



NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



## PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PENGELASAN BAJA S45C MENGUNAKAN METODE PENGELASAN GAS METAL ARC WELDING TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

**Rachmadani<sup>1</sup>, Suharno<sup>1</sup>, Herman Saputro<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, UNS.

Kampus V UNS Pabelan Jl. Ahmad Yani Nomor 200, Surakarta, Telp/Fax 0271 718419

e-mail: [rachmadanisoluna@gmail.com](mailto:rachmadanisoluna@gmail.com)

### *Abstract*

*This study aims to determine the effect of cooling media on microstructure and hardness values on alloy steel S45C using the welding method of Gas metal arc welding (GMAW). This research is using an experimental method. The data analysis technique used is descriptive comparative. The tool used for microstructure testing is Olympus Metallurgical Microscope and hardness test using the Vickers Hardness Tester. Based on the results of the study, it can be concluded that the results of the microstructure show an increase in the structure of pearlite after welding. In raw material, ferrite structures are seen evenly but in the welding results, GMAW which has cooled by using water, air, and oil cooling media show that ferrite is reduced in each specimen, so the pearlite structure dominates. The values of hardness and microstructure in the welding results using water, oil and aircooling media show differences in the level of hardness and microstructure. Specimens with water cooling media at the Heat Affected Zone (HAZ) test point have a higher hardness level of 315.4 VHN when compared to specimens using an oil cooling medium of 268.7 VHN and air conditioning media of 177.4 VHN. Specimens with water cooling media the microstructure in the Heat Affected Zone (HAZ) section showed more pearlite which was evenly distributed compared to specimens using other cooling media, or it could be concluded that the further away from the Las area and HAZ the smaller the pearlite content. This study shows that welding using variations in cooling media changes the microstructure and influences the hardness value of the S45C steel alloy*

**Keywords:** *Welding Gas metal arc welding (GMAW), S45C Steel alloys, microstructure, hardness.*

### **A. PENDAHULUAN.**

Penggunaan bahan logam di setiap jenis peralatan yang digunakan pada kehidupan manusia merupakan

bukti pesatnya perkembangan sains dan teknologi di bidang industri logam. Pemanfaatan logam dalam setiap komponen mesin dan

konstruksi bangunan tidak harus semuanya sama, namun harus disesuaikan dengan sifat, kekuatan dan penggunaan. Logam masih membutuhkan proses pengolahan, baik terhadap dimensi maupun sifat-sifat dasar yang dimilikinya dengan berbagai metode dan cara pengolahan serta pengerjaannya, agar diperoleh kondisi bahan dan komponen yang dianggap memiliki kemampuan sifat yang diinginkan pada aplikasinya.

Sifat bahan yang dimaksud adalah sifat fisis dan sifat mekanis. Sifat fisis mencakup kondisi fisik, komposisi dan struktur mikro. Sifat mekanis mencakup kekuatan tarik, modulus elastisitas, kemampuan muai, kekuatan tekan, kekeuatan torsi, kekerasan, keuletan, kegetasan dan kehandalan. Baja didefinisikan sebagai suatu campuran antara besi dan karbon, dimana unsur karbon (C) menjadi dasar pencampurannya dengan kandungan 0,1 s.d. 1,7 % serta mengandung unsur campuran lainnya seperti Sulfur (S), Fosfor (P), Silicon (Si) dan Mangan (Mn) yang kuantitasnya dibatasi. Berdasarkan jumlah kandungan karbonnya, baja karbon terdiri atas tiga macam, yaitu baja karbon rendah dengan

kandungan karbon kurang dari 0,3%, baja karbon sedang dengan kandungan karbon 0,3 s.d 0,6% dan baja karbon tinggi dengan kandungan karbon 0,6 s.d 1,5% (Amanto dan Daryanto, 1999). Baja karbon banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, alat alat pertanian, komponen-komponen otomotif dan kebutuhan rumah tangga. Akibat dari pemakaian, menyebabkan struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan-tegangan gesek sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk. Usaha menjaga agar logam lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan cara perlakuan panas pada baja (Fariadhie, 2012). Baja merupakan salah satu jenis logam yang memiliki sifat mampu las dan mampu mesin yang baik, karena sifat tersebut baja banyak digunakan di dunia industri. Pada penggunaannya, baja karbon sering digunakan sebagai material dalam proses pengelasan. Berdasarkan definisi dari Duetch Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Definisi tersebut dapat

dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Wirjosumarto & Okumura 2000).

Kualitas pengelasan yang baik tentunya diperlukan suatu metode pengelasan yang sesuai. Salah satunya adalah metode pengelasan GMAW (*Gas metal arc welding*). Pengelasan GMAW merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dan elektroda sebagai bahan tambahannya. Pengelasan GMAW banyak digunakan, karena proses pengelasan ini disamping menghasilkan sambungan yang kuat juga mudah untuk digunakan (Setiawan, 2016).

Meskipun pengelasan sangat berguna pada aplikasi baja karbon, pada dasarnya proses pengelasan menyebabkan menurunnya tingkat ketahanan korosi pada suatu logam, ini disebabkan karena pemanasan pada saat pengelasan terjadi hanya pada daerah yang akan dilas saja atau disebut pemanasan lokal, akibat pemanasan lokal dengan temperatur yang tinggi menyebabkan logam mengalami ekspansi termal.

Sehingga, menyebabkan adanya tegangan sisa yang memicu terjadinya korosi.

Salah satu cara untuk memperbaiki sifat dan mekanis suatu bahan ialah melalui perlakuan panas (*heat treatment*). Secara umum heat treatment bisa dilakukan dengan banyak cara, misalnya saja pemanasan sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu dan mempertahankannya (*holding time*) untuk waktu tertentu sehingga temperturnya merata, lalu didinginkan dengan media pendingin (proses *quenching*). Salah satu jenis media *quenching* adalah minyak. Jenis fluida minyak yang dapat digunakan sebagai media *quenching* adalah oli dan solar.

Penggunaan pelumas oli dan solar sebagai media pendingin dalam proses perlakuan panas akan menyebabkan timbulnya lapisan karbon pada bagian permukaan sampel yang akan mempengaruhi sifat mekanis sampel. Baja yang dihasilkan setelah *quenching* tidak baik digunakan karena bersifat rapuh sehingga perlu dilakukan pemanasan lanjut. Perlakuan yang dapat dilakukan untuk meminimalkan

adanya cacat tersebut diantaranya adalah dengan pemilihan filler yang tepat dan perlakuan *quenching* pascapengelasan. Namun, dari proses *quenching* tersebut seringkali terjadi *cracking*, distorsi dan ketidakseragaman kekerasan yang diakibatkan oleh tidak seragamnya larutan pendingin (Bates & Clinton, 1993).

Proses *quenching* adalah proses perlakuan panas dimana baja mengalami pemanasan secara perlahan disusul dengan pendinginan secara cepat, seperti pada annealing, ada dua macam *quenching*, yakni *quenching* isothermal dan *quenching* isokronal. *Quenching* isothermal jika *quenching* dilakukan pada temperature yang sama sedangkan waktunya berubah-ubah. *Quenching* isokronal adalah *quenching* yang dilakukan pada temperatur yang berubah-ubah tapi waktunya tetap (Van Vlack, 1983).

Semakin tinggi densitas suatu media pendingin, maka semakin cepat proses pendinginan oleh media pendingin tersebut. Media yang memiliki densitas tinggi akan memberikan daya pendinginan yang cepat sehingga dapat mengakibatkan

spesimen menjadi getas. Waktu tahan terlalu pendek akan menghasilkan kekerasan yang rendah hal ini disebabkan tidak cukupnya jumlah karbida yang larut dalam larutan, sedangkan apabila waktu penahanan yang diberikan terlalu lama, transformasi terjadi namun diikuti dengan pertumbuhan butir yang dapat menurunkan ketangguhan (Thelning, 1984).

## **B. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium teknik dengan penekanan pada karakteristik mekanik (kekerasan) dan fisis (struktur mikro) bahan uji (Baja S45C) menggunakan metode pengelasan GMAW (*Gas metal arc welding*). Rancangan penelitian ini yaitu dengan cara menguji dan membandingkan antara benda uji (spesimen) dengan variasi media *quenching* (pendingin) untuk mengetahui tingkat kekerasan dan struktur mikro. Media *quenching* yang digunakan yaitu: air, udara dan oli. Sedangkan media pengujian yang digunakan: pengujian kekerasan dengan metode pengujian Vickers,

dan pengamatan struktur mikro menggunakan alat Olympus PME (*Metallurgical Microscope with Inverted*).

### Identifikasi Variabel

Dalam penelitian ini terdapat 3 variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

#### a. Variabel Bebas

Variabel bebas penelitian ini adalah variasi media *quenching* yaitu air, oli dan udara.

#### b. Variabel Terikat

Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah kekerasan dan struktur mikro paduan Baja S45C.

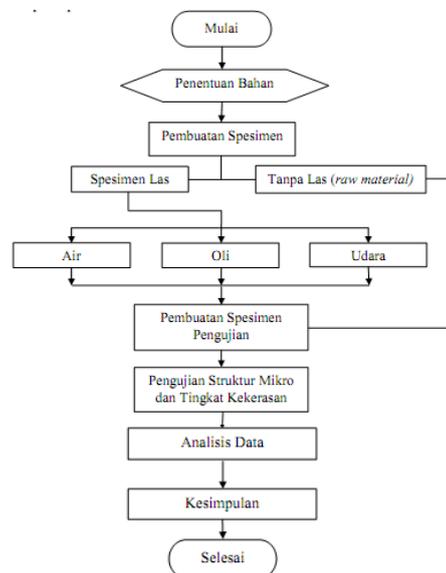
#### c. Variabel Kontrol

Dalam penelitian ini variabel kontrolnya adalah:

- 1) Baja yang digunakan adalah paduan Baja S45C.
- 2) Arah pengelasan ke kanan
- 3) Posisi pengelasan bawah tangan.
- 4) Mesin uji kekerasan digunakan Vickers.
- 5) Las GMAW
- 6) Mesin uji komposisi kimia menggunakan spectrometer Metal Scan.

### Sumber Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu dengan metode observasi, dokumentasi, dan eksperimen langsung. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan metode yang dengan sengaja dan secara sistematis mengadakan perlakuan atau tindakan pengamatan terhadap suatu variabel.



Gambar 1. Alur Penelitian

### Pengujian struktur mikro

Spesimen benda uji yang telah diproses dengan diampelas dari nomor seri kasar sampai halus dan dipoles menggunakan autosol maka dilanjutkan dengan pengujian foto struktur mikro, adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a. Menyiapkan larutan etsa berupa nitrid acid (HNO<sub>3</sub>) 2.5 ml, HF 1.5ml, HCl 1.5 ml dan 0.5 ml aquades selama 5 – 10 detik.
- b. Spesimen benda uji dibilas menggunakan sabun colek dan air yang mengalir.
- c. Meletakkan spesimen benda uji pada landasan mikroskop optik, mengaktifkan mesin, dan mendekatkan lensa pembesar untuk melihat permukaan spesimen. Pengambilan foto struktur mikro dengan perbesaran 100x. Apabila hasil kurang jelas atau kabur, maka fokuskan lensa agar terlihat dengan jelas.
- d. Sebelum mengambil gambar, film dipasang pada kamera yang telah disetel sedemikian rupa dengan menggunakan film asa 200. Usahakan pada saat pengambilan foto tidak ada hal apapun yang membuat mikroskop optik bergerak, karena apabila mikroskop optik bergerak akan mempengaruhi hasilnya.

#### **Pengujian kekerasan Vickers**

Spesimen yang telah difoto mikro, selanjutnya digunakan untuk pengujian kekerasan. Langkah-

langkah dalam pengujian kekerasan yaitu sebagai berikut:

- a. Memasang indentor piramida intan. Penekanan piramida intan 1360 dipasang pada tempat indentor mesin uji, kencangkan secukupnya agar penekanan intan tidak jatuh.
- b. Menyiapkan spesimen uji.
- c. Meletakkan benda uji diatas landasan.
- d. Menentukan beban pembebanan utama.
- e. Menentukan titik yang akan diuji.
- f. Menekan tombol indentor.

#### **Pengujian Komposisi Kimia**

Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui jumlah kandungan unsur-unsur dalam campuran logam yang terdapat pada spesimen aluminium. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan mesin spectrometer.

Setelah spesimen uji komposisi kimia dan alat uji telah siap kemudian dilakukan pengujian dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Meletakkan benda uji pada mesin uji spectrometer.
- b. Memastikan spesimen tepat dan tidak bergeser.

c. Melakukan penembakan agar terjadi radiasi oleh gas argon, setelah beberapa saat hasilnya dapat langsung terbaca.

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro spesimen baja S45C menggunakan mesin Metallurgical Microscope with Inverted (Olympus PME). Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur mikro dalam bentuk gambar/foto dari spesimen baja S45C sebelum dilas dan setelah dilas. Foto struktur mikro diambil pada daerah raw material, daerah las (weld), daerah HAZ (Heat Affection Zone) dan daerah induk (base) dengan perbesaran 200x.



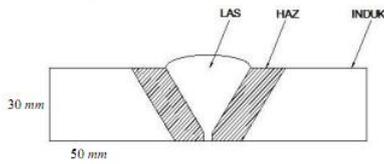
Gambar 2. Foto Mikro Spesimen Baja S45C dengan Perbesaran 200x



Gambar 3. Foto Struktur Mikro Spesimen Baja S45C Hasil Pengelasan GMAW dengan Perbesaran 200x

#### Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan spesimen baja S45C menggunakan mesin uji kekerasan Vickers. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai kekerasan spesimen baja S45C sebelum dilas (*raw material*) dengan spesimen baja S45C yang telah dilas dengan variasi media pendingin (air, oli dan udara). Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen baja S45C setelah dilas meliputi daerah las (*weld*), daerah HAZ (*Heat Affection Zone*) dan daerah induk (*base*).



Gambar 4. Spesimen Uji Kekerasan

Pada saat pengujian diperoleh dua diagonal pada setiap titik, kemudian kedua diagonal tersebut dihitung nilai rata-ratanya untuk mendapatkan nilai rata-rata diagonal injakan indenter. Setelah diperoleh diagonal rata-rata injakan indenter data tersebut digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan pada masing-masing titik spesimen uji. Nilai kekerasan dari masing-masing variabel dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan Spesimen Baja S45C (Raw Material)

No	Spesimen	d1 (mm)	d2 (mm)	d rata-rata (mm)	Nilai Kekerasan (VHN)
1	S45C	0.59	0.54	0.565	174.3
2		0.54	0.58	0.560	177.4
3		0.55	0.57	0.560	177.4

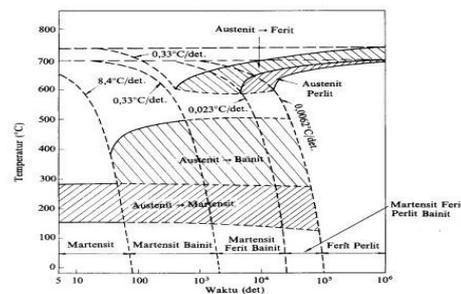
Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan (VHN) Spesimen Baja S45C Hasil Pengelasan GMAW

Daerah	Media Quenching		
	Air	Oli	Udara
Las	165.4	162.6	144.7
	168.3	162.6	142.4
	168.3	162.6	142.4
HAZ	315.4	268.7	177.4
	315.4	262.9	177.4
	315.4	262.9	177.4
Induk	177.3	177.3	177.3
	177.3	177.3	177.3
	177.3	177.3	177.3

### Analisis Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Struktur mikro dari baja pada umumnya tergantung dari kecepatan pendinginannya dari suhu daerah

austenit sampai suhu kamar. Karena perubahan struktur ini maka dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki baja juga akan berubah. Hubungan antara kecepatan pendinginan dan struktur mikro yang terbentuk biasanya digambarkan dalam diagram yang menghubungkan waktu, suhu dan transformasi, diagram tersebut dikenal dengan diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*).



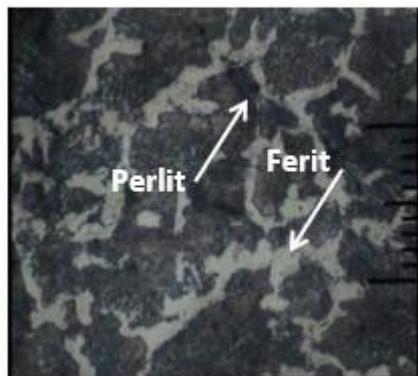
Gambar 5. Diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*) (Wiryosumarto, 2000)

Pada diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*) menunjukkan bahwa waktu yang digunakan untuk dekomposisi austenit telah diteliti secara mendalam sebagai standar penelitian. Garis vertikal sebelah kiri menyatakan perubahan temperatur transformasi sedangkan garis horisontal bagian bawah menyatakan waktu transformasi. Pada suhu rendah dekomposisi austenit lambat karena

laju difusi lambat. Oleh karena itu pemisahan karbon dari ferit menjadi karbida lambat. Pada suhu sedang, nuklasi lebih cepat dan pergerakan atom cukup cepat sehingga dapat terjadi reaksi dengan sempurna. Bila material didinginkan dengan cepat (*quenching*) maka tidak terjadi transformasi ferit dan karbida tetapi dekomposisi langsung membentuk martensit (Van Vlack, 1981). Hal ini sesuai dengan hasil pengujian struktur mikro pada hasil pengelasan spesimen baja S45C setelah mengalami pendinginan cepat (*quenching*).

Berikut ini hasil pengujian struktur mikro spesimen baja S45C:

### 1. Struktur Mikro *Raw Material* Spesimen Baja S45C

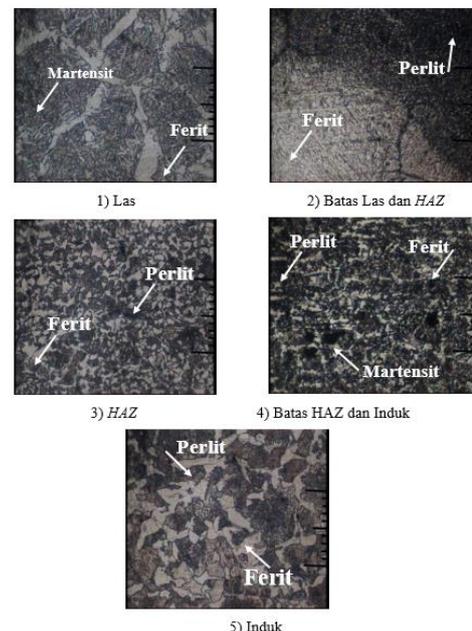


Gambar 6. Struktur Mikro *Raw Material* Spesimen Baja S45C  
Struktur mikro pada *raw material* digunakan sebagai pembanding pada daerah yang mengalami pengaruh suhu atau perlakuan panas seperti

pada proses pengelasan. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa *raw material* baja S45C mengandung ferit dan perlit. Ferit dan perlit pada spesimen tersebut strukturnya masih renggang sehingga mengindikasikan bahwa material tersebut mempunyai kekerasan yang masih rendah.

Gambar tersebut telah mengalami perbesaran 200x dan pengujian dilakukan pada daerah yang paling jelas struktur dan komposisi materialnya.

### 2. Struktur Mikro Spesimen Baja S45C Menggunakan Media Pendingin Air

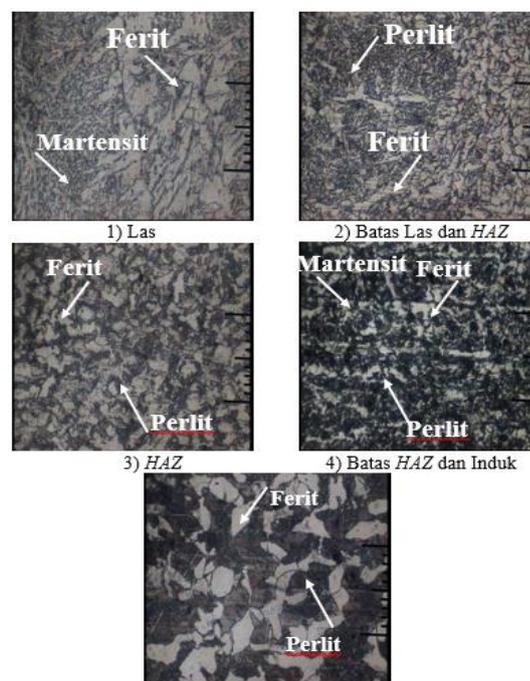


Gambar 7. Struktur Mikro Spesimen Baja S45C Media Pendingin Air  
Gambar diatas menunjukkan struktur mikro pada daerah uji mengandung ferit dan martensit.

Akan tetapi kandungan martensit pada daerah uji lebih banyak dibandingkan ferit. Media air dapat mempercepat terbentuknya struktur martensit karena karakter air yang mudah larut sehingga menyebabkan spesimen cepat mengeras. Hal ini dapat dibuktikan pada diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*) yang menunjukkan bahwa pendinginan secara cepat pada fasa

austenit akan menyebabkan terbentuknya struktur martensit. Air juga mempunyai massa jenis paling tinggi dibandingkan media yang lain yaitu sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$  sehingga mempunyai laju pendinginan paling tinggi dibandingkan media lain.

### 3. Struktur Mikro Spesimen Baja S45C Menggunakan Media Pendingin Oli



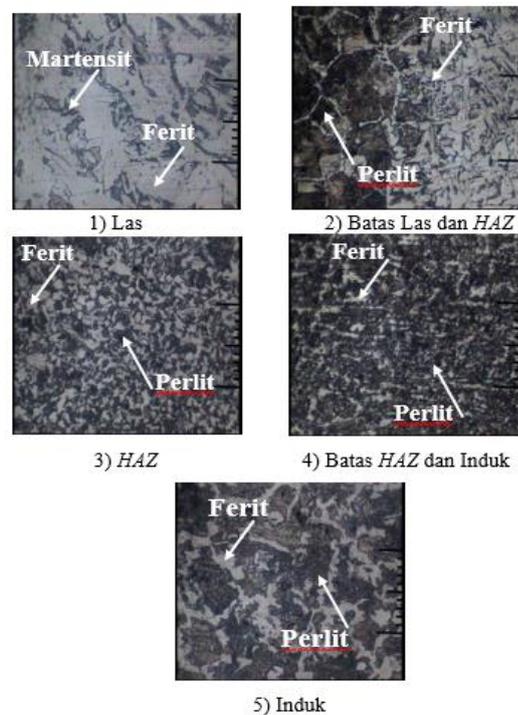
Gambar 8. Struktur Mikro Spesimen BajaS45C Media Pendingin Oli

Gambar 8 menunjukkan struktur mikro pada daerah uji masih mengandung ferit dan martensit. Akan tetapi kandungan ferit masih banyak terutama di daerah las dan induk. Sedangkan kandungan martensit paling banyak di daerah

HAZ. Hal ini disebabkan karena karakteristik oli yang lebih kental daripada air sehingga lebih sulit larut. Laju pendinginan dan pengerasan spesimen lebih lambat sehingga kadar martensit cenderung lama terbentuk. Oli hanya mempunyai massa jenis

800 – 900  $kg/m^3$  sehingga laju pendinginannya lebih lambat daripada air.

#### 4. Struktur Mikro Spesimen Baja S45C Menggunakan Media Pendingin Udara



Gambar 9. Struktur Mikro Spesimen Baja S45C Media Pendingin Udara

Gambar 9 menunjukkan struktur mikro pada daerah uji mengandung ferit dan martensit. Akan tetapi kandungan ferit masih banyak dibandingkan spesimen uji lainnya. Hal ini disebabkan karena karakteristik udara yang lambat dalam proses pendinginan dan pengerasan spesimen sehingga kadar ferit sulit ditekan. Udara juga mempunyai massa jenis paling kecil dibandingkan media pendingin yang lain yaitu 1,2  $kg/m^3$  sehingga laju pendinginannya paling lambat.

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpullkan bahwa proses pengelasan dapat mempengaruhi terbentuknya struktur mikro yang berbeda dengan bahan dasarnya (*raw material*). Hal ini ditunjukkan pada spesimen baja S45C hasil pengelesan dan *quenching* mengandung struktur martensit yang tidak ada pada *raw material*-nya.

Media *quenching* juga mempengaruhi cepat lambatnya terbentuknya martensit pada spesimen baja S45C. Media

*quenching* yang paling optimal dalam mengeraskan logam setelah pengelasan yaitu media air. Struktur martensit pada media air lebih dominan dibanding media pendingin lainnya, sehingga mampu mengeraskan logam lebih baik daripada media pendingin lainnya. Sedangkan media *quenching* yang paling lambat mengeraskan logam setelah pengelasan yaitu media udara. Struktur martensit pada media udara cenderung sedikit dan tidak merata. Sehingga media udara paling lama dalam pengerasan logam setelah pengelasan.

### Analisis Hasil Uji Kekerasan

Uji kekerasan vickers menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah  $136^\circ$ . Pengujian kekerasan dilakukan pada daerah las, HAZ dan induk sesuai dengan jarak diameter yang telah disajikan pada tabel. Diagonal hasil injakan indenter kerucut intan diukur dengan bantuan lensa pembesar (*Linen Tester Lope*).

Pada saat pengujian spesimen uji mengalami penekanan dengan beban

200 gram dalam waktu 5 detik sehingga diperoleh dua diagonal pada setiap titik, kemudian kedua diagonal tersebut dihitung nilai rata-ratanya untuk mendapatkan nilai rata-rata diagonal injakan indenter. Setelah diperoleh diagonal rata-rata injakan indenter data tersebut digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan pada masing-masing titik spesimen uji. Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai kekerasan spesimen yaitu:

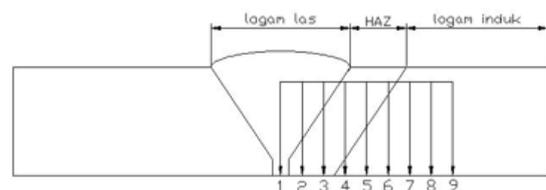
$$VHN = \frac{\text{beban}}{\text{luas penekanan}} = 1,854$$

$$\frac{P}{d^2}$$

Dimana:

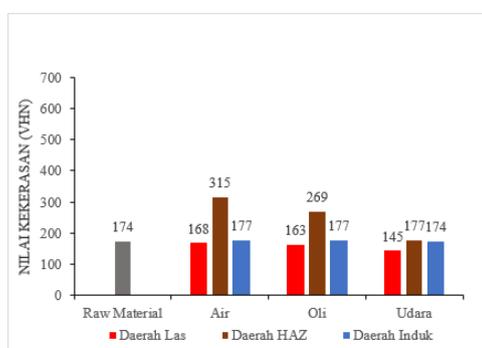
- P = beban yang digunakan (*kgf*)
- d1 = diagonal arah vertikal (mm)
- d2 = diagonal arah horizontal (mm)
- d = diagonal rata-rata (*mm*)

Berikut ini hasil pengolahan data nilai kekerasan spesimen Baja S45C:



Gambar 10. Titik Pengujian Kekerasan Vickers

Gambar diatas menunjukkan titik/lokasi pengujian kekerasan *Vickers* spesimen baja S45C hasil pengelasan GMAW dan *quenching*. Terdapat 9 titik pengujian dan 3 daerah uji. Tiap daerah uji diambil 3 titik untuk menghitung nilai rata-rata kekerasan daerah uji. Lokasi titik pengujian dapat dilakukan di semua daerah selama masih dalam batas daerah uji. Sedangkan jarak antar titik pengujian berada dalam kisaran 1,5 – 2 mm. Hasil dari pengujian 9 titik tersebut dicatat kemudian diambil nilai rata-rata pada setiap daerah uji. Berikut ini grafik dan diagram data nilai kekerasan spesimen baja S45C:



Gambar 11. Grafik Nilai Kekerasan Spesimen Baja S45C

Nilai kekerasan *raw material* spesimen baja S45C pada semua titik sama yaitu 177 VHN. Nilai kekerasan pada daerah las dengan media pendingin air sebesar 168 VHN, turun 5% dibandingkan nilai kekerasan *raw*

*material*. Nilai kekerasan pada daerah HAZ sebesar 315 VHN, naik 113% dibandingkan nilai kekerasan *raw material*. Sedangkan nilai kekerasan pada daerah induk sebesar 177 VHN.

Nilai kekerasan pada daerah las media pendingin oli sebesar 163 VHN, turun 8% dibandingkan nilai kekerasan *raw material*. Nilai kekerasan pada daerah HAZ sebesar 269 VHN, naik 52% dibandingkan nilai kekerasan *raw material*. Sedangkan nilai kekerasan pada daerah induk sebesar 177 VHN, sama dengan nilai kekerasan *raw material*.

Nilai kekerasan pada daerah las dengan media pendingin udara sebesar 145 VHN, turun 18% dibandingkan nilai kekerasan *raw material*. Nilai kekerasan pada daerah HAZ sebesar 177 VHN, tidak berubah dibandingkan nilai kekerasan *raw material*. Sedangkan nilai kekerasan pada daerah induk sebesar 174 VHN, turun 2% dibandingkan nilai kekerasan *raw material*.

Dari hasil analisis data diatas dapat disimpulkan bahwa spesimen media pendingin air memiliki rata-rata nilai kekerasan paling tinggi dibandingkan media pendingin yang lain. Sedangkan spesimen media

pendingin udara memiliki rata-rata nilai kekerasan yang paling rendah dibandingkan media pendingin yang lain.

Nilai kekerasan pada daerah las dan HAZ mengalami peningkatan terutama di daerah HAZ, hal ini menyebabkan spesimen pada daerah HAZ menjadi sangat keras namun getas. Sedangkan daerah induk tidak terlalu mengalami peningkatan nilai kekerasan karena daerah tersebut jauh dari efek pemanasan dan pendinginan pada saat proses pengelasan.

Hal ini didukung pada uji struktur mikro bahwa daerah HAZ mengandung kadar martensit paling tinggi dibandingkan daerah lainnya. Sedangkan daerah induk mengandung kadar martensit paling rendah dibandingkan daerah lainnya. Oleh sebab itu, untuk menghasilkan material yang keras disarankan menggunakan media pendingin air sebagai media *quenching*.

#### **D. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh media pendingin pada pengelasan baja S45C dengan metode pengelasan GMAW, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh media pendingin terhadap struktur mikro hasil pengelasan GMAW baja S45C menggunakan media air, oli dan udara. Media pendingin mampu mengubah struktur mikro dari spesimen baja S45C. Hal ini dibuktikan pada hasil pengujian bahwa struktur mikro spesimen baja S45C tanpa pengelasan (*raw material*) hanya terdapat struktur ferit dan perlit sedangkan struktur mikro spesimen baja S45C hasil pengelasan GMAW terdapat struktur martensit. Semakin banyak struktur martensit menjadikan logam semakin keras. Semakin cepat laju pendinginan, maka struktur martensit akan lebih cepat terbentuk.
2. Terdapat pengaruh media pendingin terhadap kekerasan hasil pengelasan GMAW baja S45C menggunakan media air, oli dan udara. Nilai kekerasan pada raw material baja S45C sebesar 177 VHN. Spesimen dengan media air mempunyai nilai kekerasan paling tinggi yaitu 315 VHN, media oli mempunyai nilai kekerasan paling tinggi 269 VHN, media udara mempunyai nilai kekerasan

paling rendah yaitu 142 VHN. Hal ini dipengaruhi oleh densitas pada masing-masing media pendingin dimana air memiliki densitas paling tinggi diantara media lainnya sehingga nilai kekerasan spesimen baja S45C menggunakan media pendingin air menjadi paling tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, H. & Daryanto. (1999). *Ilmu Bahan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Ardiansyah. (2010). *Pengaruh Variasi Pendinginan terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan GMAW Pada Plat Baja ST37*. Skripsi Universitas Muhammadiyah Jember.
- Arifin, Samsul. (1997). *Las Listrik dan Otogen*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Ashby, Michael F. and Jones, David R.H. (1992). *Engineering Materials 2*. Oxford: Pergamon Press.
- De Gamo, P. (1969). *Materials and Processes in Manufacturing*, Mac Millan Company, New York.
- Fariadhie, Jeni. (2012). *Pengaruh Temper dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja S45C*. Jurnal Politeknosains Surakarta, 9 (1), 1-14.
- Kurniawan P.I. (2007). *Perbedaan Nilai Kekerasan pada Proses Double Hardening dengan Media Pendingin Air dan Oli SAE 20 pada Baja Karbon*. Skripsi Universitas Negeri Semarang.
- Pramono, A. (2011). *Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja AISI 1045 Media Quenching untuk Aplikasi Sprocket Rantai*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram, 5 (1).
- Rananggono, D., Mulyadi, Y., & Winarno, GD. (2008). *Studi Kekuatan Mekanik dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan GMAW dengan Variasi Preheat dan Postheat Menggunakan Metode Pendinginan Cepat dan Pendinginan Lambat*. Jurnal Tugas Akhir Institut Teknologi Surabaya.
- Santoso, Joko. (2006). *Pengaruh Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las GMAW dengan Elektroda E7018*. Skripsi Universitas Negeri Semarang.
- Setiawan, Ferry. (2016). *Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V dan Kuat Arus dengan Las Shielded Metal Arc Welding (GMAW) pada Baja A36 terhadap Sifat Mekanik*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Suharto. (1991). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Surdia, T. & Shinroku, S. (1999). *Pengetahuan Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Thelning, K.E. (1984). *Steel and It's Heat Treatment 2nd Editon*. Butterworths. London.
- Totten, GE., Bates, CE., & Clinton, NA. (1993). *Handbook of*

- Quenchant and Quenching Technology.* USA: ASM International.
- Van Vlack, L.H. (1983). *Ilmu dan Teknologi Bahan Edisi Kelima. Terj. Sriati Djaprie.* Jakarta:Erlangga.
- Widharto, Sri. (2003). *Petunjuk Kerja Las.* Jakarta: Pradnya Paramita.
- Wiryosumarto,H. & T, Okumura. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam.* Jakarta: Pradnya Paramita.