

## BAB II

### TINJAUAN LITERATUR

#### 2.1 Pengelasan

Pengelasan menurut American Welding Society (AWS, 1989) adalah proses penyambungan logam maupun non logam dengan cara pemberian panas pada material yang akan disambung hingga mencapai temperatur las tanpa adanya tekanan (*pressure*) dan tanpa adanya logam pengisi (*filler*).

Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu [1].

Persyaratan berhasilnya penyambungan adalah :

1. Bahwa benda padat tersebut dapat cair saat dipanaskan.
2. Bahwa antara benda padat tersebut ada kesesuaian sifat lasnya sehingga tidak melemahkan kekuatan sambungannya.
3. Bahwa cara sambungan harus sesuai dengan sifat benda yang disambung.

Pengelasan memiliki beberapa metode diantaranya yaitu SMAW, GTAW, MIG, FCAW dan lain sebagainya.

#### 2.2 Gas Tungsten Arc Welding

*Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) atau sering juga disebut *Tungsten Inert Gas* (TIG) merupakan salah satu dari bentuk las busur listrik (*Arc Welding*) yang menggunakan *inert gas* sebagai pelindung dan *tungsten* atau *wolfram* sebagai penghantar arus listrik untuk menghasilkan las [2].

Aplikasi GTAW yaitu untuk pengelasan logam yang reaktif seperti baja anti karat, aluminum, magnesium, tembaga, tantalum dan termasuk titanium. GTAW juga dipakai pada pengelasan pipa dan tube, dalam proses pengelasan GTAW dipakai gas pelindung (*shielding gas*), berupa gas *inert* (argon, helium) atau gas aktif ( $\text{CO}_2$ ). *Weldpool* dilindungi dengan *shielding gas* yang dialirkan langsung dari sumber gas (silinder gas pelindung). Hal ini membuat GTAW lebih baik dari *shielded metal arc welding* (SMAW) dilihat dari tingkat pelindungannya.

Prinsip kerja GTAW adalah meleburkan (*melt*) dan menggabungkan logam dengan cara memanaskan busur listrik (*arc*) yang didapat dari perbedaan potensial antara *nonconsumable tungsten electrode* dan logam [3].



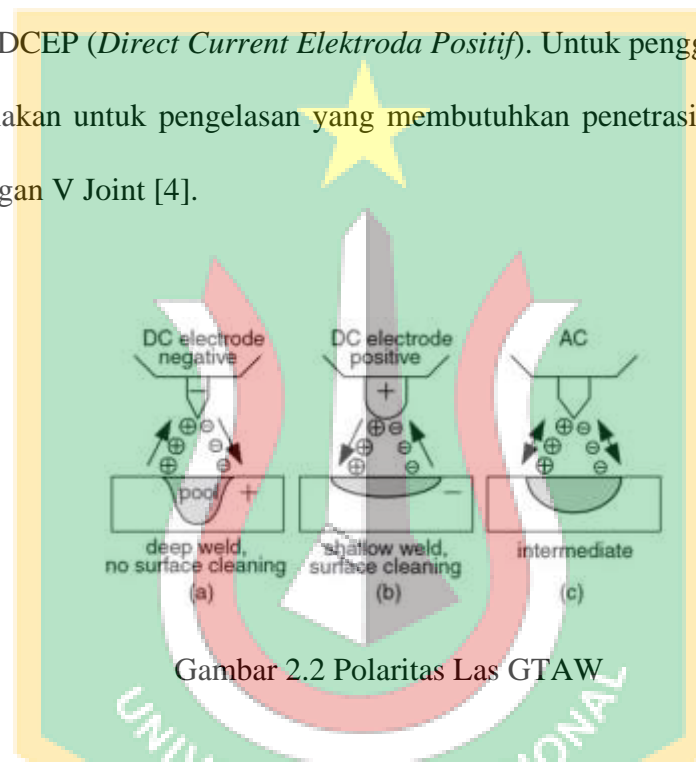
Gambar 2.1 (a) Skema peralatan yang dipakai dalam GTAW

(b) weld pool pada GTAW

Elektroda *tungsten* pada *torch* dihubungkan ke salah satu terminal sumber listrik (mesin las), dan *torch* dihubungkan dengan silinder gas pelindung seperti Gambar 2.1. Benda kerja dihubungkan dengan terminal lainnya pada mesin las sehingga antara

elektroda tungsten dan benda kerja terjadi perbedaan polaritas. Untuk mencegah elektroda tungsten kelebihan panas (*overheating*) maka biasanya dipakai media pendingin berupa *water-cooled copper tube*, atau biasanya disebut *contact tube*.

Mesin las gas GTAW ini mempunyai dua jenis arus yaitu AC dan DC. Namun yang paling sering digunakan untuk mengelas adalah arus DC. Dalam mesin las Arus DC juga terdapat dua jenis polaritas yaitu Polaritas DCEN (*Direct Current Elektroda Negatif*) dan DCEP (*Direct Current Elektroda Positif*). Untuk penggunaannya biasanya DCEN digunakan untuk pengelasan yang membutuhkan penetrasi dalam seperti root pada sambungan V Joint [4].



Gambar 2.2 Polaritas Las GTAW

1. Direct-Current Electrode Negative (DCEN) atau straight polarity (DCSP)

Merupakan jenis polaritas yang banyak dipakai pada metode pengelasan GTAW, dimana elektroda tungsten dihubungkan ke terminal negatif mesin las. Gambar 2.2 (a) menunjukkan bahwa elektron dikeluarkan dari elektroda tungsten dan mengalami percepatan ketika melintas busur listrik. Untuk mengeluarkan elektron dari elektroda dibutuhkan sejumlah energi, yang disebut *work function*. Pada saat elektron mencapai benda kerja, maka sejumlah energi yang energinya sama besarnya dengan *work function* dirilis. Ini yang menyebabkan lebih banyak

energi (sekitar 2/3) berada diujung busur dan sisanya (sekitar 1/3) pada ujung elektroda. Hasilnya adalah lasan yang tidak melebar dan dalam.

## 2. Direct-Current Electrode Positive (DCEP) atau reverse polarity (DCRP)

Kebalikan dari DCEN, pada DCEP elektroda tungsten dihubungkan ke terminal positif mesin las. Sehingga energi lebih banyak pada ujung elektroda tungsten dibanding pada benda kerja. Sehingga dibutuhkan elektroda dengan diameter besar, dengan pendingin air (*water-cooled*) untuk mencegah ujung elektroda meleleh akibat panas yang berlebih. Ion positif dari gas pelindung mem-bombardir lapisan oksida dan menghasilkan permukaan lasan yang bersih, ini disebut *surface cleaning action*. Karakter DCEP ini menguntungkan untuk mengelas *strong oxide-forming* material seperti aluminium dan magnesium, dimana penetrasi yang dalam tidak terlalu dibutuhkan. Hasil pengelasan DCEP merupakan lasan yang lebar dan tidak dalam.

## 3. Alternating Current (AC)

Karena polarisasi kutub yang berubah-ubah pada elektroda dan benda kerja, maka pengelasan dengan polarisasi AC memiliki penetrasi yang baik dan *oxide cleaning action*. Biasanya digunakan untuk mengelas paduan aluminium.

### 2.2.1 Tungsten Elektroda GTAW

Dalam pemilihan tungsten elektroda GTAW juga bermacam macam, pemilihan tersebut disesuaikan dengan jenis material yang digunakan. Oleh karena itu tidak boleh sembarangan dalam memilih tungsten agar hasil lasan yang dihasilkan dapat maksimal dan sesuai dengan standar pengelasan. Berikut ini spesifikasi dalam pemilihan Tungsten Elektroda GTAW [5].

Tabel 2.1 Jenis Tipe Tungsten GTAW

<i>Type</i>	<i>Color</i>	<i>Size</i> (mm)	<i>features</i>
<i>Pure Tungsten</i>	<i>Green</i>	0.8 - 15	<i>Non-radioactive; suitable for AC welding of aluminium, magnesium, and their alloy.</i>
<i>Thoriated Tungsten</i>	<i>Yellow</i>	0.8 - 15	<i>Excellent electron emission and overall performances; high current-carrying capacity; radioactivity; suitable for DC welding of carbon steel, stainless steel, nickel alloy and titanium alloy.</i>
	<i>Red</i>		
<i>Lanthanum Tungsten</i>	<i>Black</i>	0.8 - 15	<i>Non-radioactive; excellent electric conductivity and welding capacity; high current-carrying capacity; minimum ratio of burn area; substitute for thoriated tungsten electrode; mainly used in DC welding.</i>
	<i>Golden Yellow</i>		
	<i>Blue</i>		
<i>Cerium Tungsten</i>	<i>Pink</i>	0.8 - 15	<i>Non-radioactive; easier arc initiation under low current circumstances and low arc-maintaining current; suitable for the welding of pipelines, small components and discontinuous welding.</i>
	<i>Orange</i>		
	<i>Grey</i>		
<i>Yttrium Tungsten</i>	<i>Sky Blue</i>	0.8 - 15	<i>Non-radioactive; long and slim arc beam with high compression; deeper burning groove under medium and high current circumstances.</i>
<i>Compound Rare Earth Tungsten</i>	<i>Clay</i>	0.8 - 15	<i>Compound rare-earth tungsten electrode; different additives contributing to better performance of tungsten electrode</i>

### 2.2.2 Bahan Pengisi Las GTAW

Bahan pengisi atau *filler rod* merupakan logam pengisi kumpuh las pada poses las GTAW. Logam pengisi mempunyai panjang 1 meter, merupakan kawat lurus tidak berselaput, dilapisi dengan lapisan tipis tembaga untuk melindungi dari karat. Kawat logam pengisi yang berkarat atau berminyak menyebabkan cacat las. Sehingga kawat logam pengisi tidak boleh tersentuh oleh tangan telanjang atau oleh sarung tangan kotor. Yakinkan untuk menggunakan sarung tangan yang bersih bila membawa kawat logam pengisi.

Terdapat banyak kodefikasi bahan pengisi, tergantung dari standar yang membuatnya. Misalnya:

- Amerika berstandar AWS (*American Welding Society*),
- Jerman berstandar DIN (*Deutsches Institut für Normung*),
- Jepang berstandar JIS (*Japanese Industrial Standards*)

Diameter Bahan Pengisi Las GTAW tersedia dalam ukuran diameter Ø1,0; Ø1,2; Ø1,6; Ø2,0; Ø2,4; Ø3,2; Ø4,0; Ø5,0 mm. Bahan pengisi dikemas dalam kemasan 5 dan 10 Kg. dengan panjang satu meter. Pada penggunaannya bahan pengisi diumpankan ke cairan las layaknya proses las OAW, yaitu *torch* oleh tangan kanan sementara bahan pengisi oleh tangan kiri [6].

Tabel 2.2 Kualifikasi kode filler rod

<i>Filler rod kode ER 70S-6</i>		<i>Filler rod kode ER 80S-B2</i>	
E	<i>Electrode</i>	E	<i>Electrode</i>
R	<i>Rod</i>	R	<i>Rod</i>
70	<i>Min Tensile Strength 70, 80, 90, 100</i>	80	<i>Minimum Tensile Strength 70, 80, 90, 100</i>
S	<i>Electrode Construction</i>  <i>S= Solid</i>  <i>C= Cored</i>	S	<i>Electrode Construction</i>  <i>S= Solid</i>  <i>C= Cored</i>
6	<i>Chemical composition</i>  <i>Number = Carbon steel</i>  <i>Letter &amp; Number = Low Alloy Steel</i>	B2	<i>Chemical composition</i>  <i>Number = Carbon steel</i>  <i>Letter &amp; Number = Low Alloy Steel</i>

AWS mengeluarkan beberapa standar bahan pengisi berdasarkan logam induk yang akan dilas, diantaranya:

- a. Bahan Pengisi Las GTAW Untuk mengelas baja karbon.

Bahan pengisi yang digunakan untuk mengelas baja karbon mempunyai kode ER70S-2, ER70S-6, dan seri ER70S-seri lainnya yang mempunyai angka berbeda. Angka tersebut menunjukkan macam tambahan bahan kimia dalam bahan pengisi. Filler rods ini digunakan untuk mengelas pelat baja, pipa berdiameter kecil dan root pass.

b. Bahan Pengisi Las GTAW Untuk mengelas logam stainless steel.

Bahan pengisi dengan kode ER308 dan ER308L, merupakan bahan pengisi yang paling sering digunakan untuk mengelas Stainless Steel tipe 304 maupun tipe seri 300 lainnya, yang digunakan di bidang manufaktur. Bahan pengisi dengan kode ER309 dan ER309L diigunakan untuk pengelasan logam induk yang berbeda, tahan panas tinggi dan tahan korosi. Sedangkan bahan pengisi dengan kode ER316 dan 316L digunakan untuk bejana tekan, katup, peralatan kimia dan aplikasi dilaut. Huruf “L” menunjukkan karbon yang sangat rendah dan tahan korosi.

c. Untuk mengelas logam alumunium.

Bahan pengisi dengan kode ER4043 digunakan untuk mengelas paduan alumunium seri 6000, bersama dengan sebagian besar paduan cor lainnya. Bisa digunakan untuk mengelas komponen otomotif seperti rangka, poros penggerak, rangka sepeda. Bahan pengisi dengan ER5356 merupakan paduan alumunium dengan magnesium. Digunakan untuk mengelas paduan alumunium cor dan tempa. Umumnya digunakan untuk pengelasan paduan alumunium seri 5000 atau 6000.

### 2.3 Daerah Pengelasan

Pada daerah lasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam induk, daerah pengaruh panas/HAZ dan daerah pengelasan [7].

#### 1. Daerah logam induk

Logam induk tak terpengaruh adalah logam dasar dimana panas dan temperatur pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan sifat pada logam.

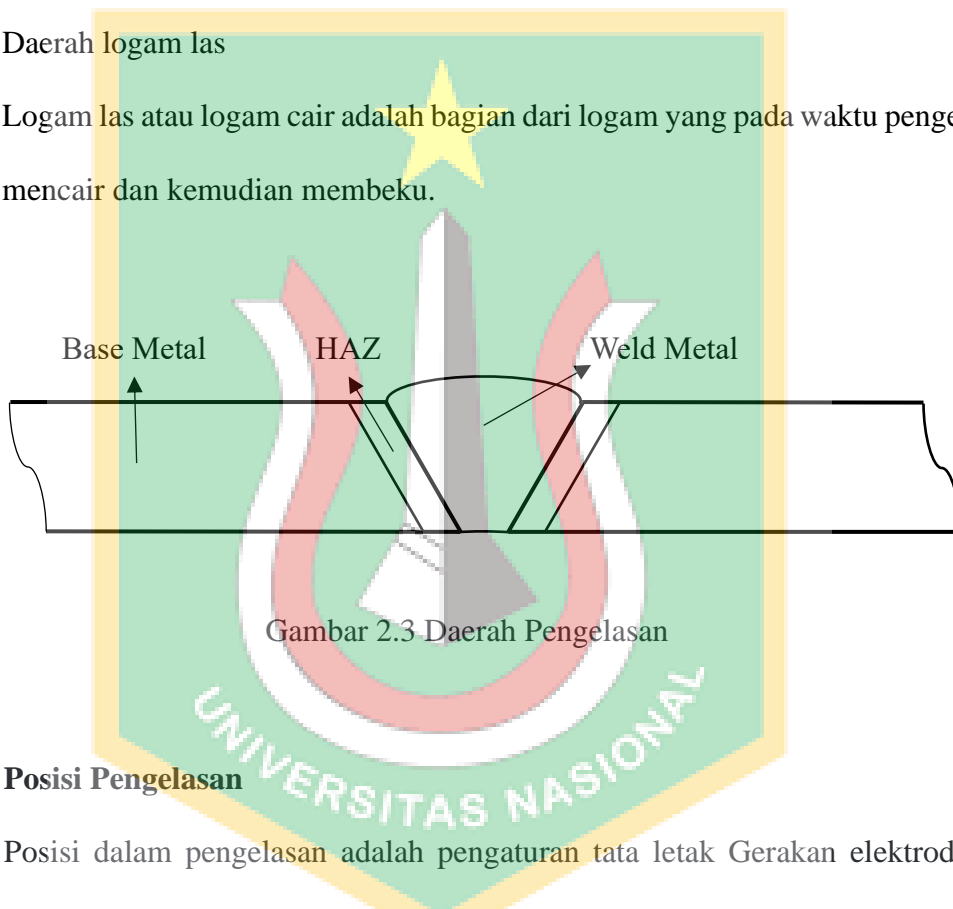
#### 2. Daerah pengaruh panas (Heat Affected Zone)



Daerah pengaruh panas atau HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat, sehingga struktur mikro dan sifat mekanik dari daerah HAZ mengalami perubahan. Luas dan besar dari HAZ tergantung dari arus pengelasan, tebal pengelasan, kecepatan proses pengelasan, tebal dari logam induk, diameter dan jenis filler metal pada saat proses pengelasan.

### 3. Daerah logam las

Logam las atau logam cair adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku.



Gambar 2.3-Daerah Pengelasan

### 2.4 Posisi Pengelasan

Posisi dalam pengelasan adalah pengaturan tata letak Gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh atau celah material yang akan dilas. Posisi dalam pengelasan terdiri dari [8]:

#### 1. Posisi dibawah tangan

Posisi ini biasa digunakan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja.

## 2. Posisi datar

Posisi datar merupakan posisi pengelasan yang arahnya mendatar/horizontal. Pada posisi ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring dari arah elektroda las.

## 3. Posisi tegak

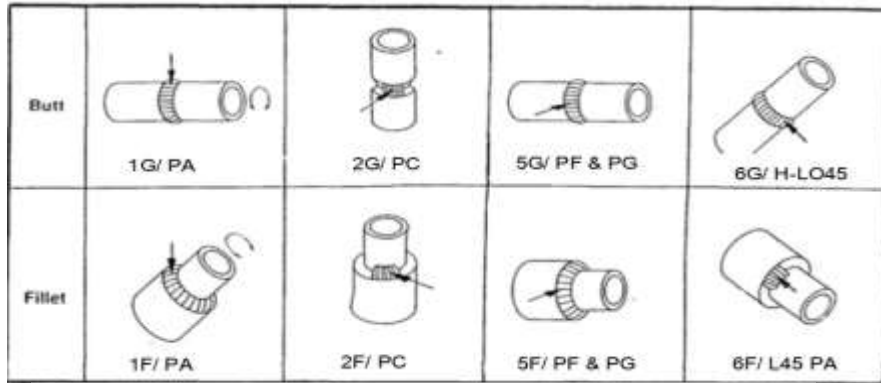
Posisi pengelasan tegak merupakan pengelasan yang arahnya tegak/vertical. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring searah dengan gerak elektroda las yaitu naik turun.

## 4. Posisi diatas kepala

Pada posisi ini benda kerja terletak di atas kepala welder, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala atau operator welder, pada posisi ini elektroda berada di bawah benda kerja.

Pengelasan yang dilakukan untuk sambungan pipa terbagi atas 6 bagian yaitu:

- a. PA / 1G (Posisi pengelasan datar pipanya dapat diputar).
- b. PC / 2G (Posisi pengelasan horizontal sumbu tegak dengan pipa dapat diputar).
- c. PF / 5G (Posisi pengelasan vertikal up sumbu mendatar namun pipa tidak dapat diputar dengan arah pengelasan naik).
- d. PG / 5G (Posisi pengelasan vertikal down sumbu mendatar namun pipa tidak dapat diputar dengan arah pengelasan turun).
- e. HLO45 / 6G (Posisi Pengelasan pipanya miring sekitar 45 derajat dan statis atau tidak dapat diputar).



Gambar 2.4 Posisi pengelasan pada pipa

## 2.5 Sifat Mampu Las

*Weld ability* atau mampu las atau keterlasa yaitu kemampuan suatu logam atau kombinasi logam yang dilas menjadi konstruksi tertentu yang memiliki karakteristik dan sifat tertentu dan sanggup memenuhi persyaratan yang diinginkan. Apabila suatu logam mudah untuk dilas, maka logam tersebut mempunyai las yang tinggi [9].

Tabel 2.3 Sifat Mampu Las Logam

Jenis Logam	Sifat Mampu Las
Baja karbon	Baja karbon rendah : tinggi Baja karbon medium : cukup Baja karbon tinggi : rendah
Baja paduan rendah	Serupa dengan baja karbon medium
Baja paduan tinggi	Umumnya baik di bawah kondisi terkontrol
Baja tahan karat	Sifat mampu las-nya tergantung pada proses pengelasan
Paduan Alumunium	Mampu dilas pada masukan panas tinggi. Paduan yang mengandung seng dan tembaga memiliki sifat mampu las sangat rendah

Paduan Tembaga	Serupa dengan paduan Alumunium
Paduan Magnesium	Mampu dilas dengan penggunaan gas pelindung dan fluks
Paduan Nikel	Serupa dengan baja tahan karat
Paduan Titanium	Mampu dilas dengan penggunaan gas pelindung

## 2.6 Baja Karbon

Baja karbon merupakan paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe), karbon (C) dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk dengan cara *casting*, *rolling* atau *tempered*. Karbon adalah salah satu elemen yang paling penting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja adalah logam yang paling banyak digunakan di bidang teknik seperti baja pelat, tabung, batang, profil, dan sebagainya. Secara umum baja dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: Baja karbon rendah (<0.25%), Baja karbon sedang (0.25 - 0.55%), Baja karbon tinggi (>0.55%). Sedangkan baja paduan meliputi baja paduan rendah dan baja paduan tinggi. Penggunaan baja bervariasi tergantung pada kandungan karbon dari unsur paduannya.

Baja adalah paduan yang terutama terdiri dari unsur besi dan karbon 0,25% - 1,7% C. Selain itu, baja mengandung unsur lain seperti belerang (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan vanadium. Baja dibagi menjadi 3 kategori [10], yaitu:

### a. Baja karbon rendah.

Baja karbon rendah adalah baja dengan kandungan karbon pada struktur baja kurang dari 0,25% C, Baja karbon rendah dengan ketahanan arus rendah. Baja

ini tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbon tidak cukup untuk membentuk struktur martensit.

b. Baja karbon sedang.

Baja karbon sedang adalah baja karbon dengan persentase karbon besi 0,25% - 0,55% C. Baja karbon sedang memiliki keunggulan dibandingkan baja dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanik yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Sejumlah besar karbon yang terkandung dalam besi memungkinkan baja dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas yang sesuai.

c. Baja karbon tinggi.

Baja karbon tinggi adalah baja dengan kandungan karbon 0,55% - 1,7% C. Baja karbon tinggi memiliki ketahanan panas yang sangat tinggi, kekerasan dan kekuatan tarik, tetapi memiliki sifat elastisitas yang rendah sehingga baja menjadi lebih getas.

## 2.7 Pipa ASTM A106

Teknologi jaringan pipa berkembang sejalan dengan teknologi pertambangan. Dimana manusia dapat membangun terminal produksi, sehingga prosesnya dapat langsung berjalan dilapangan. Untuk itu dibutuhkan jaringan pipa yang dibentangkan antara sumur ke fasilitas produksi, atau dari fasilitas *platform* produksi yang satu ke fasilitas *platform* produksi lainnya [11].



Gambar 2.5 Pipa ASTM A106 Grade B

Pertama kali sistem perpipaan yang menggunakan logam yaitu di Greek, Romawi. yang terbuat dari *lead* dan *bronze*, dimana saat itu teknologi pengecoran logam mulai dikenal. Selanjutnya sistem pemipaan berkembang dengan material logam yang bervariasi seiring dengan perkembangan dan kebutuhan masyarakat, yang akhirnya saat ini berbagai logam hingga non logam berkembang pesat dalam dunia industri termasuk juga sistem pemipaannya. Pada teori dasar pipa akan dijelaskan tentang jenis-jenis pipa terutama dari proses pembuatan pipa, bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan pipa, ketebalan dinding pipa, dan kode material yang digunakan.

#### 1. Jenis Pipa

Dari sekian jenis pembuatan pipa secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu:

- a. *Seamless pipe* Adalah jenis pipa yang dibuat dari besi bulat yang dibentuk sedemikian rupa menjadi bentuk pipa. Pipa jenis ini memiliki dimensi diameter luar 1/8 inci sampai 26 inch.

b. *Electric Resistance Welded (ERW)* Adalah pipa yang dibentuk dari plat datar kemudian dihubungkan dengan pengelasan butt weld dengan induksi frekuensi tinggi.

## 2. Kode Material Pipa

Standar kode material pipa yang sering digunakan pada proses produksi minyak dan gas alam adalah standar ASTM (*American Standar Testing and Material*), API (*American Petroleum Institute*), dan ANSI (*American National Standard Institute*). Kode material pipa hanya sebuah penamaan untuk membedakan pipa dari proses manufakturnya, kode material pipa yang digunakan untuk pengujian adalah ASTM A106 grade B. ASTM A106 terbagi dalam 3 grade tergantung *tensile strength*nya, untuk grade A (48 ksi), grade B (60 ksi) dan grade C (70 ksi). Jika dikategorikan berdasarkan unsur paduan karbon (C) maka grade B adalah kategori baja karbon sedang.

