



ANALISA PENGARUH PWHT DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN PADA HASIL PENGELASAN SMAW PELAT BAJA JIS G 3131 SPHC TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN

Achmad Taufiqur Rochman, Maula Nafi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: taufiqurrohman875@gmail.com

ABSTRAK

Pada proses pengelasan terjadi pemanasan yang tidak merata pada material antara logam induk, logam las dan daerah pengaruh panas, yang menyebabkan perubahan struktur yang tidak homogen. Sehingga terjadinya tegangan sisa, dampak dari tegangan sisa material bisa menjadi keras dan getas. Proses PWHT ialah salah satu cara untuk membebaskan *stress relieving* pada material. Pemilihan parameter PWHT pada proses pengelasan SMAW yang telah ditentukan sehingga mendapatkan hasil dan data. Karena setiap perbedaan variasi temperature dan waktu tahan memiliki nilai kekerasan yang berbeda. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisa struktur mikro dan kekerasan material pelat baja JIS G 3131 SPHC menggunakan PWHT terhadap pengelasan SMAW dengan menggunakan variasi Temperature dan Waktu Tahan. Benda uji setelah pengelasan dilakukan PWHT dengan temperature 850°C, 875°C, 900°C dan waktu penahanan 20 menit, 40 menit dan 60 menit. Pengujian struktur mikro dan pengujian kekerasan Rockwell pada penelitian ini. Hasil pengujian kekerasan daerah base metal terendah di spesimen tanpa perlakuan bernilai 46,1 HRC sedangkan kekerasan tertinggi di spesimen dengan variasi temperature 900°C dengan waktu tahan 60 menit dengan nilai 49,5 HRC, pada bagian HAZ kekerasan terendah di spesimen dengan variasi 900°C dengan waktu tahan 60 menit dengan nilai 47,9 HRC. sedangkan kekerasan tertinggi terdapat di spesimen tanpa perlakuan dengan nilai 52,7 HRC. Pada bagian weld metal nilai kekerasan paling rendah di spesimen dengan variasi temperature 900°C dengan waktu tahan 60 menit dengan nilai 47,3 HRC, sedangkan kekerasan tertinggi terdapat di spesimen tanpa perlakuan dengan nilai 53 HRC. Dengan begitu semakin lama waktu penahanan pada setiap temperature yang digunakan maka akan menurunkan kekerasan pada bagian HAZ dan logam las, akan tetapi berbeda halnya pada bagian base metal dimana semakin tinggi temperature dan waktu tahan maka kekerasan akan meningkat.

Kata kunci : Kekerasan baja JIS G 3131 SPHC, las SMAW, Pengelasan, PWHT, struktur mikro variasi temperatur, variasi waktu tahan ,

ABSTRACT

In the welding process, there is an uneven heating of the material between base metal, heat-affected zone and weld metal, which causes inhomogeneous structural changes. So when the residual stress occurs, the impact of the residual stress on the material can become hard and brittle. The PWHT process is one way to free the residual stress on the material. selection of PWHT parameters for the determined SMAW welding process in order to obtain results and data. because each difference in temperature variation and holding time has a different hardness value. This study aims to analyze the microstructure and hardness of the JIS G 3131 SPHC steel plate material using PWHT (post weld heat treatment) in SMAW welding using variations in temperature and holding time. The test object after welding was carried out by PWHT with temperatures of 850 °C, 875 °C, and 900 °C with holding times of 20 minutes, 40 minutes, and 60 minutes. The tests carried out are microstructure testing and Rockwell hardness testing. The test results in the base metal area with the lowest hardness were found in untreated specimens with a value of 46.1 HRC, while the highest hardness was found in specimens with a temperature variation of 900 °C with a holding time of 60 minutes with a value of 49.5 HRC. In the HAZ section, the lowest hardness was in specimens with a variation of 900 °C with a holding time of 60 minutes and a value of 47.9 HRC. The highest hardness was found in untreated specimens with a value of 52.7 HRC. In the weld metal area, the lowest hardness was found in the specimen with a temperature variation of 900 °C and a holding time of 60 minutes with a value of 47.3 HRC, while the highest hardness was found in an untreated specimen with a value of 53 HRC. Thus, the longer the holding time at each temperature used, the lower the hardness on the HAZ and the weld metal, but it is different for the base metal section, where the longer the holding time at each temperature used, the hardness will increase.

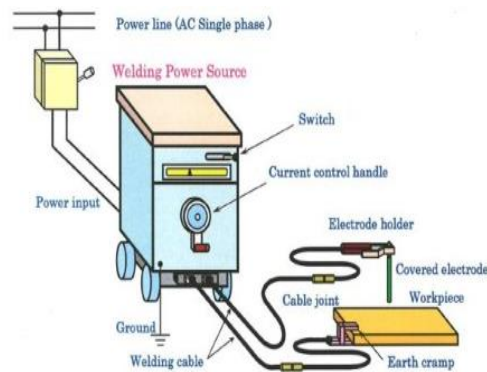
Key words : JIS G 3131 SPHC steel hardness, SMAW welding, Welding, PWHT, microstructure of temperature variation, variation of holding time.

PENDAHULUAN

Pengelasan adalah salah satu teknologi yang mengalami kemajuan dimana industri membutuhkan kualitas yang baik pada hasil pengelasan. pengelasan dapat diartikan suatu ikatan material pada sambungan logam yang dilakukan pada saat logam dalam keadaan cair. Teknik pengelasan banyak digunakan pada sambungan-sambungan konstruksi mesin. karena dengan menggunakan teknik ini sambungan bisa lebih ringan dan mudah pembuatannya serta biaya produksi bisa lebih murah. Salah satu metode pengelasan yang umum digunakan adalah pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding).

Las SMAW merupakan sebuah proses penyambungan logam yang memakai energi panas untuk mencairkan spesimen dan elektroda (bahan pengisi). Pengelasan SMAW dapat diandalkan untuk mengelas berbagai macam

posisi serta tingkat kesulitan lokasi yang dikerjakan, sambungan, biaya pengoperasian relative rendah, dan penggunaan lebih fleksibel dimana dapat dipakai untuk mengelas di *indoor dan outdoor*.



Gambar 1. Skema pengelasan SMAW

Ketika melakukan pengelasan, suatu material akan mengalami pemanasan yang tidak merata antara logam las, logam dasar, dan daerah HAZ. Dengan adanya perbedaan pemanasan akan

mengakibatkan perubahan struktur yang tidak homogen yang menyebabkan terjadinya tegangan sisa pada material setelah proses pengelasan. Dampak dari tegangan sisa ini material menjadi keras dan getas sehingga keberadaan tegangan sisa ini tidak diharapkan.

Terdapat dua cara untuk membebaskan tegangan sisa yaitu cara mekanik dan cara thermal. Dari dua cara diatas yang paling sering di gunakan adalah cara thermal dengan proses post weld heat treatment (PWHT) (Wirjosumarto, 2004). Selain untuk membebaskan tegangan sisa, proses PWHT bisa berfungsi untuk meningkatkan ketangguhan sambungan di daerah pengaruh panas/*Heat Affected Zone* (HAZ) dan memperbaiki butir-butir kristal suatu material (F. Liu dkk, 2006, Y. Liu, 2016 dan Gouveira dkk, 2018).

Berdasarkan pembahasan diatas, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa pengaruh proses PWHT terhadap temperatur pada waktu tahan pada daerah sambungan las, base metal dan HAZ. Dalam meningkatkan ketangguhan serta struktur mikro Baja JIS G 3131 SPHC hasil pengelasan SMAW.

Material

Baja karbon ini sering digunakan pada bidang teknik salah satu jenis baja Karbon rendah adalah JIS G 3131 SPHC dipakai dalam bidang otomotif, perkapalan, kontruksi dan lainnya. Penggunaan material dapat dijumpai dalam bidang teknik diperuntukan untuk bahan pembuatan konstruksi kontruksi Gantry Crane. Singkatan Material Baja JIS ialah (*Japanese Industrie Standart*) sedangkan SPHC (*Steel Plate Hot Roll Coiled*) adalah plat baja yang telah di canai panas. Kandungan unsur pada JIS G 3131 SPHC dapat ditunjukkan di tabel 1 sebagai berikut :

Material	Chemical Composition %			
	C (Max)	Mn (max)	P (Max)	S (Max)
SPHC	0.15	0.60	0.050	0.050
SPHD	0.10	0.50	0.040	0.040
SPHE	0.10	0.50	0.030	0.035
SPHF	0.08	0.50	0.025	0.025

Tabel 1 kandungan unsur baja JIS G 3131 SPHC

Pengujian Kekerasan

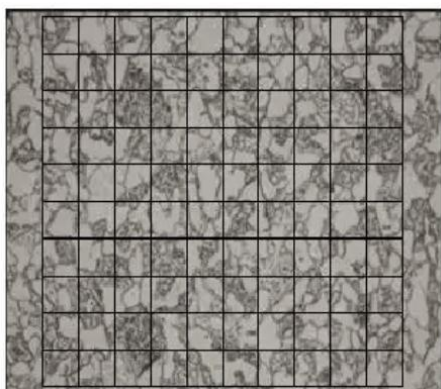
Pengujian kekerasan merupakan pengukuran kemampuan suatu material untuk menahan beban tanpa mengalami deformasi plastis, yaitu ketahanan terhadap goresan, ketahanan aus dan ketahanan terhadap pengikisan. Kekerasan suatu material salah satu nilai yang paling penting, karena kekerasan juga dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik yang lain, seperti kekuatan (strength). Pada pegujian kekerasan Rockwell, nilai kekerasan yang di peroleh yaitu fungsi dari kedalaman indentasi pada benda uji akibat adanya pembebanan statis. Ada dua jenis indenter yang digunakan saat menguji dengan metode Rockwell, yaitu bola terbuat dari baja dengan bermacam-macam diameter dan kerucut yang terbuat dari intan (*diamond cone*).

Pengujian Struktur Mikro

Struktur mikro adalah struktur yang hanya bisa diamati melalui mikroskop baik optic maupun mikroskop elektron (Lely Susita R. M., dkk, 1996).

Informasi yang dapat diperoleh dari struktur mikro adalah identifikasi fasa, presentase fasa, distribusi fasa, inklusi (pegotor), prensipitat maupun ukuran butir. Perubahan struktur suatu sistem pencampuran logam hanya akan terjadi apabila suatu campuran didinginkan secara perlahan (Amanto dan Daryanto, 1999).

cara untuk menghitung presentase fasa yang tersebar pada struktur mikro yaitu dengan metode point count.

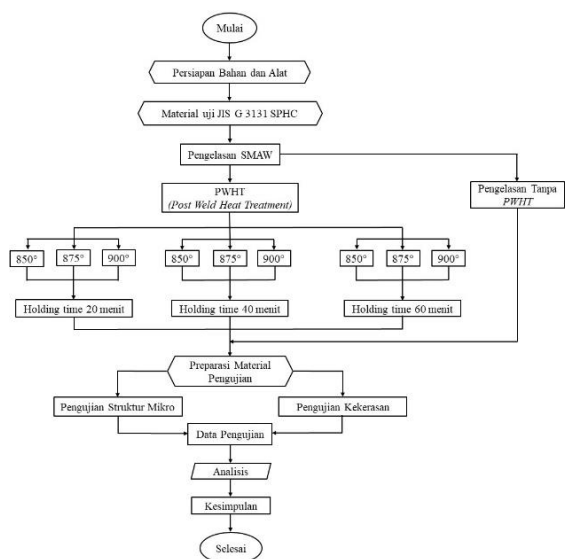


Gambar 2. penentuan titik dalam perhitungan presentase fasa

$$\text{presentase perlit} = \frac{\text{jumlah fasa perlit}}{\text{jumlah titik}} \times 100\% = \%$$

$$\text{presentase ferrit} = 100\% - \text{presentase perlit} = \%$$

PROSEDUR PENELITIAN

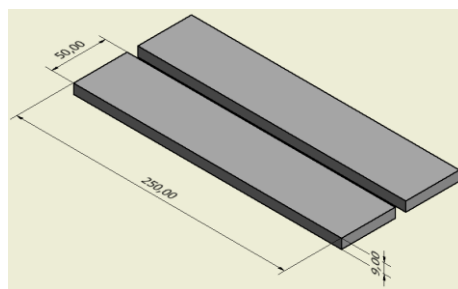


Gambar 3. diagram alir penelitian

Proses Preparasi Material

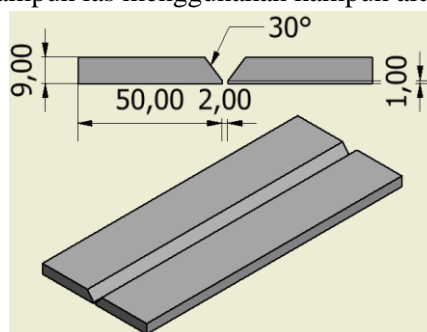
1) Pemotongan material

Material menggunakan Baja JIS G 3131 SPHC bentuk pelat dengan tebal 9 mm panjang 250 mm dan lebar 50 mm sebanyak dua lembar plat.



Gambar 4. Spesimen yang akan di las

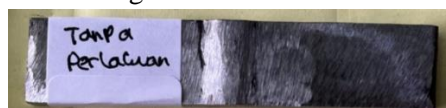
2) kumpuh pengelasan kumpuh las menggunakan kumpuh alur V,



Gambar 5. Kumpuh las alur V

3) Tahap pengelasan

Pengelasan menggunakan las SMAW dengan memakai Elektroda E 7016 dimater 3,2mm dan arus 90 A. Material dibersihkan dari kotaoran seperti debu, oli, minyak, karat, air dan lain sebagainya sebelum dilakukan pengelasan. Pada saat selesai pengelasan spesimen dipotong dengan ukuran 20mm x 100mm dengan dengan tebal 9mm.



Gambar 6. Spesimen setelah dipotong

4) Tahap PWHT

Perlakuan panas setelah pengelasan dilakukan dengan menggunakan mesin induksi pada pengujian ini. Sampel dipanaskan hingga mencapai suhu PWHT dengan variasi 850°C, 875°C dan 900°C dan waktu penahanan 20

menit, 40 menit dan 60 menit, kemudian didinginkan di udara terbuka.

dengan warna terang. Berikut ini adalah foto mikro perbesaran 500X.

Proses Pengujian

Pengujian dilakukan pada tiga daerah pada setiap spesimen yaitu bagian logam induk, HAZ dan bagian logam lasan.

1) Uji struktur mikro

Pada pengujian struktur mikro ada tahapan yang harus dilakukan yaitu dilakukan proses grinding dan polishing yang bertujuan untuk menghaluskan permukaan material



Gambar 7. Spesimen uji

selanjutnya proses etsa dilakukan dari membersihkan spesimen dengan alcohol, setelah kering spesimen di teteskan cairan asam nitrat (HNO₃) untuk memunculkan struktur mikro pada material setelah itu dilakukan foto mikro dengan mikroskop metalografi.

2) Uji kekerasan

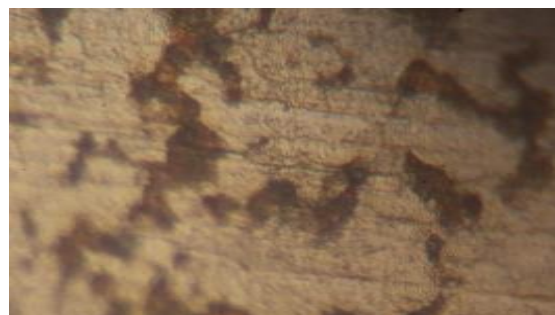
Pengujian kekerasan memakai mesin Hardness Rockwell. Pengujian dilakukan pada tiga daerah pada setiap spesimen yaitu bagian logam induk, HAZ dan bagian logam lasan.

Setiap daerah dilakukan 4 titik pengujian dengan indentor diamond cone dengan diberikan beban 150 kg dengan waktu tahan 5 detik dan jarak antar titik ±5mm.

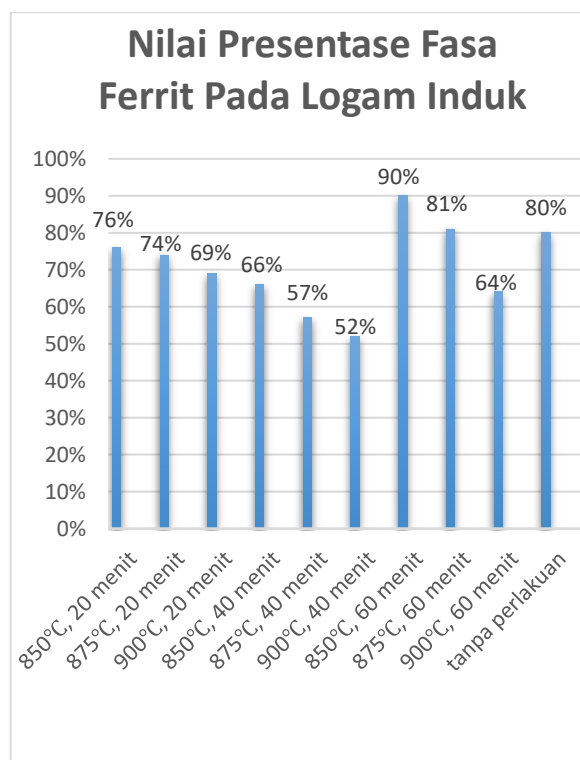
HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur mikro

Dari hasil pengamatan struktur mikro yang dilakukan, diketahui bahwa struktur terdiri dari struktur perlit ditunjukkan dengan warna gelap, sedangkan struktur ferit yang ditunjukkan



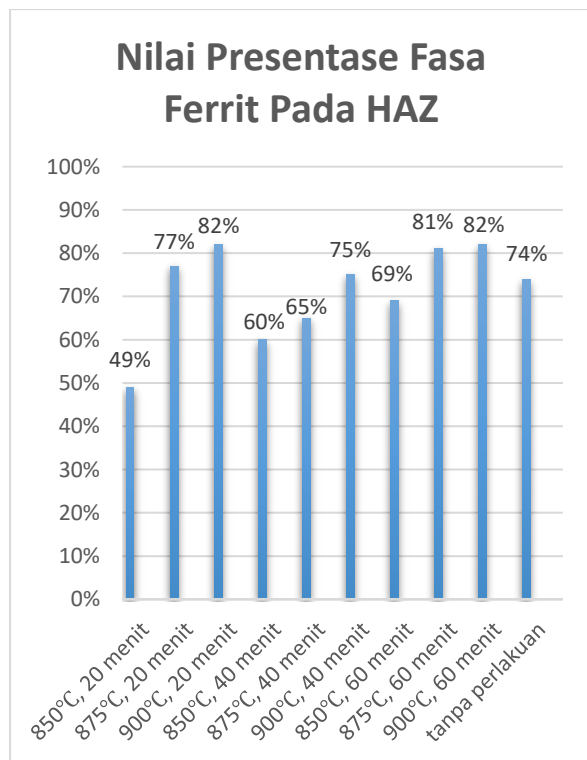
Gambar 8. Hasil uji foto mikro



Gambar 9. Nilai presentase fasa ferrit pada logam induk

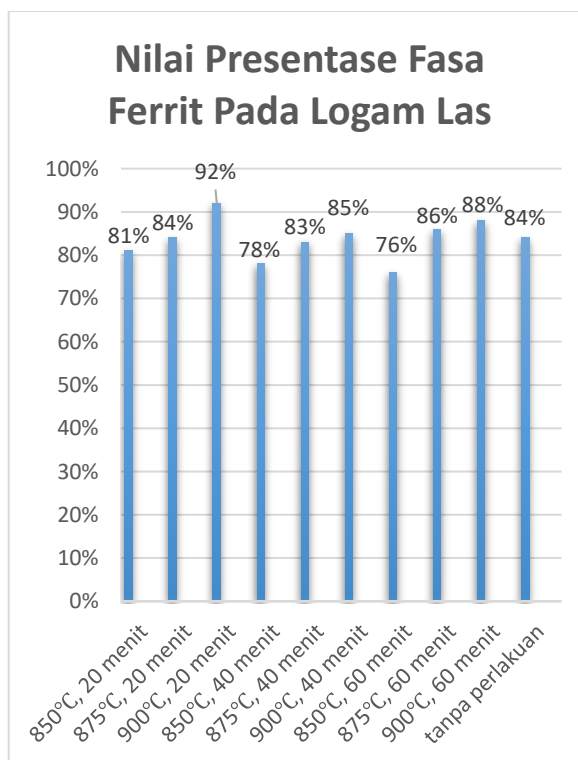
Dari hasil penelitian foto struktur mikro pada daerah logam induk yang sudah PWHT dan Tanpa PWHT. Stuktur Mikro didominasi fasa ferrit yang berwarna terang sedangkan fasa yang tidak dominan pada daerah ini adalah fasa perlit yang berwarna gelap. Dengan adanya dominasi struktur ferrit ini maka kekerasan pada daerah logam induk akan mempunyai kekerasan yang tidak terlalu tinggi. Dari grafik diatas juga menunjukkan semakin lama penahanan pada setiap temperatur butiran fasa perlit semakin meningkat dan mempengaruhi tingkat

ketangguhan material. Fasa ferrit tertinggi terdapat pada variasi PWHT dengan temperatur 850°C dengan holding time 60 menit dengan nilai presentase ferrit sebesar 90%.



Gambar 10. Nilai presentase fasa ferrit pada HAZ

Dari hasil penelitian foto struktur mikro daerah terpengaruh panas (HAZ) yang sudah PWHT dan tanpa PWHT. Struktur mikro pada daerah HAZ sedikit mengalami kenaikan dibandingkan struktur mikro daerah logam induk. Akan tetapi struktur mikro pada daerah HAZ didominasi fasa ferrit yang berwarna terang sedangkan fasa yang tidak dominan pada daerah ini adalah fasa perlit yang berwarna gelap. Dengan adanya dominasi struktur ferrit ini maka kekerasan pada daerah HAZ akan mempunyai kekerasan yang tidak terlalu tinggi. Dari grafik diatas menunjukkan semakin lama waktu penahanan pada setiap temperature butiran fasa ferrit semakin menurun sehingga ketangguhan material meningkat. Fasa ferrit tertinggi pada variasi PWHT dengan temperatur 900°C dengan holding time 20 menit dan 60 menit dengan nilai presentase ferrit sebesar 82%.



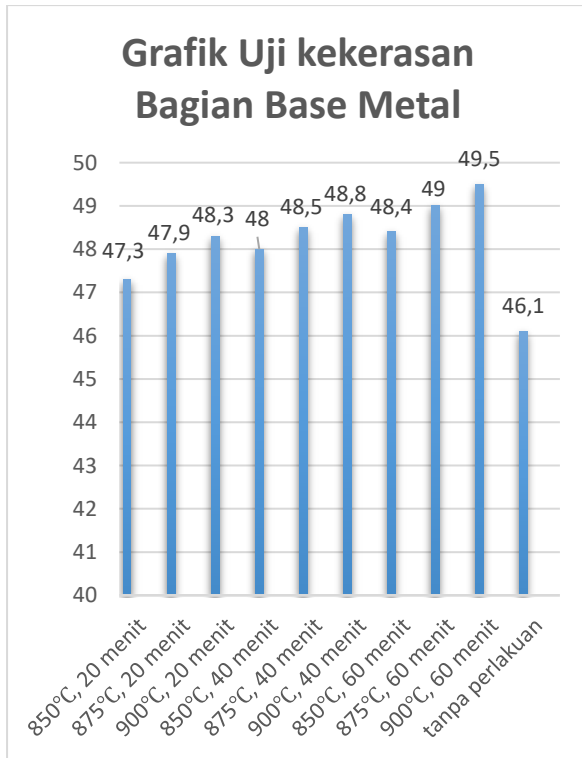
Gambar 11. Nilai presentase fasa ferrit pada logam las

Dari hasil penelitian foto struktur mikro pada daerah logam las yang sudah di PWHT dan tanpa PWHT. Dimana struktur mikro pada daerah logam las didominasi fasa ferrit yang berwarna terang sedangkan fasa yang tidak dominan pada daerah ini adalah fasa perlit yang berwarna gelap. Dengan adanya dominasi struktur ferrit maka kekerasan pada daerah logam las mempunyai kekerasan yang tidak terlalu tinggi. Dari grafik diatas menunjukkan semakin lama waktu penahanan pada setiap temperature butiran perlit bertransformasi menjadi ferrit sehingga ketangguhan pada material mengalami peningkatan. Fasa ferrit tertinggi pada variasi PWHT dengan temperatur 900°C dengan holding time 20 menit dengan nilai presentase ferrit sebesar 92%.

Uji kekerasan

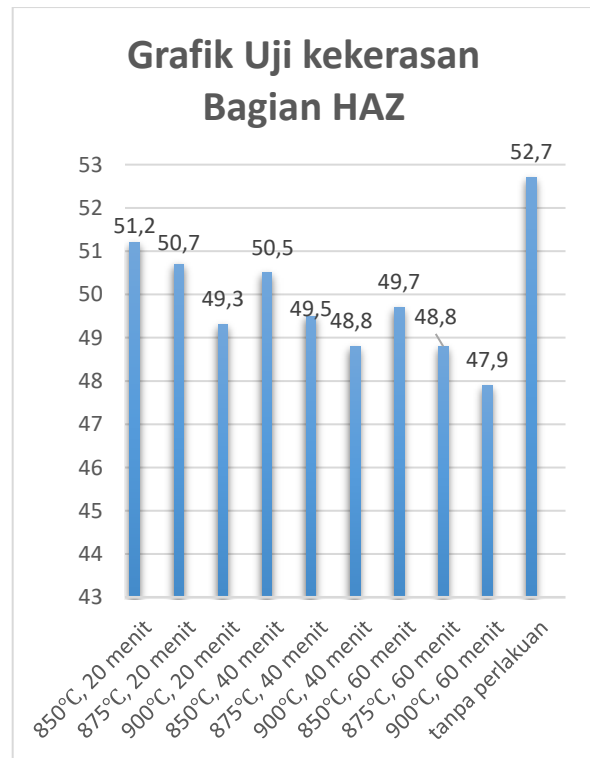
Dalam penelitian ini pengujian kekerasan menggunakan metode kekerasan Rockwell. Pengujian ini menggunakan mesin Hardness Rockwell. Pengujian kekerasan ini dilakukan pada tiga daerah yaitu daerah logam las, HAZ dan daerah logam las. Setiap daerah dilakukan 4 titik

pengujian dengan indenter diamond cone dengan diberikan beban 150 kg dan jarak antar titik ±5mm. sehingga didapatkan hasil angka pengujian kekerasan.



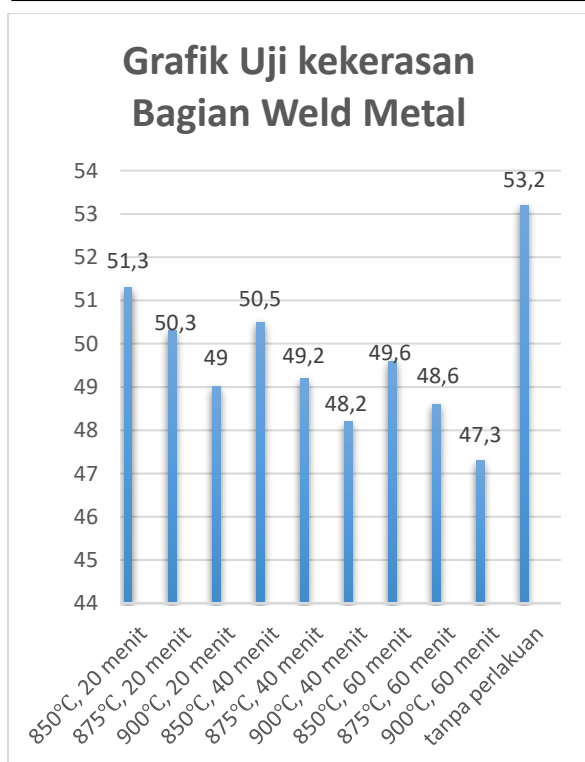
Gambar 12. Grafik Nilai Rata-Rata Pengujian Kekerasan Daerah Logam Induk

Dari hasil grafik pengujian kekerasan dapat dilihat pada spesimen dengan atau tanpa PWHT. Pada daerah base metal kekerasan lebih rendah dari spesimen yang sudah melalui proses PWHT. Hal ini disebabkan karena dari sifat material ini memiliki tingkat ketangguhan yang baik. Begitupun sebaliknya pada spesimen yang sudah melalui proses PWHT di daerah base metal mengalami peningkatan nilai kekerasan seiring dengan temperatur dan waktu tahan. Nilai terendah kekerasan pada daerah base metal terdapat di spesimen tanpa PWHT bernilai 46,1HRC. Sedangkan nilai kekerasan tertinggi pada base metal terdapat di spesimen variasi temperatur 900°C dengan waktu tahan 60 menit dengan nilai 49,5 HRC.



Gambar 13. Grafik Nilai Rata-Rata Pengujian Kekerasan HAZ

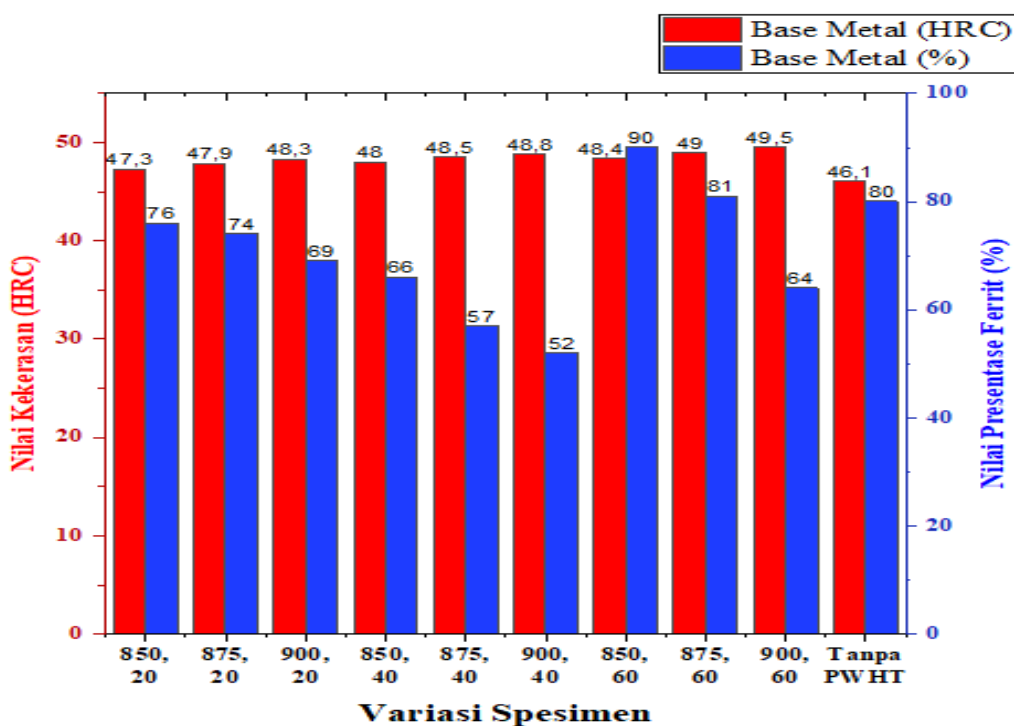
Dari hasil grafik pengujian kekerasan dapat dilihat pada spesimen dengan atau tanpa PWHT. Pada spesimen non PWHT HAZ mengalami kenaikan kekerasan, hal ini disebabkan karena adanya pengaruh panas antara logam induk dengan logam lasan sehingga mengakibatkan tegangan sisa yang mempengaruhi kekerasan material. Dengan dilakukan PWHT nilai kekerasan pada grafik HAZ mengalami penurunan seiring dengan tingginya temperatur dan lama waktu penahanan. Nilai kekerasan terendah pada HAZ terdapat pada temperatur 900°C dengan waktu tahan 60 menit dengan nilai 47,9 HRC. Sedangkan nilai kekerasan tertinggi pada HAZ terdapat di spesimen tanpa PWHT dengan nilai 52,7 HRC .



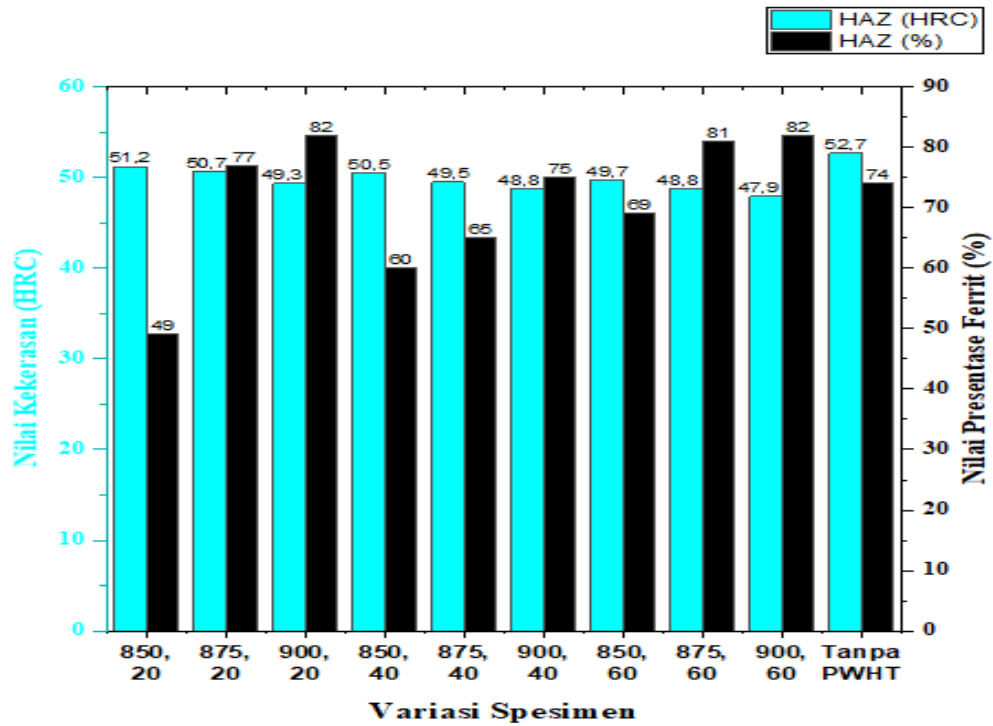
Gambar 14. Grafik Nilai Rata-Rata Pengujian Kekerasan Daerah Logam Las

Dari hasil grafik pengujian kekerasan dapat dilihat pada spesimen dengan atau tanpa PWHT. Pada daerah logam las kekerasan lebih rendah dari spesimen tanpa melalui proses PWHT. Dengan dilakukan PWHT nilai kekerasan pada grafik logam las mengalami penurunan seiring dengan tingginya temperatur dan lama waktu penahanan. Nilai kekerasan terendah pada daerah logam las terdapat pada temperatur 900°C dengan waktu tahan 60 menit dengan nilai 47,3 HRC.

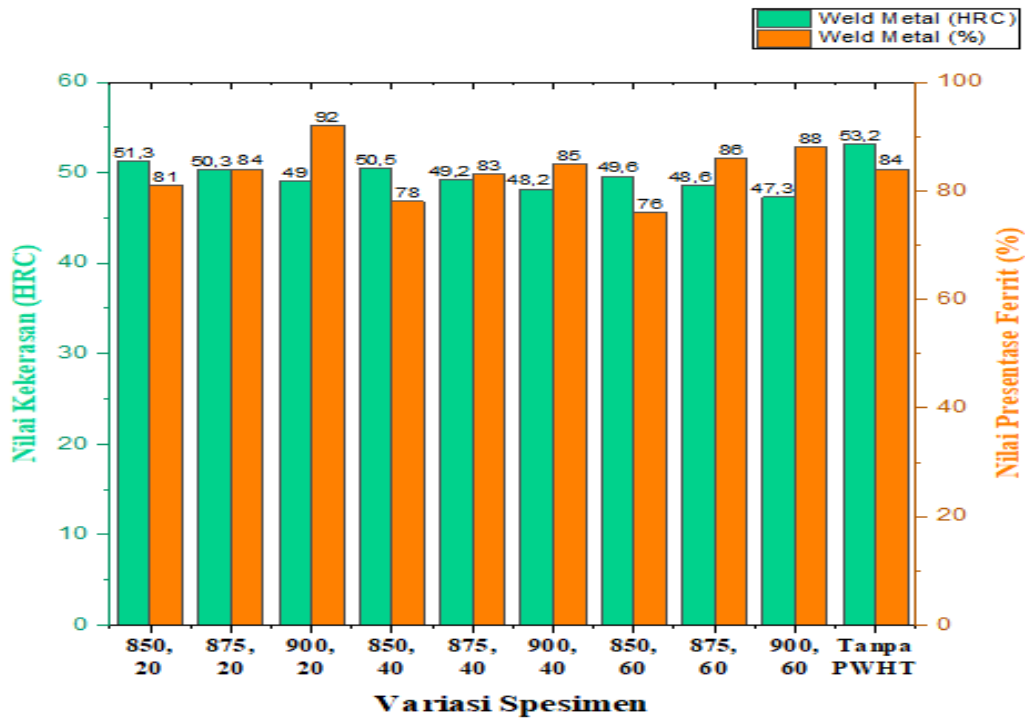
Hubungan Antara Hasil Uji Struktur Mikro dan Kekerasan



Gambar 15. Grafik hubungan Presentase Ferrit dengan nilai kekerasan pada base metal



Gambar 16. Grafik hubungan Presentase Ferrit dengan nilai kekerasan HAZ



Gambar 17. Grafik hubungan Presentase Ferrit dengan nilai kekerasan pada weld metal

Dari ketiga grafik diatas tentu saja saling berhubungan, pada diagram uji kekerasan memperlihatkan semakin tinggi waktu tahan pada setiap temperatur akan mengurangi kekerasan sehingga ketangguhan meningkat pada bagian HAZ dan logam las. akan tetapi berdeba dengan daerah logam induk dimana logam induk merupakan baja karbon rendah yang mana baja karbon rendah Ketika melalui perlakuan panas akan mengalami peningkatan kekerasan. Dari diagram struktur mikro sendiri menunjukkan grafik presentase feritnya ketika pada waktu tahan 60 menit presentase feritnya meningkat dimana semakin meningkat ferit maka kekerasan akan menurun sehingga material memiliki ketangguhan yang bagus. Jadi data hasil penelitian memberikan penjelasan bahwa dalam kedua grafik pengujian tersebut menghasilkan data bahwa proses PWHT dapat menurunkan tingkat kekerasan dan meningkatkan sifat ketangguhan material pada bagian HAZ dan logam las. Akan tetapi tidak pada logam induk yang mana ketika di PWHT kekerasan akan meningkat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada hasil pengelasan material pelat baja JIS G 3131 SPHC terhadap proses PWHT menggunakan variasi temperature dan waktu tahan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Data hasil pengujian struktur mikro dimana nilai presentase fasa ferrit perlit pada spesimen didominasi fasa ferrit. Dimana semakin kecil presentase perlit akan meningkatkan ketangguhan material. Maka dari itu adanya proses variasi temperature dan waktu tahan PWHT menyebabkan turunya presentase perlit yang membuat material tersebut menjadi memiliki ketangguhan yang baik.
2. Kekerasan menurun dengan lama penahanan pada setiap temperatur. Dari hasil pengujian kekerasan pada bagian HAZ kekerasan terendah di spesimen dengan variasi 900°C dengan waktu tahan 60 menit dengan nilai 47,9 HRC. sedangkan kekerasan tertinggi

terdapat di spesimen tanpa perlakuan dengan nilai 52,7 HRC. Pada bagian weld metal nilai kekerasan paling rendah di spesimen dengan variasi temperature 900°C dengan waktu tahan 60 menit dengan nilai 47,3 HRC, sedangkan kekerasan tertinggi terdapat di spesimen tanpa perlakuan dengan nilai 53 HRC. Kekerasan terendah pada bagian base metal terdapat pada spesimen tanpa perlakuan bernilai 46,1 HRC, sedangkan kekerasan tertinggi di spesimen dengan variasi temperature 900°C dengan waktu tahan 60 menit dengan nilai 49,5 HRC, hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu tahan pada setiap temperature maka semakin rendah nilai kekerasan pada HAZ dan logam las. Tetapi tidak untuk logam induk dimana karakteristik logam induk ketika dilakukan perlakuan panas maka kekerasan akan meningkat yang mengakibatkan ketangguhan material menurun.

Saran

1. Melakukan pengujian serupa, namun proses PWHT hanya dilakukan pada HAZ dan logam lasan untuk mengetahui perubahan sifat material.
2. Dalam penelitian selanjutnya, dilakukan uji tarik atau impak untuk menganalisa keuletan material yang dilas dan di PWHT.
3. Untuk penelitian selanjutnya, baja karbon sedang atau baja karbon tinggi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh PWHT terhadap sifat mekaniknya

REFERENSI

- Hanif, A.R., 2017. *Pengaruh Waktu Tahan dan Temperatur Pada Proses Normalizing terhadap Kekerasan dan Keuletan Bahan Ems 45 setelah Pengelasan* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).
- Nugroho, A.S., Haryadi, G.D. and Hardjuno, A.T., 2014. *Pengaruh Proses Normalizing terhadap Nilai Kekerasan*

dan Struktur Mikro pada Sambungan Las Thermite Baja NP-42. Jurnal Teknik Mesin, 2(3), pp.249-257.

Nasra, K.A., Zuldesmi, Z. and Kewas, J.C., 2020. **Pengaruh Post Weld Heat Treatment Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Karbon ST42 dengan Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding).** *Jurnal Actuator Teknik Mesin (actJTM)*, 1(1), pp.26-36.

Saputra, W.A., 2012. **Analisis Pengaruh Aplikasi Post Weld Heat Treatment (PWHT) Pada Pengelasan Cast Steel (SC42) Dengan Carbon Steel (Grade E) Terhadap Sifat Mekanik dan Metalurgi.**

Wirjosumarto, H. and Okumura, T., 2000. **Teknologi pengelasan logam,** PT. Pradnya Paramita, Jakarta.