

## PENGARUH TEMPERATURE ANNEALING TERHADAP KEKUATAN MEKANIS PADA DAERAH HAZ PENGELASAN GMAW SEMI OTOMATIS BAJA SS 400 PADA BOGIE KERETA API

Rizky Sulistyio

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
E-mail : [rizkysulistyo@mhs.unesa.ac.id](mailto:rizkysulistyo@mhs.unesa.ac.id)

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
E-mail: [arifirfai@unesa.ac.id](mailto:arifirfai@unesa.ac.id)

### Abstrak

Proses *assembling* di PT. INKA sebagian besar menggunakan proses pengelasan. dalam proses *assembly* sering dijumpai beberapa masalah, misalnya terjadi retak pada daerah *Heat affected zone (haz)* pengelasan. Melihat masalah retak yang terjadi pada proses *assembly* maka diperlukan peningkatan nilai kekerasan dan ketangguhan dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*) *annealing*. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah SS 400. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Teknik analisa data dalam penelitian ini menggunakan metode analisis data kualitatif deskriptif, yaitu dengan mendeskripsikan data secara sistematis, faktual dan akurat mengenai hasil yang diperoleh selama pengujian. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya pengaruh nilai kekerasan, ketangguhan serta struktur metallography baja SS 400. Adapun standar pengujian menggunakan *ASTM E23*, *ASTM E18*, dan *ASTM E3*. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa terjadi pengaruh terhadap nilai kekerasan maupun nilai ketangguhan baja SS400. nilai kekerasan tertinggi terjadi pada variasi temperatur 600<sup>0</sup>C sebesar 27.4 HRc, sedangkan nilai kiekerasan terendah pada variasi temperatur 800<sup>0</sup>C sebesar 21.3 HRc. Sedangkan nilai kekuatan dampak tertinggi terjadi pada variasi temperatur 700<sup>0</sup>C sebesar 2.88 (Joule/mm<sup>2</sup>), sedangkan untuk kekuatan dampak terendah yaitu pada variasi temperatur 600<sup>0</sup>C sebesar 2.24 (Joule/mm<sup>2</sup>). Hasil foto mikro menunjukkan bahwa pada temperatur 500<sup>0</sup>C dan 600<sup>0</sup>C memiliki struktur *coarse ferrite*, semakin tinggi temperatur pemanasan maka butiran *perlit* dan *ferit* semakin membesar dan tertata butirannya.

**Kata kunci** : Baja ss 400, Proses *annealing*, Uji kekerasan, Uji *impact* dan struktur mikro.

### Abstract

*The assembling process at PT. INKA is mostly used in welding processes. In the assembly process often encountered some problems, such as cracking occurs in the Heat affected zone (HAZ) welding area. Looking at the problem of cracks that occur in the assembly process, it is necessary to increase the value of hardness and toughness with annealing heat treatment process. The Material used in this study is low carbon steel SS 400. This research uses experimental methods. The data analysis technique in this study uses a qualitative, descriptive data analysis method, by describing the data systematically, factual and accurate about the results obtained during the test. This research was conducted to know the magnitude of influence of hardness value, toughness and metallography structure of steel SS 400. The testing standards use ASTM E23, ASTM E18, and ASTM E3. From the results of research can be noted that there is influence on the value of violence or the value of SS400 steel toughness. The highest hardness value occurs at a variation of 600<sup>0</sup>C temperature of 27.4 HRc, while the lowest price value in the 800<sup>0</sup>C temperature variation is 21.3 HRc. While the highest impact strength value occurs in the 700<sup>0</sup>C temperature variation of 2.88 ( Joule/mm<sup>2</sup>), while for the lowest impact strength of the 600<sup>0</sup>C temperature variation is 2.24 (Joule/mm<sup>2</sup>). The results of micro photographs indicate that at 500<sup>0</sup>C and 600<sup>0</sup>C temperatures have a coarse ferrite structure, the higher the heating temperature, the Perlit and ferrite granules are growing and in order.*

**Keywords** : steel ss 400, annealing process, hardness test, impact test and microstructure.

## PENDAHULUAN

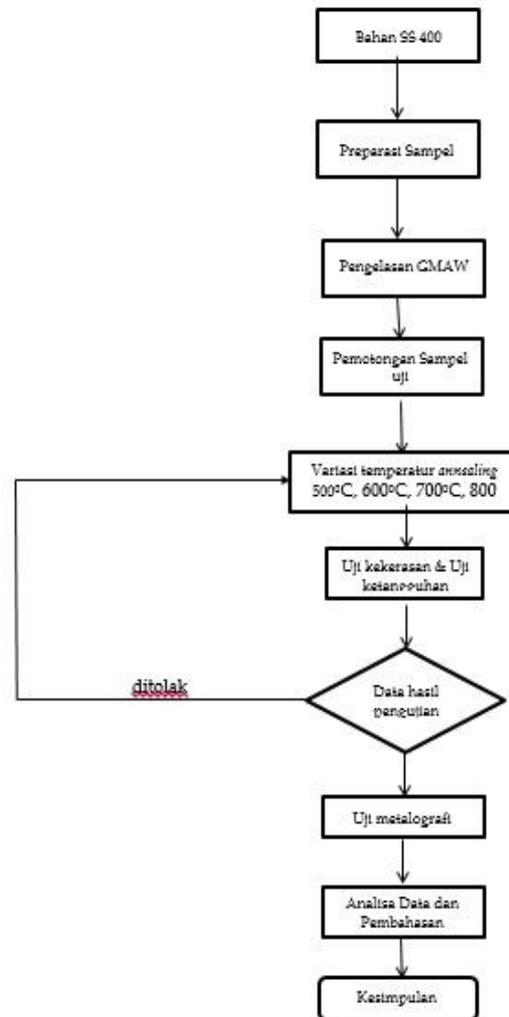
Dewasa ini setiap industri dituntut untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam semua aspek, salah satunya adalah aspek produksi. Hasil produksi yang maksimal diperlukan guna mendapatkan kualitas dan keuntungan yang maksimal. Baja merupakan material yang sudah digunakan sejak ratusan tahun yang lalu. Pada zaman sekarang ini material baja banyak digunakan dalam berbagai konstruksi mesin. Pemilihan logam seperti baja karbon banyak digunakan untuk bahan baku material dalam pembuatan komponen mesin seperti bogie kereta, roda gigi, poros, pasak, landasan, pegas. Hal itu tidak lepas dari sifat baja itu sendiri yang kuat, keras, tahan aus, serta ulet dan mudah didapat dipasaran. Namun disisi lain dari segi penggunaan pada bogie kereta api yang sering mengalami pembebanan, maka diperlukan material yang memiliki sifat fisis maupun mekanis yang baik. Era teknologi industri masa kini, menuntut perusahaan-perusahaan untuk bekerja efektif dan efisien didalam pemakaian mesin yang berhubungan dengan bahan bakar fosil. Salah satunya ialah dapur *annealing* yang digunakan oleh PT. INKA. Maka untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas, diperlukan pengetahuan terhadap sifat mekaniknya dan sebagai langkah awal untuk penelitian kedepan dengan aspek yang lebih besar. Proses *assembling* di PT. INKA sebagian besar menggunakan proses pengelasan sehingga proses pengelasan perlu mendapatkan penelitian lebih dalam lagi. Perlakuan *annealing* dilakukan guna mengurangi tegangan sisa akibat pengelasan saat proses *assembling*. Dalam proses *assembly* sering dijumpai beberapa masalah, misalnya terjadi retak pada daerah *Heat affected zone (haz)* pengelasan. Retak yang terjadi pada daerah *Heat affected zone (haz)* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain struktur mikro atau fasa yang terdapat pada daerah *Heat affected zone (haz)*, tegangan yang dimiliki daerah *Heat affected zone (haz)*, *hydrogen* difusi pada daerah *Heat affected zone (haz)*. Pemahaman terhadap faktor-faktor keretakan dapat digunakan untuk memprediksi retak yang terjadi sehingga sangat penting untuk perancangan *assembly*.

Melihat masalah retak yang terjadi pada proses *assembly* maka diperlukan peningkatan nilai kekerasan dan ketangguhan dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*). Kekerasan sendiri adalah suatu sifat mekanis yang berkaitan dengan kekuatan dan merupakan fungsi dari kandungan logam material. Pembentukan sifat-sifat dalam baja tergantung pada kandungan karbon, temperatur pemanasan, sistem pendinginan, serta bentuk dan ketebalan bahan. Peningkatan sifat kekerasan dan ketangguhan dapat dilakukan melalui proses perlakuan panas dengan metode *annealing*. Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui Pengaruh *temperature annealing* terhadap kekuatan mekanis pada daerah *haz* pengelasan *gma* semi otomatis baja SS 400. Temperatur *annealing* nantinya akan dirubah sedemikian rupa sehingga diharapkan dapat mendapatkan parameter yang tepat dan juga sebagai tambahan literatur untuk

perusahaan, sehingga bagi perusahaan juga bisa menjadi masukan dalam proses fabrikasi untuk proyek kedepan.

## METODE PENELITIAN

### Jenis Penelitian



Gambar 1. flowchart penelitian

### Variabel Penelitian

#### • Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas” (Sugiyono, 2014). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah :

- Uji nilai kekerasan
- Uji nilai ketangguhan
- Uji metalografi

#### • Variable Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat” (Sugiyono, 2014). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

- Variasi *temperature annealing*.
- Ukuran dan tebal plat material bogie.

• **Variabel Kontrol**

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti” (Sugiyono, 2014). Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

- Proses manufaktur *assembly bogie* dalam proses pengerjaan las.
- Parameter pengelasan.



Gambar 4. Mikroskop optic metalurgi

**Instrumen Dan Alat Penelitian**

• **Instrumen Penelitian**

A. Mesin uji kekerasan

Mesin uji kekerasan adalah mesin yang digunakan untuk mengetahui nilai sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Dalam penelitian ini menggunakan metode *Rockwell*.



Gambar 2. Mesin Uji Kekerasan *Rockwell*

B. Mesin uji *impact*

Prinsip dari pengujian impak ini adalah apabila benda uji diberi beban kejut, maka benda akan mengalami proses penyerapan energi sehingga terjadi deformasi plastis yang mengakibatkan patah.



Gambar 3. Mesin Uji *Impact*

C. Mesin uji metalografi

Dalam penelitian ini, pada proses pengujian metalografi menggunakan alat yaitu mikroskop optic, Pengamatan metalografi pada dasarnya adalah melihat perbedaan intensitas sinar pantul permukaan logam yang dimasukkan ke dalam mikroskop sehingga terjadi gambar yang berbeda (gelap, agak terang, terang).

• **Alat dan bahan yang digunakan**

Alat yang digunakan :

- Furnace
- Tang
- Kertas amplas
- Gerinda
- Sarung tangan
- Kain majun

Bahan yang digunakan

- Baja SS400
- Nital

**Teknik Analisis Data**

Pada penelitian eksperimen ini, penulis menggunakan metode analisis data kualitatif deskriptif, yaitu dengan mendeskripsikan data secara sistematis, faktual dan akurat mengenai hasil yang diperoleh selama pengujian. Tujuan analisis data adalah untuk memperlihatkan hubungan-hubungan antara fenomena yang terdapat dalam penelitian dan juga untuk memberikan jawaban terhadap hipotesis yang diajukan dalam penelitian. Data yang diperoleh dianalisa menggunakan statistik Anova tunggal dengan bantuan program SPSS 23 dengan taraf nyata 5%. Rumus anova tunggal adalah sebagai berikut :

$$F_{hitung} = \frac{MK_{antar}}{MK_{dalam}} \quad (\text{Sugiyono, 2012:205})$$

Hasil pengolahan data dengan rumus anova tunggal menggunakan program SPSS akan menghasilkan nilai *mean*. Sedangkan cara untuk menentukan kesimpulan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kesimpulan hasil anova tunggal

Jika $F_h > F_t$ , 5%	Jika $F_h < F_t$ , 5%
Harga $F_h$ yang diperoleh Signifikan	Harga $F_h$ yang diperoleh tidak
$p < 0,05$	$p > 0,05$
$H_a$ diterima	$H_a$ ditolak
Ada pengaruh <i>temperature annealing</i> terhadap kekuatan mekanis pada daerah <i>haz</i> pengelasan <i>gmaw</i> .	Tidak ada pengaruh <i>temperature annealing</i> terhadap kekuatan mekanis pada daerah <i>haz</i> pengelasan <i>gmaw</i> .

Hal ini dilaksanakan untuk memberi informasi berbagai fenomena yang terjadi pada objek eksperimen ketika dilakukan penelitian tentang pengaruh *temperature annealing* terhadap kekuatan mekanis pada daerah *Haz* pengelasan GMAW semi otomatis baja ss 400 pada bogie kereta api. Kemudian setelah hasil kesimpulan didapat dan dari kesimpulan tersebut terdapat indikasi bahwa terdapat pengaruh dari *temperature annealing* maka proses selanjutnya yaitu uji metalografi. Pengujian metalografi ini dilakukan dengan tujuan mengetahui struktur mikro pada daerah *haz* pengelasan GMAW yang telah di *annealing* dan sebelum di *annealing*, dan membandingkan hasil struktur mikronya

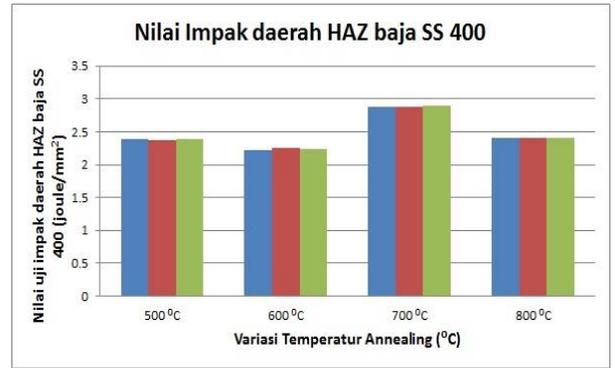
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

- **Uji Anova Tunggal (*One-way Anova*) Hasil Data Impak**

**Tabel 2.** Hasil Uji Anova Tunggal Impak

ANOVA					
kekuatan_impact					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.705	3	.235	1566.593	.000
Within Groups	.001	8	.000		
Total	.706	11			

Nilai F hitung pada tabel 4.3 adalah 1566.593 dengan nilai signifikansi 0,000 sementara nilai statistik tabel dapat ditemukan pada tabel F, dalam uji anava ini menggunakan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%. Untuk menentukan nilai F tabel dibutuhkan dk pembilang dan dk penyebut, dk pembilang didapatkan dengan menghitung jumlah variabel kelompok – 1 maka  $4-1 = 3$ ; sedangkan dk penyebut adalah jumlah seluruh sampel – jumlah variabel kelompok maka  $12 - 4 = 8$ . Dengan nilai dk pembilang 3 dan dk penyebut 8 maka didapatkan nilai F tabel yaitu 4.07. berdasarkan uraian diatas maka dapat disimpulkan bahwa nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel ( $1566.593 > 4.07$ ) dan nilai signifikansi kurang dari 0,05 ( $0,000 < 0,05$ ) maka  $H_a$  diterima dan  $H_0$  ditolak atau dengan kata lain Ada Pengaruh Temperature Annealing Terhadap Kekuatan Mekanis Pada Daerah HAZ Pengelasan GMAW Semi Otomatis Baja SS 400 Pada Bogie Kereta Api.



**Gambar 5.** Grafik Nilai Ketangguhan Daerah HAZ

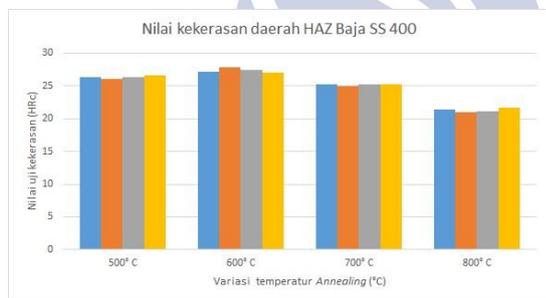
Dari hasil pengujian dan diagram diatas diketahui bahwa pengaruh proses laku panas annealing terhadap kekuatan impact pada HAZ baja SS 400 dengan temperatur 700°C menghasilkan nilai ketangguhan paling tinggi yaitu sebesar 2.88 joule/mm2, sedangkan pengaruh proses laku panas annealing terhadap nilai ketangguhan pada HAZ baja SS 400 dengan temperatur 600°C menghasilkan nilai ketangguhan paling rendah yaitu sebesar 2.24 joule/mm2. Pada temperatur 600°C menghasilkan nilai ketangguhan yang rendah karena pada temperatur tersebut baja karbon rendah mengalami proses perubahan struktur yang mulanya didominasi oleh ferrite dan perlite berubah menjadi ferrite kasar, sehingga terjadilah perubahan nilai ketangguhan yang cenderung menurun dibandingkan pada temperatur annealing lainnya. Dari data hasil pengujian dan penjelasan diatas dapat disimpulkan variasi temperatur annealing memberikan pengaruh terhadap hasil nilai ketangguhan pada daerah haz pengelasan baja ss 400. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil data pengujian bahwa dari variasi temperatur 500°C , 600°C , 700°C dan 800°C memiliki hasil rata-rata nilai ketangguhan yang berbeda-beda. Pernyataan tersebut juga didukung dengan analisis data menggunakan metode anova tunggal (*one way anova*) menggunakan software SPSS 23 yang telah dijelaskan pada bagian analisis data.

- **Uji Anova Tunggal (*One-way Anova*) Hasil Data Uji Kekerasan**

**Tabel 3.** Hasil Uji Anova Tunggal kekerasan

ANOVA					
nilai_hardness					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	84.672	3	28.224	456.145	.000
Within Groups	.742	12	.062		
Total	85.414	15			

Nilai F hitung pada tabel 4.4 adalah 456.145 dengan nilai signifikansi 0,000 sementara nilai statistik tabel dapat ditemukan pada tabel F, dalam uji anava ini menggunakan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%. Untuk menentukan nilai F tabel dibutuhkan dk pembilang dan dk penyebut, dk pembilang didapatkan dengan menghitung jumlah variabel kelompok - 1 maka  $4-1 = 3$ ; sedangkan dk penyebut adalah jumlah seluruh sampel - jumlah variabel kelompok maka  $16 - 4 = 12$ . Dengan nilai dk pembilang 3 dan dk penyebut 12 maka didapatkan nilai F tabel yaitu 3.49. Berdasarkan uraian tersebut maka dapat disimpulkan bahwa nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel ( $456.145 > 3,49$ ) dan nilai signifikansi kurang dari 0,05 ( $0,001 < 0,05$ ) maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak atau dengan kata lain Ada Pengaruh Temperature Annealing Terhadap Kekuatan Mekanis Pada Daerah HAZ Pengelasan GMAW Semi Otomatis Baja SS 400 Pada Bogie Kereta Api. dari data hasil pengujian dan penjelasan diatas dapat disimpulkan variasi temperatur *annealing* memberikan pengaruh terhadap hasil nilai kekerasan pada daerah *haz* pengelasan baja ss 400. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil data pengujian bahwa dari variasi temperatur 500°C , 600°C , 700°C dan 800°C memiliki hasil rata-rata nilai kekerasan yang berbeda-beda.



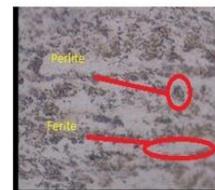
Gambar 6. Grafik Nilai Kekerasan Daerah HAZ

Dari hasil pengujian dan diagram diatas diketahui bahwa pengaruh proses laku panas annealing terhadap nilai kekerasan pada HAZ baja SS 400 dengan temperatur 600°C menghasilkan nilai kekerasan paling tinggi yaitu sebesar 27.4 HRc, sedangkan pengaruh proses laku panas annealing terhadap nilai kekerasan pada HAZ baja SS 400 dengan temperatur 800°C menghasilkan nilai kekerasan paling rendah yaitu sebesar 21.3 HRc. Pada temperatur 800°C menghasilkan nilai kekerasan yang rendah karena pada temperature tersebut baja karbon rendah sudah melewati temperature rekristalisasi, sehingga butiran-butiran ferrite pada temperature tersebut berubah menjadi butiran yang lebih besar, sehingga secara otomatis menurunkan nilai kekerasannya. Sedangkan pada temperatur 500°C, 600°C, 700°C memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur 800°C dikarenakan pada tempertaur-temperatur tersebut masih ada dibawah batas temperatur rekristalisasi (725°C). Dari data hasil pengujian dan penjelasan diatas dapat disimpulkan variasi temperatur annealing memberikan pengaruh terhadap hasil nilai kekerasan pada daerah haz pengelasan baja ss 400. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil data pengujian bahwa

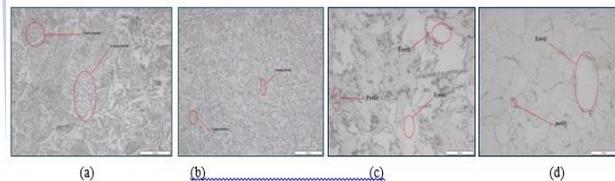
dari variasi temperatur 500°C , 600°C , 700°C dan 800°C memiliki hasil rata-rata nilai kekerasan yang berbeda-beda. Pernyataan tersebut juga didukung dengan analisis data menggunakan metode anova tunggal (one way anova) menggunakan software SPSS 23 yang telah dijelaskan pada bagian analisis data.

## PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO PADA PROSES LAKU PANAS

Pada pengujian mokrstruktur didapatkan beberapa perubahan yang terjadi akibat perlakuan dengan pembesaran 500-1000X dimana struktur awal material tanpa perlakuan dengan struktur yang di dominasi oleh ferrite dan pearlite, dimana pada buku teknologi bahan struktur yang berwarna hitam adalah pearlite dan yang berwarna putih adalah ferrite.



Gambar 7. struktur mikro daerah HAZ material baja SS 400



Gambar 8. Struktur mikro baja SS 400 yang telah di beri perlakuan annealing 500°C (a) 600°C (b) 700°C (c) 800°C (d)

Pada struktur mikro material SS 400 yang telah di beri perlakuan semuanya mengalami perubahan, pada suhu annealing 500°C (a) dan 600°C (b) (Gambar 4.3 dan Gambar 4.4) fasa yang muncul adalah *coarse ferrite* (ferrite kasar). Hal ini sama dengan penelitian yang sebelumnya telah dilakukan oleh saudara adnan (2014) dengan judul penelitian yaitu pengaruh variasi holding time annealing dan beda tebal pelat terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada baja Ss 400 Di Pt.Inka Madiun, yang mana struktur *coarse ferrite* muncul pada daerah HAZ dan kemudian Semakin lama penahan waktu/holding time maka semakin besar dan tertata ukuran butirannya. struktur *coarse ferrite* yaitu struktur perpaduan antara ferrite + cementit , struktur ini hampir mirip dengan struktur bainit , fenomena ini lah yang menyebabkan nilai kekerasan sangat tinggi yaitu dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 26 HRc dan 27 HRc sedangkan nilai ketangguhan cenderung tidak terlalu tinggi yaitu sebesar 2.38 (Joule/mm<sup>2</sup>) pada suhu 500°C dan 2.24 (Joule/mm<sup>2</sup>) pada suhu 600°C. Sedangkan pada suhu annealing 700°C (c) dan 800°C (d) (Gambar 4.5 dan Gambar 4.6) fasa yang muncul adalah ferit dan perlit, dimana pada suhu annealing 700°C didominasi oleh perlit sedangkan pada suhu annealing 800°C butiran perlit semakin mengecil sedangkan butiran ferit semakin membesar sehingga mendominasi. pada suhu 700°C struktur mikro yang didominasi oleh struktur

perlit tersebut memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 25 HRc dimana nilai kekerasan tersebut lebih tinggi dari nilai kekerasan pada variasi suhu 800°C yakni sebesar 21 HRc yang didominasi oleh struktur ferit sedangkan nilai ketangguhan dari variasi suhu 700°C juga lebih tinggi dari nilai ketangguhan dari variasi suhu 800°C yaitu sebesar 2.88 (Joule/mm<sup>2</sup>) pada suhu 700°C dan 2.41 (Joule/mm<sup>2</sup>) pada suhu 800°C.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan analisis data pengujian kekerasan dan pengujian impak terhadap Daerah HAZ Pengelasan GMAW Semi Otomatis Baja SS 400 Pada Bogie Kereta Api, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Nilai kekerasan pada daerah HAZ Pengelasan GMAW Semi Otomatis Baja SS 400 dengan nilai tertinggi yaitu pada variasi temperatur 600°C sebesar 27.4 HRc, sedangkan untuk nilai kekerasan terendah yaitu pada variasi temperatur 800°C sebesar 21.3 HRc. Dalam hal ini terjadi jarak nilai sebesar 22.3% antara nilai tertinggi dari nilai uji kekerasan terhadap nilai terendah uji kekerasan, sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi pengaruh yang cukup signifikan antara variasi temperatur yang digunakan.
- Kekuatan impak daerah HAZ Pengelasan GMAW Semi Otomatis Baja SS 400 dengan nilai tertinggi yaitu pada variasi temperatur 700°C sebesar 2.88 (Joule/mm<sup>2</sup>), sedangkan untuk kekuatan impak terendah yaitu pada variasi temperatur 600°C sebesar 2.24 (Joule/mm<sup>2</sup>). Presentase nilai tertinggi terhadap nilai terendah nilai impak adalah sebesar 22.2%. sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi pengaruh yang cukup signifikan antara variasi temperatur yang digunakan. Sedangkan penampang patahan setelah pengujian impak, tidak mengalami patah, hal ini menandakan bahwa spesimen tersebut bersifat ulet.
- Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa daerah HAZ dengan variasi temperatur *annealing* 500°C dan 600°C memiliki struktur *coarse ferrite* dengan butiran yang kasar dan tidak sempurna dibandingkan dengan struktur yang muncul pada temperatur *annealing* 700°C ataupun 800°C. Semakin tinggi temperatur *annealing* maka semakin besar dan tertata ukuran butirannya. Hal ini menandakan bahwa terjadi pengaruh terhadap struktur mikro dari variasi temperatur *annealing* tersebut.

### Saran

Berikut beberapa saran dalam penelitian pengaruh variasi temperatur *annealing* pada Daerah HAZ Pengelasan GMAW Semi Otomatis Baja SS 400 Pada Bogie Kereta Api terhadap nilai kekerasan dan kekuatan impak :

- Proses pemotongan spesimen harus sepresisi mungkin agar didapat data yang bagus dalam pengujian bahan baik impak maupun kekerasan.

- usahakan untuk tidak menggunakan alat potong dari nyala api pada saat proses pemotongan spesimen. Hal ini dapat menyebabkan perubahan struktur mikro dan dapat mempengaruhi sifat fisis dari baja tersebut.
- Hendaknya memakai alat pengaman karena dalam proses pembuatan spesimen menggunakan alat-alat yang beresiko mencederai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Annual handbook ASTM E 3, standard guide for preparation of metallographic specimens1.
- Annual handbook ASTM E 18, standard test methods for Rockwell hardness of metallic materials1.
- Annual handbook ASTM E 23, standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials1.
- Darmansyah Dwiki, 2011. *Pengaruh suhu Annealing Pada Pengelasan MIG Dengan Gas Pelindung CO<sub>2</sub>(100%) Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Dan Makro Pada Baja STAM 390 G.*
- Hernawan dedi. 2015. *Pengaruh Variasi Suhu Proses annealing Pada sambungan SMAW terhadap ketangguhan Las baja K945 EMS45.*
- Howard B. Cary, 1998. *Modern welding technology*, Pearson/Prentice Hall, Virginia.
- Kurniawan Adi, 2010. *Pengaruh Pengelasan GMAW Terhadap Ketahanan Korosi Baja SS400 Studi Kasus di PT. INKA Madiun.*
- Magga Ramang, 2009. *Pengaruh Pembentukan Tegangan Sisa Pada Hasil Pengelasan.*
- Mehl Robert F, *Atlas of microstructures of industrial alloys.*
- Rajan T.V., C.P. Sharma dan Ashok Sharma, 1994, *Heat Treatment Principles And Techniques. Prentice-Hall of India.*
- Sadino, 2000. *Teknologi Pengecoran Diktat Mata Kuliah Teknik Pengecoran Logam.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Sugiyono, 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*, Alfa beta, Bandung.
- Sulistijono, 2000. *Bahan Coran Dan Peleburan.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Surdia Tata, Chijiwa Kenji, 1986. *Teknik Pengecoran Logam Cetakan Kelima, Pradnya Paramita, Jakarta.*
- Tim Penyusun. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata 1 Universitas Negeri Surabaya.* Universitas Negeri Surabaya: Surabaya. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.