

# Pengaruh Temperatur *Quenching* Terhadap Kekerasan Dan Ketangguhan Hasil Pengelasan Baja Keylos 50

Endro Rianto, Suharno, Budi Harjanto

Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, Program Studi Teknik Mesin,  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta  
Email: riantoendro@gmail.com

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur *quenching* terhadap nilai kekerasan dan ketangguhan pada hasil pengelasan baja karbon sedang dengan pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Bahan yang digunakan adalah Keylos 50 yang merupakan baja karbon sedang. Sedangkan elektroda yang digunakan adalah baja karbon rendah yaitu E 7016. Setelah proses pengelasan kurang dari 5 detik setelah pengelasan benda didinginkan cepat dalam air dengan variasi temperatur 5° C- 10° C, 25° C- 30° C dan 70° C- 75° C. Kemudian hasil pengelasan diuji tingkat kekerasan dan ketangguhan. Hasilnya menunjukkan bahwa pendingin air temperatur 5° C- 10° C merupakan yang paling ideal untuk proses *quenching*. Hal ini dikarenakan pada pendingin air 5° C- 10° C didapat kekerasan HAZ tertinggi yaitu 263,65 kg/mm<sup>2</sup> dan nilai ketangguhan impak tertinggi yaitu sebesar 1,597 Joule/mm<sup>2</sup>.

Kata kunci: pengelasan, temperatur *quenching*, kekerasan, ketangguhan.

## ABSTRACT

*The purpose of this study was to determine the effect of quenching temperature on hardness and toughness on the results medium carbon steel welds using shielded metal arc welding (SMAW). The material used is Keylos 50 which is a medium carbon steel. While the electrode used is low carbon steel that is E 7016. After the welding process less than 5 seconds after welding objects rapidly cooled in water with a temperature variation of 5 °C-10 °C, 25 °C-30 °C and 70 °C-75 °C. Then weld tested hardness and toughness. The results showed that the cooling water temperature of 5 °C-10 °C is the most ideal for the quenching process. This is because water cooler at 5 °C-10 °C obtained the highest HAZ hardness is 263.65 kg / mm<sup>2</sup> and the highest value of impact toughness is equal to 1.597 Joule/mm<sup>2</sup>.*

*Keywords: welding, quenching temperature, hardness, toughness.*

## PENDAHULUAN

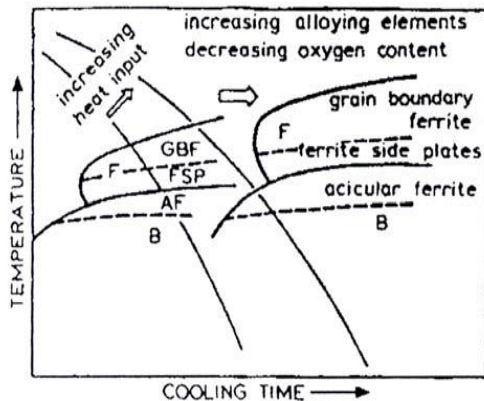
Pembangunan konstruksi dengan logam mengalami kemajuan yang sangat pesat. Pengelasan merupakan pekerjaan yang tidak bisa dipisahkan dalam proses pembangunan konstruksi tersebut. Karena perannya yang semakin penting dalam teknologi produksi, pengelasan telah mengalami berbagai kemajuan teknologi. Sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang tidak dapat dilas dengan cara-cara yang ada pada waktu ini [13]. Kurangnya penanganan pasca pengelasan dapat mengakibatkan kurangnya keamanan pada hasil las. Salah satu cara penanganan pasca pengelasan adalah dengan pendinginan paksa atau *quenching*. Belum adanya standar baku temperatur pendinginan yang digunakan pasca pengelasan menjadi salah satu faktor penyebab banyaknya pengelasan yang mengabaikan temperatur pasca pengelasan. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil pengelasan yang aman diperlukan penelitian lebih lanjut tentang proses pendinginan pasca pengelasan. Salah satu caranya adalah dengan mengetahui temperatur ideal yang dapat digunakan untuk pendinginan.

## KAJIAN PUSTAKA

Pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Tipe pengelasan yang paling banyak digunakan di industri adalah *Oxyfuel Gas Welding* dan *Arc Welding*. *Oxyfuel Gas Welding* adalah pengelasan dengan memanfaatkan semburan gas sebagai hasil panas. *Arc welding* adalah pengelasan memanfaatkan busur listrik untuk menyambung kedua buah logam. Salah satu jenis las *arc welding* adalah SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Las SMAW adalah las busur listrik terlindung dimana panas dihasilkan dari busur listrik antara ujung elektroda dengan ujung logam yang akan dilas. Dalam pengelasan elektroda terbungkus (SMAW), elektroda adalah suatu bahan pengumpan atau penambah untuk mengisi celah (*grove*) antara dua material yang terbuat dari baja batangan terbungkus oleh fluks. Pada penelitian ini elektroda yang digunakan adalah elektroda E 7016. Elektroda ini memiliki kandungan *manganese* (Mn) mencapai 1,6%. Hal ini akan berdampak pada kekuatan hasil pengelasan. Mn memiliki sifat mengikat karbon saat dipanaskan sehingga akan membentuk *karbida mangan* (MnC) yang dapat menaikkan kekerasan dan ketangguhan.

Baja karbon yang digunakan pada penelitian ini adalah Baja Keylos 50. Baja ini memiliki kandungan karbon mencapai dari 0,50%. Sehingga bisa dikatakan bahwa baja ini merupakan baja karbon sedang.

Saat pengelasan terjadi perubahan struktur mikro pada daerah pengelasan. hal ini dikarenakan panas las yang tinggi.



Gambar1. Diagram CCT [4]

Contoh diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*) menunjukkan bahwa pada pemanasan yang sama semakin cepat proses pendinginan suatu baja, maka struktur bainit yang terbentuk akan semakin banyak. Bainit memiliki sifat yang keras, tetapi masih lebih lunak dibanding martensit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dingin suatu zat pendingin maka semakin tinggi nilai kekerasan suatu zat tersebut.

Daerah pengelasan terdiri dari *weld metal*, *heat affected zone (HAZ)*, dan *base metal*. *Weld metal* adalah bagian dari logam pada waktu mencair kemudian membeku. *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. *Base metal* adalah bagian logam dasar di mana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.

Untuk memperbaiki sifat mekanis dari pengelasan biasanya dilakukan perlakuan panas pasca pengelasan. *Quenching* merupakan proses pencelupan baja yang telah berada pada temperatur pengerasannya (temperatur *austenisasi*), dengan laju pendinginan yang sangat tinggi (*diquench*), agar diperoleh kekerasan yang diinginkan. Pada penelitian ini pendingin yang digunakan adalah air. Untuk mengetahui pengaruh temperatur maka divariasikan temperatur air pendingin. Variasi temperatur adalah 5° C- 10° C, 25° C- 30° C dan 70° C- 75° C.

Setelah didapatkan hasil pengelasan maka dilakukan pengujian mekanis. Pengujian tersebut meliputi kekerasan dan ketangguhan. Kekerasan adalah ketahanan material terhadap penetrasi. Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan metode

*vickers*. Nilai kekerasan suatu material diberikan oleh:

$$VHN = \frac{1.854 P}{d^2}$$

dimana *d* adalah panjang diagonal rata-rata dari jejak berbentuk bujur sangkar. *P* adalah energi yang diserap atau tenaga patah.

## METODE PENELITIAN

Baja yang digunakan adalah Baja Keylos 50 dengan kandungan (% berat) berupa 0,40 % C, 0,15 % Si dan 0,50 % Mn. Baja ini mempunyai kekuatan tarik 650 N/mm<sup>2</sup> dan kekerasan 200 BHN. Baja ini diproduksi oleh PT Tira Austenit Tbk. Plat baja tersebut berukuran panjang 200 mm, lebar 80 mm dan tebal 16 mm.

Pengelasan dilakukan di laboratorium Inlastek Pajang Surakarta dengan variasi temperatur pendingin air 5° C- 10° C, 25° C- 30° C dan 70° C- 75° C. Pendinginan cepat dilakukan pada saat baja berada pada suhu lebih dari 830° C kemudian dicelupkan di air dengan kecepatan kurang dari 5 detik setelah pengelasan. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin D3 Universitas Gadjah Mada. Meliputi pengujian foto struktur mikro, kekerasan, dan ketangguhan.

## HASIL PENELITIAN

Setelah mendapat hasil analisis data dari eksperimen, maka didapat analisis data sebagai berikut:

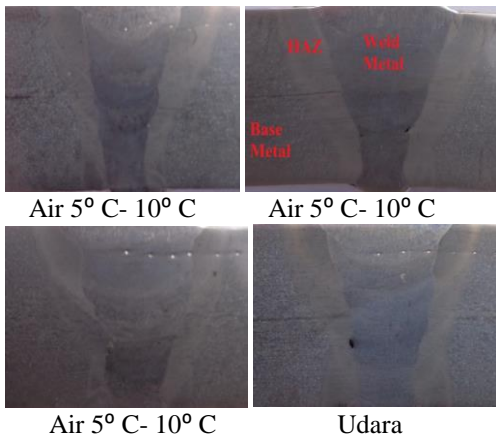
### 1. Analisis komposisi kimia

Berdasarkan data yang diperoleh dari Pt, Tira Austenit Tbk. maka didapat hasil bahwa kandungan Baja Keylos50 adalah 0,40-0,50% C, 0,50-1,00% Mn, 0,15-0,40% Si. Sedangkan kandungan kimia elektroda E 7016 adalah 0,07-0,15% C, 1,12-1,16% Mn, 0,007-0,035% S, 0,54-0,75% Si, 0,018-0,040% P, 0,027-0,20% Cr, 0,006-0,30% Ni, 0,003-0,30% Mo, dan 0,016-0,80% V.

Deskripsi data dari komposisi kimia di atas dapat menunjukkan bahwa terjadi perbedaan bahan antara bahan yang dilas dengan *filler* atau elektroda yang dipakai. Baja yang dipakai merupakan baja karbon sedang, sedangkan elektroda yang digunakan merupakan baja karbon rendah yang cenderung *mangan steel*. Hal ini dikarenakan kandungan mangan yang ada pada elektroda lebih dari 1%. Dari perbedaan komposisi kimia diatas mengakibatkan terjadi perbedaan kekuatan dari masing-masing *weld metal*.

### 2. Analisis Foto Mikro

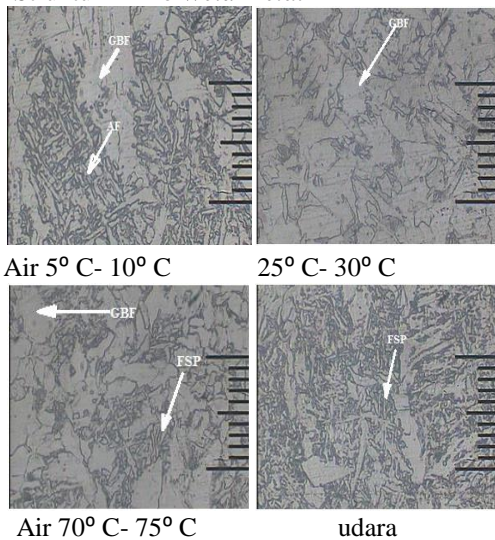
Sebelum melakukan uji foto mikro maka benda harus mencapai tingkat kehalusan. Dengan foto makro ini kita dapat mengetahui *weld metal*, *HAZ* dan *base metal* seperti pada foto makro di bawah ini.



Air 5° C- 10° C Udara  
Gambar 2. Foto Makro Hasil Las

Pada gambar 4.1 memperlihatkan bahwa pengelasan menggunakan *multi layer*. Terdapat 6 *layer* pada setiap variabel pengelasan. Sesuai dengan foto makro dapat dilihat bahwa lebar *HAZ* rata-rata 4 mm. Setelah mendapat kehalusan yang sesuai standar maka dilakukan pengambilan gambar struktur mikro dengan alat foto mikro. Untuk mengetahui daerah dari masing-masing hasil las maka difoto berdasarkan daerahnya.

a. Struktur Mikro *Weld Metal*



Air 5° C- 10° C 25° C- 30° C  
Air 70° C- 75° C udara

Gambar 3. Struktur Mikro *Weld Metal*  
Perbesaran 200x

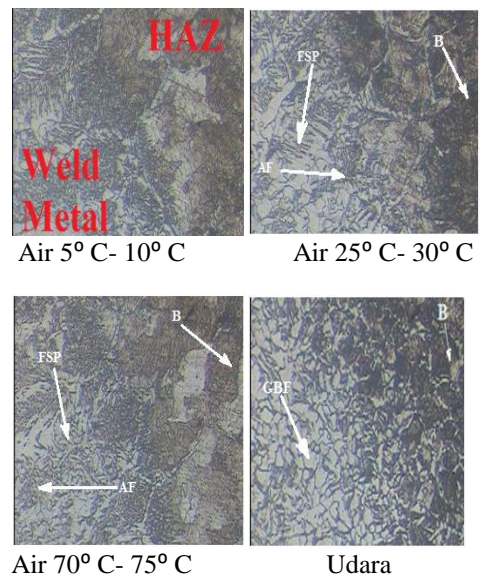
Sesuai dengan diagram *CCT* pada buku *welding metalurgy* karya Sindo Kou bahwa hasil pengelasan pada baja karbon akan terbentuk *acicular ferrite (AF)*, *ferrite side plate (FSP)*, *grain boundary ferrite (GBF)*, dan *bainit (B)*.

Dari hasil foto mikro gambar 3 dapat diketahui bahwa pada pendingin air 5° C- 10° C didominasi oleh *acicular ferrite* dan *ferride side plate*. *Grain boundary ferrite* lebih sedikit, hal ini dikarenakan terjadinya pendinginan cepat yang terjadi. Pada pendingin air 25° C- 30° C terlihat banyak sekali *grain boundary ferrite*, hal ini dikarenakan pendinginan yang lambat karena temperatur air menahan panas las. Diperlambat lagi dengan kerapatan molekul

yang dimiliki oleh air. Sehingga meskipun udara juga memiliki suhu yang sama dengan pendingin air 25° C- 30° C tetapi kerapatan molekul zatnya lebih besar air. Hal ini mengakibatkan udara mengalami pendinginan lebih cepat dibanding dengan air. Pada pendingin air 70° C- 75° C pendinginan sangat lambat, tetapi hal ini justru menyebabkan tumbuhnya *ferride side plate* yang banyak dibanding pada pendingin air 25° C- 30° C.

b. Struktur Mikro Batas *Weld metal* dan *HAZ*

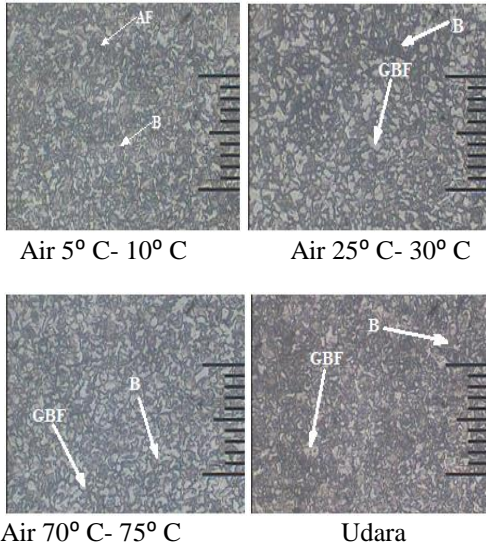
Untuk mengetahui batas *weld metal* dengan *HAZ* maka dilakukan foto mikro batas keduanya seperti gambar dibawah ini.



Air 5° C- 10° C Air 25° C- 30° C  
Air 70° C- 75° C Udara  
Gambar 4. Struktur Mikro Batas *Weld metal*  
dan *HAZ* Perbesaran 100x

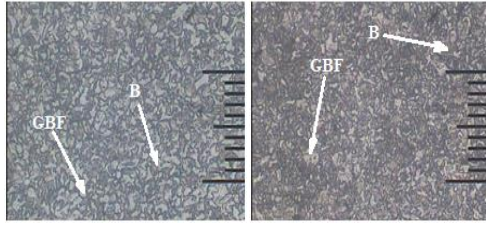
Dari foto di atas kita dapat melihat bahwa terjadi perbedaan struktur antara *weld metal* dengan *HAZ*. Hal ini dikarenakan perbedaan komposisi kimia yang ada pada kedua daerah tersebut. Pada daerah *HAZ bainit* mulai terbentuk karena kadar karbon yang terdapat pada *base metal* lebih banyak daripada logam las. *Ferrit side plate* dan *acicular ferrite* tumbuh lebih banyak pada perbatasan antara *weld metal* dan *HAZ*.

c. Struktur Mikro HAZ



Air 5° C- 10° C

Air 25° C- 30° C



Air 70° C- 75° C

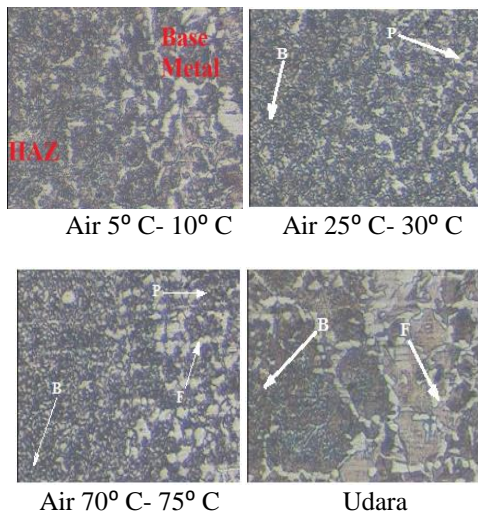
Udara

Gambar 5. Foto Struktur Mikro HAZ Perbesaran 200x

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa HAZ didominasi oleh *acicular ferrite* dan *bainit*. Pada pendingin air 5° C- 10° C memiliki *acicular ferrite* dan *bainit* lebih banyak dibandingkan dengan pendingin air 25° C- 30° C dan pendingin air 70° C- 75° C. Terlihat bahwa semakin panas temperatur air maka struktur *acicular ferrite* dan *bainit* semakin sedikit.

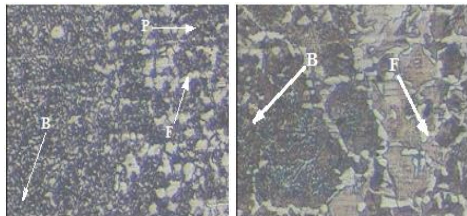
d. Struktur Mikro Batas HAZ dan Base metal

Untuk mengetahui perbedaan struktur antara HAZ dan *base metal* maka dapat dilakukan foto mikro pada batas HAZ dan *base metal*.



Air 5° C- 10° C

Air 25° C- 30° C



Air 70° C- 75° C

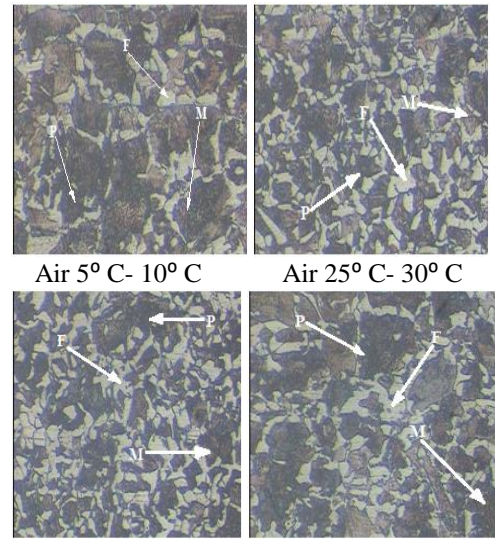
Udara

Gambar 6. Struktur Mikro Batas HAZ dan Base Metal Perbesaran 100x

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan struktur mikro antara HAZ dan *Base metal*. Perbedaan terjadi karena pada HAZ terpengaruh oleh

panas las yang mengakibatkan strukturnya berubah. Sedangkan pada *base metal* panas yang diterima belum mampu merubah struktur mikronya.

e. Struktur Mikro Base Metal



Air 5° C- 10° C

Air 25° C- 30° C

Air 70° C- 75° C

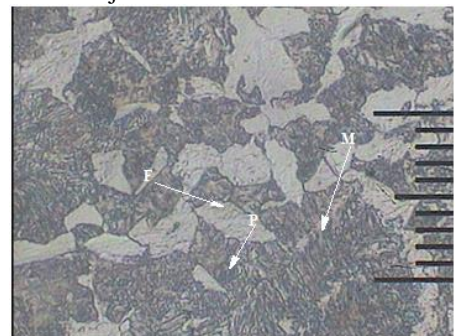
Udara

Gambar 7. Struktur Mikro Base Metal

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa struktur mikro unruk *base metal* pada masing-masing variabel rata-rata mempunyai strukur yang sama. Struktur yang terbentuk didominasi *ferrite*, *pearlite* (P) dan *martensit* (M).

f. Struktur Mikro Logam Raw material

Untuk mengetahui struktur logam yang akan dilas (*raw material*) maka dilakukan uji foto mikro.

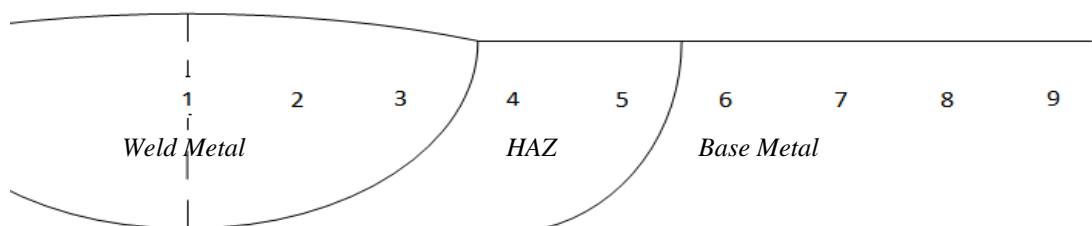
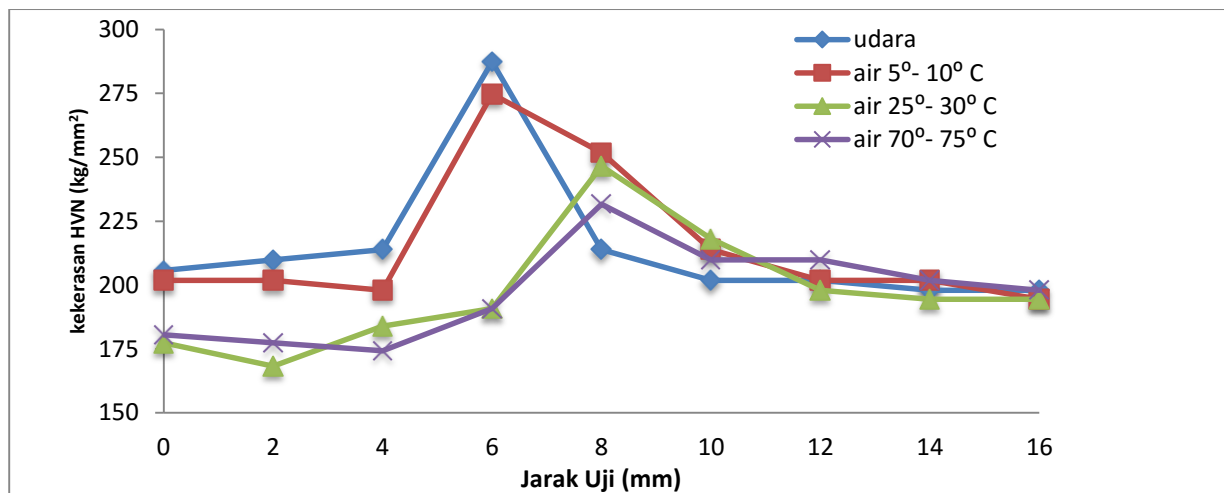


Gambar 8. Struktur Mikro Raw Material perbesaran 200x

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa *raw material* didominasi oleh *ferrite*, *martensit* dan *pearlit*. Hal ini mengakibatkan benda memiliki nilai kekerasan tinggi tetapi nilai ketangguhannya rendah.

3. Analisis Uji Kekerasan

Dari deskripsi data yang ada, maka untuk mempermudah pembacaan dibuat kurva kekerasan berikut:



Gambar 9. Kurva Uji Kekerasan untuk Logam Las, HAZ dan Base metal.

Jarak pengujian setiap masing-masing titik adalah 2 mm. Gambar diatas menunjukkan titik 1-3 merupakan nilai kekerasan untuk daerah logam las. Titik 4-5 adalah daerah yang terpengaruh oleh panas. Sedangkan pada titik 6-9 merupakan daerah base metal.

Kekerasan pada *weld metal* bervariasi antara masing-masing variabel rata-rata mengalami penurunan kekerasan dibanding dengan *raw material*. Kekerasan *raw material* adalah 210 VHN. Pada pendingin udara kekerasan *weld metal* turun 4,063% dibandingkan *raw material* dengan nilai 201,8 VHN. Pada pendingin air temperatur Air 5° C- 10° C kekerasannya 200,53 VHN. Hal ini berarti turun 4,51% dibandingkan *raw material*. Pada pendingin air temperatur Air 25° C- 30° C kekerasannya adalah 176,53 VHN. Hal ini berarti turun 15,938% dibandingkan *raw material*. Sedangkan pada pendingin air temperatur Air 70° C- 75° C kekerasannya turun 15,51% dibanding *raw material* dengan kekerasan *weld metal* sebesar 177,43 VHN.

Penurunan kekerasan pada *weld metal* dikarenakan perbedaan komposisi kimia antara elektroda dengan *raw material*. Pada elektroda E 7016 kandungan karbon dibawah 0,15%. Sedangkan kandungan karbon di *raw material* mencapai 0,50%. Semakin besar kandungan

karbon maka nilai kekerasan akan semakin tinggi. Selain itu dapat sesuai pada analisis struktur mikro bahwa pada *weld metal* didominasi oleh struktur *acicular ferrite* dan sebagian *grain boundary ferrite*. Sedangkan pada *raw material* banyak terdapat struktur *martensit* yang memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibanding *acicular ferrite*.

Dari gambar 4.8. kita dapat melihat bahwa semua spesimen mengalami kenaikan kekerasan dari daerah logam las menuju HAZ. Hal ini disebabkan karena pada logam dihasilkan oleh elektroda yang hanya memiliki kandungan karbon dibawah 0,15%. Sehingga meskipun telah dilakukan *quenching*, daerah ini strukturnya didominasi oleh *acicular ferrite* dan sebagian *grain boundary ferrite*. Sedangkan pada HAZ dihasilkan dari *base metal* yang memiliki kandungan karbon diatas 0,42%. *Base metal* ini terpengaruh oleh panas las sehingga terbentuk HAZ, kemudian logam yang terkena panas mengalami pendinginan cepat karena dilakukan *quenching*. Hal ini mengakibatkan tegangan sisa yang terjadi pada daerah HAZ. Sehingga mengakibatkan HAZ memiliki nilai lebih tinggi dibanding dengan daerah lainnya. Selain itu pada HAZ terjadi pengkasan butir yang mengakibatkan terbentuknya struktur *bainit* yang memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibanding *acicular ferrite*.

Setelah melewati HAZ ke *base metal*

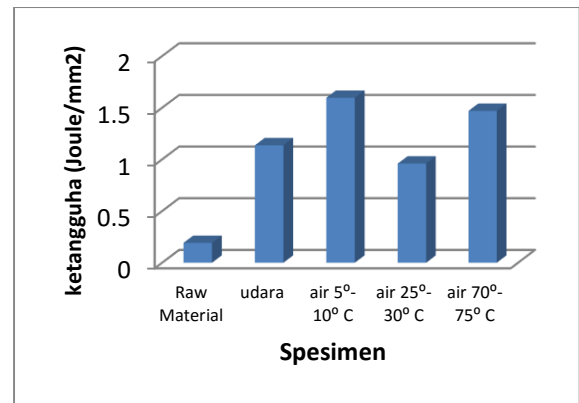
terjadi penurunan kekerasan. Hal ini karena panas las tidak mampu merubah struktur mikronya *base metal*. Sehingga kekerasan pada *base metal* rata-rata sama seperti logam sebelum dilas. Secara umum kekerasan di *HAZ* untuk semua variabel mengalami peningkatan dibanding dengan *raw material*.

Untuk daerah *HAZ* kekerasan tertinggi terjadi pada pendingin air 5° C- 10° C yaitu rata-rata kekerasan sebesar 263,65 kg/mm<sup>2</sup>. Hal ini dikarenakan pada pendinginan air 5° C- 10° C didominasi oleh struktur *bainit* lebih banyak dibanding dengan lainnya. Sehingga terjadi peningkatan kekerasan sebesar 25,357% dibandingkan kekerasan dari *raw material*. Sedangkan kekerasan terendah terjadi untuk daerah *HAZ* pada pendingin air 70° C- 75° C dengan rata-rata kekerasan sebesar 211,25 kg/mm<sup>2</sup>. Hal ini dikarenakan terjadi pendinginan yang lambat sehingga mengakibatkan pembentukan *bainit* lebih sedikit dibanding dengan pendingin air lainnya. Kekerasannya mengalami peningkatan sebesar 0,595% dibandingkan *raw material*. Sedangkan pada udara mengalami kenaikan kekerasan 19,357% dibandingkan dengan kekerasan *raw material*. Pada temperatur yang sama yaitu 25° C- 30° C tetapi menggunakan pendingin air kekerasannya lebih rendah yaitu 218,7 kg/mm<sup>2</sup>. Hal ini dikarenakan kerapatan molekul air lebih tinggi dibanding dengan udara, sehingga kecepatan pendinginan udara lebih tinggi dibanding dengan air. Pada pendingin udara struktur *bainitnya* lebih banyak dibanding dengan pada pendingin air 5° C- 10° C. Pada pendingin air 25° C- 30° C *HAZ* mengalami kenaikan kekerasan sebesar 4,143% dibandingkan dengan *raw material*.

Dari penjelasan di atas dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan kekerasan yang dihasilkan oleh perbedaan kecepatan pendinginan akibat dari perbedaan temperatur pendingin. Perbedaan kekerasan juga terjadi pada masing-masing daerah pengelasan dikarenakan perbedaan panas yang diterima oleh masing-masing daerah dan komposisi kimia yang ada pada elektroda las dengan *raw material*.

#### 4. Analisis Uji Ketangguhan

Sesuai tabel 4.2 untuk mengetahui lebih jelas rata-rata ketangguhan *weld metal* masing-masing variabel maka dibuat histogram di bawah ini:



Gambar 10. Histogram Rata-Rata Nilai Ketangguhan Impak

Dari data diatas dapat diketahui bahwa rata-rata nilai ketangguhan *raw material* sebesar 0,192 Joule/mm<sup>2</sup>. Pada *raw material* struktur mikronya didominasi oleh martensit. Hal ini mengakibatkan *raw material* memiliki sifat mudah patah. Sedangkan pada *weld metal* struktur mikronya tidak terdapat martensit dan didominasi terdapat *acicular ferrite* yang mengakibatkan daerah tersebut sangat tangguh dibanding *raw material*. Hal lain yang menyebabkan ketangguhan *weld metal* tinggi adalah kandungan *mangan* pada elektroda yang digunakan. Kandungan *mangan* elektroda E 7016 mencapai 1,6%, hal ini mengakibatkan *weld metal* memiliki nilai ketangguhan yang tinggi sehingga rata-rata nilai ketangguhan *weld metal* mengalami kenaikan dibanding dengan *raw material*.

Pada pendinginan udara ketangguhan impak pada *weld metal* lebih tinggi 492,19% dibanding dengan ketangguhan *raw material*. Pada pendinginan air 5° C- 10° C ketangguhan impak pada *weld metal* naik 731,77% dari ketangguhan *raw material*. Pada pendinginan air 25° C- 30° C ketangguhan impak pada *weld metal* naik 400,52% dari ketangguhan *raw material*. Pada pendinginan air 70° C- 75° C ketangguhan impak pada *weld metal* naik 664,06% dibanding dengan ketangguhan *raw material*.

Pada pendinginan air 5° C- 10° C didapat nilai ketangguhan impak paling tinggi yaitu nilai rata-rata sebesar 1,597 Joule/mm<sup>2</sup>. Hal ini dikarenakan terjadi pendinginan cepat yang mengakibatkan terbentuknya struktur *acicular ferrite* lebih banyak dibanding dengan lainnya. Sedangkan nilai ketangguhan impak terendah pada material yang mengalami perlakuan *quenching* adalah air 25° C- 30° C yang memiliki nilai rata-rata sebesar 0,961 Joule/mm<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan pendinginan lambat yang mengakibatkan *weld metal* didominasi oleh *grain boundary ferrite* lebih banyak dibanding dengan pendingin lainnya.

*Grain boundary ferrite* memiliki sifat mudah patah sehingga mengurangi nilai ketangguhan dari *weld metal*.

Pendingin air 70° C- 75° C memiliki nilai ketangguhan lebih tinggi dibanding pendingin air 25° C- 30° C. Hal ini dikarenakan pada pendingin air 70° C- 75° C *weld metal* didominasi oleh *ferrite side plate* yang memiliki nilai ketangguhan lebih dibanding *grain boundary ferrite* pada pendingin air 25° C- 30° C.

Pada pendingin udara meskipun memiliki temperatur sama dengan pendingin air 25° C- 30° C tetapi memiliki nilai ketangguhan yang lebih tinggi dibanding pendingin air 25° C- 30° C. Hal ini disebabkan perbedaan kerapatan molekul yang ada pada udara dan air. Pada udara bebas molekulnya lebih renggang dibanding dengan air. Hal ini mengakibatkan udara lebih cepat menyerap panas las dibanding dengan air. Sehingga kecepatan pendinginan udara lebih cepat dibanding pendinginan air. Dapat dilihat bahwa pada pendingin udara *ferrite side plate* dan *acicular ferrite* lebih banyak dibanding dengan pendingin air 25° C- 30° C.

Hasil uji ketangguhan impact menunjukkan terjadi peningkatan ketangguhan antara logam sebelum dilakukan pengelasan dengan logam yang telah dilakukan pengelasan. Data diatas menunjukkan terjadi perbedaan nilai ketangguhan antara masing-masing variabel yang disebabkan perbedaan kecepatan pendinginan. Perbedaan kecepatan pendinginan dikarenakan perbedaan temperatur pendingin masing-masing variabel.

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan analisis data diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat perbedaan kekerasan hasil pengelasan plat Baja Keylos 50 yang dilas menggunakan elektroda E 7016 karena variasi temperatur media *quenching* menggunakan air.
2. Terdapat perbedaan ketangguhan hasil pengelasan plat Baja Keylos 50 yang dilas menggunakan elektroda E 7016 karena variasi temperatur media *quenching* menggunakan air.
3. Temperatur air yang paling optimal untuk proses *quenching* ini adalah 5° C- 10° C. Hal ini dapat dikarenakan nilai pada pendingin air 5° C- 10° C didapat kekerasan daerah HAZ tertinggi yaitu 263,65 kg/mm<sup>2</sup> dan nilai ketangguhan impact tertinggi yaitu sebesar 1,597 Joule/mm<sup>2</sup>.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad, N. (2012). *Pengaruh Metode Pendinginan Pada Perlakuan Panas Paska Pengelasan Terhadap Karakteristik Sambungan Las Logam Berbeda Antara Baja Karbon Rendah dan Karbon SS40 dengan Baja Tahan Karat Austenitik Aisi 304*. Jurnal ilmiah Teknik Mesin Universitas Surakarta, Politeknosains, Volume XI no. 1 Tahun 2012.
2. Burhan, B. (2004). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: Prenada Media.
3. Catur, A.W.A. (2006). *Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Hasil Tarik Pengelasan Plat Baja Dengan Las Metal Inert Gas (MIG)*. Jurnal Ilmiah, Universitas Mataram, Volume 7. no.1 Tahun 2006.
4. Heri, W. (2011). *Materi Kuliah Pengujian Las Merusak (DT)*, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Heru, S. (2011). *Pengaruh Pemberian Panas dengan Pengelasan SMAW terhadap Ketangguhan Impact Baja Keylos 50*. FKIP Universitas Sebelas Maret Surakarta.
6. Joko, S. (2006). *Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018*. Semarang: UNES.
7. Kenyon, W. & Ginting, D. (1985). *Dasar-Dasar Pengelasan*. Jakarta: Erlangga.
8. Kou, S. (1987). *Welding Metallurgy*. Singapore: John Willey & Sons
9. Momoh I.M., Akinribide O.J., Ayanleke J., Olowonubi J., Olorunfemi G.O., Oshodin T (2013). Investigating the Mechanical Properties of Post Weld Heat Treated 0.33%C Low Alloy Steel (Versi Elektronik) *International Journal of Science and Technology*, 2(6), 433-437. Diperoleh 29 Maret 2014 dari <http://www.journalofsciences-technology.org>
10. Sonawan, H. & Suratman, R. (2004). *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*. Bandung: Alfa Beta.

11. Sugiarto, Ari W. & Masduki (2011). *Dampak Temperatur Lingkungan Terhadap Temperatur Puncak Las Dan Laju Pendinginan Sambungan Dissimilar Metal Menggunakan Las MIG*. Jurnal Rekayasa Mesin, Universitas Brawijaya, Volume 2. no.2 Tahun 2012.
12. Suharno, (2008). *Struktur Mikro Las Baja C-Mn Hasil Pengelasan Busur Terendam dengan Variasi Masukan Panas (Versi Elektronik)*. Jurnal Penelitian Teknik. Diperoleh 11 Februari 2014, dari <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal>
13. Wiryosumarto, H dan Okomura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Erlangga,