

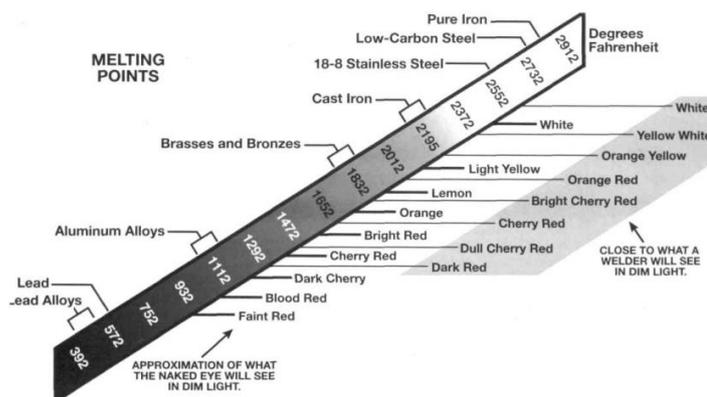
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Pengelasan (*welding*) merupakan proses fusi, dimana dua buah logam dengan cara dipanaskan dengan atau tanpa logam pengisi. Logam baru yang ditambahkan untuk membentuk sambungan las yang menyatu disebut logam pengisi, sedangkan potongan asli yang digabungkan disebut logam induk. Dari proses pencairan beberapa logam membentuk “manik las” yang dilas dari pengisi dan logam induk yang biasanya lebih tebal dari logam induknya. Proses pengelasan sendiri merupakan bagian fundamental dari proses yang menarik perhatian luas dalam dunia industri seperti perkapalan, transportasi, pipa saluran, jembatan dan lain sebagainya[1]. Untuk itu dalam melakukan proses pengelasan ada beberapa kondisi-kondisi pengelasan yang harus diperhatikan diantaranya efisiensi pengelasan, pemilihan elektroda, keterampilan dan tentunya dengan biaya yang murah.

Proses pengelasan merupakan penyambungan dua logam atau lebih menjadi satu bagian yang permanen dengan cara melebur bagian logam yang akan disambungkan biasanya dengan pengisi dari bahan yang sama dan meleleh bersama dengan logam induk, dapat dilihat pada gambar 2.1 temperatur cair setiap material.



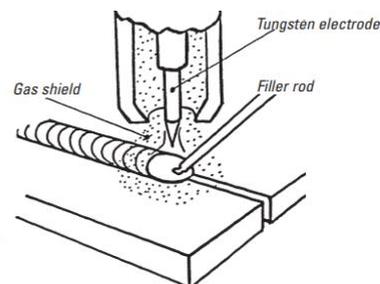
Gambar 2. 1 Diagram temperatur cair material[6].

Beberapa jenis pengelasan yang sering digunakan di industri seperti *Tungsten Inert Gas* (TIG), *Shield Metal Arc Welding* (SMAW), dan *Metal Inert Gas* (MIG). Penelitian tentang Pengelasan *tungsten inert gas* (TIG) telah banyak dilakukan, seperti yang dilakukan oleh Baskoro, A, S., *et al* (2018)[5] yang melakukan penelitian tentang pengaruh konfigurasi medan magnet terhadap las TIG. Percobaan ini menempatkan magnet di sekitaran obor las. Dengan menggunakan variasi kecepatan pengelasan yang digunakan adalah (1,3 dan 1,5), penggunaan arus dengan (70,80,95) A, aliran gas argon 3 l/min, serta menggunakan 4 buah medan magnet yang diposisikan dengan jarak 50mm antar magnet. Berdasarkan hasil penelitian pengaruh dari medan magnetik menunjukkan pengurangan konsumsi daya dan meningkatkan penetrasi.

Disisi lain Baskoro, A, S., *et al* (2019)[7] juga melakukan penelitian tentang analisis pengaruh arus dan kecepatan pengelasan lebar manik las pada pengelasan GTAW. Penelitian dilakukan dengan variasi arus pengelasan, dengan penggunaan arus 115 A, 120 A dan 125 A, dengan kecepatan pengelasan yang digunakan 3.6 mm/s, 3,9 mm/s dan 4,2 mm/s. berdasarkan hasil penelitian menaikkan arus pengelasan akan meningkatkan lebar manik las, sedangkan bila menaikkan parameter kecepatan akan menurunkan lebar manik.

2.2 Tungsten Inert Gas (TIG)

Las *Tungsten Inert Gas* (TIG) merupakan jenis las listrik yang memanfaatkan nyala busur yang mempunyai energi panas yang tinggi yang dihasilkan dari elektroda berbahan tungsten yang tahan terhadap korosi dan tidak meleleh sampai 6170°F (elektroda tak terumpan) yang dilindungi gas mulia (*innert gas*) dengan benda kerja. Gambar 2.2 menunjukkan proses pengelasan TIG .



Gambar 2. 2 Proses pengelasan Las TIG[8].

Gas yang digunakan untuk melindungi daerah pengelasan adalah gas Helium ataupun Argon dimana gas pelindung ini tidak bereaksi dengan unsur lain (itulah disebut gas mulia, inert gas). Adapun fungsi lain dari gas pelindung dalam proses pengelasan TIG.

1. Untuk melindungi logam, agar tidak terjadi *porosity*.
2. Dibutuhkan untuk ionisasi, memastikan busur terlindungi dan perpindahan panas yang sesuai.
3. Untuk melindungi elektroda tungsten panas dari efek udara sekitar ataupun unsur-unsur lainnya.
4. Untuk melindungi kolam lelehan dan elektroda selama pendinginan setelah busur putus[8][9].

Filler merupakan logam pengisi yang ditambahkan ke sambungan las dengan melebur. Untuk pemilihan bahan pengisi sendiri mengikuti dari logam dasar yang akan dilas. Untuk *filler rod* terbuat dari logam yang komposisinya lebih unggul dari logam dasarnya. Untuk diameternya sendiri yang umum yaitu : 1.0, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4, 3.2, 4.0, dan 5.0mm dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Besar arus dengan ukuran diameter logam pengisi [9].

Diameter batang logam pengisi	Arus pengelasan (Ampere)
1,6	40-100
2,0	60-130
2,4	70-150
3,2	130-200
4,0	180-250
5,0	240-360
6,0	≥340

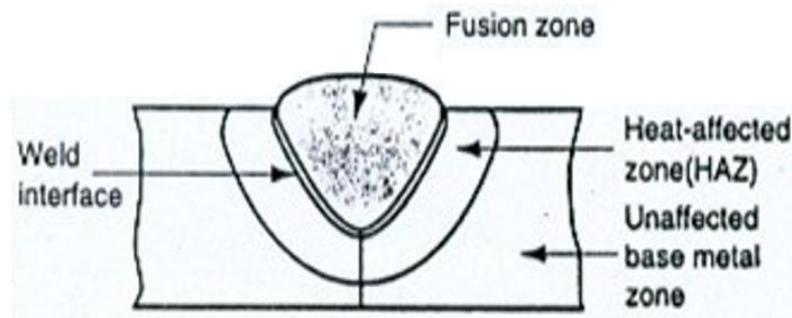
Teknik Pengelasan TIG sendiri dimulai, dengan memeriksa mesin benar-benar siap pakai dan memastikan *welding arc* terhubung ke polaritas negatif (-) dari sumber daya arus DC, dan memperhatikan tabung penyimpanan gas apakah tersedia cukup gas dari suplai gas. Membuka katup regulator gas dan katup *welding arc*.

Untuk peralatan yang digunakan pada pengerjaan *Tungsten Inert Gas* (TIG) seperti :

1. Mesin Las AC/DC
2. Tabung suplai gas pelindung.
3. Regulator dengan flow meter untuk mengatur aliran gas.
4. Stang las (*welding torch*)
5. Kabel elektroda
6. Elektroda tungsten
7. Aksesoris lainnya.

2.3 Metalurgi Las

Suatu bidang studi pada pengerjaan pengelasan mempelajari sifat mekanis dan variable lain yang dihasilkan dari penyatuan logam dengan panas yang tidak merata pada logam las-lasan, untuk kualitas sambungan lasnya sendiri harus memiliki ketangguhan [10]. Bagian daerah las-lasan dibagi menjadi 4 bagian yang dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2. 3 Pembagian daerah las [8]

Dari gambar dapat dilihat bahwa daerah lasan terdiri dari empat bagian, diantaranya :

1. Batas las (*weld interface*)

Batas las merupakan pembatas yang membatasi antara logam las dengan daerah pengaruh panas (HAZ).

2. Logam las (*Fusion zone*)

Logam las yang biasa disebut *weld metal* merupakan bagian dari logam yang panas dan cair menyatu dengan elektroda.

3. HAZ (*Heat effected zone*)

HAZ adalah logam dasar yang terkena siklus termal pemanasan dan pendingin didalam proses pengelasan.

4. Logam induk (*Base metal zone*)

Suatu bagian dari logam induk yang tidak terpengaruh oleh suhu dari proses pengelasan, sehingga tidak menyebabkan perubahan sifat dari material dan strukturnya.

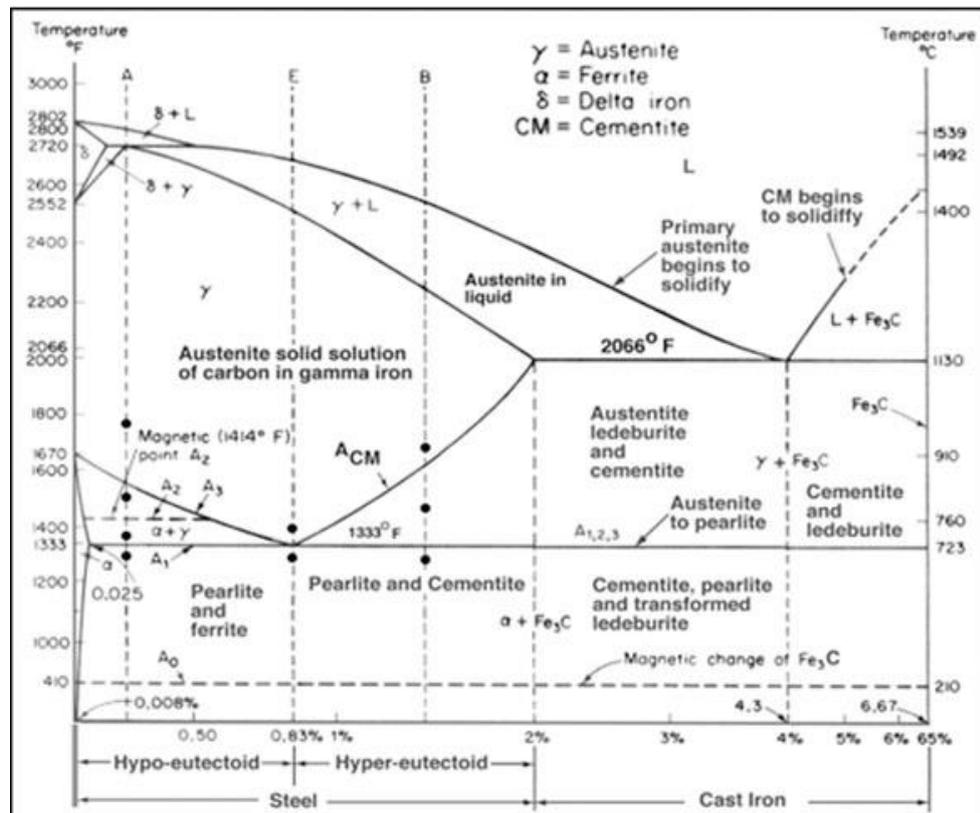
2.4 Baja Karbon

Baja karbon merupakan baja yang umum digunakan untuk industri, baik dibidang kontruksi maupun transportasi. Baja karbon adalah perpaduan dari karbon, besi dan unsur penambah seperti Silikon (Si), Fosfor (P), cuprum (Cu), Sulfur (S), dan Mangan (Mn). Makin tinggi kadar karbon yang dimiliki dalam kandungannya maka tingkat ketahanan dan kekerasan meningkat, sedangkan untuk keuletan dan saat dilas akan menurun. Untuk klasifikasi kadar karbon yang terkandung dalam paduan maka baja karbon terbagi tiga macam, diantaranya baja karbon rendah (0,025% - 0,3 % C) memiliki sifat mudah ditempa sehingga biasa digunakan dalam pembuatan plat baja, baja batangan dan baja strip. Baja karbon menengah (0,30% - 0,50 % C) memiliki sifat yang kuat dari karbon baja rendah sehingga penggunaannya pada komponen mesin. Baja karbon tinggi (>0,5- 2,1 %C) memiliki sifat kekuatan dan kekerasannya yang tinggi sehingga sulit dilas [11][12].

2.4.1 Diagram Fasa Fe-Fe₃C

Diagram fasa Fe-Fe₃C adalah diagram fasa-fasa pada temperature dan komposisi Fe dan tertentu pada tekanan 1 atm. Baja dan besi tuang secara umum merupakan paduan besi dengan karbon. Karbon pada paduan ini berupa karbon bebas (grafit), atau berupa senyawa interstisial (sementit Fe₃C). Grafit merupakan karbon dalam bentuk yang stabil sehingga disebut sistem paduan Fe₃C yang stabil, sedangkan sementit adalah suatu struktur yang meta stabil. Sistem paduan ini dinamakan sistem paduan Fe₃C yang metastabil. Besi murni cair jika didinginkan, akan mulai membeku pada

1535°C menjadi besi delta dengan struktur BCC. Pada 400°C akan mengalami transformasi menjadi besi gamma (γ). Besi gamma ini akan stabil hingga temperatur 910°C, dimana terjadi lagi transformasi menjadi besi alpha (α) dengan struktur BCC[13].



Gambar 2. 4 diagram fasa Fe-Fe₃C[13]

Adapun fasa-fasa yang terjadi pada Fe-Fe₃C diantaranya :

a. Besi

Besi merupakan larutan padat intertisi karbon dalam struktur kristal bcc, besi mempunyai konstanta kisi yang lebih besar dibanding α .

b. Ferit

Ferit merupakan larutan padat intertisi karbon dalam struktur kristal bcc besi.

c. Perlite

Perlite merupakan *eutectoid mixture* dari sementit dan ferit mengandung 0,8 %C, terbentuk pada suhu 727°C.

d. *Austenit*

Austenite adalah larutan padat intertisi karbon didalam struktur kristal fcc besi.

e. *Ledeburite*

Fasa ini terbentuk dari austenite dan sementit, mengandung 4,3% C, terbentuk pada suhu 1.130°C.

f. *Lower critical temperature*

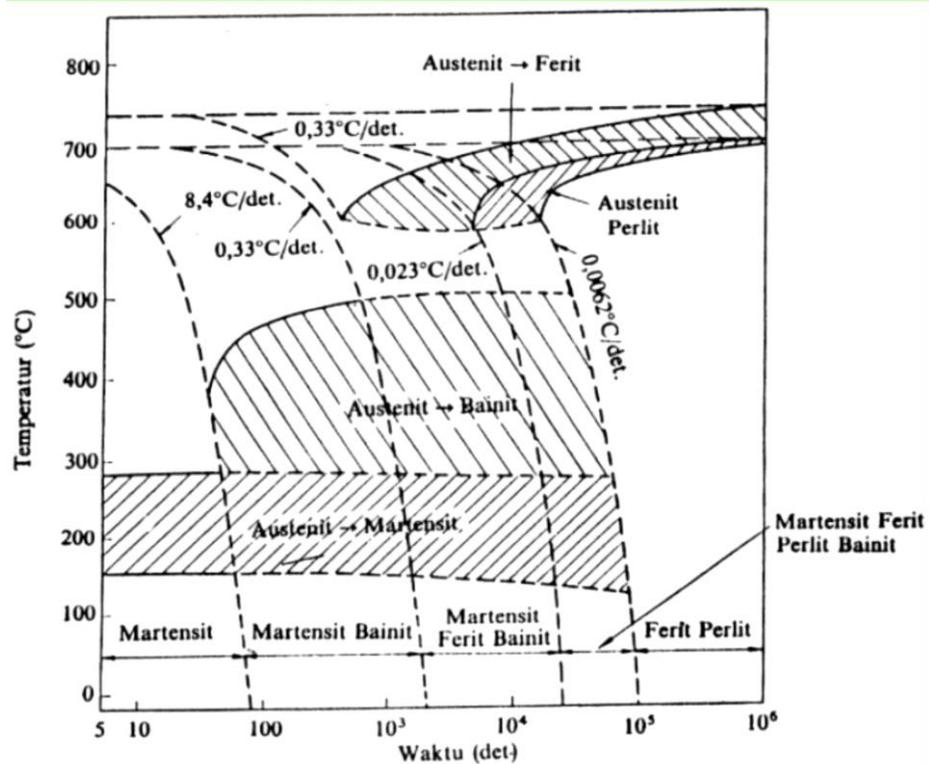
Berdasarkan diagram Fe-Fe₃C tampak berupa garis horizontal pada suhu 723 °C.

g. Sementit (Fe₃C)

Campuran logam dengan karbon. Limit kelarutannya diabaikan, komposisi karbon 6,67% dan 93,3 % Fe.

2.4.2 Diagram CCT

Diagram CCT (*continuous cooling transformation*) adalah diagram yang menghubungkan antara kecepatan pendinginan dengan struktur mikro yang terbentuk yang biasanya waktu, suhu, dan tranformasi. Diagram ini dapat digunakan untuk membahas keuletan, kekerasan dan sebagainya, yang kemudian dapat dipakai untuk menentukan prosedur dan cara pengelasan [13].



Gambar 2. 5 Diagram CCT[13]

2.5 Magnet

Magnet merupakan suatu benda yang memiliki sifat dan gejala yang dapat menarik benda yang mengandung magnetik yang berada didekatnya, setiap magnet memiliki efek medan magnet. Umumnya setiap magnet memiliki dua kutub, yaitu: kutub utara (N) dan kutub selatan (S) dimana kekuatan magnet yang paling besar berada pada ujung-ujung kutubnya.

Berdasarkan jenis magnet yang umum didengar salah satu contohnya magnet *Neodymium iron boron* (NdFeB). Magnet ini memiliki sifat kekuatan yang tinggi karena terbentuk oleh atom yang ada seperti *neodymium* (Nd), 14 atom besi (Fe), dan 1 atom Boron (B), sehingga terbentuk rumus molekul $Nd_2Fe_{14}B$. Magnet ini termasuk dalam material magnetik jenis permanen, dengan dimensi dan volume magnet yang kecil. Untuk pengaplikasian magnet ini sendiri banyak digunakan pada peralatan elektronik, industri otomotif, peralatan kesehatan, dan lain-lain. Disamping memiliki sifat kekuatan yang tinggi namun magnet memiliki kekurangan diantaranya magnet ini tidak dapat diaplikasikan pada suhu tinggi, harga yang cukup mahal, ketahanan terhadap korosi rendah, sehingga diperlukan pelapisan dengan nikel, seng atau emas dapat dilihat pada tabel 2.3[14][15].

Tabel 2. 2 Perbandingan karakteristik magnet [14]

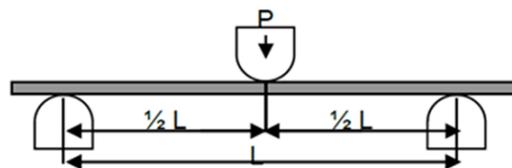
Material	Induksi permanen (Br)(Tesla)	Koersifitas (Hc) (MA/m)	Energi produk (BH _{max}) (kJ/m ³)
Sr ferrit	0,43	0,20	34
Alnico 5	1,27	0,50	44
Alnico 9	1,05	0,12	84
SmCo ₅	0,95	1,30	176
Sm ₂ Co ₁₇	1,05	1,30	208
Nd ₂ Fe ₁₄ B	1,36	1,03	350

2.6 Bending

Pengujian *bending* merupakan suatu proses pengujian material untuk mendapatkan sifat mekanik dan mutu dari material tersebut dengan menggunakan pembebanan. Pada pengujian *bending* dalam pengambilan data dilakukan dengan 2 macam pengujian, diantaranya *3 point bending* dan *4 point bending* menurut kondisi dari benda uji yang dipergunakan [16].

1. *Three Point Bending*.

Pada pengujian *three point bending* spesimen yang diuji diberi penekanan di titik pada bada bagian tengah batang ($1/2 L$) menggunakan 2 tumpuan dan 1 penekan untuk skema dari pengujian *three point bending* dapat dilihat seksama pada gambar 2.4.

**Gambar 2. 6** Three point bending[16]

Perhitungan yang digunakan untuk mencari tegangan lentur :

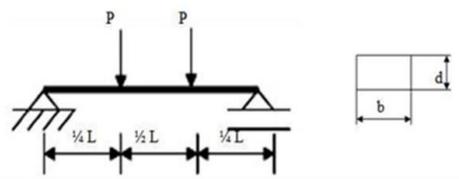
$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- σ_f = Tegangan lentur (Mpa)
- P = Beban/*Load* yang terjadi (N)
- L = Jarak point (mm)
- b = Lebar benda uji (mm)
- d = Ketebalan benda uji (mm)

2. *Four Point Bending*.

Pada *four point bending*, benda kerja dikenai beban pada dua titik, yaitu pada $\frac{1}{3} L$ dan $\frac{2}{3} L$ untuk pengujiannya sendiri mengacu pada standard ASTM D 6272. Gambar 2.5 merupakan skema dari pengujian *four point bending*[17].



Gambar 2. 7 *Four point bending*

$$\sigma_f = \frac{3PL}{4bd^2} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- σ_f = Tegangan lentur (Mpa)
- P = Beban/*Load* yang terjadi (N)
- L = Jarak point (mm)
- b = Lebar benda uji (mm)
- d = Ketebalan benda uji (mm).

Mencari nilai modulus elastisitas dari hasil pengujian dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$E = \frac{L^3m}{4bd^3} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

- E = Modulus elastisitas *bending* (Mpa)
- L = Panjang spesimen (mm)
- m = Panjang awal (mm)

b = Lebar (mm)

d = Tebal (mm)

Dan untuk mencari nilai defleksi secara teoritis dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

δ = Defleksi

P = Beban (N)

L = Panjang (mm)

E = Modulus elastisitas (Mpa)

I = Inersia (mm)