

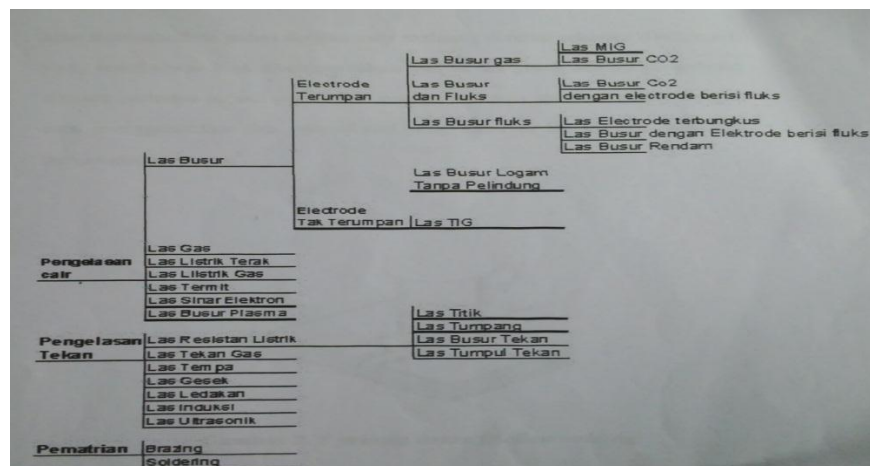
## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Pengelasan

Pengelasan merupakan suatu cara untuk menyambung logam padat dengan cara mencairkan melalui jalan pemanasan<sup>1</sup>. Menurut Harsono pengelasan adalah proses penyambungan logam dimana logam menjadi 1 akibat panas atau tanpa pengaruh tekanan. Atau didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan gaya tarik menarik antar atom<sup>2</sup>.

Para ahli mempermudah teknik pengelasan dengan mengklasifikasikan cara pengelasan dalam bentuk klasifikasi pengelasan, seperti gambar dibawah ini<sup>3</sup>.



**Gambar 2.1 Klasifikasi Pengelasan**

#### 2.2 GMAW

*GMAW* adalah proses las listrik yang menggunakan busur listrik berasal

<sup>1</sup> Suharto, Teknologi Pegelasan logam, (Jakarta : Rineke Cipta,1991), hal. 77

<sup>2</sup> Harsono Wiryo Sumarto dan Toshei Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam* (Jakarta : Paradya Paramita, 1979), hal. 1

<sup>3</sup> Suharto Op.Cit hal.8

dari elektroda, yang dipasok terus menerus secara tetep dari suatu mekanisme, ke kolam las<sup>4</sup>.

Untuk mencegah terjadinya oksidasi, pengelasan ini dilindungi oleh aliran gas lindung yang dapat berupa gas aktif, misalnya CO<sub>2</sub>, sehingga disebut *metal active gas (MAG)*, atau gas inert (misalnya argon) sehingga disebut *metal inert gas (MIG)*, karenanya *GMAW* juga disebut *MIG MAG welding*<sup>5</sup>.

Pengelasan ini dapat digunakan untuk mengelas baja karbon, baja paduan rendah berkekuatan tinggi, *stainless steel*, aluminium, tembaga, titanium dan paduan nikel dalam segala posisi pengelasan.

Keuntungan dari penggunaan *GMAW* adalah<sup>6</sup> :

- a. Dapat digunakan untuk berbagai jenis material komersil.
- b. Dapat digunakan mengelas terus menerus tanpa berhenti karena elektroda yang berupa kawat yang sangat panjang dan tergulung dalam sebuah klos, dipasok dengan kecepatan pemasokan yang tetap.
- c. Pengelasan dapat dilaksanakan disegala posisi
- d. Kecepatan las lebih tinggi dari *SMAW*
- e. Hasil pengelasan relative lebih bersih karena tidak ada sebagaimana *SMAW*.

Karenanya *GMAW* sesuai untuk fabrikasi yang banyak menggunakan pengelasan dengan produktifitas tinggi. Karena *GMAW* menggunakan arus tetap dan kecepatan pasok kawat tetap pula, maka manakala posisi obor bergerak menjauh elektroda akan memanjang keluar (*stick out*) bergerak naik pula

---

<sup>4</sup> Sri Widharto, *Welding Inspection*, (Jakarta : Mitra Wacana Media, 2013), hal 187

<sup>5</sup> ibid

<sup>6</sup> ibid

ampernya, sehingga panjang busur nyala akan selalu tetap<sup>7</sup>.

Adapun bagian bagian pada mesin las *GMAW* antara lain

### 2.2.1 Mesin Las

Mesin las adalah system pembangkit tenaga listrik pada proses pengelasan. Pada mesin las terdapat control untuk menentukan beberapa parameter pengelasan.



**Gambar 2.2 Mesin *GMAW***<sup>8</sup>

### 2.2.2 *Wire Feeder*

*Wire feeder* adalah unit pengontrol kecepatan *feeding* elektroda pada saat proses pengelasan. Pada proses sambungan *GMAW*, kabel penghubung elektroda tidak langsung terhubung dengan terminal polaritas di mesin las, melainkan melalui *wire feeder* terlebih dahulu.

---

<sup>7</sup> Sri Widharto, *Welding Inspection*, (Jakarta : Mitra Wacana Media, 2013), hal 188

<sup>8</sup> <http://www.ceaweld.com/portal/cea/products/detail?prod=cod330&path=1/2/3&tipolinea=1&linea=2&cat=3>. Diakses Pada Tanggal 20 Januari 2017. Pukul 19.30



**Gambar 2.3 Wire Feeder<sup>9</sup>**

### **2.2.3 Welding Gun**

*Welding gun* adalah komponen pada system sambungan *GMAW*. *Welding gun* berfungsi sebagai penyalur elektroda dari *wire feeder*. Dalam *wire feeder* terdapat beberapa komponen lain, diantaranya kontak tip, handle, nozzle, gas diffuser.



**Gambar 2.4 Welding Gun<sup>10</sup>**

---

<sup>9</sup> [http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-m/12062-5630633.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-m/12062-5630633.jpg). Diakses Pada Tanggal 20 Januari 2017. Pukul 19.35

<sup>10</sup> <http://www.bernardwelds.com/tgx-series-p151410#.WKrnrvV97IU>. Diakses Pada Tanggal 20 Januari 2170. Pukul 20.01

### 2.2.4 Regulator dan *Heater Vaporizer*

Regulator berfungsi sebagai pengatur pemakaian gas. Pada sambungan *GMAW* yang menggunakan CO<sub>2</sub> sebagai gas pelindung ada *heater vaporizer* yang dipasang diantara tabung gas dan regulator. Hal ini diperlukan agar gas yang dialirkan tidak membeku.



**Gambar 2.5 Regulator dan *Heater***<sup>11</sup>

### 2.2.5 Kontak Tip

Kontak tip berfungsi sebagai penyalur arus ke elektroda. Kontak tip terbuat dari bahan tembaga. Kontak tip memiliki beberapa ukuran diameter, yang disesuaikan dengan ukuran diameter elektroda yang digunakan.

---

<sup>11</sup> [https://www.alibaba.com/product-detail/UW-1460-CO2-Heater-Regulator\\_319424427.html](https://www.alibaba.com/product-detail/UW-1460-CO2-Heater-Regulator_319424427.html).  
Diakses Pada Tanggal 20 Januari 2017. Pukul 20.10



**Gambar 2.6 Kontak Tip<sup>12</sup>**

### 2.2.6 Nozzle

*Nozzle* berfungsi sebagai pengarah gas pelindung ke daerah pengelasan ketika proses pengelasan berlangsung.



**Gambar 2.7 Nozzle<sup>13</sup>**

### 2.2.7 Elektroda

Elektroda adalah material yang digunakan untuk menyambung bahan dasar. Pemilihan elektroda juga mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Pada *GMAW*,

---

<sup>12</sup> <http://www.globalweldingsupplies.co.nz/shop/MIGARC/MIG+TORCHES+%26+PARTS/FRONIUS+STYLE/CONTACT+TIP/MFCT.html>. Diakses Pada Tanggal 20 Januari 2017. Pukul 20.20

<sup>13</sup> [http://www.nihonweld.com/equipments.do?item\\_id=15625](http://www.nihonweld.com/equipments.do?item_id=15625). Diakses Pada Tanggal 20 Januari 2017. Pukul 20.25

elektroda yang digunakan berupa gulungan kawat.

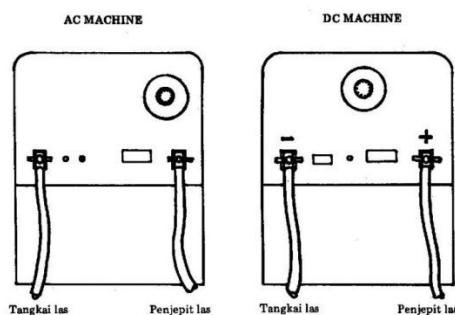


**Gambar 2.8 Kode pada elektroda<sup>14</sup>**

### 2.3 Polaritas Pada Pengelasan

Polaritas adalah pemisahan muatan listrik yang mengarah ke molekul yang memiliki momen. Polaritas molekul tergantung pada perbedaan elektronegativitas antara atom-atom dalam suatu senyawa dan struktur senyawa yang tidak simetris.

Dalam pengelasan yang mempergunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas, arus yang dipergunakan berupa arus bolak balik (AC) dan arus searah (DC). Dalam polaritas bolak balik, maka polaritas tidak terdapat masalah. Lain hal dengan arus searah, penggunaan polaritas harus benar-benar diperhatikan. Polaritas arus AC berpindah pindah dari positif (+) ke negative (-) dan dari negative (-) ke positif (+) secara terus menerus.

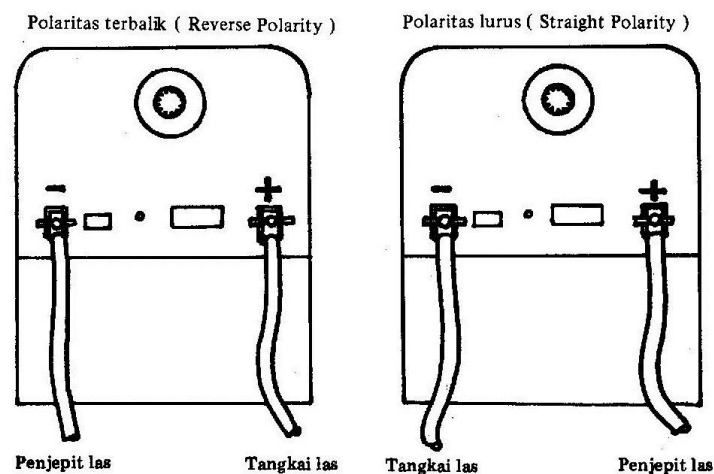


**Gambar 2.9 Mesin Las AC dan DC**

<sup>14</sup> <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/MIG.pdf>. Diakses Pada Tanggal 21 Januari 2017. Pukul 20.11

Terdapat dua jenis polaritas searah, yakni *straight polarity* (-) dan *reverse polarity* (+). Yang dimaksud dari *straight polarity* adalah ketika tangkai elektroda dihubungkan dengan terminal negative (-), sedangkan tangkai penjepit untuk benda kerja terhubung dengan terminal positif (+). Dengan polaritas ini elektron mengalir dari elektroda ke benda kerja<sup>15</sup>.

Pada *reverse polarity* (DCEP) tangkai penghubung elektroda dihubungkan dengan terminal positif (+), dan tangkai penjepit untuk benda kerja dihubungkan dengan terminal (-). Pada polaritas ini elektron mengalir dari benda kerja ke elektroda.



**Gambar 2.10** *Stright Polarity dan Reverse Polarity*

## 2.4 Prosedur Pengelasan

Prosedur pengelasan memberikan rincian tentang langkah-langkah yang diambil dalam proses pengelasan. Prosedur ini memuat rincian atau cakupan untuk mengendalikan parameter dalam proses pengelasan. Maka dari itu prosedur pengelasan sangat penting.

<sup>15</sup> Sri Widharto, *Welding Inspection*, (Jakarta : Mitra Wacana Media, 2013), hal 175

Guna menyusun prosedur pengelasan ada beberapa standar yang digunakan sebagai acuan pelaksanaan pengelasan. Di dunia industri amerika cenderung menggunakan standar AWS D.1.1, untuk kode standar pengelasan dalam konstruksi.

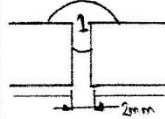
Dalam pengelasan prosedur yang telah disusun memiliki format tersendiri yang disebut *Welding Prosedur Specification (WPS)*. *WPS* terdiri dari rincian-rincian parameter dalam pengelasan. Berikut adalah beberapa hal yang dicantumkan dalam prosedur pengelasan.

- a. Proses las yang digunakan.
- b. Spesifikasi bahan induk, tebal, pipa termasuk diameter.
- c. Pengelasan dishop atau dilapangan
- d. Persiapan sisi (*edge preparation*).
- e. Metode pembersihan, pembuangan lemak, dll.
- f. Penyetelan sambungan
- g. Posisi pengelasan (termasuk arah untuk pengelasan vertical)
- h. Bahan pengisi (*filler*) komposisi dan ukuran (*diameter*).
- i. Kecepatan pengelasan (apabila otomatis).
- j. Urutan pengelasan.

**WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) Yes**   
**PREQUALIFIED \_\_\_\_\_ QUALIFIED BY TESTING \_\_\_\_\_**  
**or PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR) Yes**

<p>Company Name _____                  Welding Process(es) _____                  Supporting PQR No.(s) _____</p> <p><b>JOINT DESIGN USED</b>                  Type:                  Single <input type="checkbox"/> Double Weld <input type="checkbox"/>                  Backing: Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>                  Backing Material:                  Root Opening _____ Root Face Dimension _____                  Groove Angle: _____ Radius (J-U) _____                  Back Gouging: Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Method _____</p> <p><b>BASE METALS</b>                  Material Spec. _____                  Type or Grade _____                  Thickness: Groove _____ Fillet _____                  Diameter (Pipe) _____</p> <p><b>FILLER METALS</b>                  AWS Specification _____                  AWS Classification _____</p> <p><b>SHIELDING</b>                  Flux _____ Gas _____                  Composition _____                  Electrode-Flux (Class) _____ Flow Rate _____                  Gas Cup Size _____</p> <p><b>PREHEAT</b>                  Preheat Temp., Min _____                  Interpass Temp., Min _____ Max _____</p>	<p>Identification # _____                  Revision _____ Date _____ By _____                  Authorized by _____ Date _____                  Type—Manual <input type="checkbox"/> Semi-Automatic <input type="checkbox"/>                  Machine <input type="checkbox"/> Automatic <input type="checkbox"/></p> <p><b>POSITION</b>                  Position of Groove: _____ Fillet: _____                  Vertical Progression: Up <input type="checkbox"/> Down <input type="checkbox"/></p> <p><b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS</b>                  Transfer Mode (GMAW) Short-Circuiting <input type="checkbox"/>                  Globular <input type="checkbox"/> Spray <input type="checkbox"/>                  Current: AC <input type="checkbox"/> DCEP <input type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/> Pulsed <input type="checkbox"/>                  Other _____                  Tungsten Electrode (GTAW)                  Size: _____                  Type: _____</p> <p><b>TECHNIQUE</b>                  Stringer or Weave Bead: _____                  Multi-pass or Single Pass (per side) _____                  Number of Electrodes _____                  Electrode Spacing Longitudinal _____                  Lateral _____                  Angle _____</p> <p>Contact Tube to Work Distance _____                  Peening _____                  Interpass Cleaning: _____</p> <p><b>POSTWELD HEAT TREATMENT</b>                  Temp. _____                  Time _____</p>
---	---

**WELDING PROCEDURE**

Pass or Weld Layer(s)	Process	Filler Metals		Current		Volts	Travel Speed	Joint Details
		Class	Diam.	Type & Polarity	Amps or Wire Feed Speed			
								

Form E-1 (Front)

**Gambar 2.11 Contoh WPS pada AWS D.1.1**

## 2.5 Baja

Baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri yang merupakan sumber sangat besar, dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonominya<sup>16</sup>. Baja juga memiliki variasi sifat yang beragam dari yang paling lunak dan mudah dibuat sampai paling keras dan tajam untuk pisau pemotong dapat dibuat<sup>17</sup>. Sebab itulah baja memiliki berbagai sifat.

Dengan persentase karbon yang bervariasi, baja memiliki berbagai macam sifat. Dengan kadar karbon semakin tinggi maka baja akan semakin keras. Sebaliknya semakin kecil kadar karbon pada baja tersebut maka akan semakin kecil nilai kekerasannya. Berdasarkan kadar karbonnya, baja dibagi menjadi 3 bagian. Yakni baja karbon tinggi, baja karbon sedang dan baja karbon rendah.

Adapun penjelasan untuk klasifikasi baja berdasarkan persentase kadar karbonnya adalah sebagai berikut.

### 2.5.1 Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi memiliki nilai kekerasan paling tinggi diantara klasifikasi baja lain berdasarkan persentase karbonnya. Baja jenis ini memiliki kadar karbon 0,6% - 1,5%<sup>18</sup>. Pengerasan dan perlakuan panas pada baja karbon ini tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan banyaknya fasa martensit yang terbentuk, sehingga membuat baja ini getas<sup>19</sup>.

---

<sup>16</sup> Prof. Ir. Tata Surdia, M.S. Met.E., Pengetahuan Bahan Teknik, (Jakarta : PT. Pradnya Paramita, 1999) hal.69

<sup>17</sup> ibid

<sup>18</sup> <http://digilib.unila.ac.id/84/8/BAB%20II.pdf>, Diakses pada tanggal 27 Februari 2017, Pukul 14.30

<sup>19</sup> ibid

### 2.5.2 Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang memiliki kekerasan dibawah baja karbon tinggi dan dibawah baja karbon rendah. Baja jenis ini memiliki persentase karbon 0,3% - 0,6%. Baja ini memungkinkan baja untuk dikeraskan melalui proses perlakuan panas yang sesuai

### 2.5.3 Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki nilai kekerasan paling rendah diantara ketiga klasifikasi baja berdasarkan persentase kadar karbonnya. Baja karbon jenis ini memiliki persentase kadar karbon dibawah 0,3%. Baja karbon rendah sulit untuk dikeraskan karena memiliki karbon yang kecil. Fasa yang terbentuk pada baja karbon rendah mayoritas berbentuk ferit dan perlit.

## 2.6 Baja Karbon Rendah Seri ASTM - A36

Baja Karbon Rendah seri ASTM – A36 termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena memiliki unsur karbon dibawah 0,3 %. Dalam dunia industri penggunaan material jenis ini biasa digunakan untuk pembuatan struktur. Berdasarkan ASTM baja material jenis ini memiliki *tensile strength* sebagai berikut :

**Tabel 2.1 *Tensile Strength* Baja Karbon Rendah Seri A36**

<i>Plates, Shape, and Bar</i>	
<i>Tensile Strength, ksi (MPa)</i>	58 – 80 (400-550)
<i>Yield Points</i>	36 (250)

Baja karbon rendah tipe ASTM A36 memiliki komposisi sebagai berikut :

**Tabel 2.2 Komposisi ASTM A36**

Besi (Fe)	98.7 %
Karbon (C)	0,135 %
Silikon (Si)	0,270 %
Mangan (Mn)	0,674 %
Fosfor (P)	0,018 %
Sulfur (S)	0,005 %

## 2.7 Perlakuan Panas

Perlakuan panas (*Heat Treatment*) adalah proses untuk memperbaiki sifat-sifat dari logam dengan jalan memanaskan coran sampai temperatur yang cocok, lalu dibiarkan beberapa waktu pada temperatur itu, kemudian didinginkan ke temperature yang sesuai dengan kecepatan yang sesuai<sup>20</sup>. *Heat Treatment* hanya bisa dilakukan pada logam campuran yang pada temperature kamar memiliki struktur mikro 2 fasa atau lebih<sup>21</sup>.

Proses perlakuan panas memiliki bermacam metode yang digunakan, tergantung pada sifat mekanis yang dibutuhkan. Adapun perlakuan panas pada baja karbon adalah sebagai berikut.

### 2.7.1 Tempering

Proses tempering adalah pemanasan baja sampai temperatur sedikit dibawah suhu kritis, kemudian didiamkan didalam tungku dan suhunya dipertahankan

<sup>20</sup> Daryanto, Proses Pengolahan Besi dan Baja (Ilmu Logam), (Bandung : PT. Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, 2010) Hal. 237

<sup>21</sup> ibid

sampai merata selama 15 menit.<sup>22</sup>. Proses perlakuan panas ini bertujuan untuk menurunkan kekerasan dan kekuatan tarik akan menurun, agar ketangguhan dan keuletan pada baja akan meningkat.

### ***2.7.2 Annealing***

Proses *annealing* atau pelunakan baja adalah proses pemanasan baja diatas suhu kritis ( $723^{\circ}\text{C}$ ) selanjutnya dibiarkan beberapa lama sampai temperatur merata disusul dengan pendinginan secara perlahan sambil dijaga agar temperatur bagian luar dan dalam sama hingga diperoleh struktur yang diinginkan dengan media pendinginan udara<sup>23</sup>.

Proses perlakuan panas ini bertujuan untuk :

1. Melunakan material logam
2. Menghilangkan tegangan sisa
3. Memperbaiki butir logam

### ***2.7.3 Normalizing***

*Normalizing* adalah suatu proses pemanasan logam hingga mencapai fasa austenite yang kemudian didinginkan secara perlahan dengan suhu udara<sup>24</sup>. Proses perlakuan panas ini dilakukan untuk mendapatkan butir struktur mikro yang seragam.

### ***2.7.4 Quenching***

*Quenching* adalah suatu proses pemanasan logam sehingga mencapai batas

---

<sup>22</sup> Ibid, Hal. 239

<sup>23</sup> Ibid, Hal. 238

<sup>24</sup> Ibid, Hal. 239

austenit yang homogen, kemudian secara cepat baja tersebut didinginkan ke media pendinginan, tergantung kecepatan pendinginan yang digunakan untuk mendapatkan kekerasan yang diinginkan.

Pada waktu pendinginan yang cepat pada fasa austenit tidak sempat berubah menjadi ferit atau perlit karena tidak ada kesempatan bagi atom-atom karbon yang telah larut dalam austenit untuk mengadakan pergerakan difusi dan bentuk sementit karena itu terbentuk fasa martensit<sup>25</sup>. Karena mikrostruktur yang terbentuk dalam fasa martensit, maka perlakuan panas ini bertujuan untuk meningkatkan nilai kekerasan pada baja.

## **2.8 Media *Quenching***

Media yang digunakan dalam pendinginan *quenching* ada beberapa macam, media pendingina akan mempengaruhi kecepatan pendinginan ketika proses *quenching*. Adapun media yang digunakan dalam proses *quenching* adalah sebagai berikut.

### **2.8.1 Air**

Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat dibandingkan dengan minyak (oli) karena air dapat menyerap panas yang akan menyebabkan penurunan suhu. Kemampuan penyerapan pada air lebih cepat 10 kali lipat dibandingkan minyak<sup>26</sup>. Pendinginan menggunakan air menyebabkan tegangan dalam, distorsi, dan retak<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup> Ibid, Hal. 238

<sup>26</sup> <http://digilib.unila.ac.id/84/8/BAB%20II.pdf>, Diakses pada tanggal 28 Februari 2017, Pukul 19.05

<sup>27</sup> Ibid, Diakses pada tanggal 28 Februari 2017, Pukul 19.05

### 2.8.2 Minyak

Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah yang dapat memberikan lapisan karbon pada kulit (permukaan) benda kerja yang diolah<sup>28</sup>. Viskositas dan bahan dasar oli berpengaruh dalam proses pendinginan. Oli yang mempunyai viskositas lebih rendah memiliki kemampuan penyerapan panas lebih baik dibandingkan dengan oli yang mempunyai viskositas lebih tinggi karena penyerapan panas akan lebih lambat<sup>29</sup>.

### 2.8.3 Garam

Garam digunakan untuk media pendinginan karena memiliki sifat mendinginkan temperature yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan mengikat zat arang<sup>30</sup>.

## 2.9 Kekerasan Material

Kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk tahan terhadap goresan, pengikisan (abrasi), penetrasi<sup>31</sup>.sifat ini berkaitan dengan erat dengan sifat keausan, dimana kekerasan memiliki korelasi dengan kekuatan. Kekerasan maksimum bisa didapat bila bentuk struktur mikro berbentuk 100% martensit.

Kandungan karbon juga mempengaruhi kekerasan pada baja. Adapun grafik korelasi antara kandungan karbon dan kekerasan dapat dilihat dari gambar dibawah.

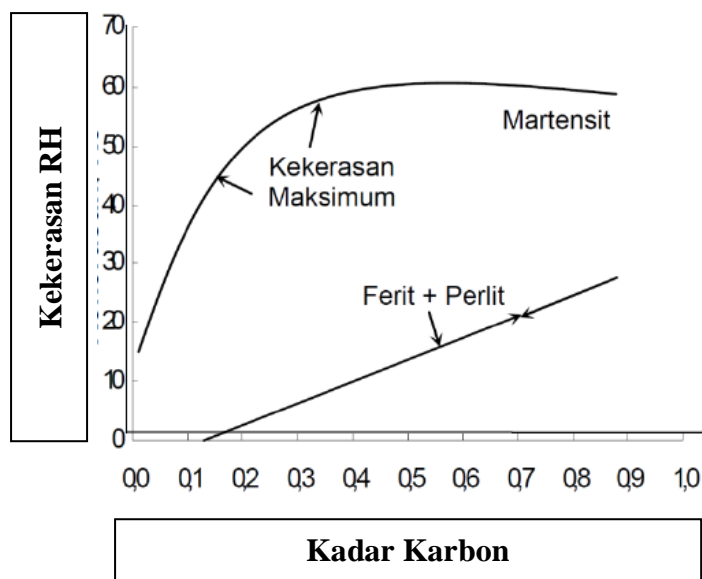
---

<sup>28</sup> Ibid, Diakses pada tanggal 28 Februari 2017, Pukul 19.05

<sup>29</sup> Ibid, Diakses pada tanggal 28 Februari 2017, Pukul 19.05

<sup>30</sup> Ibid, Diakses pada tanggal 28 Februari 2017, Pukul 19.05

<sup>31</sup> Daryanto, Proses Pengolahan Besi dan Baja (Ilmu Logam), (Bandung : PT. Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, 2010) Hal. 7



**Gambar 2.12 Korelasi Kadar Karbon dengan Kekerasan<sup>32</sup>**

### 2.10 Elektroda ER70S-6

Elektroda ER70S-6 adalah elektroda jenis batangan (*Rod*). Memiliki kekuatan tarik sebesar 70,000 psi. Berdasarkan AWS A5.18 93 elektroda memiliki spesifikasi sebagai berikut :

**Tabel 2.3 Spesifikasi ER70S-6**

	Shield Gas	Tensile Strength (minimum)		Yield Strength (minimum)		Elongation Percent (minimum)
		psi	MPa	psi	MPa	
ER70S-6	CO <sub>2</sub>	70.000	480	58.000	400	22

Elektroda ER70S-6 adalah elektroda yang tergolong cocok untuk

<sup>32</sup> <http://digilib.unila.ac.id/84/8/BAB%20II.pdf>, Diakses pada tanggal 28 Februari 2017, Pukul 19.05

pengelasan yang menggunakan baja karbon rendah sebagai bahan dasar. Karena memiliki komposisi karbon sebesar 0.06 sampai 0.15.

Berdasarkan AWS A5.18 93 komposisi pada elektroda ER70S-6 adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.4 Komposisi ER70S-6<sup>33</sup>**

	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu	Ti	Zr	Al
ER70S-6	0.06 to 0.15	1.40 to 1.85	0.80 to 1.15	0.025	0.035	-	-	-	-	0.50	-	-	-

## 2.11 Uji Kekerasan

Uji kekerasan adalah sebuah pengujian yang bertujuan untuk melihat nilai kekerasan pada benda yang akan diuji. Dengan mengetahui nilai kekerasan pada material tersebut kita dapat memilih yang paling sesuai dengan kebutuhan untuk pengaplikasian material tersebut.

Adapun beberapa metode yang digunakan untuk melihat nilai kekerasan adalah sebagai berikut.

### 2.11.1 Uji Kekerasan *Vickers*

Prinsip kerja pada pengujian *Vickers* berdasarkan SNI 19-0409-1989 adalah permukaan benda uji ditekan dengan penetrator yang terbuat dari intan berbentuk pyramid. Penekanan dilakukan dengan beban dan waktu pembebanan tertentu. setelah beban diangkat akan memperlihatkan penetrasi berbentuk bujur sangkar.

<sup>33</sup> D. A. Fink, Chair, *Specificatio for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Metal Arc Welding*, (Florida : AWS, 2005), hal. 2

Selanjutnya diagonal bujur sangkar tersebut untuk menentukan dasar perhitungan nilai *Vickers*.



**Gambar 2.13 Mesin Uji Vickers**

Berikut ini adalah rumus dalam perhitungan uji kekerasan metode *Vickers* berdasarkan SNI 19-0409-1989.

$$HV = \frac{2 F \sin \alpha/2}{d^3} \dots\dots\dots(2.1)^{34}$$

Dimana :

HV = *Hardness Vickers* (kgf/mm<sup>2</sup>)

F = Beban tekanan (kgf)

$\alpha$  = sudut puncak piramid intan (136°)

d = Diagonal penetrasi (mm)

### 2.11.2 Uji Kekerasan Brinell

Pengujian Brinell diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan

---

<sup>34</sup> SNI, Cara Uji Keras Vickers, (Jakarta : BSN, 1989) hal. 4

yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf<sup>35</sup>. Bola indentor biasanya telah dikeraskan ataupun terbuat dari karbida tungsten.

Prinsip kerja pengujian ini adalah benda yang akan diuji ditekan dengan indentor selama 30 detik, kemudian penetrasi yang dihasilkan oleh penekanan tersebut dilihat dengan mikroskop optik<sup>36</sup>

Adapun rumus yang digunakan untuk metode brinell adalah sebagai berikut.

$$BH = \frac{2P}{\pi D \left[ D - \sqrt{D^2 - d^2} \right]} \dots \dots \dots (2.2)^{37}$$

Dimana :

BH = *Brinell Hardness* (BH)

P = Beban yang digunakan (Kgf)

D = Diameter indentor yang digunakan (mm)

d = Diameter penetrasi (mm)

### 2.11.3 Uji Kekerasan Rockwell

Pada pengujian Rockwell, pengujian dilakukan oleh mesin secara langsung, dan mesin langsung menunjukkan nilai kekerasan benda yang diuji. Cara ini lebih praktis dan lebih akurat dibanding pengujian kekerasan yang lain.

Berdasarkan ASTM E18-16 tabel spesifikasi indentor yang digunakan untuk pengujian Rockwell adalah sebagai berikut.

<sup>35</sup> <http://novotest.id/metode-pengujian-brinnell-vickers/>, Diakses pada tanggal 28 Februari 2017, Pukul 10.05

<sup>36</sup> Ibid, Diakses pada tanggal 28 Februari 2017, Pukul 10.05

<sup>37</sup> <https://indo-digital.com/metode-pengujian-kekerasan.html>, Diakses pada tanggal 28 Februari 2017, Pada pukul 10.06

Scale Symbol	Indenter	Total Test Force, kgf	Dial Figures	Typical Applications of Scales
B	1/16-in. (1.588-mm) ball	100	red	Copper alloys, soft steels, aluminum alloys, malleable iron, etc.
C	diamond	150	black	
A	diamond	60	black	Steel, hard cast irons, pearlitic malleable iron, titanium, deep case hardened steel, and other materials harder than B100.
D	diamond	100	black	
E	1/8-in. (3.175-mm) ball	100	red	Cemented carbides, thin steel, and shallow case-hardened steel.
F	1/16-in. (1.588-mm) ball	60	red	
G	1/16-in. (1.588-mm) ball	150	red	Thin steel and medium case hardened steel, and pearlitic malleable iron.
H	1/8-in. (3.175-mm) ball	60	red	
K	1/8-in. (3.175-mm) ball	150	red	Cast iron, aluminum and magnesium alloys, bearing metals.
L	1/4-in. (6.350-mm) ball	60	red	
M	1/4-in. (6.350-mm) ball	100	red	Annealed copper alloys, thin soft sheet metals.
P	1/4-in. (6.350-mm) ball	150	red	
R	1/2-in. (12.70-mm) ball	60	red	Malleable irons, copper-nickel-zinc and cupro-nickel alloys. Upper limit G92 to avoid possible flattening of ball.
S	1/2-in. (12.70-mm) ball	100	red	
V	1/2-in. (12.70-mm) ball	150	red	
				Aluminum, zinc, lead.
				Bearing metals and other very soft or thin materials. Use smallest ball and heaviest load that does not give anvil effect.

**Gambar 2.14 Tabel Spesifikasi Indentor Berdasarkan ASTM E18-16**

## 2.12 Uji Mikrostruktur

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui suatu fisik logam yang nampak pada bagian luar dan untuk mengetahui susunan fasa pada benda uji dan specimen. Standar pengujian yang digunakan dalam pengujian ini terdiri dari ASTM E3 yang menjelaskan tentang tahap preparasi pada pengujian mikrostruktur, ASTM E7 sebagai standar yang digunakan dalam proses sebelum dilakukan pengambilan gambar specimen. Adapun tahapan-tahapan dalam preparasi dalam pengujian adalah sebagai berikut :

### 2.12.1 Sectioning

*Sectioning* adalah tahapan dimana pemotongan material yang akan diuji. Ketika proses pemotongan berlangsung, material yang akan dipotong harus memiliki suhu yang stabil, agar tidak berubahnya fasa pada material tersebut. Pada ASTM E3, bahan yang digunakan untuk memotong adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.5 Tabel Bahan Potong**

HV	Material	Abrasive
Up to 300	Non-Ferrous (Al, Cu)	SiC
Up to 400	Non- Ferrous (Ti)	SiC
Up to 400	Soft Ferrous	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Up to 500	Medium Soft Ferrous	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Up to 600	Medium Hard Ferrous	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Up to 700	Very Hard Ferrous	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Up to 800	Extremely Hard Ferrous	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	More Brittle Ceramics	Diamond
	Tougher Ceramics	Diamond

### 2.12.2 Mounting

Setelah bahan material dipotong, proses *mounting* sangat diperlukan untuk memudahkan memegang material yang akan diuji. Berdasarkan ASM Handbook Vol-099 *Mounting* adalah proses pembungkusan material dengan bahan polymer.

### 2.12.3 Grinding

*Grinding* adalah tahapan dimana permukaan material yang akan diuji di kikis secara bertahap. Bahan abrasive yang digunakan adalah Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.



**Gambar 2.15 Mesin *Grinding* Metalografi<sup>38</sup>**

#### **2.12.4 *Polishing***

Proses *polishing* pada dasarnya sama dengan proses *grinding*. Pada proses ini bahan abrasif yang digunakan berbentuk pasta. *Polishing* menggunakan bahan beludru. Bahan absarsif berbentuk pasta yang sering ditemukan adalah autosol.



**Gambar 2.16 Bahan Abrasif berbentuk pasta (autosol)<sup>39</sup>**

#### **2.12.5 *Etching***

Proses ini adalah proses untuk meningkatkan kontras pada permukaan yang akan diuji, agar terlihat fasa yang terjadi di benda uji. Berdasarkan ASTM E407

<sup>38</sup> <http://g03.s.alicdn.com/kf/HTB1CduKGFXXXXXJXFXXq6xXFXXu/202065921/HTB1CduKGFXXXXXJXFXXq6xXFXXu.jpg>, Diakses Pada Tanggal 26 Februari 2017. Pukul 20.23

<sup>39</sup> <http://otosite.net/cara-menggunakan-autosol/>. Diakses Pada Tanggal 26 Februari 2017. Pukul 20.25

model 74 untuk bahan etsa yang cocok untuk material Fe + C adalah nital dengan komposisi 2cc HNO<sub>3</sub> + 98cc Ethyl Alcohol.