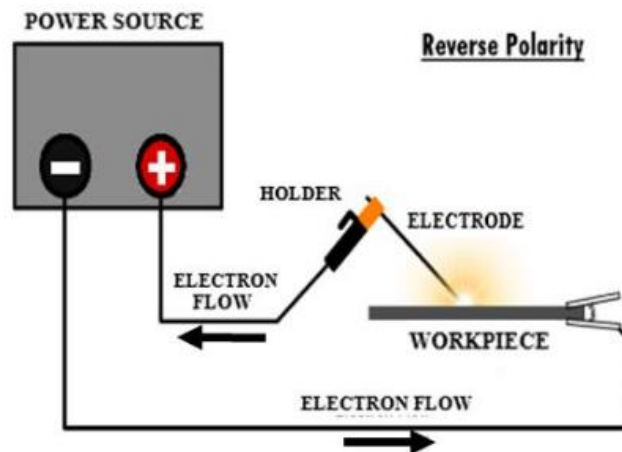


**Gambar 2.1 Proses Pengelasan SMAW  
(Andi Pramono, 2019)**

## 2.2 Jenis Polarity Pengelasan SMAW

### 1. Polarity DCEP (Reversed Polarity)

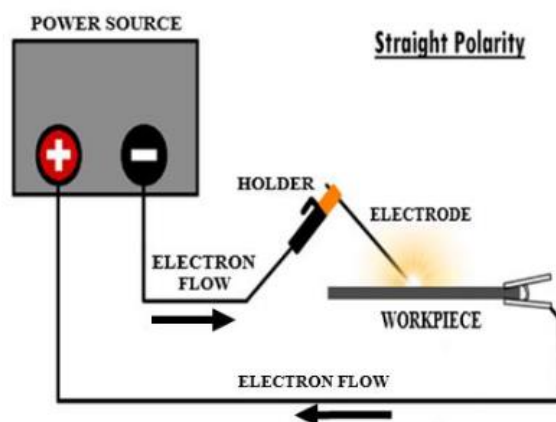
Cara kerjanya material dasar disambungkan dengan kutub negatif (-) dan elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif (+) dari mesin las DC, sehingga busur listrik bergerak dari material dasar ke elektrode dan berakibat  $\frac{2}{3}$  panas berada di elektroda dan  $\frac{1}{3}$  panas berada di material dasar. Cara ini akan menghasilkan pencairan elektrode lebih banyak sehingga hasil las mempunyai penetrasi dangkal seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2 Polarity DCEP (Reversed Polarity)**

2. Polarity DCEN (Straight Polarity)

Prinsip dasarnya material dasar atau material yang akan dilas dihubungkan dengan kutub positif (+) dari Travo, dan elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif (-) pada travo las DC. Dengan cara ini busur listrik bergerak dari elektrode ke material dasar, yang berakibat  $\frac{2}{3}$  panas berada di material dasar dan  $\frac{1}{3}$  panas berada di elektroda. Cara ini akan menghasilkan pencairan material dasar lebih banyak dibanding elektrodanya sehingga hasil las mempunyai penetrasi yang dalam, polarity ini umumnya dipakai untuk pengelasan GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.3. dibawah ini :



**Gambar 2.3 Polarity DCEN (Straight Polarity)**

Pengelasan SMAW tenaga listrik yang di peroleh dari mesin menurut jenis arus yang dikeluarkan terbagi menjadi 3 jenis mesin yaitu :

1. Mesin dengan arus bolak balik (AC)
2. Mesin dengan arus searah (DC)
3. Mesin dengan kombinasi arus searah (DC) dan arus bolak balik (AC)

Pada mesin arus (DC) dilengkapi dengan komponen yang merubah sifat arus bolak balik (AC) menjadi arus searah yaitu dengan generator listrik. Karakteristik elektrik efisiensinya 80-85%. Pada mesin kombinasi antara AC dan DC dilengkapi dengan transformator dan rectifier, dimana rectifier ini mempunyai fungsi untuk meratakan arus.

Pada proses pengelasan smaw arus AC (Alternating Current), voltage drop tidak di pengaruhi panjang kabel, kurang cocok untuk arus yang lemah, tidak semua jenis elektroda dapat dipakai. Secara teknik arc starting lebih sulit terutama untuk diameter elektrode kecil. Arus ini menghasilkan pengelasan yang kasar, sehingga kurang cocok di pakai. Biasanya banyak di pakai pada saat di lapangan.

edangkan pada proses pengelasan smaw arus DC (Direct Current), voltage drop sensitif terhadap panjang kabel sependek mungkin, dapat dipakai untuk arus kecil dengan diameter electroda kecil, semua jenis elektrode dapat dipakai, arc starting lebih mudah terutama untuk arus kecil, Mayoritas industri fabrikasi menggunakan polarity DC khususnya untuk pengelasan Carbos steel. Besarnya aliran listrik yang keluar dari mesin las disebut dengan arus pengelasan. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang di gunakan dalam pengelasan. Untuk elektroda standart American Welding

Society (AWS), dengan contoh AWS E6013 untuk arus pengelasan yang digunakan sesuai dengan diameter kawat las yang dipakai dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Hubungan Diameter Elektroda Dengan Arus Pengelasan**

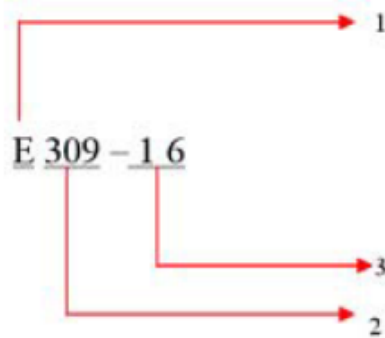
Diameter Kawat Las (mm)	Arus Las (Ampere)
1,6	20 – 45
2	50 – 75
2,5	70 – 95
3,2	95 – 130
4	135 - 180

### 2.3 Kawat Las (Elektrode)

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

#### 2.3.1 Klasifikasi Elektroda

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dinyatakan dengan tanda E xxxx yang memiliki arti. Sebagai contoh misalnya E309-16 dengan arti sebagai berikut :

**Keterangan :**

- 1 = Huruf pada kode diidentifikasi sebagai bahan las pada proses pengelasan, yaitu huruf E berarti elektroda.
- 2 = Komposisi kimia logam inti elektroda, dalam hal ini termasuk ke dalam kelompok elektroda tahan karat Austenitik.
- 3 = Menunjukkan zat lapis pelindung (fluks) yang terbuat dari hidrogen rendah (low hydrogen), dengan polaritas arus yang digunakan AC/DCRP seperti terlihat pada tabel 3 berikut.

Elektroda stainless steel E 309-16 merupakan jenis elektroda yang memiliki jenis fluks dengan hidrogen yang rendah, oleh karena itu pada penggunaannya elektroda ini harus dipanaskan pada temperatur 200o C hingga 300o C selama dua jam dan temperatur elektroda pada wal pengelasan harus dipertahankan pada temperatur  $\pm 80o$  C. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar elektroda pada saat pemakaiannya dalam keadaan kering. Pemanasan pada elektroda ini disesuaikan dengan ketentuan yang terdapat pada ASME Section II yang dimaksudkan untuk menghindari kelembaban pada fluk dari elektroda. Kelembaban pada elektroda sangat mempengaruhi hasil lasan atau pelapisan karena akan terdapat porositas atau cacat las.

**Tabel 2.2 Kode Zat Pelindung (fluks) Dan Polaritas Arus Elektroda.**

Coating	CURRENT
14 - Iron powder, titania	AC/DCSP
15 - Low hydrogen potasium	DCRP
16 - Low hydrogen sodium	AC/DCRP
18 - Low hydrogen potasium , iron powder	AC/DCRP
24 - Iron powder, titania	AC/DCSP



Komposisi kimia yang terdapat pada elektroda stainless steel dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2.3. Komposisi Kimia Yang Terdapat Pada Elektroda (AWS A 5.4)**

% Alloy	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	S	P	Cu
E 309-16	0,06	23	13	0,09	0,8	0,51	0,01	0,02	0,12

Sifat mekanik pada elektroda dapat dilihat dari tabel 4 dibawah ini.

**Tabel 2.4. Sifat Mekanik Elektroda (AWS .A 5.4)**

Jenis Electroda	Yield Strength (Mpa)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation (%)	Ferrite Number (%)
E 309-16	434-469	586-613	35-48	8-10

### 2.3.2 Elektroda

Elektroda terbungkus pada umumnya digunakan dalam pelaksanaan pengelasan tangan. Di negara-negara industri, elektroda las terbungkus sudah banyak yang di standarkan berdasarkan penggunaannya. Standarisasi elektroda dalam AWS (*American Welding Society*) didasarkan pada jenis fluks, posisi pengelasan dan arus las dan dinyatakan dengan tanda EXXXX, yang artinya sebagai berikut (Dinov, 2021):

E : Menyatakan elektroda las busur listrik

XX : Dua angka sesudah E menyatakan kekuatan tarik (ksi)

X : Angka ketiga menyatakan posisi pengelasan, yaitu:

Angka 1 untuk pengelasan segala posisi ?

Angka 2 untuk pengelasan posisi datar dan dibawah tangan ?

Angka 3 untuk pengelasan posisi dibawah tangan

Z : Angka keempat menyatakan jenis selaput dan arus yang cocok Dipakai untuk pengelasan.

Sebagai contoh adalah elektroda yang digunakan dalam studi eksperimen ini, yaitu elektroda HV-600.

#### 2.4. Uji Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw materials. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan (Andi Pramono, 2019).

$$\sigma_u = \frac{Fu}{A_0} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$\sigma_u$  = Tegangan Nominal (kg/mm<sup>2</sup>)

$F_u$  = Beban Maksimal (KG)

$A_o$  = Luas Penampang mula dari penampang batang (mm<sup>2</sup>)

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur ( $\Delta L$ ) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$\varepsilon = \frac{L-L_o}{L_o} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan (%)

$L$  = Panjang akhir (mm)

$L_o$  = Panjang awal (mm)

Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban. Persentase pengecilan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut (Andi Pramono, 2019):

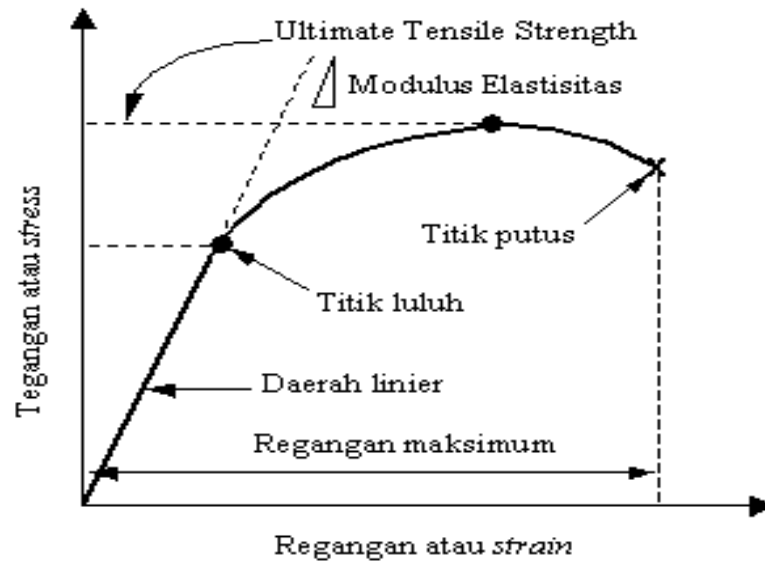
$$q = \frac{A_o-A_1}{A_o} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

$q$  = Reduksi penampang (%)

$A_o$  = Luas penampang mula (mm<sup>2</sup>)

$A_1$  = Luas penampang akhir (mm<sup>2</sup>)



**Gambar 2.4 Kurva Tegangan**

Uji tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (grip) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (highly stiff) Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil).

Salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur adalah kekuatan tarik. Kekuatan tarik suatu bahan di dapat dari hasil uji tarik tensile test yang dilaksanakan berdasarkan standar pengujian yang telah baku seperti ASTM E8/E8M – 13a dapat dilihat pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5 Spesimen Uji Tarik (ASTM E8/E8M – 13a)**

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai 12 perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan. Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

$\sigma_u$  = Tegangan nominal (kg/mm<sup>2</sup> )

$F_u$  = Beban maksimal (kg)

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

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur ( $\Delta L$ ) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% = \frac{L - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Dimana:  $\epsilon$  = Regangan (%)

L = Panjang akhir

Lo = Panjang awal (mm)

Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban. Persentase pengecilan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

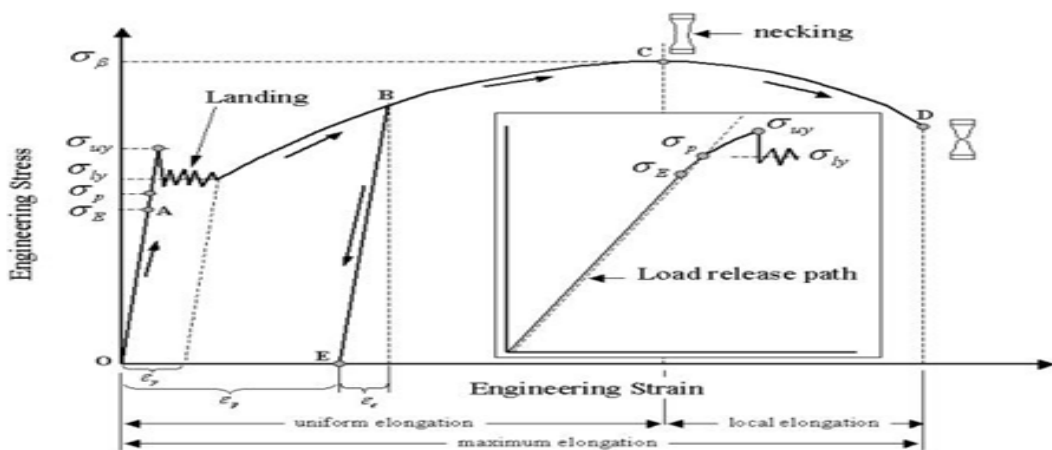
$$q = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

q = Reduksi penampang (%)

Ao = Luas penampang mula (mm<sup>2</sup>)

A1 = Luas penampang akhir (mm<sup>2</sup>)



**Gambar 2.6 Batas Elastis Dan Tegangan Luluh**

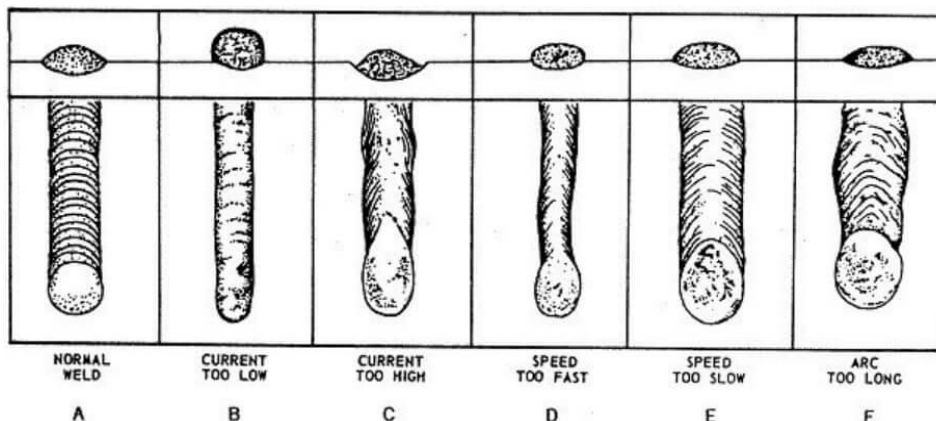
**2.5 Besar Arus Listrik**

Besarnya arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda, tebal bahan yang dilas, jenis elektroda yang digunakan, geometri

sambungan, diameter inti elektroda, posisi pengelasan. Daerah las mempunyai kapasitas panas tinggi maka diperlukan arus yang tinggi. Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus las makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butirran percikan kecil, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5

**Tabel 2.5 Hubungan Diameter Elektroda Dan Arus Pengelasan**

Diameter Kawat Las (mm)	Arus Las (Ampere)
1.6	25-45
2.4	60-90
3.25	91-130
4.0	135-180
5.0	155-240



**Gambar 2.7 Pengaruh Arus Listrik Dan Kecepatan Pengelasan**

### 2.5.1 Struktur Mikro Daerah Las-Lasan

Daerah las-lasan terdiri dari tiga bagian yaitu: daerah logam las, daerah pengaruh panas atau heat affected zone disingkat menjadi HAZ dan logam induk yang tak terpengaruhi panas.

Daerah logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Komposisi las terdiri dari komponen logam induk dan bahan tambahan dari elektroda. Karena logam las dalam proses pengelasan ini mencair kemudian membeku, maka kemungkinan besar terjadi pemisahan komponen yang menyebabkan terjadinya struktur yang tidak homogen, ketidak homogenannya struktur akan menimbulkan struktur ferit kasar dan bainit atas yang menurunkan ketangguhan logam las. Pada daerah ini struktur mikro yang terjadi adalah struktur cor. Struktur mikro di logam las dicirikan dengan adanya struktur berbutir panjang (columnar grains). Struktur ini berawal dari logam induk dan tumbuh ke arah tengah daerah logam las.

Pada garis lebur ini sebagian dari logam dasar ikut mencair selama proses pembekuan logam las tumbuh pada butir-butir logam induk dengan sumbu kristal yang sama. Penambahan unsur paduan pada logam las menyebabkan struktur mikro cenderung berbentuk bainit dengan sedikit ferit batas butir, kedua macam struktur mikro tersebut juga dapat berbentuk, jika ukuran butir austenitnya besar. Waktu pendinginan yang lama akan meningkatkan ukuran batas butir ferit, selain itu waktu pendinginan yang lama akan menyebabkan terbentuk ferit widmanstätten. Struktur mikro logam las biasanya kombinasi dari struktur mikro dibawah ini:

- a. Batas butir ferit, terbentuk pertama kali pada transformasi austenite-ferit biasanya terbentuk sepanjang batas austenite pada suhu 100 – 650°C.



- b. Ferit *widmanstatten* atau *ferrite with aligned second phase*, struktur mikro ini terbentuk pada suhu 750-650°C di sepanjang batas butir austenite, ukurannya besar dan pertumbuhannya cepat sehingga memenuhi permukaan butirnya.
- c. Ferit *acicular*, berbentuk *intragranular* dengan ukuran yang kecil dan mempunyai orientasi arah yang acak. Biasanya ferit *acicular* ini terbentuk sekitar suhu 650°C dan mempunyai ketangguhan paling tinggi di bandingkan struktur mikro yang lain.
- d. Bainit, merupakan ferit yang tumbuh dari batas butir austenite dan terbentuk pada suhu 400-500°C. Bainit mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan ferit, tetapi lebih rendah dibanding martensit.
- e. Martensit akan terbentuk, jika proses pengelasan dengan pendingin sangat cepat, struktur ini mempunyai sifat sangat keras dan getas sehingga ketangguhan rendah.

1. Daerah pengaruh panas atau heat affected zona (HAZ)

Daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las. Secara visual daerah yang dekat dengan garis lebur las maka susunan struktur logam nya semakin kasar. Pada daerah HAZ terdapat tiga titik yang berbeda, titik 1 dan 2 menunjukkan temperature pemanasan mencapai daerah berfasa austenite dan ini disebut dengan transformasi menyeluruh yang artinya struktur mikro Stainlas Stell mula-mula ferit+ferlit kemudian bertransformasi menjadi austenite 100%.

Titik 3 menunjukkan temperature pemanasan, daerah itu mencapai daerah berfasa ferit dan austenite dan ini yang disebut transformasi sebagai yang artinya srtuktur mikro Stainlas Stell mula-mula ferit+perlit berubah menjadi ferit dan austenite.

## 2. Logam induk

Logam induk adalah bagian logam dasar di mana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Disamping ketika pembagian utama tersebut masih ada satu daerah pengaruh panas yang disebut batas las.

### **2.6 Heat Input**

Dalam pengelasan, untuk mencairkan logam induk dan logam pengisi diperlukan energi yang cukup. Energi yang dihasilkan dalam operasi pengelasan berasal dari bermacam-macam sumber yang tergantung pada proses pengelasannya. Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari parameter arus las, tegangan las, dan kecepatan pengelasan. Parameter ketiga yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi pengelasan karena proses pemanasannya tidak diam ditempat Akan tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu (Dinov, 2021).

Pencairan logam induk dan logam pengisi memerlukan energy yang cukup. Energy yang dihasilkan dalam operasi pengelasan dihasilkan dari bermacam-macam sumber tergantung pada proses pengelasannya. Pada pengelasan busur listrik, sumber energy berasal dari listrik yang di ubah menjadi energy panas.

Energy panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan.

Parameter ketiga yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energy pengelasan karena proses pemanasannya tidak diam akan tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu. Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energy panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. Hubungan antara tiga parameter itu menghasilkan energy pengelasan yang sering disebut heat infut. Persaman dari heat infut hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut (Dinov, 2021):

$$Q = \frac{V \times I}{v} \text{ (kJ/mm) .....(2.7)}$$

Keterangan :

Q = Heat Input (kJ/mm)

V = Voltage (V)

I = Current (A)

v = Travel Speed (mm/Menit)

Dari persamaan itu dapat dijelaskan bebera pengertian antara lain, jika kita menginginkan masukan panas yang tinggi maka parameter yang dapat diukur yaitu arus las dapat di perbesar atau kecepatan las di perlambat. Besar kecilnya arur las dapat diukur langsung pada mesin las. Tegangan las umumnya tidak dapat di atur secara langsung pada mesin las, tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada. Untuk memperoleh masukan panas yang sebenarnya dari suatu proses pengelasan, persamaan satu dikalikan dengan efisiansi proses pengelasan ( $\eta$ ) sehingga persamaannya menjaadi:

$$HI = \eta \times \frac{E \times I}{v} \text{ joule/m .....(2.8)}$$

## **2.7. Kecepatan Pengelasan**

Semakin tinggi kecepatan pengelasan biasanya dipengaruhi oleh tingginya arus pengelasan. Untuk mencairkan ujung elektroda diperlukan energi yang cukup. Dengan kebutuhan energi yang cukup ini, pengelasan dapat berlangsung dengan normal. Apabila energi yang diberikan lebih dari cukup misalnya saja dengan memberikan arus las lebih tinggi, maka proses pencairan ujung elektroda berlangsung lebih cepat. Kecepatan pencairan elektroda yang tidak diimbangi dengan kecepatan pengelasan mungkin saja menyebabkan penumpukan cairan logam las di permukaan logam induk. Untuk menghasilkan manik las yang normal, maka tentu saja kecepatan pencairan ujung elektroda harus diimbangi dengan kecepatan pengelasan. Dengan demikian benar saja bahwa tingginya arus pengelasan sangat mempengaruhi kecepatan pengelasan (Dinov, 2021).

### **2.7.1 Posisi Pengelasan**

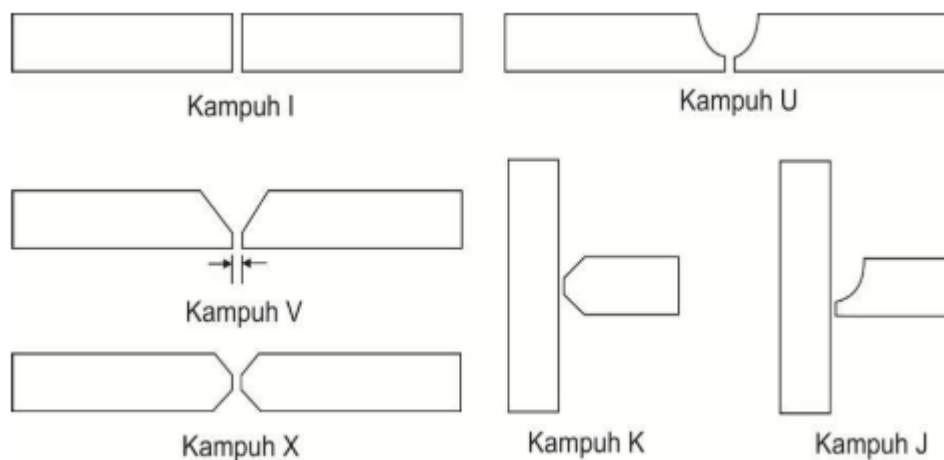
1. Posisi di bawah tangan yaitu suatu cara pengelasan yang dilakukan pada permukaan rata/datar dan dilakukan di bawah tangan. Kemiringan elektroda las sekitar  $75^\circ$  dan sudut kerja (work angle)  $90^\circ$  terhadap benda kerja.
2. Posisi datar (Horizontal) Mengelas dengan horizontal biasa disebut juga mengelas merata dimana kedudukan benda kerja dibuat tegak dan arah elektroda mengikuti horizontal.
3. Posisi tegak (Vertikal) Mengelas posisi tegak adalah apabila dilakukan arah pengelasannya keatas atau kebawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paling sulit karena bahan cair yang mengalir atau menumpuk diarah bawah.

4. Posisi di atas kepala (Over Head) Posisi pengelasan ini sangat sukar dan berbahaya karena bahan cair banyak berjatuhan dapat mengenai juru las, karena pengelasan dengan posisi ini benda kerja terletak pada bagian atas juru las. Oleh itu diperlukan perlengkapan yang serba lengkap antara lain: baju las, sarung tangan, sepatu kulit dan sebagainya (Ilmiah & Romdhoni, 2019).

### 2.7.2. Proses Pengelasan

Proses pengelasan adalah proses dari di mulainya persiapan pengelasan hingga finishing hasil pengelasan. Bahan utama dalam pengelasan adalah logam utama atau biasa disebut base metal, bahan utama tersebut akan di las sesuai dengan bentuk sambungan las dan bentuk kampuh las yang diinginkan.

Persiapan sambungan las dan bentuk kampuh las mempunyai berbagai macam bentuk:

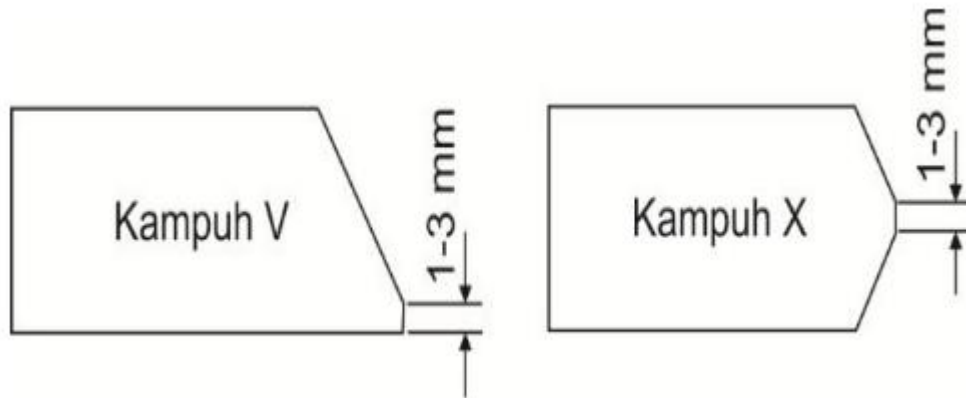


**Gambar 2.8. Bentuk-Bentuk Kampuh Las**

Pembuatan persiapan las dapat dilakukan dengan beberapa teknik, tergantung bentuk sambungan dan kampuh las yang akan dikerjakan. Teknik yang biasa dilakukan dalam membuat persiapan las, khususnya untuk sambungan tumpul

dilakukan dengan mesin atau alat pemotong gas (brander potong). Mesin pemotong gas lurus (Straight Cutting Machine) dipakai untuk pemotongan plat, terutama untuk kampuh-kampuh las yang di bevel, seperti kampuh V atau X, sedang untuk membuat persiapan pada pipa dapat dipakai mesin pemotong gas lingkaran (Circular Cutting Machine) atau dengan brander potong. Namun untuk keperluan sambungan sudut yang tidak memerlukan kampuh las dapat digunakan mesin potong plat (guilotin) berkemampuan besar, seperti Hidrolic Shearing Machine. Adapun pada sambungan tumpul perlu persiapan yang lebih teliti, karena tiap kampuh las mempunyai ketentuan-ketentuan tersendiri, kecuali kampuh I yang tidak memerlukan persiapan kampuh las, sehingga cukup di potong lurus saja.

Untuk membuat kampuh V dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:



**Gambar 2.9. Pembuatan Sudut (Bevel) Las**