

PENGARUH PWHT (POST WELD HEAT TREATMENT) PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TEKAN BAJA ST 37

THE EFFECT OF PWHT (POST WELD HEAT TREATMENT) ON SMAW ON THE HARDNESS AND BENDING STRENGTH OF ST 37 STEEL

Dony Irawan¹⁾, Herry Irawansyah¹⁾

¹⁾Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia
email: 1710816310002@ulm.ac.id*, herryirawansyah@ulm.ac.id

Received:
28 Juni 2023

Accepted:
02 Desember
2023

Published:
03 Desember
2023

Abstract

In the welding procedure, problems can arise in the form of residual stresses after welding that are not realized. Excessive residual stress will cause a permanent deformation, and can even cause cracks in the welding results. Residual stresses can occur as a result of welding being carried out without prior heat treatment. The goal of this research was to perform SMAW on ST 37 steel treatment with heat, namely Post Welding Heat Treatment (PWHT) with variations without treatment, 550°C, 600°C, and 650°C then perform and analyze results of hardness test and bending test. In the hardness test, the highest value was obtained for specimens without PWHT treatment in the weld metal area of 709.43 HVN. While The lowest possible value was attained in specimens treated with PWHT in the base metal area of 236.45 HVN. In the bending test, The maximum possible value was attained on the specimen without PWHT of 838.46 MPa. While the result with the lowest value was in specimens treated with 550°C PWHT of 755.60 MPa.

Keywords: Welding, SMAW, PWHT

Abstrak

Pada proses pengelasan dapat timbul masalah berupa tegangan sisa setelah pengelasan yang tidak disadari. Tegangan sisa yang berlebihan dapat mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk dan keretakan pada hasil pengelasan. Tegangan sisa dapat terjadi sebagai akibat pengelasan dilakukan tanpa melalui perlakuan panas terlebih dahulu. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) pada baja ST 37 dengan perlakuan panas yaitu *Post Welding Heat Treatment* (PWHT) dengan variasi tanpa perlakuan, 550°C, 600°C, dan 650°C selanjutnya melakukan dan menganalisis hasil uji kekerasan dan uji tekan. Pada uji kekerasan diperoleh hasil nilai tertinggi pada spesimen tanpa perlakuan PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) di daerah *weld metal* sebesar 709,43 HVN. Sedangkan nilai terendah didapatkan pada spesimen dengan perlakuan PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) di daerah *base metal* sebesar 236,45 HVN. Pada uji tekan diperoleh hasil nilai tertinggi pada spesimen tanpa perlakuan PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) sebesar 838,46 MPa. Sedangkan nilai terendah didapatkan pada spesimen dengan perlakuan PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) 550°C sebesar 755,60 MPa.

Kata kunci: Pengelasan, SMAW, PWHT

DOI: 10.20527/jtam_rotary.v6i1.9340

How to cite: Irawan, D., & Irawansyah, H., "Pengaruh PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tekan Baja ST 37". *JTAM ROTARY*, 6(1), 27-40, 2024.

PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan proses pemanasan untuk penyambungan logam agar terjadi peristiwa ikatan metalurgis antar logam. Teknologi yang semakin berkembang berbanding lurus dengan berkembangnya teknik pengelasan, perkembangan ini dapat dilihat dari banyaknya teknologi baru sehingga pengelasan dapat dilakukan pada hampir semua material logam. Kemajuan teknologi ini mendorong untuk menghasilkan pengelasan dengan kualitas baik agar dapat mendukung konstruksi yang tahan lama, kuat, dan aman (Tulung, 2019).

Teknik pengelasan yang kerap kali digunakan pada masa sekarang adalah pengelasan yang disebut busur listrik yang dilindungi atau *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Pengelasan dengan teknik ini dilakukan dengan mencairkan material dasar serta elektroda menggunakan panas (Anggraeni et al., 2016).

Pada proses pengelasan meskipun teknologi semakin maju sering tidak disadari adanya tegangan sisa yang terjadi pada struktur hasil pengelasan. Tegangan sisa ini dapat mengakibatkan perubahan bentuk yang bersifat permanen bahkan dapat mengakibatkan keretakan. Hal ini dapat terjadi apabila logam tidak mendapat perlakuan panas pada proses pengelasan (Primazda & Nugroho, 2019).

Perlakuan panas biasanya dilakukan dengan tujuan untuk mengubah sifat mekanik baja melalui perpaduan proses pemanasan dan pendinginan pada baja tersebut dalam waktu tertentu (Alwarits et al., 2014). Perlakuan panas dapat juga diartikan sebagai tahapan perubahan struktur material dengan memanaskan spesimen menggunakan *furnace* pada temperature dan periode waktu tertentu kemudian dilakukan pendinginan dengan media pendingin dengan kerapatan pendinginan yang beragam seperti oli, air, udara, air garam, dan solar (Sapriana & Yunus, 2022). Perlakuan panas pada penelitian ini adalah *Post Weld Heat Treatment* (PWHT). PWHT memiliki tiga aspek yang mendasarinya yaitu *heating* atau proses pemanasan sebuah material yang dilakukan pada tingkat lebih tinggi atau lebih rendah dari temperatur kritis material; *holding* atau proses pemberian waktu untuk perubahan struktur mikro yang dilakukan dengan cara penahanan material pada temperature pemanasan; *cooling* atau proses pendinginan material dengan kecepatan tertentu. PWHT memiliki tujuan antara lain melepaskan tegangan sisa, menambah stabilitas dimensi, meminimalisir kekerasan yang terdampak panas, mengurangi kerentanan pada formasi retak, dan memaksimalkan ketahanan material terhadap korosi (Purba et al., 2020).

Kemampuan sebuah material atas pembebanan dalam perubahan tetap dapat disebut juga dengan kekerasan logam. Nilai kekerasan bahan dapat dianalisa melalui pemberian besar pembebanan pada luasan bidang yang diberikan pembebanan. *Hardness* atau kekerasan merupakan satu dari sifat mekanik yang terdapat pada material. Penting untuk mengetahui kekerasan pada suatu material, khususnya pada material yang mengalami gesekan serta deformasi plastis (Purba et al., 2020). Sifat dari kekerasan material dapat diketahui setelah dilakukan uji kekerasan. Uji kekerasan terdiri dari beberapa jenis atau skala yaitu *Vickers*, *Rockwell*, dan *Brinell*. Ketiga skala ini memiliki perbedaan pada indenter serta beban yang digunakan pada saat pengukuran. Tiga jenis skala ini juga memiliki kelebihan masing-masing seperti *Vickers* yang dalam pengujian semua material hanya membutuhkan satu setup pengujian, *Rockwell* yang tidak memerlukan mikroskop sehingga dapat mengurangi kesalahan operator, dan yang terakhir *Brinell* yang proses konversi ke dalam kekuatan ultimatnya mudah dilakukan (Anggraeni et al., 2016). Penelitian ini menggunakan pengujian kekerasan *Vickers* dengan perhitungan sebagai berikut:

$$HV = 1,854 \frac{F}{D^2} \quad (1)$$

Dimana HV adalah skala kekerasan *vickers*, F adalah beban (kg), serta D adalah diagonal (mm).

Sifat mekanik material lainnya adalah kekuatan tekan. Kuat tekan dapat diuji dengan uji tekan yang merupakan proses uji mekanik untuk mengetahui ukuran dan kuat benda terhadap gaya tekan. Kekuatan benda dapat diketahui melalui uji ini karena mempunyai kemampuan yang baik dan berkualitas. Alat yang digunakan untuk uji tekan ini mempunyai titik putus yang terlihat jelas selama pengujian objek sehingga pada umumnya diterapkan pada logam rapuh (Lubis et al., 2021). Dalam pengujian tekan atau *bending* terdapat istilah *point bending*. *Point bending* merupakan tumpuan material uji serta berfungsi sebagai penerus gaya tekan yang berasal dari alat tekan. Ukuran panjang tumpuan *point bending* ini memiliki pengaruh pada hasil uji. Besar kecilnya kuat tekan yang terjadi pada material uji dapat ditunjukkan oleh suatu alat yang disebut alat ukur. Uji *bending* merupakan mekanisme pengujian pada material dengan melakukan gaya tekan sehingga diperoleh data kekuatan lengkung (*bending*) material. Penelitian ini menggunakan pengujian tekan *three point bending* atau pengujian *bending* yang menggunakan dua buah tumpuan serta satu penekan (Wirama et al., 2022). Rumus kekuatan *bending* adalah sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2)$$

Dimana:

σ_b = tegangan *bending* (MPa)

d = tebal/depth (mm)

b = lebar/width (mm)

L = panjang span (mm)

P = beban/load (N)

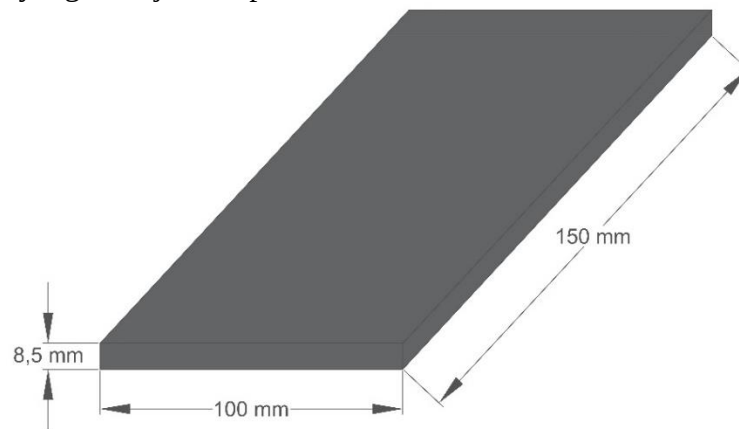
Penelitian ini dilaksanakan dengan mempraktikkan pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan dengan variasi *post weld heat treatment*, dengan menganalisa sifat mekanis baja pada hasil pengelasan berupa pengujian tekan dan juga hasil uji kekerasannya guna mewakili pembacaan hasil pada proses pengelasannya sendiri sehingga bisa menjadi gambaran seberapa baik hasil pengelasan menggunakan variabel – variabel yang telah disiapkan. Pada penelitian ini, *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) dilakukan menggunakan suhu yang berbeda – beda dengan metode *hardening* dapat ditemukan suhu yang optimal yang memberikan kombinasi kekerasan dan kekuatan tekan yang paling sesuai untuk aplikasi industri tertentu. Ini memungkinkan perusahaan untuk mengoptimalkan proses pengelasan mereka, meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi. Studi ini kemungkinan digunakan sebagai rujukan umum untuk dunia pengelasan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan pengaruh suatu perlakuan yang telah ditentukan terhadap suatu objek dalam kondisi tertentu. Pada percobaan ini, dilakukan pengelasan dengan metode *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) pada material baja ST 37 dengan kuat arus 80A yang kemudian diberikan perlakuan *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) dengan modifikasi tanpa perlakuan (0 °C), 550 °C, 600 °C, dan 650 °C lalu selesai pengujian terhadap kekerasan dan kuat tekan pada material tersebut.

Penelitian ini memerlukan alat antara lain mesin las listrik, elektroda E7018, mesin gerinda, oven listrik, alat uji kekerasan atau *Hardness Tester Potable*, alat uji tekan, kaca mata dan kertas gosok (ampelas). Sedangkan bahan yang dibutuhkan adalah plat baja ST 37 dan oli SAE 10W-40 sebagai media pendingin setelah dilakukan perlakuan panas.

Penelitian dimulai dengan persiapan bahan dan alat kemudian pembuatan spesimen baja ST 37, penelitian ini memerlukan 4 buah spesimen, Pembuatan spesimen dilanjutkan dengan pembuatan kampuh, jenis kampuh yang dipakai yaitu jenis kampuh V 60°. Sketsa spesimen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa Spesimen Pengujian

Tahapan selanjutnya adalah proses pengelasan menggunakan arus 80 A dengan posisi pengelasan 1G, pengelasan dilakukan pada semua spesimen yang sudah disiapkan. Proses selanjutnya adalah dilakukan *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) untuk ilustrasi dengan variasi tanpa perlakuan (0 °C), 550 °C, 600 °C menggunakan oven listrik. Spesimen kemudian melalui proses pendinginan menggunakan media pendingin oli SAE 10W-40. Proses terakhir adalah pengujian kekerasan dan kuat tekan. Pengujian kekerasan *Vickers* digunakan untuk menentukan kekerasan yang dilakukan pada bagian logam las, bagian HAZ, dan juga base metal dari masing-masing spesimen serta di tes di 3 tempat dan hitung rata-ratanya. Pengujian tekan dilakukan pada bagian permukaan logam las dengan metode *three-point bending*. Data hasil pengujian kemudian disajikan dalam tabel untuk memudahkan menganalisa data yang berpengaruh pada temuan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelasan

Hasil pengelasan ini dilaksanakan pada 4 spesimen yang telah dibuat dengan variasi kampuh V 60° dan variasi kuat arus pengelasan 80 A dimana pengelasan tersebut dilakukan menggunakan elektroda E7018 berdiameter Ø 3,2 mm. Pola pengelasan yang diterapkan adalah “ayunan *crescent*”. Maka diperoleh hasil pengelasan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Pengelasan

Proses *Hardening*

Setelah proses pengelasan kemudian dilakukan proses *hardening* pada 3 spesimen dengan variasi temperature 550°, 600° dan 650° dan *holding time* masing – masing selama 15 menit. Proses *hardening* ditunjukkan pada Gambar 3.



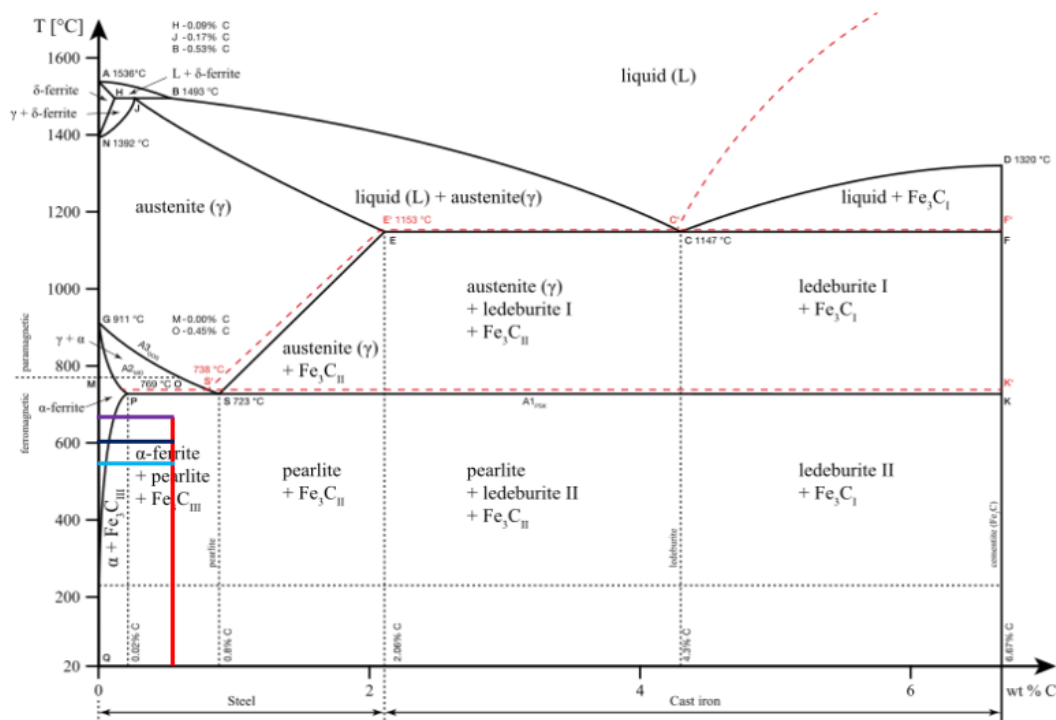
Gambar 3. Proses *Post Weld Heat Treatment*

Setelah dilakukan proses *post weld heat treatment* di 3 spesimen tersebut dilakukan pendinginan dengan laju yang sangat tinggi menggunakan Oli 10W-40 agar memperoleh benda kerja yang keras. Proses pendinginan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Pendinginan Spesimen

Fasa Struktur Besi – Karbon



Gambar 5. Diagram Fasa Besi – Karbon untuk PWHT suhu 550°C, suhu 600°C, dan suhu 650°C

Keterangan:

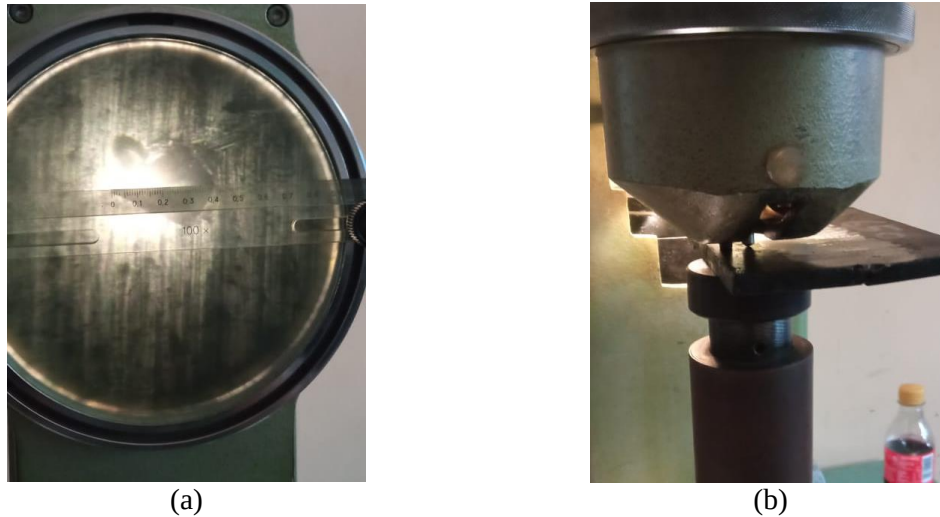
- : suhu 650°C
- : suhu 600°C
- : suhu 550°C

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa spesimen struktur mempunyai fasa ferit dan perlit. Struktur baja yang memiliki kandungan ferit dan perlit adalah struktur mikro yang umum ditemukan dalam baja karbon medium hingga tinggi. Ferit dan perlit adalah dua fase utama yang terbentuk saat baja mengalami perlakuan panas yang tepat.

Kombinasi struktur ferit dan perlit dalam baja memberikan kombinasi kekuatan, kekerasan, dan ketangguhan yang baik. Perlit memberikan kekuatan dan kekerasan yang lebih tinggi, sementara ferit memberikan ketangguhan yang lebih baik. Proporsi relatif antara ferit dan perlit dalam struktur baja akan mempengaruhi sifat mekanis keseluruhan, seperti kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan ketangguhan.

Uji Kekerasan

Uji kekerasan pada penelitian ini menggunakan metode kekerasan *Vickers*. Pengujian kekerasan dilakukan pada bagian *base metal*, *weldable metal*, dan *heat-affected zones*. Proses uji kekerasan seperti yang digambarkan pada Gambar 6.

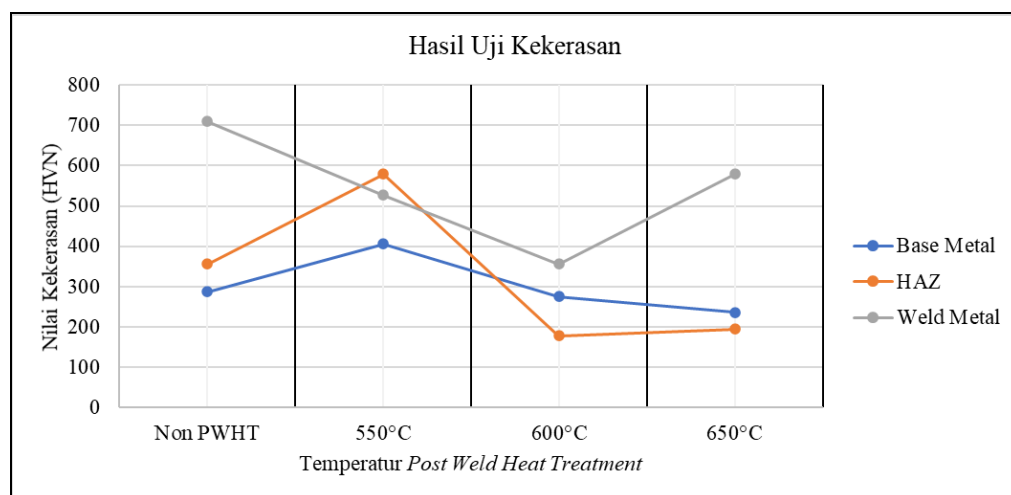


Gambar 6. Proses Uji Kekerasan Vickers

Setelah dilakukan uji kekerasan *Vickers* kemudian data dihitung menggunakan persamaan (1) sehingga Tabel 1 menunjukkan hasil tes.

Tabel 1. Data hasil pengujian kekerasan

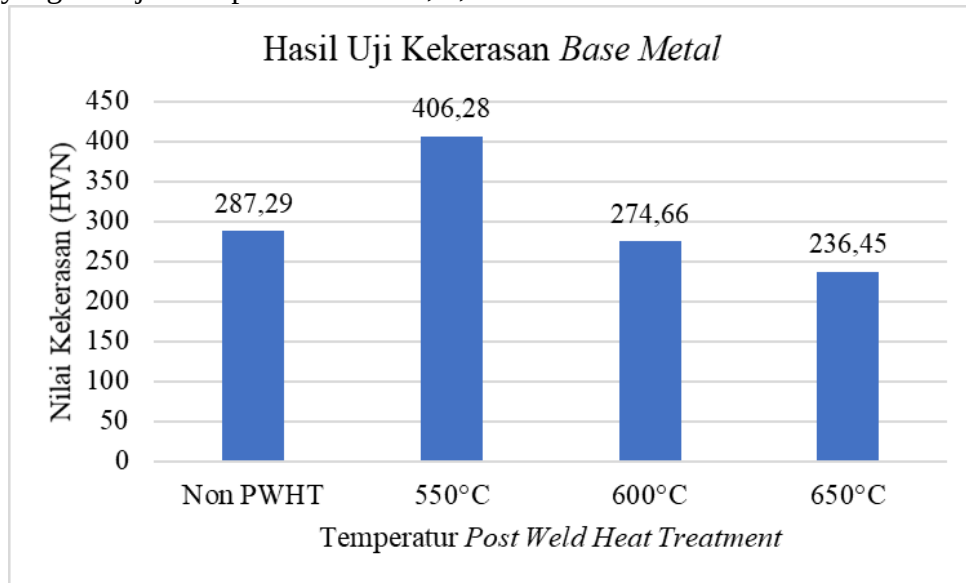
Temperatur	Base Metal		Hasil Uji Kekerasan (HVN)	HAZ		Hasil Uji Kekerasan (HVN)	Weld Metal		Hasil Uji Kekerasan (HVN)
	D1	D2		D1	D2		D1	D2	
Non PWHT	0,5	0,38	287,29	0,5	0,38	356,48	0,5	0,38	709,43
550°C	0,35	0,39	406,28	0,35	0,39	578,77	0,35	0,39	526,57
600°C	0,48	0,42	274,66	0,48	0,42	177,35	0,48	0,42	356,48
650°C	0,5	0,47	236,45	0,5	0,47	194,32	0,5	0,47	578,77



Gambar 7. Diagram Perbandingan Nilai Hasil Uji Kekerasan Spesimen

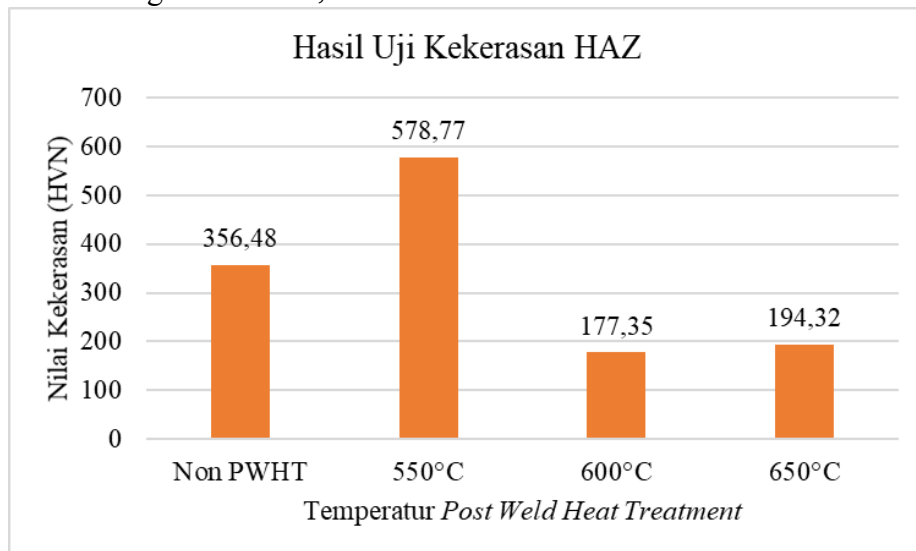
Tabel 1 dan Gambar 7 menunjukkan hasil dari perhitungan kekerasan *Vickers* pada 4 spesimen yang telah dilakukan pengelasan dan 3 spesimen diantaranya telah dilakukan *Post Weld Heat Treatment* (PWHT). Berdasarkan hasil perhitungan kekerasan *Vickers*, dapat dilihat bahwa spesimen tanpa perlakuan PWHT memiliki tingkat tekanan sebesar 451,07 HVN, spesimen dengan PWHT 550°C memiliki nilai tekanan sebesar 503,87 HVN, spesimen dengan PWHT 600°C memiliki nilai kekerasan sebesar 269,50 HVN, spesimen dengan PWHT 650°C memiliki nilai kekerasan sebesar 336,51 HVN. Diagram nilai uji

kekerasan *Vickers* untuk seluruh ilustrasi pada bagian *base metal*, HAZ, dan *weld metal* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, 9, dan 10.



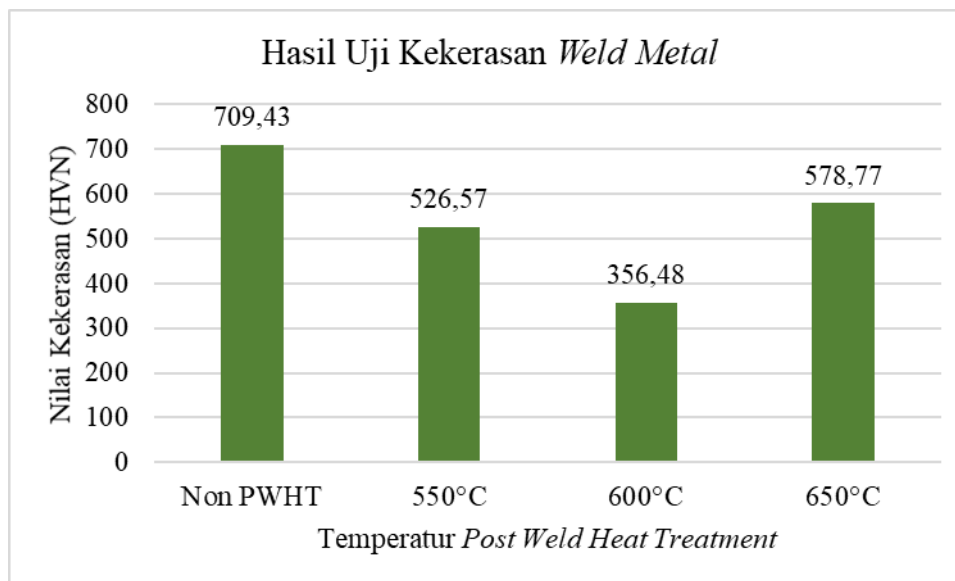
Gambar 8. Diagram Nilai Perhitungan Uji Kekerasan *Vickers* Bagian *Base Metal*

Berdasarkan Gambar 8, dapat diperhatikan bahwa nilai uji kekerasan paling tinggi ada pada bagian *base metal* di spesimen dengan *post weld heat treatment* 550°C dengan hasil 406,28 HVN dan yang terendah terdapat pada spesimen dengan *post weld heat treatment* 650°C dengan hasil 236,45 HVN.



Gambar 9. Diagram Nilai Perhitungan Uji Kekerasan *Vickers* Bagian HAZ

Berdasarkan Gambar 9, ditunjukkan bahwa nilai uji kekerasan tertinggi bagian HAZ terdapat pada spesimen dengan *post weld heat treatment* 550°C dengan nilai 578,77 HVN dan yang terendah terdapat pada spesimen dengan *post weld heat treatment* 600°C yang bernilai 177,35 HVN.



Gambar 10. Diagram Nilai Perhitungan Uji Kekerasan Vickers Bagian Weld Metal

Gambar 10, menunjukkan nilai uji kekerasan paling tinggi bagian *Weld Metal* ada pada spesimen tanpa *post weld heat treatment* yang memiliki nilai 709,43 HVN dan yang terendah terdapat pada spesimen dengan *post weld heat treatment* 600°C bernilai 356,48 HVN.

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa pada spesimen yang diberikan perlakuan *post weld heat treatment* akan meningkatkan kekerasan material pada suhu yang tepat (optimal). Berdasarkan Gambar 8 untuk pengujian kekerasan pada bagian *base metal* terlihat bahwa terjadi peningkatan nilai kekerasan dari spesimen yang tidak diberikan perlakuan PWHT ke spesimen yang diberikan perlakuan *post weld heat treatment* dengan temperatur 550°C. Namun, pada grafik tersebut juga terlihat apabila nilai kekerasan mulai mengalami penurunan pada temperatur 600°C hingga 650°C. Penurunan ini merupakan akibat dari banyak struktur mikro dari fasa ferit yang terbentuk di bagian base metal pada saat dilakukan *post weld heat treatment* 550°C. Hal ini terjadi karena struktur ferit yang membesar yang menyebabkan lunaknya struktur baja (Ismail, 2015). Hal tersebut juga berlaku pada bagian HAZ, nilai kekerasan mengalami peningkatan dari spesimen yang tidak diberikan PWHT ke spesimen dengan perlakuan PWHT 550°C.

Pada bagian *weld metal*, nilai kekerasan yang dimiliki oleh spesimen yang tidak diberikan perlakuan *post weld heat treatment* adalah nilai paling tinggi. Kemudian, nilai kekerasan mengalami penurunan pada spesimen dengan perlakuan *post weld heat treatment* 550°C dan 600°C. Namun, kembali mengalami peningkatan pada spesimen dengan perlakuan PWHT 650°C. Hal ini dapat disebabkan oleh proses pengelasan yang membangun zona yang terkena panas atau *heat-affected zone* (HAZ) di sekitar wilayah las dan zona lebur (*fusion zone*) di bagian *weld metal*.

Selain itu, tingkat kekerasan yang tinggi pada spesimen tanpa perlakuan *post weld heat treatment* pada bagian *weld metal* dapat juga disebabkan oleh proses pengelasan yang menghasilkan tegangan residu di sekitar daerah las. Ketika perlakuan panas pasca pengelasan tidak dilakukan, tegangan residu tersebut dapat tetap ada dalam bagian *weld metal*. Tegangan residu dapat mempengaruhi sifat mekanis dan meningkatkan kekerasan material.

Namun, perlu diperhatikan bahwa nilai kekerasan yang tinggi pada bagian *weld metal* tanpa *post weld heat treatment* tidak selalu diinginkan dalam beberapa aplikasi. Kekerasan yang tinggi dapat menyebabkan kerapuhan atau ketangguhan yang rendah

dalam struktur baja. Oleh karena itu, *post weld heat treatment* sering dilakukan sesudah pengelasan agar mengurangi tegangan residu dan mengubah struktur mikro yang keras menjadi lebih lembut dan lebih tahan terhadap retakan.

Tabel 2. Rata-rata nilai uji kekerasan

Temperatur	Nilai Uji Kekerasan (HVN)			Rata - Rata (HVN)
	<i>Base Metal</i>	<i>HAZ</i>	<i>Weld Metal</i>	
Non PWHT	287,29	356,48	709,43	451,07
550°C	406,28	578,77	526,57	503,87
600°C	274,66	177,35	356,48	269,50
650°C	236,45	194,32	578,77	336,51
Rata - Rata (HVN)	301,17	326,73	542,81	

Berdasarkan nilai kekerasan yang diperoleh melalui penelitian tersebut, dapat dihitung rata – rata nilai kekerasan pada setiap bagian spesimen yang diuji. Pada tabel 2 menampilkan hasil komputasi, di bagian *weld metal* memiliki nilai rata-rata yang paling signifikan adalah 542,81 HVN. Kemudian berdasarkan variasi temperatur *post weld heat treatment*, didapatkan nilai rata – rata kekerasan yang paling tinggi pada suhu 550°C yaitu 503,87 HVN.

Uji Tekan

Uji kekuatan tekan (*bending*) di penelitian ini dilakukan menggunakan metode *three-point bending*. Hasil pengujian yang didapat berdasarkan hasil pengujian kekuatan tekan terhadap spesimen tanpa perlakuan PWHT, spesimen dengan PWHT 550°C, spesimen dengan PWHT 600°C dan spesimen dengan *post weld heat treatment* 650°C. Proses dan hasil uji tekan pada spesimen ditunjukkan baik Gambar 11 maupun 12.



Gambar 11. Pengujian Kekuatan Tekan



Gambar 12. Spesimen Hasil Uji Kekuatan Tekan

Kemudian data hasil pengujian tersebut dihitung dengan persamaan (2) kemudian didapatkan hasil perhitungan pada Tabel 3.

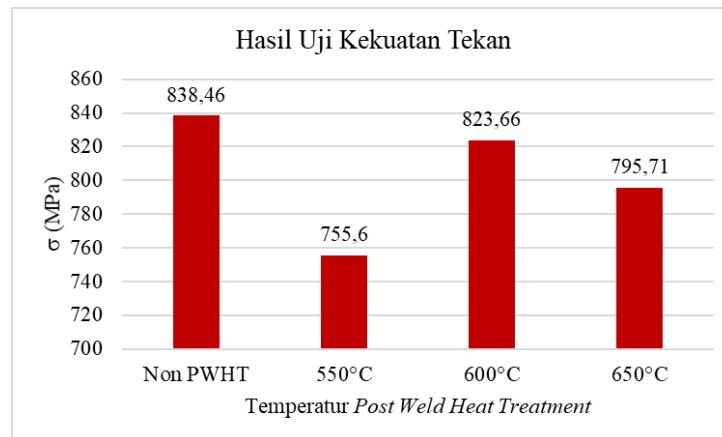
Tabel 3. Hasil uji kuat tekan

Temperatur	Dimensi		Sudut Lengkung	Beban (N)	s (MPa)
	Lebar (mm)	Tebal (mm)			
Non PWHT	100	8,5	90	5100	838,46
550°C	100	8,5	90	4600	755,60
600°C	100	8,5	90	5010	823,66
650°C	100	8,5	90	4840	795,71

Menurut hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3, didapatkan nilai kekuatan tekan untuk spesimen tanpa perlakuan *post weld heat treatment* dengan beban sebesar 5100 N adalah 838,46 MPa. Nilai kekuatan tekan untuk spesimen dengan perlakuan *post weld heat treatment* 550°C dan beban sebesar 4600 N adalah 755,60 MPa. Nilai kekuatan tekan untuk spesimen dengan perlakuan *post weld heat treatment* 600°C dan beban sebesar 5010 N adalah 823,66 MPa. Nilai kekuatan tekan untuk spesimen dengan perlakuan *post weld heat treatment* 650°C dan beban sebesar 4840 N adalah 795,71 MPa.

Naik atau turunnya nilai kekerasan serta nilai kekuatan tekan baja dapat dipengaruhi oleh media pendingin oli. Hal ini dapat terjadi karena pendinginan setelah PWHT menggunakan media oli dilakukan pada baja dengan struktur yang didominasi fasa ferit serta batas butirnya mampu memuai dengan baik. Struktur ini menunjukkan bahwa material memiliki sifat yang lunak serta ulet sehingga mampu memperbesar nilai di kekuatan bending. Namun, apabila laju pendinginan semakin cepat maka mengakibatkan struktur didominasi fasa bainit serta martensit yang menyebabkan material memiliki sifat keras dan nilai kekuatan bending yang dimiliki ikut mengecil (Pratama, 2022).

Berdasarkan hasil pengujian tersebut maka dibuatlah grafik perbandingan tegangan dari spesimen tanpa perlakuan *post weld heat treatment* dan 3 spesimen dengan perlakuan *post weld heat treatment*. Grafik perbandingan tersebut terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Hasil Pengujian Kekuatan Tekan

Berdasarkan perbandingan dari hasil uji kekuatan tekan terlihat bahwa spesimen yang tidak mendapat perlakuan *post weld heat treatment* memiliki tegangan *bending* tertinggi dengan nilai 838,46 MPa dan yang memiliki nilai terendah tegangan *bending* adalah spesimen dengan perlakuan *post weld heat treatment* pada temperatur 550°C.

Seperti hasil penelitian kekuatan tekan, fasa yang terdapat pada struktur baja ST 37 dapat dilihat pada Gambar 13. Pada diagram dapat dilihat bahwa apabila fasa yang terbentuk pada suhu 550°C, 600°C, dan 650°C merupakan fasa ferit dan perlit sehingga sangat mungkin terjadi penurunan pada nilai kekuatan tekan.

Pada proses PWHT semakin tinggi suhu pemanasan maka semakin lunak baja sehingga mengakibatkan turunnya nilai kekerasan logam. Namun, hal tersebut juga akan menyebabkan baja tersebut bisa memperbaiki sifat mampu mesin (Pratama, 2022).

KESIMPULAN

Menurut penelitian yang dilaksanakan beberapa kesimpulan telah dibuat, yaitu:

1. Pada uji kekerasan menghasilkan nilai tertinggi pada spesimen tanpa perlakuan *post weld heat treatment* di daerah *weld metal* sebesar 709,43 HVN. Sedangkan nilai terendah diperoleh di spesimen dengan perlakuan *post weld heat treatment* 600°C di daerah HAZ sebesar 177,35 HVN. Berdasarkan variasi suhu *post weld heat treatment*, diperoleh nilai rata – rata kekerasan paling tinggi saat suhu 550°C. Ini menunjukkan apabila saat suhu 550°C merupakan suhu optimal untuk Baja ST 37 meningkatkan nilai kekerasannya, yang mana pada penelitian ini sebesar 503,87 HVN.
2. Pada uji kekuatan tekan menghasilkan nilai tertinggi pada spesimen tanpa perlakuan *post weld heat treatment* sebesar 838,46 MPa. Sedangkan nilai terendah diperoleh di spesimen dengan perlakuan *post weld heat treatment* 550°C sebesar 755,60 MPa. Hasil penelitian kekuatan tekan berbanding terbalik dengan hasil penelitian kekerasan, yang menunjukkan bahwa rata – rata nilai kekerasan tertinggi didapatkan dari spesimen dengan perlakuan *post weld heat treatment* 550°C sebesar 503,87 HVN.

REFERENSI

- Alwarits, Daswarman, & Nasir, M. (2014). PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PROSES HARDENING TERHADAP PENINGKATAN KEKERASAN BAJA KARBON SEDANG. *Automotive Engineering Education Journals*, 3(4).
- Anggraeni, S. D., Pratikno, H., & Hadiwidodo, Y. S. (2016). Studi Perbandingan Proses Pengelasan Smaw Pada Lingkungan Darat dan Bawah Air Terhadap Ketahanan Uji Bending Weld Joint Material A36. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 236–241.
- Ismail, A. (2015). *Analisa Pengaruh Variasi Heat Input Dan Temperatur Pwht Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Pada Baja Paduan Rendah Dengan Proses Pengelasan SMAW*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Lubis, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Siregar, I. (2021). Kajian Eksperimen Kemampuan Penyerapan Energi Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji Secara Statis. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur, Dan Energi*, 4(1), 64–72.
- Pratama, G. (2022). Pengaruh Post Weld Heat Treatment (PWHT) Dengan Variasi Media Pendinginan Hasil Pengelasan Smaw Pada Pipa Kilang Astm A 106 Grade B Terhadap Kekuatan Bending Dan Struktur Mikro. *JTM*, 10(03), 69–76.
- Primazda, V. D., & Nugroho, N. Y. (2019). Sifat Mekanik Pengelasan Smaw Pada Baja ASTM A36 Terhadap Variasi Preheating. *Seminar Nasional Kelautan XIV*.
- Purba, M. F. I., Fathier, A., & Fakhriza. (2020). Pengaruh variasi temperatur PWHT dan tanpa PWHT terhadap sifat kekerasan baja ASTM A106 grade B pada proses pengelasan SMAW . *Journal of Welding Technology*, 2(1), 13–18.
- Sapriana, A. A., & Yunus. (2022). Pengaruh Suhu Pwht Annealing Terhadap Kekuatan Bendingdan Kekerasan Pipa Astm 106 Grade Bpada Pengelasan SMAW. *JTM*, 10(01), 147–152.
- Tulung, F. J. (2019). *Modul praktek pengelasan SMAW*.
- Wirama, I. W. P., Astika, I. M., & Subagia, I. D. G. A. (2022). Uji Kekuatan Bending Pipa Komposit Jute-Epoxy pada Perlakuan Rendaman Air Panas. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 14(2), 72–75.