

PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN DALAM PROSES PWHT PENGELASAN SMAW UNTUK MATERIAL BAJA SS400 TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK

Canggih Wahyunanta

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: canggih.18048@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Baja *Mild Steel* merupakan bahan utama pembuatan *Arm Engine* sepeda motor. Dalam proses produksi *Arm Engine* diperlukan proses pengelasan. Pada proses pengelasan *Arm engine*, menyebabkan tegangan sisa dan perubahan sifat mekanik dari material. Untuk memperbaiki sifat mekanik dari proses pengelasan dapat dilakukan PWHT (*Post Welding Heat Treatment*). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variasi media pendingin dalam PWHT setelah proses pengelasan SMAW pada material baja SS400. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi media pendinginan berefek pada nilai kekerasan dan kekuatan tarik. Sehingga proses PWHT dengan suhu 900°C dengan penahanan 10 menit menyebabkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik mengalami penurunan. Media pendingin pasir sungai memiliki nilai kekerasan terendah yaitu sebesar 98.3 HRB untuk area *weld metal*, 97.1 HRB pada area HAZ, 95.4 pada area *base metal*. Sedangkan untuk nilai kekuatan tarik paling besar dalam proses PWHT yaitu variasi media pendingin pasir pantai dengan nilai 413.93 Mpa dan regangan 33%.

Kata kunci: Baja SS400, PWHT, Uji Kekerasan, Uji Tarik, *Arm Engine*.

Abstract

Mild Steel is the main material for making Arm Engine motorcycles. In the Arm Engine production process, a welding process will required. In the Arm engine welding process causes residual stresses and changes in the mechanical properties of the material. To improve changes in mechanical properties due to the welding process, a PWHT (Post Welding Heat Treatment) process can be carried out. This study used an experimental method by varying the cooling media in the PWHT process after the SMAW welding process for SS400 steel material. Based on the research results, it can be concluded that the variation of cooling media affect the hardness and tensile strength values. Where the PWHT process with a temperature of 900°C with a holding time of 10 minutes causes the hardness and tensile strength values to decrease. River sand cooling media has the lowest hardness value of 98.3 HRB for the weld metal area, 97.1 HRB for the HAZ area, 95.4 for the base metal area. Whereas for the highest tensile strength value in the PWHT process, namely the variation of beach sand cooling media with a value of 413.93 Mpa and 33% strain.

Keywords: Steel SS400, PWHT, Hardness Test, Tensile Test, Arm Engine.

PENDAHULUAN

Sepeda motor merupakan kebutuhan utama bagi sebagian individu. Kenyamanan dalam berkendara menjadi tuntutan yang sangat penting. Salah satu bagian yang terpenting dalam sepeda motor matik adalah *Arm Engine*. *Arm engine* berfungsi untuk menghubungkan bagian rangka motor dengan mesin. Selain itu *arm engine* juga berfungsi sebagai peredam getaran.

Dalam penelitian tentang sifat fisis dan mekanis material *Arm Engine* sepeda motor, dimana material terbaik *Arm Engine* adalah Baja *Mild Steel* (Labertus, 2007).

Dalam produksi *arm engine*, proses pengelasan sangat dibutuhkan. Untuk pengelasan baja *mild steel* dapat menggunakan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Proses pengelasan ini tidak menutup kemungkinan akan timbul tegangan sisa dan perubahan sifat mekanik pada bagian tertentu akibat panas pengelasan yang tidak merata. Timbulnya perubahan tersebut sangat berpengaruh terhadap kinerja *arm engine*, karena saat bekerja *arm engine* akan menerima gaya

dinamis dimana beban dan getaran akan bergerak terus menerus yang akan membahayakan sambungan las *arm engine* tersebut. Sebab itu setelah proses pengelasan diperlukan *treatment* untuk mengurangi tegangan sisa dan memperbaiki sifat mekaniknya.

Dalam penelitian tentang analisa kekerasan dan kekuatan impact terhadap pengelasan baja *Mild Steel* SS400 menggunakan variasi arus listrik las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), didapatkan hasil terbaik variasi arus pengelasan logam SS400 dengan arus listrik 110 A, dan diperoleh nilai kekerasan area material induk hingga area las memperlihatkan penambahan nilai kekerasan, hal ini diakibatkan karena semakin dekat ke daerah las, material menjadi lebih panas sehingga terjadi pengerasan (Sunardi, 2020).

Untuk mengurangi tegangan sisa dan memperbaiki sifat mekanik setelah proses pengelasan maka dapat dilakukan dengan metode PWHT (*Post Welding Heat Treatment*). Metode PWHT terbagi menjadi beberapa jenis, salah satunya PWHT *Full Annealing*. Metode ini dapat dilakukan dengan memanaskan baja sampai diatas

temperatur kritis dan didinginkan secara lambat didalam bahan penyekat panas yang baik (Wahit Suherman, 2003).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti melakukan penelitian tentang “Pengaruh Variasi Media Pendingin dalam Proses PWHT Pengelasan SMAW untuk Material Baja SS400 terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Tarik”. Dalam penelitian ini, peneliti berharap mengetahui media pendingin yang baik untuk memperbaiki nilai kekerasan dan kekuatan tarik pada proses PWHT.

Rumusan Masalah

Masalah penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut ini:

- Bagaimana pengaruh media pendingin terhadap nilai kekerasan baja *Mild Steel* SS400 setelah dilakukan proses PWHT (*Post Welding Heat Treatment*).
- Bagaimana pengaruh media pendingin terhadap nilai kekuatan tarik material baja SS400 setelah proses PWHT (*Post Welding Heat Treatment*).

Tujuan Masalah

Tujuan penelitian ini yaitu:

- Untuk mengetahui pengaruh media pendingin terhadap nilai kekerasan baja *Mild Steel* SS400 pada proses PWHT (*Post Welding Heat Treatment*).
- Mengetahui pengaruh media pendingin terhadap nilai kekuatan tarik material baja *Mild Steel* SS400 pada proses PWHT (*Post Welding Heat Treatment*).

METODE

Jenis Penelitian

Peneliti menggunakan metode eksperimen dengan tujuan agar mengetahui pengaruh media pendingin dalam proses PWHT pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) untuk material Baja SS400 terhadap nilai kekerasan dan kekuatan tarik.

Tempat dan Waktu Penelitian

• Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat, yaitu:

- Pengelasan material dilaksanakan di CV Mandiri Surya Abadi.
- Proses PWHT dilaksanakan di Laboratorium Pelapisan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
- Proses uji kekerasan dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
- Pengujian tarik dilaksanakan di Laboratorium Uji Material Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.

• Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sesudah proposal skripsi diseminarkan dan disetujui.

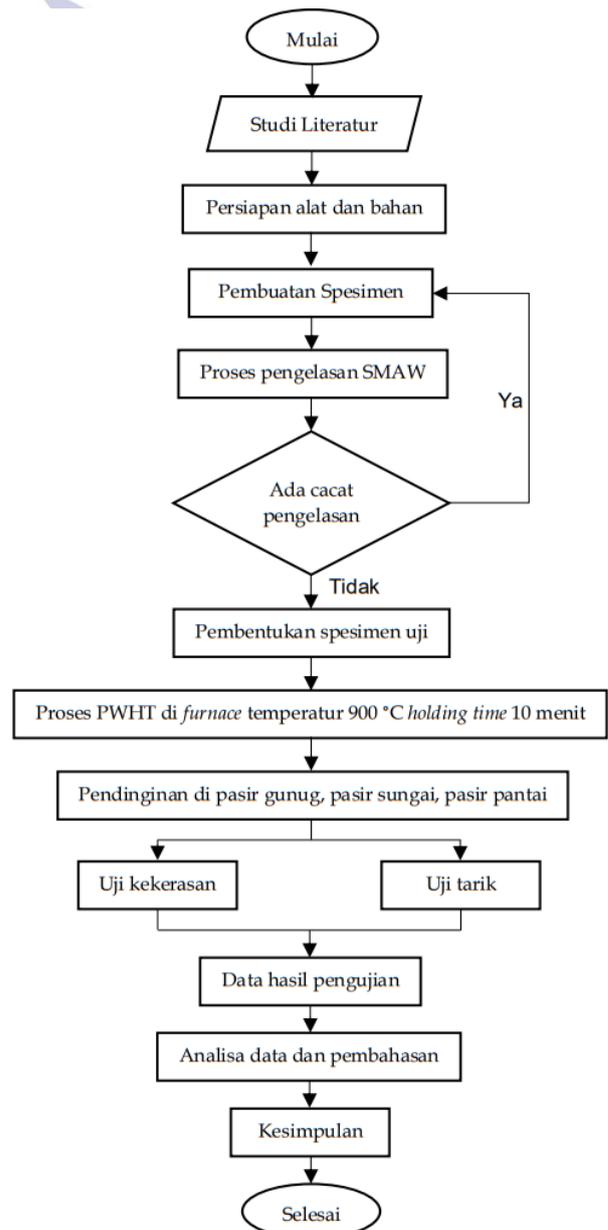
Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Variabel bebas penelitian ini yaitu variasi media pendingin dalam proses PWHT menggunakan pasir gunung, pasir sungai dan pasir pantai.

- Variabel Terikat
Nilai kekerasan dan Nilai kekuatan tarik.
- Variabel Kontrol
 - Material spesimen menggunakan baja *Mild Steel* SS400 dengan tebal 6mm.
 - Menggunakan pengelasan SMAW dengan posisi 1G, menggunakan kampuh *single V* dan memakai sambungan las *butt joint*.
 - proses PWHT dalam *furnace* dengan temperatur 900°C penahanan 10 menit.

Rancangan Penelitian



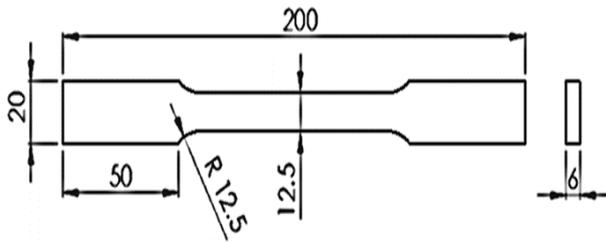
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Proses Pengelasan

- Mempersiapkan material baja SS400 tebal 6 mm.
- Membuat kampuh *single V*.
- Menyiapkan las SMAW dan elektroda E7018.
- Mengatur arus 110A.
- Melakukan pengelasan dan pendinginan diudara terbuka.
- Bersihkan terak sisa pengelasan.

Pembuatan Spesimen Uji

Standar spesimen uji yang digunakan yaitu JIS Z 2201/14B.



Gambar 2. Ukuran Spesimen Uji Tarik

Proses PWHT

Proses pwht dilakukan dengan memasukan spesimen ke dalam *furnace* dengan suhu 900 °C diatas temperatur kritis A_3 dengan *holding time* 10 menit. Kemudian didinginkan dengan media pasir gunung, pasir sungai, pasir pantai.



Gambar 3. Proses PWHT

Pengujian Kekerasan

Pengujian menggunakan mesin *hardness rockwell* sekala HRB. Sebelum pengujian gosok permukaan spesimen dengan amplas.



Gambar 4. Spesimen Uji Kekerasan

Pengujian Tarik

Pengujian dilakukan sesuai standar JIS Z 2201/14B untuk melihat sifat mekanis dari material Baja SS400. Pada penelitian ini *gauge length* dibuat sama yaitu 50 mm (Gumara, R. A 2021).



Gambar 5. Spesimen Uji Tarik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian

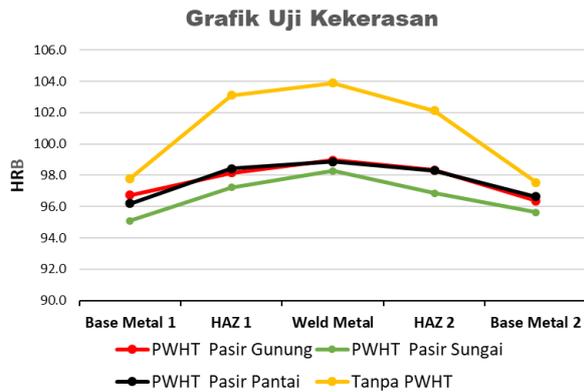
- Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada area *base metal 1*, *HAZ 1*, *weld metal*, *HAZ 2*, *base metal 2*. Hasil nilai kekerasan dimasukkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Data Hasil Uji Kekerasan

Variasi	Spesimen	Nilai Kekerasan Rockwell (HRB)				
		Base Metal 1	HAZ 1	Weld Metal	HAZ 2	Base Metal 2
PWHT Pasir Gunung	1	96.0	97.8	99.3	98.2	96.1
	2	96.9	98.2	98.7	98.6	96.0
	3	97.3	98.5	98.9	98.2	97.0
Rata-Rata		96.7	98.2	99.0	98.3	96.4
PWHT Pasir Sungai	1	94.2	97.5	98.5	97.3	95.2
	2	95.0	96.4	98.0	96.2	95.4
	3	96.1	97.8	98.3	97.1	96.3
Rata-Rata		95.1	97.2	98.3	96.9	95.6
PWHT Pasir Pantai	1	96.7	98.8	98.7	98.4	96.2
	2	95.6	97.9	99.0	98.2	96.8
	3	96.3	98.6	98.9	98.3	96.9
Rata-Rata		96.2	98.4	98.9	98.3	96.6
Tanpa PWHT	1	97.9	103.7	104.5	101.2	97.5
	2	97.2	103.3	103.8	102.4	96.8
	3	98.3	102.3	103.4	102.8	98.3
Rata-Rata		97.8	103.1	103.9	102.1	97.5

Adapun hasil uji kekerasan diatas, maka didapatkan gambar grafik dari rata-rata uji kekerasan HRB seperti dibawah ini.



Gambar 6. Grafik Uji Kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan, didapatkan adanya efek media pendingin dari proses PWHT terhadap nilai kekerasan material SS400 dengan variasi media pendingin pasir gunung, pasir sungai, pasir pantai. Dari hasil pengujian data diatas disimpulkan bahwa proses PWHT dapat mengurangi nilai kekerasan dari suatu material. Pada penelitian ini kekerasan terendah terdapat pada proses pwht pendingin pasir sungai dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 98.3 HRB untuk daerah *weld metal*, 97.2 HRB pada daerah HAZ 1, 96.9 HRB pada daerah HAZ 2, 95.1 pada daerah *base metal 1*, 95.6 pada daerah *base metal 2*.

• Hasil Pengujian Tarik

Dari hasil pengujian tarik, didapatkan berbagai data yang digunakan untuk mengetahui kekuatan spesimen. Berikut data hasil pengujian tarik:

Tabel 2. Data Hasil Uji Tarik

Variasi	Spesimen	Beban (N)	Tegangan Tarik Max. (Mpa)	Regangan (%)
PWHT Pasir Gunung	1	29149.14	388.66	31
	2	30104.30	404.63	31
	3	29300.16	390.67	30
Rata-Rata			394.65	31
PWHT Pasir Sungai	1	30261.21	403.48	31
	2	29810.10	400.67	32
	3	30661.32	408.82	32
Rata-Rata			404.32	32
PWHT Pasir Pantai	1	31110.46	411.51	34
	2	31190.87	415.88	32
	3	31204.60	414.40	33
Rata-Rata			413.93	33
Tanpa PWHT	1	32887.41	438.50	25
	2	32822.69	435.89	27
	3	32665.78	432.09	26
Rata-Rata			435.49	26

Dengan hasil data diatas dapat diketahui pengaruh media pendingin dalam proses PWHT terhadap kekuatan tarik. Dimana nilai kekuatan tarik dari spesimen uji yang paling rendah diperoleh dari pendingin pasir gunung sebesar 394.65 Mpa dan

kekuatan tarik paling tinggi diperoleh dari spesimen tanpa PWHT sebesar 435.49 Mpa. Sedangkan untuk regangan terendah diperoleh dari spesimen tanpa PWHT sebesar 26% dan regangan tertinggi diperoleh dari spesimen pendingin pasir pantai sebesar 33%.

• Hasil Analisis Statistik

Setelah memperoleh nilai data pengujian, selanjutnya dianalisa dengan metode *single anova (One Way Anova) software IBM SPSS*. Sebelum melakukan uji anova, data harus dipastikan berdistribusi normal dan homogen sebagai berikut:

Tabel 3. Uji Normalitas

Uji	VARIASI	Tests of Normality		
		Statistic	df	Sig.
Uji kekerasan	Pasir Gunung	.987	3	.780
	Pasir Sungai	.964	3	.637
	Pasir Pantai	.993	3	.843
	Tanpa PWHT	.923	3	.463
Uji Tarik	Pasir Gunung	.843	3	.221
	Pasir Sungai	.969	3	.661
	Pasir Pantai	.966	3	.648
	Tanpa PWHT	.989	3	.796

Hasil uji normalitas, nilai sig. Data uji tarik dan data uji kekerasan masing-masing variabel mendapatkan nilai sig. >0.05, maka data berdistribusi normal.

Tabel 4. Uji Homogenitas

Uji	Based on	Test of Homogeneity of Variances			
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Uji kekerasan	Based on Mean	.765	3	8	.545
	Based on Median	.364	3	8	.781
	Based on Median and with adjusted df	.364	3	5.855	.782
	Based on trimmed mean	.735	3	8	.560
Uji Tarik	Based on Mean	3.648	3	8	.064
	Based on Median	.490	3	8	.699
	Based on Median and with adjusted df	.490	3	2.954	.714
	Based on trimmed mean	3.206	3	8	.083

Hasil uji homogenitas, nilai sig. data uji tarik dan data uji kekerasan memperoleh nilai sig. >0.05, maka data homogen.

Tabel 5. Uji Anova

Uji	Between Groups	ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Uji kekerasan	Between Groups	31.267	3	10.422	94.747	.001
	Within Groups	.880	8	.110		
	Total	32.147	11			
Uji Tarik	Between Groups	2746.379	3	915.460	33.865	.007
	Within Groups	216.259	8	27.032		
	Total	2962.638	11			

Dari pengujian diatas didapatkan F hitung Uji kekerasan 94,747 dan Uji tarik 33,865 dengan nilai df pembilang 3 dan df penyebut 8 didapatkan nilai F tabel sebesar 4,07. Sehingga F hitung > F tabel maka Ho ditolak atau terdapat pengaruh yang signifikan antara spesimen hasil pengelasan SMAW dengan pengaruh variasi media pendingin pada proses PWHT meliputi pendingin pasir pantai, pasir sungai, pasir gunung.

Pembahasan Hasil Penelitian

• Analisa PWHT Terhadap Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk melihat apakah terjadi perubahan nilai kekerasan pada hasil proses PWHT dengan variasi media pendingin. Hasil uji kekerasan proses PWHT dengan suhu 900°C penahanan 10 menit didapatkan rata-rata nilai kekerasan media pendingin pasir sungai sebesar 98.3 HRB untuk daerah *weld metal*, 97.1 HRB pada daerah *HAZ*, 95.4 pada area *base metal* dengan waktu pendinginan 9 jam 27 menit untuk mencapai temperatur 33 °C. Rata-rata nilai kekerasan media pendingin pasir pantai sebesar 98.9 HRB untuk daerah *weld metal*, 98.4 HRB pada daerah *HAZ*, 96.4 pada area *base metal* dengan waktu pendinginan 8 jam 32 menit untuk mencapai temperatur 33 °C. Rata-rata nilai kekerasan media pendingin pasir gunung sebesar 99.0 HRB untuk daerah *weld metal*, 98.3 HRB pada daerah *HAZ*, 96.6 pada area *base metal* dengan waktu pendinginan 7 jam 4 menit untuk mencapai temperatur 33 °C. Hal ini membuktikan bahwa media pendingin pasir memiliki sifat konduktivitas panas sebagai penyerap panas dan berpengaruh media terhadap hasil nilai kekerasan. Dimana nilai kekerasan dan lama waktu pendinginan terdapat perbedaan nilai yang dihasilkan.

Jamaluddin (2017) menyatakan bahwa pasir memiliki sifat konduktivitas panas sebagai penyerap panas, semakin besar diameter pasir maka semakin lambat penyerapan panas, semakin kecil butiran pasir semakin cepat penyerapan panas.

Dalam proses perlakuan panas ketika temperatur mencapai standar yang di tentukan dan diberi *holding time* kemudian dilakukan pendinginan dengan kecepatan tertentu maka sifat mekanik yang terjadi tergantung pada kecepatan pendinginan (Suherman,1988).

Adanya penurunan kekerasan disebabkan logam yang mengalami pemanasan pada suhu di atas 0,4 suhu kritis (proses annealing) dan didinginkan secara lambat didalam pasir. Proses ini menyebabkan perubahan pada sifat mekanisnya sebab pendinginan lambat dianggap sangat dekat dengan keadaan ekuilibrium, sehingga proses ini dianggap sesuai dengan diagram Fe-Fe3C yang mengakibatkan nilai tarik dan nilai kekerasan turun, namun ketahanan meningkat (Wahid Suherman, 2003).

• Analisa PWHT Terhadap Uji Kekerasan

Pengujian tarik untuk melihat sifat mekanik hasil proses PWHT dengan variasi media pendingin. Uji

tarik ini didapatkan hasil nilai rata-rata untuk media pendingin pasir gunung sebesar 394.65 Mpa dan regangan 30%. Rata-rata nilai kekuatan tarik untuk media pendingin pasir sungai sebesar 404.32 Mpa dan regangan 32%. Rata-rata nilai kekuatan tarik untuk media pendingin pasir pantai sebesar 413.93 Mpa dan regangan 33%. Rata-rata nilai kekuatan tarik untuk media tanpa pwht sebesar 435.49 Mpa dan regangan 26%. Hal ini menunjukkan bahwa adanya media pendingin berpengaruh terhadap hasil kekuatan tarik. Dimana nilai kekuatan tarik cenderung menurun dan regangan uji tarik cenderung meningkat.

Hasil penelitian yang telah didapat didukung oleh Penelitian Farid (2013) menyatakan hasil dari analisis yang diperoleh bahwa proses annealing sangat cocok untuk menurunkan kekuatan dan meningkatkan ketahanan material. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Zulfahmi (2011) dalam penelitiannya bahwa semakin keras suatu material maka ductility akan menurun dan cenderung rapuh, tapi hal ini dapat dihindari dengan dilakukan proses annealing untuk mengurangi tegangan sisa.

• Pengaruh Variasi PWHT Terhadap Uji Tarik dan Uji kekerasan

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh dapat dilihat perubahan kekerasan dan ketahanan tarik yang terjadi dari setiap kelompok spesimen dalam proses PWHT telah terbukti dapat merubah sifat-sifat mekanik dari material baja SS400 secara signifikan. Hal ini dapat dilihat perbedaan antara nilai kekerasan dan kekuatan tarik yang dihasilkan dari spesimen dengan perlakuan PWHT dengan spesimen tanpa perlakuan PWHT. Kelompok spesimen dengan PWHT memiliki kekerasan dan kekuatan tarik yang lebih rendah daripada kelompok spesimen tanpa PWHT. Selain itu perlakuan PWHT membuat regangan uji tarik meningkat dan membuat keuletan material bertambah.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian maka disimpulkan bahwa :

- Terdapat pengaruh pada variasi media pendingin proses PWHT terhadap nilai kekerasan baja *Mild Steel* SS400. Dimana nilai kekerasan pada area *weld metal*, *HAZ* dan *base metal* cenderung menurun dan lebih seragam. Penurunan nilai kekerasan terkecil terdapat pada pendingin pasir sungai yaitu sebesar 98.3 HRB untuk area *weld metal*, 97.1 HRB pada area *HAZ*, 95.4 pada area *base metal*.
- Terdapat pengaruh pada variasi media pendingin proses PWHT terhadap nilai kekuatan tarik baja *Mild Steel* SS400. Dimana nilai kekuatan tarik cenderung menurun dan regangan cenderung meningkat. Pada variasi media pendingin pasir pantai dihasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 413.93 Mpa dan regangan 33%. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah pada pendingin pasir gunung sebesar 394.65 Mpa dan regangan 30%.

Saran

Agar dihasilkan penelitian yang lebih sempurna maka diberikan saran pada penelitian selanjutnya sebagai berikut:

- Pada penelitian lebih lanjut disarankan melakukan uji struktur mikro agar diketahui struktur mikro dari plat hasil PWHT.
- Penelitian lebih lanjut disarankan melakukan pengujian dampak untuk membuktikan ketangguhan dari hasil PWHT.
- Pemotongan spesimen disarankan sesuai dengan ukuran standar dan presisi agar saat pengujian hasil data akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Farid, Wahyu. (2013). Pengaruh Holding Time Annealing Pada Sambungan SMAW Terhadap Ketangguhan Las Baja K945 EMS45. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Gumara, R. A., & Drastiawati, N. S. (2021). Pengaruh Variasi Arus Listrik Pengelasan Metal Inert Gas (Mig) Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Pada Baja Karbon Astm A36. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(03), 65-68.
- Immanuel. (2015). Pengaruh lama waktu tunggu pada proses pwht terhadap sifat mekanik, struktur mikro dan tegangan sisa pada pengelasan baja aar m201 gr.b+. Tesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Iswanto & Mulyadi. (2020). *Teknologi Pengelasan*. Sidoarjo: Umsida press.
- Joseph, R. 2004. *Tensile testing*, 2nd edition. AS: ASM International
- Julian, Nanda., Budiarto, Untung., Arswendo, Berlian. (2019). Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik pada Sambungan Las Baja SS400 Pengelasan MAG Dengan Variasi Arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7 (4), 277-285.
- Labertus. 2007. Sifat fisis dan mekanis material swing arm sepeda motor. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Lazuardi, (2021). Pengaruh variasi media pendinginan dalam proses pwht pengelasan gmaw untuk material stainless steel 304 terhadap nilai kekerasan dan kekuatan tekuk. *Jurnal Teknik Mesin*, 9 (02), 21-24.
- Nirwana, Lina., Jamaliddin, P. (2017). Konduktivitas termal pasir kali sebagai media penghantar panas pada proses penyangraian kerupuk. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 3 (1), S182-S196
- Sonawan & Suratman. (2003). Pengantar untuk memahami proses pengelasan logam. Bandung: Alfabet.
- Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta. Cetakan ke-27.
- Suharno., Sugianto, Arif., & Widagdo, Djarot. (2012). Advantage of SWET Technique on Joining Inconel 792 Material. *Global Journal of Researches in Engineering Mechanical and Mechanics Engineering*, 12(6), 2249-4596.
- Suherman, Wahid. (2003). *Ilmu logam I*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sunardi. (2020). Analisis kekerasan dan kuat impact hasil pengelasan baja ss400 dengan variasi arus listrik las smaw. *Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. 2(1), 9-13.
- Susanna., Jamaluddin., & Kadirman. (2017). Perpindahan Panas pada Makanan Berpati (Kerupuk Udang) Selama Proses Penyangraian Menggunakan Pasir Sebagai Media Penghantar Panas. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 3(2), S72-S79.
- Widharto. (2013). *Welding Inspection*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Wirjosumarto, H. & Okumura, T. (2008). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.