

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR *PREHEAT* PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN BAJA KARBON SS400

Savitri Ramadhani¹, Basyirun², Rusiyanto³, Sunyoto⁴

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Email: savitri44@students.unnes.ac.id

ABSTRACT

This article described a study of the effect of a SMAW welding process with no preheating and varied preheating temperatures on the microstructure and hardness of SS400 steel. The research used experimental design methods. The variables in this study are the preheat temperatures which are 80 °C, 110 °C, 140 °C, and 170 °C. Parameters of welding electrode types, welding current, and the duration from preheating to the welding process are made for each preheat temperature variation. Variations in preheating temperature have different effects on the microstructure and Vickers hardness of SS400 steel. The results conclude that preheating temperature variations in the SMAW welding process affect the microstructure and the resulting Vickers hardness value. Specimens at temperature variations of 140 °C to 170 °C did not have a martensitic structure, while martensite occurs between ferrite and pearlite in the raw materials for the specimens at 80 °C and 110 °C preheat temperatures. The higher the preheat temperature, the less the amount of martensite. The hardness value is in line with the formed microstructure. There is an effect of non-preheat welding and variations in preheat temperature on the Vickers hardness value of the SS400 steel SMAW welding process. The preheat temperature variations affect a significantly decreased hardness value of SS400. Specimen with the lowest preheat has the highest hardness in the weld metal area, and the highest preheat has the lowest hardness in the base metal area. The average highest hardness value is in the weld metal area, while the lowest is in the base metal area.

Keywords: SMAW welding, preheat, microstructure, Vickers hardness

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengelasan SMAW tanpa *preheat* dan dengan variasi temperatur *preheat* sebesar 80°C, 110°C, 140°C, dan 170°C terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan baja SS400. Metode penelitian menggunakan metode eksperimental design. Variasi dalam penelitian ini adalah variasi temperatur *preheat* sebesar 80°C, 110°C, 140°C, dan 170°C. Parameter lain seperti jenis kawat las, arus pengelasan, dan jarak waktu dari *preheat* ke pengelasan dibuat seragam disetiap variasi temperatur. Variasi temperatur *preheat* memiliki pengaruh yang berbeda terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan Vickers baja SS400. Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh variasi temperatur *preheat* pada proses pengelasan SMAW terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan Vickers yang dihasilkan. Spesimen pada variasi temperatur 140°C hingga 170°C tidak terdapat struktur *martensite*. Sedangkan spesimen *raw material*, 80°C, 110°C terdapat *martensite* di antara *ferrite* dan *pearlite*. Semakin tinggi temperatur *preheat*, semakin sedikit jumlah *martensite*. Hasil nilai kekerasan sejalan dengan struktur mikro yang terbentuk, terdapat pengaruh pengelasan *non preheat* dan variasi temperatur *preheat* pada proses pengelasan SMAW baja SS400 terhadap nilai kekerasan Vickers. Pengaruh variasi temperatur *preheat* terhadap nilai kekerasan baja SS400 adalah terjadi penurunan terhadap kekerasan secara signifikan di semua daerah pengelasan. Sedangkan spesimen *preheat* terendah memiliki kekerasan tertinggi di daerah *weld metal* dan spesimen *preheat* tertinggi memiliki kekerasan terendah sebesar di daerah *base metal*. Rata-rata nilai kekerasan tertinggi di daerah *weld metal* dan terendah di daerah *base metal*.

Kata kunci: pengelasan SMAW, *preheat*, struktur mikro, nilai kekerasan Vickers

PENDAHULUAN

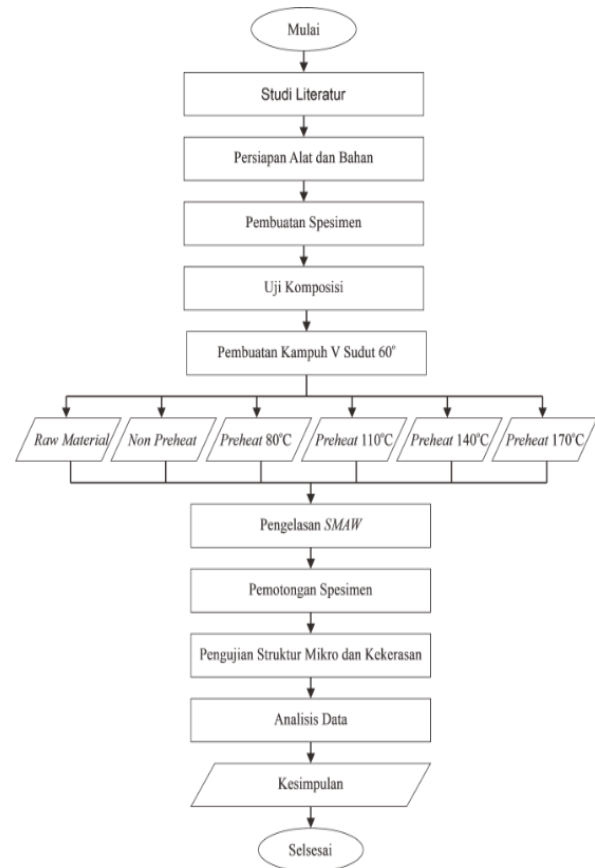
Baja SS400 memiliki kadar karbon yang rendah sehingga mudah dilakukan pengelasan dan memiliki *tensile strength* sebesar 400-560 MPa membuat baja SS400 memiliki ketangguhan dan keuletan yang baik sehingga sering digunakan pada rangka konstruksi, produksi perkapalan khususnya pada lambung kapal (Julian, dkk. 2019: 278). Namun, pada penggunaannya baja SS400 sering terjadi distorsi dan kepekaan yang rendah terhadap retak las. Salah satu cara mencegah retak las pada ponton adalah dengan melakukan pemanasan mula (*preheat*).

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) merupakan suatu proses yang bertujuan untuk mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemasukan panas pada variasi temperatur tertentu dan pengaturan laju pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam (Saefuloh, dkk. 2018: 57). Pemanasan awal adalah pemanasan logam dasar hingga mencapai temperatur tertentu sebelum pengelasan yang bertujuan untuk menaikkan temperatur logam induk dan merubah struktur-struktur mikro sesuai tujuan penggunaan.

Preheat pada logam sebelum proses pengelasan mempengaruhi persentase karbon (Ningrum, dkk. 2019: 136). Pemberian *preheat* sebelum pengelasan menyebabkan laju pendinginan lambat di daerah logam las dan *HAZ*. *Preheat* diperlukan untuk mencegah terjadinya retak yang disebabkan oleh munculnya struktur *martensite* di logam las dan *HAZ* karena tingginya laju pendinginan.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian pada penelitian ini adalah jenis eksperimen, yaitu penelitian dilaksanakan di laboratorium dengan diberikan perlakuan (*treatment*) tertentu dan diujikan kemudian didapat data dan nilai dari hasil perlakuan yang diterapkan pada sampel.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja SS400, Kawat las AWS E6013 13D ukuran diameter 3,2 mm, Ampelas Amril grade 120 sampai 2000, autosol, cairan HNO₃ serta alkohol 96%. Sedangkan alat yang digunakan adalah:

1. Mesin las SMAW merk Lakoni 160 A dengan arus DC (*direct current*) polaritas balik (*reverse polarity*).
2. Peralatan dan perlengkapan pengelasan SMAW.
3. Peralatan dan perlengkapan las asetelin atau las karbid.
4. Alat ukur: penggaris, jangka sorong, *bevel* (pengukur sudut).
5. *Thermometer infrared*.
6. *Timer/stopwatch*.
7. Kikir dan gerinda tangan.
8. Mesin gergaji.
9. Gelas ukur dan pipet tetes
10. Alat uji komposisi (*Spectrometer*).

11. Alat foto mikro: *Metallurgical Microscop with Inverted "Olympus PME 3"*.
12. Alat uji kekerasan Vickers: *Microhardness Tester FM-800*.

Parameter pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

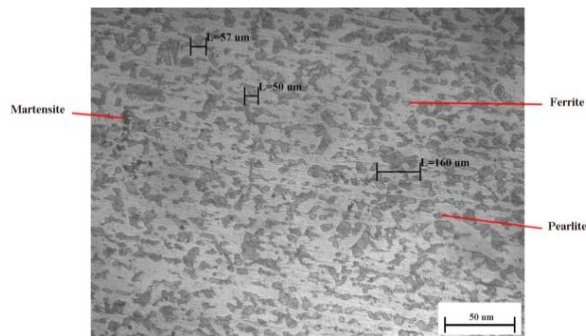
1. Variabel bebas, terdiri dari *raw material*, *non preheat*, dan variasi temperatur *preheat* sebelum pengelasan yaitu 80°C, 110°C, 140°C, dan 170°C.
2. Variabel terikat, yaitu struktur mikro dan nilai kekerasan Vickers.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Material Awal

Hasil Uji Struktur Mikro Material Awal

Menurut penelitian Ningrum, dkk (2019: 139), spesimen uji tanpa *preheat* menghasilkan struktur mikro dominasi *pearlite* yang menyebabkan material keras. Foto struktur mikro menunjukkan terdapat fasa *martensite*, *ferrite*, dan *pearlite* dengan distribusi merata. *Raw material* ini tidak mengalami proses pemanasan baik dari *preheat* maupun pengelasan sehingga masih terdapat struktur *martensite* dan didominasi *pearlite* yang menunjukkan *raw material* memiliki kekekerasan yang tinggi dan cenderung getas dengan adanya struktur *martensite*.



Gambar 2. Foto Struktur Mikro *Raw Material* Perbesaran 200x

Hasil Uji Nilai Kekerasan Vickers Material Awal

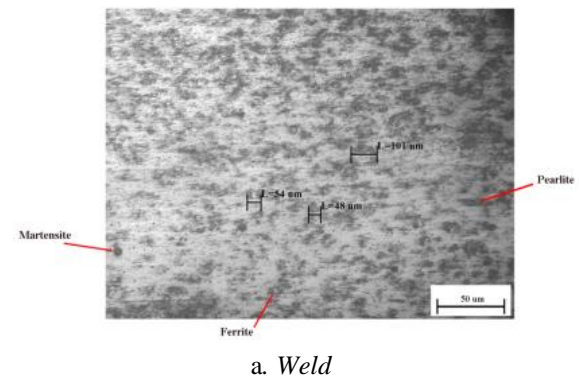
Pengujian nilai kekerasan Vickers pada material awal dapat dijadikan pembandingan dalam uji kekerasan Vickers pada spesimen *non preheat* dan dengan *preheat*.

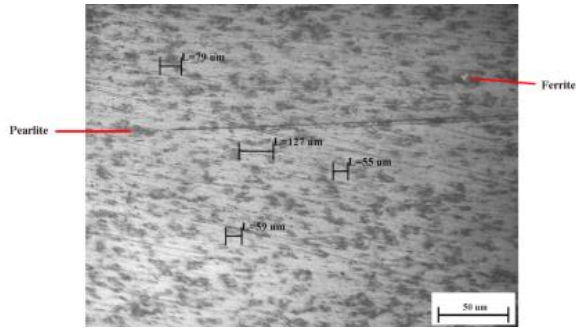
Tabel 1. Nilai Kekerasan *Raw Material*

Spesimen	Nilai Kekerasan		Rata-Rata Nilai Kekerasan (HVN)
<i>Raw Material</i>	191.3	178.7	184.7
	182.1	188.8	
	197.7	170.3	
	174.3	189.7	
	186.2	173.5	
	188.3	171.2	
	186.1	217.1	
	165.2	200.1	
	195.6	178.4	
	180.3	200.8	
	173.3	184	
	178.8	181.4	

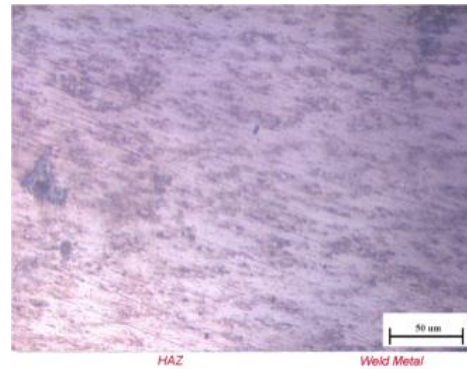
Pengaruh Proses Pengelasan SMAW Tanpa Preheat terhadap Struktur Mikro Baja SS400

Hasil Foto dan Pembahasan Struktur Mikro Pengelasan SMAW Tanpa *Preheat*

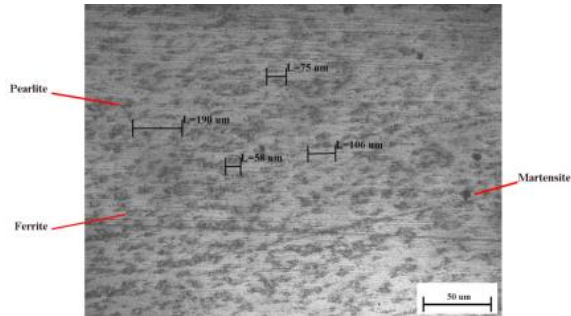




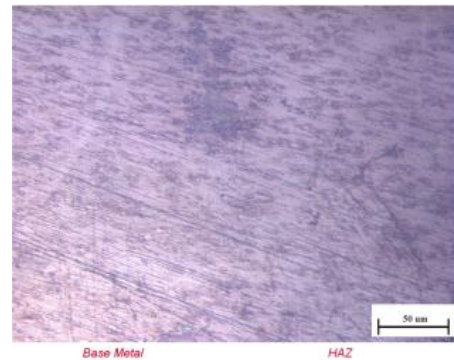
b. HAZ Kanan



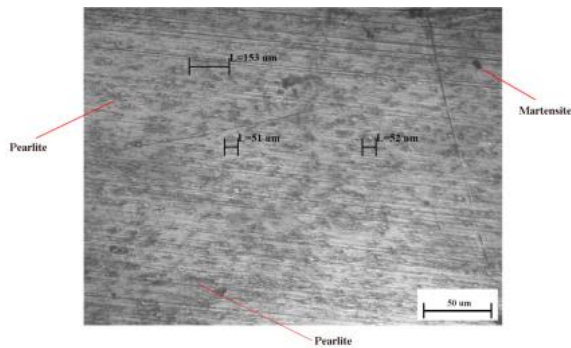
f. Batas Butir Daerah Weld Metal ke HAZ



c. HAZ Kiri



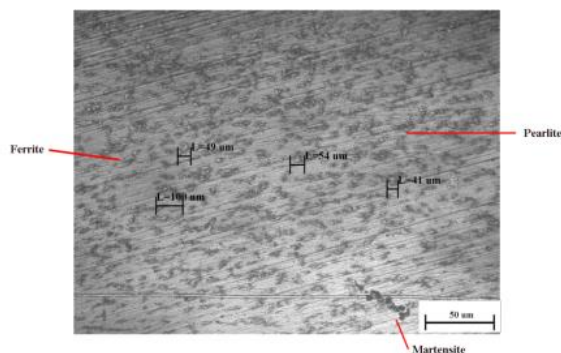
g. Batas Butir Daerah HAZ ke Base Metal



d. Base Kanan

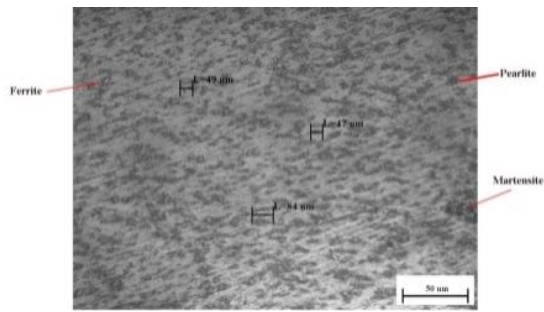
Gambar 3. Struktur Mikro Pengelasan SMAW Tanpa Preheat Perbesaran 200x (gambar a-g)

Gambar 3 di *weld metal* spesimen terdapat beberapa struktur *martensite* yang bersifat yang keras dan getas. Bagian *HAZ* kanan dan *HAZ* kiri berupa butiran-butiran dominasi *pearlite* berbentuk memanjang, *ferrite*, dan beberapa struktur *martensite*. Bagian *base* kanan dan *base* kiri spesimen pengelasan tanpa *preheat* memiliki butir-butir struktur mikro berukuran kecil dengan persebaran yang lebih meluas dan renggang.

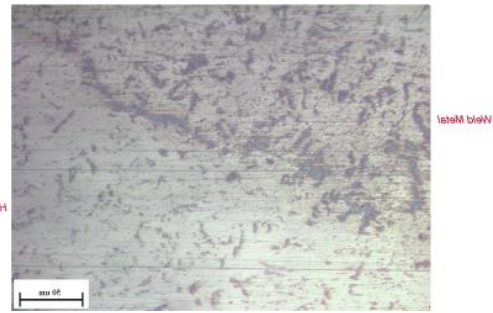


e. Base Kiri

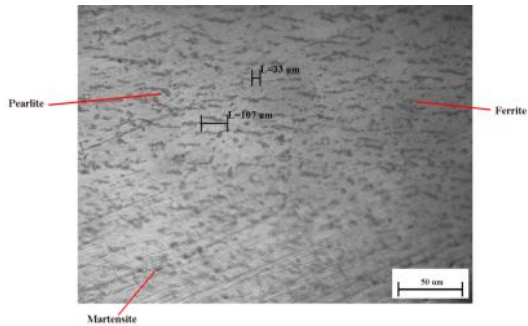
Hasil Foto dan pembahasan Struktur Mikro Pengelasan SMAW dengan Preheat 80°



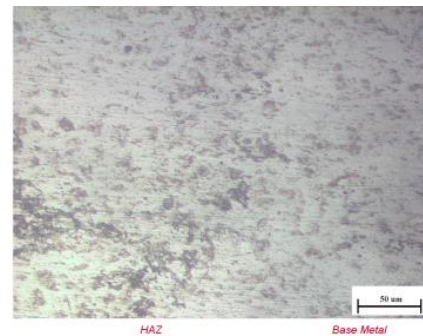
a. Weld



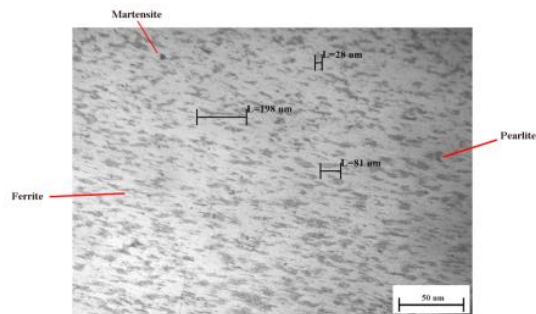
f. Batas Butir Weld Metal ke HAZ



b. HAZ Kanan



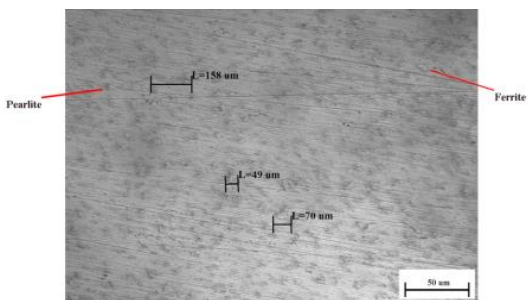
g. Batas Butir HAZ ke Base Metal



c. HAZ Kiri

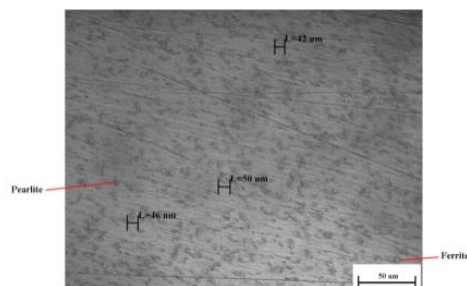
Gambar 6. Struktur Mikro Pengelasan dengan *Preheat* 140°C Perbesaran 200x (gambar a-g)

Bagian *weld* terdapat struktur *pearlite* dan *ferrite*, *ferrite* lebih mendominasi dibanding *weld* pada temperatur 110°C. Hal ini menunjukkan perlakuan panas *preheat* yang lebih tinggi membuat kekerasan specimen semakin menurun dengan menurunkan kecepatan laju pendinginan sehingga menahan *austenite* untuk mentransformasikan bentuknya menjadi *ferrite* dan *pearlite*.



d. Base Kanan

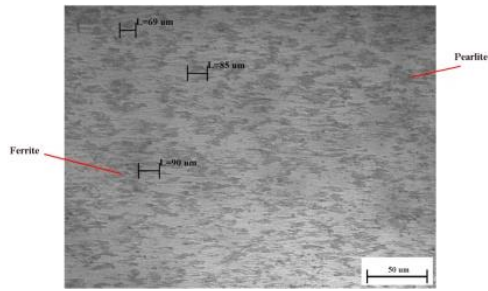
Bagian *HAZ* temperatur ini bentuk grafit sedikit memanjang namun berwarna lebih cerah karena lebih banyak *ferrite* daripada *pearlite*. Tidak terdapat *martensite* yang menunjukkan kekerasannya tidak terlalu tinggi seperti pada temperatur sebelumnya.



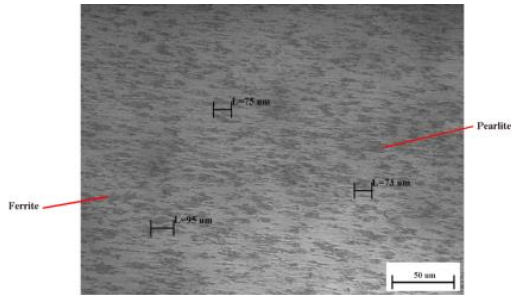
e. Base Kiri

Daerah *base* butir yang timbul berbentuk bulat besar yang merupakan butir *ferrite* dan mendominasi di daerah *base*. Persebaran butir itu merata dan renggang.

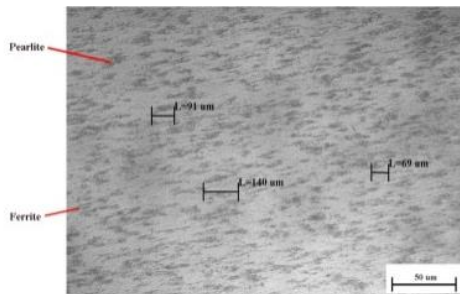
Hasil Foto dan pembahasan Struktur Mikro Pengelasan SMAW dengan *Preheat* 170°C



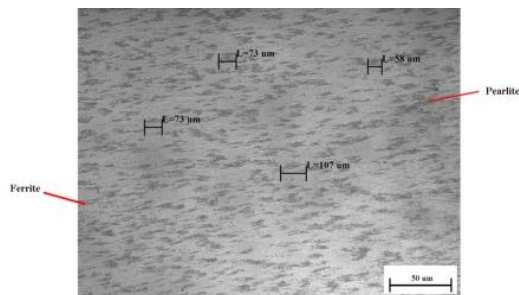
a. *Weld*



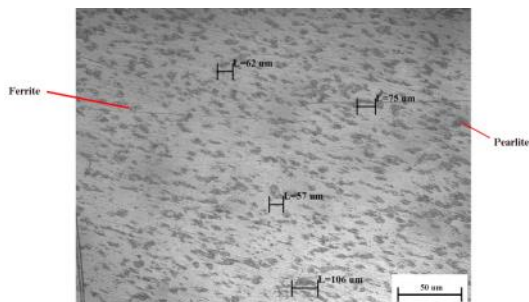
b. *HAZ Kanan*



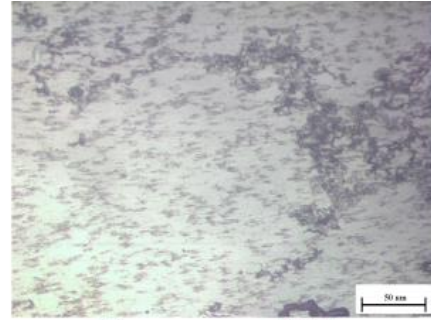
c. *HAZ Kiri*



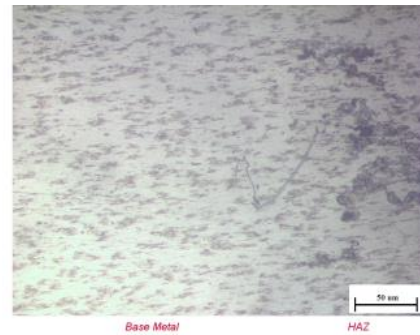
d. *Base Kanan*



e. *Base Kiri*



f. *Batas Butir Weld Metal ke HAZ*



g. *Batas Butir HAZ ke Base Metal*

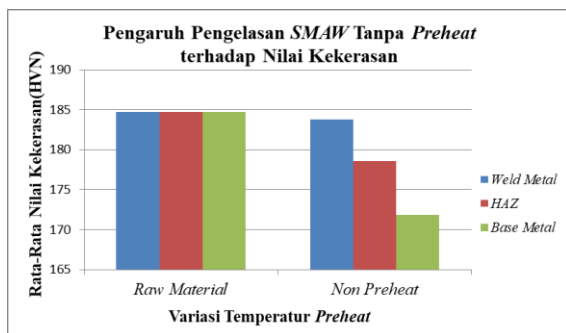
Gambar 7. Struktur Mikro Pengelasan dengan *Preheat* 170°C Perbesaran 200x (gambar a-g)

Variasi temperatur *preheat* tertinggi ini menghasilkan butir-butir *ferrite* dan *pearlite* bulat pada bagian *weld*. Bentuk butir yaitu kasar dan berwarna gelap namun ada bagian yang berwarna terang. Perbandingan jumlah kedua struktur itu sama banyak, namun bila dibandingkan dengan variasi temperatur sebelumnya jumlah butir lebih banyak, lebih menyebar secara luas, serta ukuran yang lebih besar menandakan kekerasan yang menurun. Struktur mikro di bagian *HAZ* letak butir semakin rapat dan semakin banyak jumlah butirnya. Persebaran butir di bagian *base* ini semakin meluas dengan didominasi butiran *ferrite*.

Pengaruh Proses Pengelasan SMAW Tanpa Preheat terhadap Kekerasan Baja SS400

Tabel 1. Rata-Rata Nilai Kekerasan Raw Material dan Hasil Pengelasan SMAW Tanpa Preheat

Spesimen	Lokasi Pengujian	Rata-Rata Nilai Kekerasan (HVN)
Raw Material Non Preheat		184.7
	Weld	183.8
	HAZ	178.6
	Base	171.8



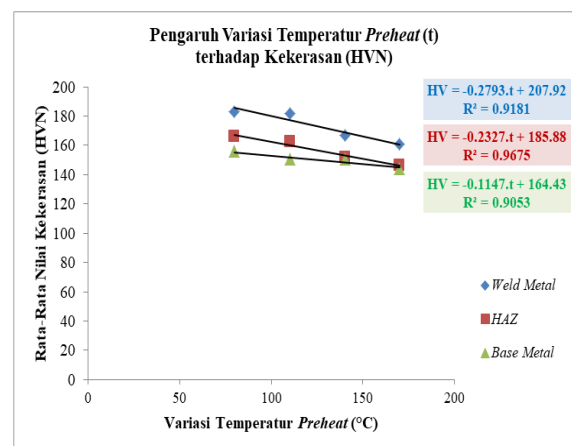
Gambar 8. Grafik Nilai Kekerasan Vickers Spesimen Pengelasan SMAW Tanpa Preheat

Berdasarkan analisa proses pengelasan SMAW tanpa preheat mempengaruhi nilai kekerasan baja SS400. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan nilai kekerasannya dengan raw material yang memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 184.7 HVN dan mengalami penurunan kekerasan pada semua daerah karena masukan panas (*heat input*) saat proses pengelasan dilakukan.

Pengaruh Variasi Temperatur Preheat pada Proses Pengelasan SMAW terhadap Kekerasan Baja SS400

Tabel 2. Hasil Rata-Rata Nilai Kekerasan Vickers Spesimen Pengelasan SMAW tanpa preheat dan dengan variasi temperatur preheat

Variasi Temperatur	Percobaan	Lokasi Pengujian		
		Weld Metal	HAZ	Base Metal
Non Preheat	A	183.8	178.6	171.8
80°C	B	183.2	166.3	155.5
110°C	C	181.8	162.5	150.5
140°C	D	166.7	151.8	150.3
170°C	E	160.3	146.6	144.1



Gambar 9. Grafik Nilai Kekerasan Spesimen Pengelasan SMAW dengan Variasi Temperatur Preheat

Berdasarkan Tabel 2 dan grafik diagram batang pada Gambar 9 dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Daerah *weld metal*, pengaruh variasi temperatur preheat adalah penurunan terhadap kekerasan sebesar -0.2793 ditambah konstanta 207.92 yaitu faktor luar atau faktor penambah. Terdapat $R^2 = 0.9181$ yaitu sumbangan pengaruh variasi temperatur preheat (t) terhadap kekerasan (HV) sebesar 91.81% dengan nilai 8.19% sebagai faktor luar.
2. Daerah *HAZ*, pengaruh variasi temperatur preheat adalah penurunan terhadap kekerasan sebesar $-0.2327.t$ terhadap variasi temperatur preheat ditambah dengan konstanta 185.88 merupakan faktor

luar atau faktor penambah. Terdapat $R^2 = 0.9675$ yang merupakan sumbangan pengaruh variasi temperatur *preheat* (t) terhadap kekerasan (HV) sebesar 96.75% dengan nilai 3.25% sebagai faktor luar.

3. Daerah *base metal*, pengaruh variasi temperatur *preheat* adalah penurunan terhadap kekerasan sebesar -0.1147.t terhadap variasi temperatur *preheat* ditambah dengan konstanta 164.43 merupakan faktor luar atau faktor penambah. Terdapat $R^2 = 0.9053$ yang merupakan sumbangan pengaruh variasi temperatur *preheat* (t) terhadap kekerasan (HV) sebesar 90.53% dengan nilai 9.47% sebagai faktor luar.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan. Terdapat pengaruh proses pengelasan SMAW tanpa *preheat* terhadap struktur mikro baja SS400 yakni dari *martensite* yang mendominasi (keras dan getas) menyebar diantara *pearlite*, ke *ferrite* dan *pearlite* (lebih lunak). Selain itu, terdapat pengaruh variasi temperatur *preheat* pada pengelasan SMAW terhadap struktur mikro baja SS400. Semakin tinggi temperatur *preheat* yang digunakan, semakin sedikit struktur *martensite* yang terbentuk dan lebih banyak *ferrite* dan *pearlite* yang bersifat lunak. Khusus pada *preheat* temperatur 140°C-170°C, terlihat hampir tidak ada *martensite*. Hasil lain menunjukkan bahwa terdapat pengaruh proses pengelasan SMAW tanpa *preheat* terhadap nilai kekerasan baja SS400. Terjadi penurunan kekerasan setelah dilakukan pengelasan pada semua daerah. Pengelasan menurunkan nilai kekerasan material yang disebabkan oleh panas yang masuk. Di samping itu, terdapat juga pengaruh variasi temperatur *preheat* terhadap nilai kekerasan baja SS400 adalah terjadi penurunan terhadap kekerasan di semua daerah. Berpengaruh signifikan terhadap kekerasan (HV).

Adanya pengaruh proses pengelasan SMAW tanpa *preheat* terhadap struktur mikro baja SS400 yakni dari *martensite* yang

mendominasi (keras dan getas) menyebar diantara *pearlite* dan *ferrite*, ke *ferrite* (lebih lunak), maka dalam pelaksanaan di lapangan fenomena tersebut harus diperhatikan dengan adanya efek sampingan pada sambungan yang menyebabkan keras dan getas. Penurunan kekerasan baja SS400 yang disertai berkurangnya struktur *martensite* yang keras dan getas serta didominasi struktur *pearlite* dan lebih banyak *ferrite*. Agar dihasilkan nilai kekerasan baja SS400 tertinggi, sebaiknya dilakukan pengelasan dengan *preheat* pada variasi temperatur *preheat* 80°C. Implikasi untuk penelitian selanjutnya adalah disarankan untuk menambah variasi temperatur *preheat* dan melakukan pengujian tarik agar dihasilkan kualitas pengelasan yang lebih baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Adawiyah, R., Murdjani, A. Hendrawan. 2014. Pengaruh Perbedaan Media Pendingin terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Pegas Daun dalam Proses Hardening. *Jurnal Poros Teknik*, 6(2):55-102.
- Akbar, D.Y., Wartono, D.R. Hartana. 2020. Pengaruh Temperatur Preheat terhadap Sifat Mekanis Las SMAW pada Baja Karbon. *Jurnal Cendekia Mekanika*, 1(1): 47-56.
- Askar, S., S. Sinarep, dan N. H. Sari. 2013. Pengaruh Preheat dan Tempering terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Baja JIS SS 400. *Dinamika Teknik Mesin*, 3(1): 16-25.
- Ali, M. S., S. Rao, dan N. Rao. 2012. Modeling the Effects of Preheating on Angular Distortions in One Sided Fillet Welds. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 55(2): 578-583.
- Fallahi, A., K. Jafarpur, dan M.R. Nami. 2011. Analysis of Welding Condition Based on Inducted Thermal Irreversibilities in Welded Structures: Cases of Welding Sequences and Preheating

- Treatment. *Scientia Iranica, Transactions B: Mechanical Engineering*, 18(3): 398-406.
- Hestiawan, H. dan A. F. Suroyo. 2014. Pengaruh Preheat dan Post Welding Heat Treatment terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las SMAW pada Baja Amutit K-460. *Jurnal Mekanika*, 5(1): 422-426.
- Julian, N., U. Budiarto, dan B. Arswendo. 2019. Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik pada Sambungan Baja SS400 Pengelasan MAG dengan Variasi Arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4): 277:285.
- Mat, M. F., A. F. Musah, A. G. Tham, dan S. A. Sulaiman. 2015. Evaluation of Rail Head Surface Repair Using SMAW Process with Pre Heating Condition. *Jurnal Teknologi (Science and Engineering)*, 76(6): 79-83.
- Ningrum, R. M. dan Yunus. 2019. Pengaruh Preheat Material ST-41, Variasi Arus dan Rekondisi Elektroda Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Hasil Las. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2): 135-140.
- Perdana, S., U. Budiarto, dan A. W. B. Santosa. 2020. Pengaruh Variasi Waktu Penahan (Holding Time) pada Perlakuan Panas Normalizing Setelah Pengelasan Submerged Arc Welding (SAW) pada Baja SS400 terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Mikrografi. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(1): 21-30.
- R. W. Hinton. dan R. K. Wiswesser. 2008. Estimating Welding Preheat Requirements for Unknown Grades of Carbon and Low-Alloy Steels. *Jurnal Welding*, 87: 273-278.
- Rimpung, I Ketut. 2017. Analisis Perubahan Kekerasan Permukaan Baja (St. 42) dengan Perlakuan Panas 800oC Menggunakan Metode Vickers di Laboraturium Uji Bahan Politeknik Negeri Bali. *Jurnal Logic*, 17(1): 67-72.
- Saefuloh. I., Haryadi, A. Zahrawan., dan B. Adjiantoro. 2018. Pengaruh Proses *Quenching* dan *Tempering* terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah dengan Paduan Laterit. *Jurnal Teknik Mesin UNTIRTA*, 4(1): 56-64.
- Sulardjaka, S., D. F. Fitriyana, N. Iskandar, D. I. Mubarak. 2018. Karakteristik Struktur Mikro dan Kekerasan Hasil Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW). *Jurnal Rotasi*, 20(3): 184-189.
- Triana, T., M. Kamil, dan Y. M. Zulada. 2018. Pengaruh Variasi Elektroda dan Arus Listrik Pengelasan terhadap Cacat Las dan Sifat Mekanik Pelat Baja. *Jurnal Teknik Mesin UNTIRTA*, 4(2): 50-55.