

PENGARUH *PREHEAT* DAN *TEMPERING* TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO HASIL PENGELASAN BAJA JIS SS 400

Saiful Askar, Sinarep, Nasmi Herlina Sari

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram
Jln. Majapahit No.62 Mataram Nusa Tenggara Barat Kode Pos: 83125
Telp. (0370) 636087; 636126; ext 128 Fax (0370) 636087

Abstract

JIS steel SS 400 is one of the most common types of steel used for hot rolling steel structures general. This steel is excellented to the weldability and machinability properties. This study aimed to determine the effect of heat treatment with preheating without tempering (PTT), with preheating and tempering (PT), without preheating and without tempering (TPTT), and without preheating tempering (TPT). The test results are then compared with the raw material specimens.

Method of forming specimens using welding SMAW (Shielded Metal Arc Welding) DC reverse polarity using E7018 type electrode diameter of 4 mm. Type of seam used is V open seam with slit width and height of 2 mm and the width of the root angle 70°. This studied used a low alloy steel (JIS steel SS 400) which contain high levels of 0.20% C, maximum 0.005% S, maximum 0.005% P with repetitions each variation three times. Tests conducted it has testing the tensile strength, brinell hardness testing, and microstructure photo shoot.

Value of the brinell hardness of welded joints highest in the tempering specimens without preheating, amounting with 163,911 HB hardness value. The structure of cementite and pearlite formed. While the lowest hardness values of specimens owned by raw material is 120,498 HB hardness values that form the microstructure of pearlite and ferrite.

Keywords: preheating, tempering, SMAW, hardness, microstructure.

PENDAHULUAN

Material sejak dahulu sudah menjadi bagian integral dari kebudayaan dan peradaban manusia; sebagai contoh, kita menamai beberapa periode di masa lampau sebagai Zaman Batu, Zaman Perunggu, dan Zaman Besi. Teknologi-teknologi mutakhir masa kini sangat bergantung pada material canggih, semuanya memanfaatkan perangkat, produk, dan sistem yang terbuat dari material. Keahlian sarjana teknik terletak pada kemampuannya untuk menyesuaikan material dan energi demi memenuhi kebutuhan masyarakat. Demi kemudahan, material diklasifikasikan menjadi berbagai tipe yang memiliki karakteristik yang sama. Salah satu cara pengelompokan material, yaitu berdasarkan ikatan atom dan struktur yang menghasilkan kelompok logam, polimer, dan keramik.

Logam dikenal karena konduktivitas termal dan listriknya yang tinggi. Logam tidak tembus cahaya, dapat dipoles hingga mengkilat dan umumnya relatif berat dan mampu dibentuk. Logam memiliki perilaku ini karena fakta, bahwa elektron valensinya tidak terikat, namun dapat meninggalkan atom

“induknya”. Karena dalam logam beberapa elektronnya bebas bergerak, mereka dapat dengan mudah memindahkan muatan listrik dan energi termal. Sifat tidak tembus cahaya serta kemampuan pemantulan (*reflectivity*) pada logam disebabkan oleh respons dari electron bebas tersebut terhadap getaran elektromagnetik pada frekuensi cahaya (Vlack, 2004).

Pengelasan merupakan penyambungan bahan yang didasarkan pada prinsip-prinsip ikatan magnetik antar atom dari kedua bahan yang disambung. Kelebihan sambungan las adalah konstruksi ringan, dapat menahan kekuatan yang tinggi, mudah pelaksanaannya, serta cukup ekonomis. Namun kelemahan yang paling utama adalah terjadinya perubahan struktur mikro bahan yang dilas, sehingga terjadi perubahan sifat fisik maupun mekanis dari bahan yang dilas. Proses pengelasan logam secara makro diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu: (1) *Liquid state welding* (LSW), dan (2) *Solid state welding* (SSW). Prinsip dari las SMAW adalah menggunakan panas dari busur untuk mencairkan logam dasar dan ujung sebuah

consumable electrode (elektroda terumpan) tertutup dengan tegangan listrik yang dipakai 23-45 Volt, dan untuk pencairan digunakan arus listrik hingga 500 Amper yang umum digunakan berkisar antara 80-200 Amper (Kurniawan, 2011).

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut: Bagaimana pengaruh *preheat* dan *Tempering* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro hasil pengelasan baja JIS SS 400, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang: "Pengaruh *Preheat* dan *Tempering* terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Baja JIS SS 400".

Tujuan dari penelitian ini adalah: Untuk mengetahui pengaruh *preheat* dan *tempering* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro hasil pengelasan baja JIS SS 400, sehingga dapat mengurangi terjadinya patah-getas pada konstruksi-konstruksi sambungan las yang menggunakan baja jenis ini.

Sebagai peran nyata dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya di bidang pengelasan, maka peneliti berharap dapat memberikan manfaat dari penelitian ini, antara lain:

- Sebagai literatur pada penelitian yang sejenisnya dalam rangka pengembangan teknologi khususnya bidang pengelasan.
- Sebagai informasi bagi juru las untuk meningkatkan kualitas hasil pengelasan.
- Sebagai informasi penting guna meningkatkan pengetahuan bagi peneliti dalam bidang pengujian material, pengelasan dan material teknik.

LANDASAN TEORI

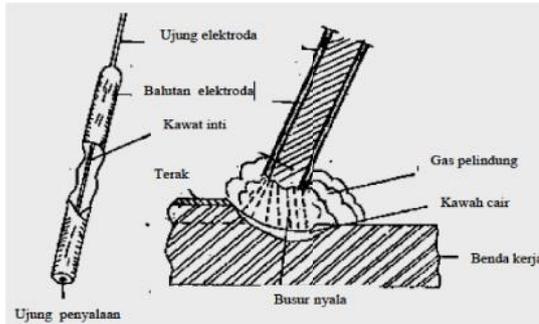
Lebar HAZ (*Heat Affected Zone*/ daerah pengaruh panas) dipengaruhi oleh temperatur *preheat*. Spesimen yang tidak mengalami *preheat* memiliki lebar HAZ yang terkecil, yaitu 1,22 mm. Besarnya lebar HAZ dari dua spesimen yang mengalami *preheat* 200°C, yaitu 1,83 dan 1,86 mm. Sedangkan yang memiliki lebar HAZ yang terbesar adalah dua spesimen yang mengalami *preheat* 400°C, nilainya berturut-turut yaitu 2,59 dan 2,63 mm (Yaqin dkk., 2011).

Loureiro (2000), telah meneliti pengaruh *heat input* pada deformasi plastik pengelasan *undermached* mengatakan, bahwa pelat *coupon* yang dipreheat pada temperatur 100°C dalam *order* pencegahan hidrogen menyebabkan retak dingin.

Priadi dan Selvinus (2007), telah meneliti studi pengaruh besarnya arus listrik terhadap distribusi kekerasan, struktur mikro, dan kekuatan impak pada baja karbon rendah jenis SB 46 menyimpulkan, bahwa pada daerah *base metal* kekerasan terendah pada arus 125 A, Sedangkan kekerasan tertinggi pada arus 170 A dan pada daerah ini tidak mengalami perubahan struktur. Pada daerah HAZ kekerasan terendah terdapat pada arus 150 A sedangkan kekerasan tertinggi terjadi pada arus 125 A.

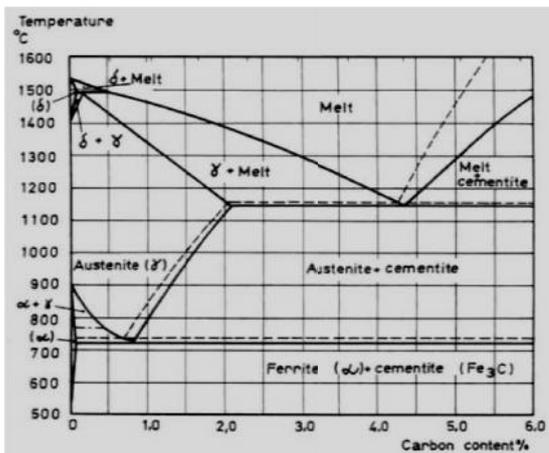
Baja JIS SS 400 merupakan salah satu dari sebagian besar jenis baja yang lazim dipergunakan untuk struktur baja umum pengerolan panas. Ini disediakan dalam bentuk pelat, lembaran (*sheet*), rata (*flat*), batang (*beam*), dan potongan-potongan (*bagian-bagian/section*). Baja ini unggul pada sifat mampu-las (*weldability*) dan mampu-mesin (*machinability*). Memiliki densitas 7860 kg/m³, modulus young 190000-210000 N/mm², kekuatan tarik 400-510 N/mm², kekuatan yield 205-245 N/mm², rasio poisson 0,26, kekerasan 160 HB, dan titik leburnya 1430 °C. Baja ini sepadan dengan baja DIN 17100 St 44-2, ASTM A36, ASTM A283 Grade D, dan EN S 275/BS 43A. Unsur-unsur kimia yang terkandung dalam baja ini, antara lain 0,2% C, maksimal 0,05% S, maksimal 0,05% P, pembatasannya di bawah level ini, sedangkan Si dan Mn tidak dibatasi ([http://www.meadinfo.org/09 Desember 2011 Jam 23.50 WITA](http://www.meadinfo.org/09_Desember_2011_Jam_23.50_WITA)).

Preheat merupakan pemanasan yang dilakukan sebelum benda kerja tersebut dikerjakan lebih lanjut, misalnya sebelum dilakukan pengelasan. Temperatur pemanasan awal adalah antara 30°C – 400°C. Hal ini perlu dilakukan, karena pada waktu pengelasan akan terjadi panas pada daerah pengelasan. Panas yang tinggi akan terpusat pada daerah pencairan. Dengan bertambah jauh jarak busur elektroda akan berkurang panas yang terjadi. Pemanasan dan pendinginan yang tidak merata akan menyebabkan berbagai pengaruh pada daerah pengelasan, misalnya keliatan, tegangan dan sifat logam lainnya. Dengan memanaskan logam sebelum pengelasan akan mengurangi perbedaan temperatur pada daerah pengelasan (Zamrinata, 2011).



Gambar 1 Las Elektroda Terbangkus
(Askar, dkk., 2012)

Tempering adalah proses perlakuan panas lanjutan setelah proses pengerasan, bertujuan untuk mengurangi kekerasan yang terlalu tinggi akibat pendinginan yang cepat dan temperatur yang tinggi. Temperatur *tempering* untuk baja paduan rendah kekuatan tinggi berkisar antara 375°C – 575°C ditahan 1 sampai 2 jam (Copyright© ASM International® 1995).



Gambar 2 Diagram Fasa Besi Karbida/Fe₃C
(Askar, 2012)

Struktur material dalam orde kecil sering disebut struktur mikro. Struktur ini tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro. Penelitian ini menggunakan mikroskop cahaya (Santoso, 2006).

Uji kekerasan lekukan yang pertama kali banyak digunakan serta disusun pembakuannya adalah metode yang diajukan oleh J.A. Brinell pada tahun 1900. Uji kekerasan *brinell* berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam dengan memakai bola baja berdiameter 10 mm dan diberi beban 3000 kg. Untuk logam lunak, beban dikurangi hingga tinggal 500 kg, untuk menghindari jejak yang dalam, dan untuk bahan yang sangat keras, digunakan paduan

karbida tungsten, untuk memperkecil terjadinya distorsi identor (Callister 2000 dan Dieter 1976).

Angka kekerasan *brinell* (HB) atau (BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luas permukaan lekukan. Rumus angka kekerasan tersebut adalah:

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots \dots \dots (1)$$

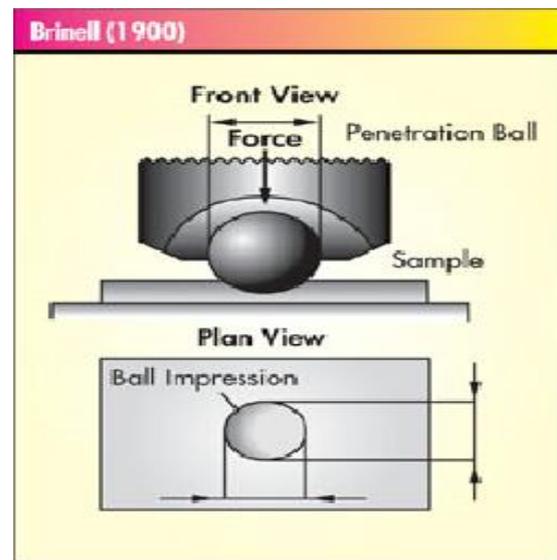
Dimana:

BHN = angka kekerasan *brinell* (kg/mm²)

P = beban (kg)

D = diameter bola (mm)

d = diameter rata-rata indentasi (mm)



Gambar 3 Media Pengujian Kekerasan Brinell

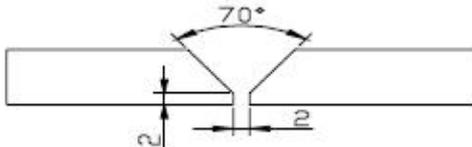
METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

- a. Mesin gergaji beserta kelengkapannya
- b. Peralatan pengelasan
- c. Mesin las SMAW DC
- d. Penggaris
- e. Jangka sorong
- f. Mesin gerin potong
- g. Ragum
- h. Ampelas
- i. Kikir
- j. Mesin uji foto struktur mikro
- k. Mesin uji tarik
- l. Mesin uji kekerasan
- m. Stopwatch
- n. Pengukur sudut

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja JIS SS 400 dan elektroda jenis E7018 dengan diameter 4 mm.

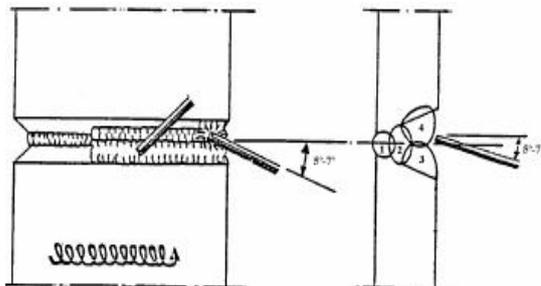
Pembuatan kampuh V terbuka dengan menggunakan *flame heating* (api yang berasal dari hasil pembakaran gas oksigen dengan asetilin). Bahan yang telah dipersiapkan dipotong dengan *flame heating*, dengan ukuran 200 x 220 mm sebanyak empat buah, setelah bahan dipotong kemudian permukaan digambar dengan spidol, tepi permukaan diukur sedalam 2 mm dan diukur sudut 35° . Setelah bahan digambar bahan dicekam dan dilakukan pengefraisan dengan sudut 35° .



Gambar 4 Kampuh V Terbuka

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah:

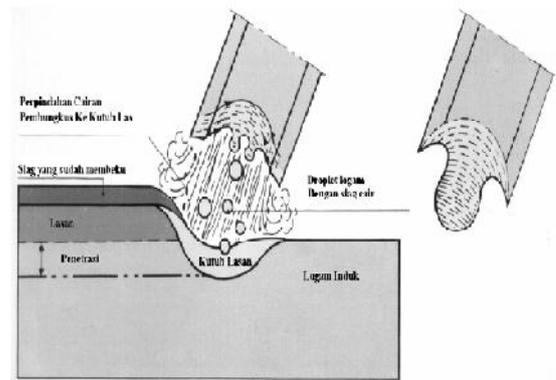
- Mempersiapkan mesin las SMAW DC sesuai dengan pemasangan polaritas terbalik.
- Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas.
- Mempreheat (400°C) benda kerja menggunakan oven material.
- Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan mendatar atau bawah tangan.



Gambar 5 Posisi Pengelasan Mendatar (<http://www.migas-indonesia.com/diakses> tgl. 29 Desember 2011 Jam 16.34 WITA)

- Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, dengan sudut 70° , dengan lebar celah dan tinggi akar 2 mm.
- Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan pelat, dalam penelitian ini dipilih elektroda jenis E7018 dengan diameter elektroda 4 mm.
- Menyetel amper meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan

sampai menyala. Amper meter diatur pada angka 175 A dan pengelasan mulai dilakukan.



Gambar 6 Prinsip Kerja Perpindahan Logam pada Proses Pengelasan SMAW (<http://www.migas-indonesia.com/diakses> tgl. 29 Desember 2011 Jam 16.34 WITA)

Sebelum melakukan pengujian foto struktur mikro spesimen perlu dihaluskan dahulu. Penghalusan dengan menggunakan ampelas *grade* 400 sampai 1000. Setelah spesimen diampelas dengan ukuran 1000 sampai halus kemudian dipoles dengan *autosol* agar spesimen lebih halus lagi, kemudian dicelupkan ke dalam larutan etsa 5 %.

Spesimen yang telah dipoles dilanjutkan dengan pengujian foto struktur mikro, adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

- Spesimen dibersihkan menggunakan kain, karena spesimen lebih besar dari tempat etsa maka pengetsaan menggunakan kapas yang dibasahi cairan etsa kemudian dioleskan pada permukaan yang dikehendaki.
- Spesimen diletakkan pada landasan mikroskop optik, mesin diaktifkan, lensa pembesar didekatkan untuk melihat permukaan spesimen. Pengambilan foto struktur mikro dengan perbesaran 400x. Struktur mikro dilihat, apabila kurang jelas atau kabur, lensa difokuskan agar terlihat dengan jelas.
- Sebelum gambar diambil, film dipasang pada kamera yang telah disetel sedemikian rupa dengan menggunakan film asa 200. Pada saat pengambilan foto diusahakan tidak ada hal apapun yang membuat mikroskop optik bergerak, karena apabila mikroskop optik bergerak akan mempengaruhi hasilnya.



Gambar 7 Mesin Foto Struktur Mikro

Langkah-langkah pengujian kekerasan *brinell* adalah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan bagian pada benda uji yang akan diberi pembebanan.
- b. Mempersiapkan identor pada mesin *hardness tester* dengan diameter identor (D) 2,5 mm.
- c. Mengatur besar pembebanan (P) sebesar 184 kg.
- d. Mengatur settingan mesin *hardness tester* pada *brinell* dengan memindahkan posisi *handle* yang ada.
- e. Meletakkan spesimen uji pada mesin *hardness*.
- f. Melakukan proses pemberian beban pada benda uji dengan cara mendekatkan identor pada benda uji, lalu *handle* dilepas, sehingga identor yang berupa bola baja menekan permukaan benda uji. Proses ini dilakukan selama 10-20 detik.
- g. Mengulangi langkah nomor 6 pada 4 titik berikutnya..
- h. Melakukan pengamatan diameter bekas penekanan identor yang terdapat pada spesimen uji dengan menggunakan lensa dengan pembesaran 400x pada kelima titik yang telah dilakukan uji *hardness brinell*.
- i. Melakukan pengukuran besar diameter bekas identor pada spesimen uji dengan cara diukur pada kedua sisi lingkaran yang tertera pada layar *Hardness Machine*.
- j. Dilakukan proses pencatatan diameter (d_1 dan d_2) pada ke tiga titik bekas identor pada spesimen uji.



Gambar 8 Mesin Uji Kekerasan

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekerasan *Brinell*

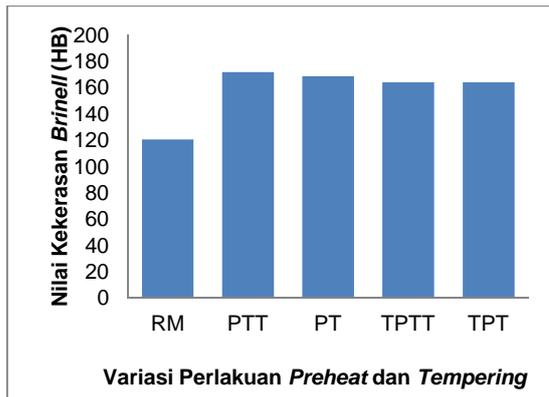
Dari data diameter indentasi uji kekerasan *brinell*, maka dengan menggunakan persamaan 1 diperoleh masing-masing nilai kekerasan *brinell* untuk setiap variasi perlakuan. Nilai tersebut seperti ditampilkan dalam tabel 1 berikut ini:

Tabel 1 Nilai Kekerasan *Brinell* dari Setiap Variasi Perlakuan *Preheat* dan *Tempering* Baja Hasil Las

No.	Spesimen	Nilai Kekerasan <i>Brinell</i> (HB)
1	RM	120,498
2	PTT	171,722
3	PT	168,650
4	TPTT	163,911
5	TPT	163,911

Sumber Data: Hasil Pengujian Kekerasan *Brinell* di Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram

Berikutnya dari tabel 2 didapatkan hubungan nilai kekerasan *brinell* dengan variasi perlakuan *preheat* dan *tempering* dari baja hasil las, yang ditunjukkan dalam gambar 14 sebagai berikut:

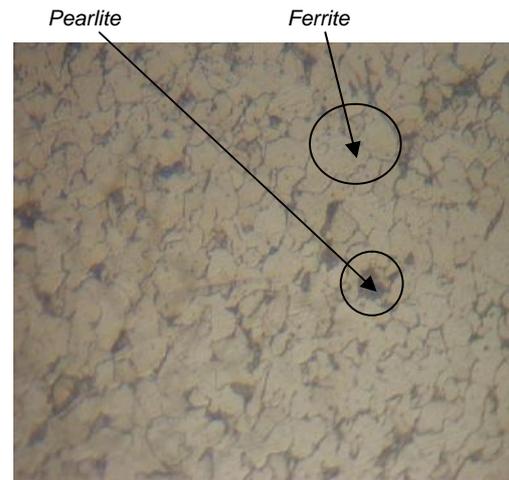


Gambar 9 Hubungan antara Nilai Kekerasan Brinell dengan Variasi Perlakuan Preheat dan Tempering pada Baja Hasil Las

Dari gambar 9 dapat diamati, bahwa terjadi penurunan nilai kekerasan *brinell* pada tiga perlakuan spesimen. Pada spesimen PT hampir mendekati nilai kekerasan variasi PTT, yaitu masing-masing 168,650 HB dan 171,722 HB. Nilai ini dipicu oleh keberadaan fasa transformasi *ferrite* ke *pearlite* (lihat gambar 12 dan 13) yang mendominasi pada seluruh struktur kristal material dan adanya *pearlite* pada batas butir. Pada variasi perlakuan TPTT dan TPT memiliki nilai kekerasan yang sama, yaitu sebesar 163,911 HB dan paling rendah dari variasi PTT dan PT. Penyebab penurunan ini ialah terbentuknya fasa *ferrite* dan *pearlite* yang sangat banyak (lihat gambar 14 dan 15), juga akibat dari pendinginan lambat dengan menggunakan udara bebas hingga temperatur kamar.

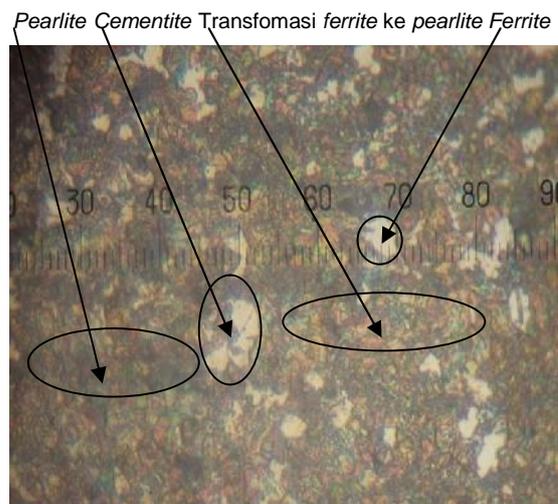
2. Hasil dan Pembahasan Struktur Mikro

Struktur mikro RM pada gambar 11 didominasi oleh butir-butir *ferrite* yang berwarna putih (bulatan-bulatan yang lebar dan terang), sedangkan fasa *pearlite* lebih sedikit (bulatan-bulatan yang berwarna abu-abu). Butir *ferrite* mengakibatkan karakteristik yang lunak/ulet terhadap material. Sedangkan fasa *pearlite* meningkatkan ketangguhan dari material baja. Dimana semakin banyak fasa *ferrite* dan *pearlite* yang terkandung di dalam struktur kristal material, maka nilai kekuatan tarik dan kekerasan dari material tersebut semakin rendah. Berbeda dengan *cementite* yang membentukkan kekuatan dan kekerasan yang menyebabkan kerapuhan terhadap material, semakin banyak fasa *cementite*, maka kerapuhan dan kekerasanpun semakin meningkat.

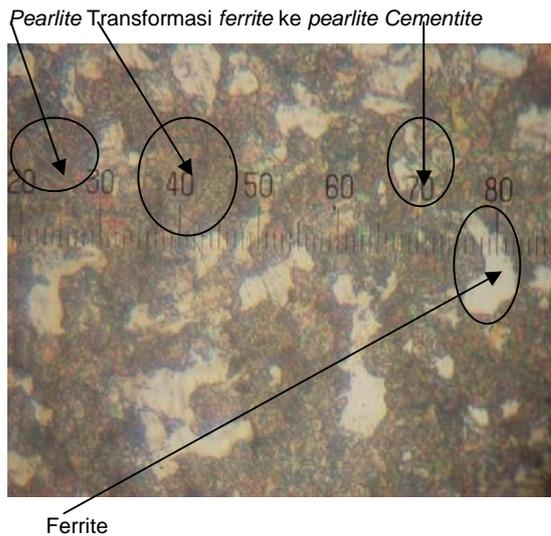


Gambar 11 Foto Struktur Mikro Spesimen Raw Material Perbesaran 400x (1 mm = 40 Strip)

Pada gambar 12 (a) menunjukkan struktur mikro *pearlite*, *cementite*, transformasi *ferrite* ke *pearlite*, dan *ferrite* pada daerah HAZ PTT. Pada gambar ini struktur mikro didominasi oleh transformasi *ferrite* ke *pearlite* dan fasa *pearlite* berada pada batas butir. Sedangkan fasa *ferrite* dan *cementite* tidak terlalu banyak (hanya sebagian kecil dari total fasa pada daerah ini). Pada daerah ini properti material sangat kuat dan keras, tapi getas. Pada gambar 12 dan 13 menunjukkan struktur mikro spesimen pengelasan dipreheat tanpa ditempering pada daerah lasan. Pada gambar ini foto struktur mikro untuk *cementite* dan *pearlite* berada pada batas butir terlihat sangat kecil. Jumlah *ferrite* pada gambar ini sedikit dan terdapat pada sepanjang garis struktur transformasi *ferrite* ke *pearlite*.

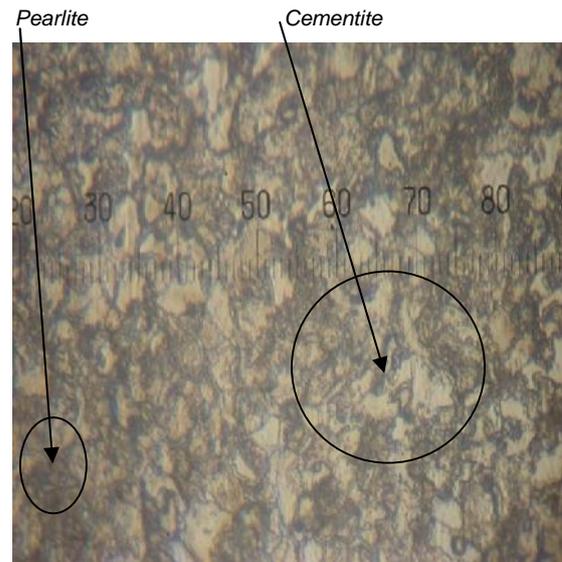


Gambar 12 (a) Foto Struktur Mikro Spesimen Pengelasan Dipreheat Tanpa Ditempering pada Daerah HAZ Perbesaran 400x(1 mm = 40 Strip)



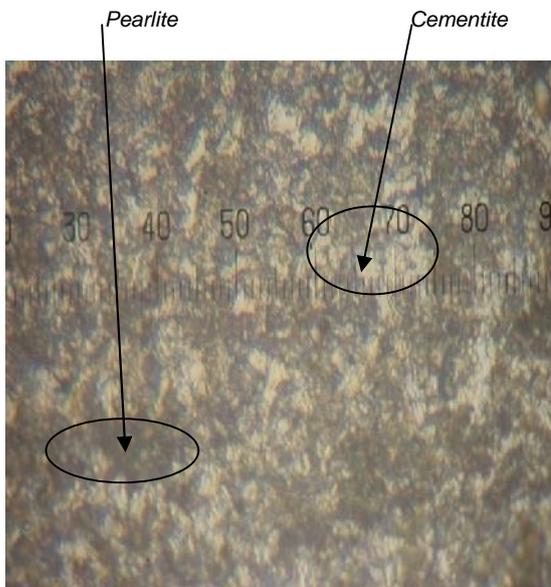
Gambar 12 (b) Foto Struktur Mikro Spesimen Pengelasan Dipreheat Tanpa Ditempering pada Daerah Lasan Perbesaran 400x (1 mm = 40 Strip)

Pada gambar 13 bagian (a) dan (b) merupakan spesimen PT dapat diketahui, bahwa struktur mikronya adalah *pearlite* dan *cementite*. *Cementite* dan *pearlite* berada pada seluruh area material, baik pada daerah HAZ maupun logam lasan. *Cementite* terlihat berbutir lebih besar pada daerah lasan dibanding *pearlite* yang ada pada gambar spesimen pengelasan dengan dipreheat dan ditempering pada daerah HAZ. Hal ini menunjukkan juga, bahwa sifat mekanik seperti kekuatan tarik spesimen lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen RW.

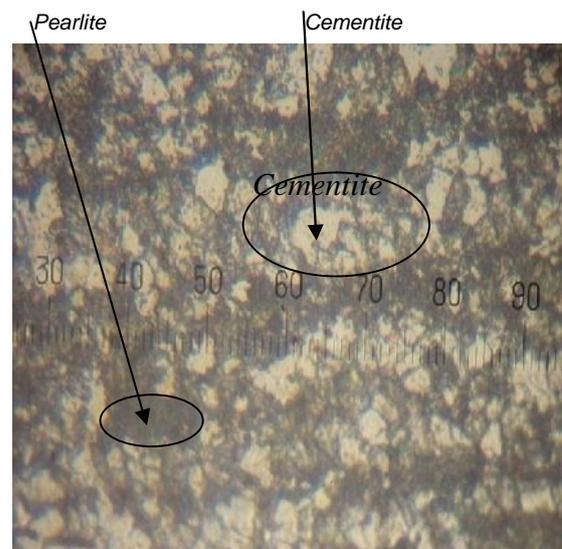


Gambar 13 (b) Foto Struktur Mikro Spesimen Pengelasan Dipreheat dan Ditempering pada Daerah Lasan Perbesaran 400x (1 mm = 40 Strip)

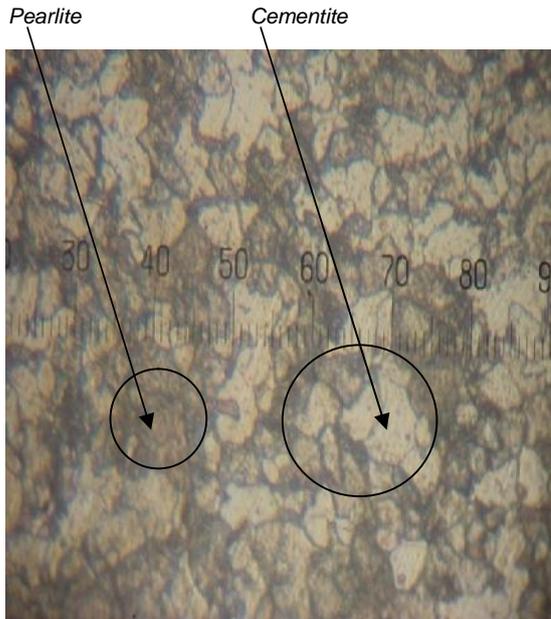
Pada gambar 14 (a) tampak struktur yang terbentuk adalah *pearlite-cementite*, dan *ferrite* batas butir atau *grain boundary ferrite*. Pada daerah ini struktur *pearlite-cementite* paling banyak dibandingkan dengan *ferrite*. Pada gambar 14 (b) menunjukkan struktur *pearlite*, *ferrite* dan *cementite*. Spesimen TPTT ini memiliki kekuatan tarik yang tertinggi, jika dibandingkan dengan spesimen RM, PTT, dan PT.



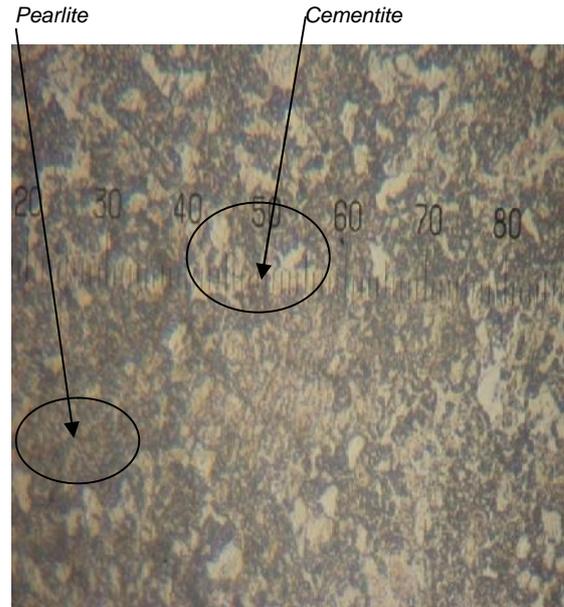
Gambar 13 (a) Foto Struktur Mikro Spesimen Pengelasan Dipreheat dan Ditempering pada Daerah HAZ Perbesaran 400x (1 mm = 40 Strip)



Gambar 14 (a) Foto Struktur Mikro Spesimen Pengelasan Tanpa Dipreheat dan Tanpa Ditempering pada Daerah HAZ Perbesaran 400x (1 mm = 40 Strip)



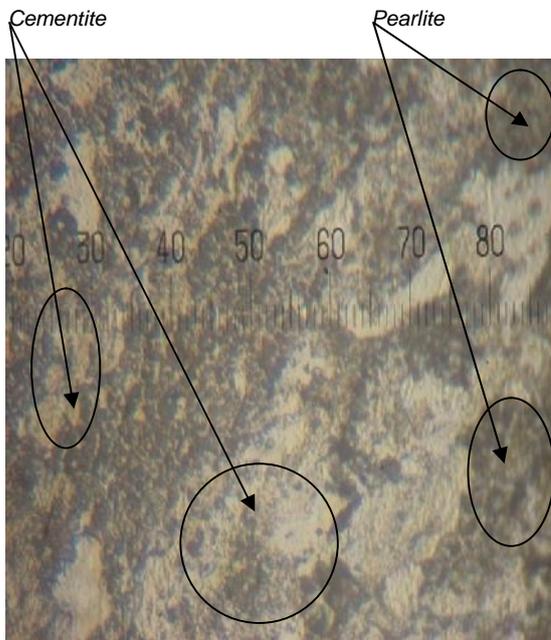
Gambar 14 (b) Foto Struktur Mikro Spesimen Pengelasan Tanpa *Dipreheat* dan Tanpa *Ditempering* pada Daerah Lasan Perbesaran 400x (1 mm = 40 Strip)



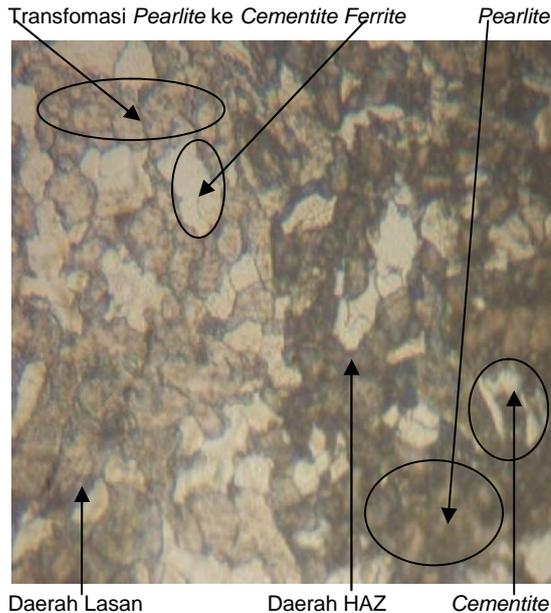
Gambar 15 (b) Foto Struktur Mikro Spesimen Pengelasan Tanpa *Dipreheat* *Ditempering* pada Daerah Lasan Perbesaran 400x (1 mm = 40 Strip)

Gambar 15 (a) dan (b) menunjukkan struktur yang terbentuk adalah *pearlite-cementite*. *Pearlite-cementite* yang terbentuk terdistribusi dan memanjang diseluruh permukaan material. Kekuatan tarik spesimen TPT ini tertinggi dari seluruh spesimen. Nilai ini disebabkan oleh keberadaan fasa *Pearlite-cementite* yang mendominasi.

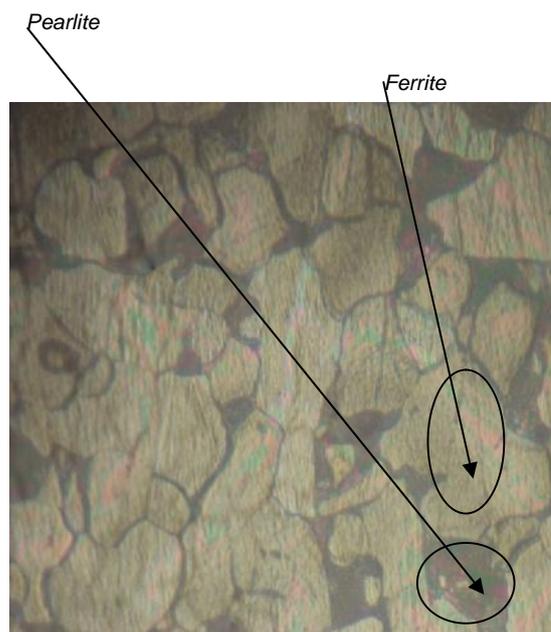
Gambar 16 (a) menunjukkan struktur yang terbentuk didominasi oleh *pearlite-ferrite* pada daerah logam las-lasan. *Ferrite-cementite* terdistribusi secara merata pada daerah HAZ. Gambar 16 (b) menunjukkan *pearlite-ferrite* terdistribusi juga pada *base metal*. Pada pengelasan material TPTT dengan pemotongan menggunakan mesin gerinda tidak membentuk butir *cementite* pada *base metal* dan logam lasan, tetapi hanya pada daerah HAZ. Butir yang ditimbulkan akibat pemotongan menggunakan mesin gerinda potong adalah bilah-bilah butiran yang bulat dan lebar. Tapi pada pemotongan menggunakan alat potong *flame heating* sebagian besar berstruktur *cementite*. Ini dibuktikan, bahwa seluruh spesimen yang dipotong dengan *flame heating* ini memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada dengan menggunakan menggunakan mesin gerinda potong.



Gambar 15 (a) Foto Struktur Mikro Spesimen Pengelasan Tanpa *Dipreheat* *Ditempering* pada Daerah HAZ Perbesaran 400x(1 mm = 40 Strip)



Gambar 16 (a) Foto Struktur Mikro Spesimen Pengelasan Tanpa Dipreheat dan Tanpa Ditempering pada Daerah Lasan dan daerah HAZ Perbesaran 400x (1 mm = 40 Strip)/Pembanding



Gambar 16 (b) Foto Struktur Mikro Spesimen Pengelasan Tanpa Dipreheat dan Tanpa Ditempering pada Daerah Base Metal (Logam Dasar) Perbesaran 400x (1 mm = 40 Strip)/Pembanding

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan penelitian pengaruh *preheat* dan *tempering* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro hasil pengelasan baja JIS SS 400 ini dapat ditarik beberapa kesimpulan. Nilai kekerasan yang

paling rendah dimiliki oleh spesimen *raw material*, yaitu sebesar 120,498 HB dari empat spesimen. Ini dikarenakan struktur yang terbentuk adalah *ferrite* dan *pearlite* yang bersifat lunak dan tangguh. Spesimen ini dimasukkan hanya sebagai pembandingan untuk empat spesimen. Nilai kekerasan tertinggi dimiliki oleh spesimen pengelasan dengan perlakuan tanpa *dipreheat* dan *ditempering*, yaitu sebesar 163,911 HB dari empat spesimen. Struktur mikro yang terbentuk pada spesimen ini didominasi oleh *cementite* dan *pearlite* baik pada daerah HAZ maupun lasan. Pemotongan spesimen dengan menggunakan *flame heating* berpengaruh mengubah fasa *ferrite-pearlite* menjadi transformasi *ferrite* ke *pearlite* dan *cementite*, akan tetapi pemotongan dengan menggunakan mesin gerinda potong masih berstruktur *ferrite* dan *pearlite*.

SARAN

Usahakan lokasi dan peralatan *preheating*, *tempering*, pengelasan, dan pembentukan bentuk spesimen berada pada satu lokasi. Tujuannya adalah untuk mengefisienkan biaya, tenaga, dan lama waktu penelitian, serta untuk mengurangi terjadinya perubahan pada struktur mikro yang berpengaruh terhadap sifat fisis material baja JIS SS 400. Diusahakan juga untuk tidak menggunakan alat potong dari nyala api pada saat proses pemotongan spesimen. Ini juga dapat menyebabkan perubahan struktur mikro dan dapat mempengaruhi sifat fisis dari baja tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, 2000, *Hand's Book Fundamental of Material Science and Engineering 5th Edition*, Department of Metallurgy Engineering, The University of Utah. Copyright© ASM International® 1995
- Dieter, 1976, *Metallurgy SI Metric Edition Mechanical*, University of Mariland <http://www.meadinfo.org/> diakses tanggal 09 Desember 2011 Jam 23.50WITA. <http://www.migas-indonesia.Com/> diakses tanggal 29 Desember 2011 Jam 16.34WITA.
- Kurniawan, Apri, 2011, *Jenis-jenis Pengelasan*, Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
- Loureiro, Altino J.R., 2000, *Effect of Heat Input on Plastic Deformation of Undermatched Welds*, Department of Mechanical Engineering, University of

- Coimbra, Pinhal de Marrocos, 3030 Coimbra, Portugal.
- Santoso, Joko, 2006, *Pengaruh Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Vlack, Lawrence H. Van, 2004, *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material, Edisi Enam*, Erlangga, Jakarta.
- Wirjosumarto, Harsono & Okumura, Toshie, 2004, *Teknologi Pengelasan Logam, Cetakan 9*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Yaqin, Muhammad Khusnul, dkk., 2011, *Pengaruh Preheat dan Postheat terhadap Lebar HAZ, Struktur Mikro dan Distribusi Kekerasan Proses Pengelasan SMAW Kelabu FC 25*, Jurusan Material dan Metalurgi, Teknologi Sepuluh No. Surabaya.
- Yosga, Muchamad, 2012, *Diagram TTT (Time-Temperature-Transformation)*, Universitas Brawijaya.
- Zamrinata, 2011, *Tujuan dan Jenis Perlakuan Panas*, Program Studi Teknik Mesin, FKIP, UNS.