

ANALISIS METODE *TEMPER BEAD WELDING* MENGGUNAKAN *HALF BEAD TECHNIQUE* DAN *CONTROLLED DEPOSIT WELD* PADA MATERIAL SA 387 GRADE 11 SEBAGAI PENGGANTI PWHT

Muhammad Fauzi *, Muhamad Ari¹, Moh.Syaiful Amri²

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111¹

Program Studi Magister Terapan Teknik Keselamatan dan Resiko, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111²

Abstract – The fabrication industry is an effort to produce raw goods into finished goods, PT. X is one of the fabrication companies engaged in steel fabrication which focuses on working on steel structures, working on vessels and boilers. Through the production process of large quantities of boiler work after the welding process there are things that must be considered, one of which is post weld heat treatment (PWHT). But in fact PWHT has many shortcomings due to several factors such as relatively expensive costs and long time consuming. Therefore, there is a method that can be used as an alternative to the post weld heat treatment (PWHT) process, namely the Temper Bead Welding technique, which is able to provide efficiency and effectiveness in its implementation. Within the framework of this research, two methods, Half Bead Technique and Controlled Deposit Weld, were analyzed in comparison with the PWHT method. The welding process applied is Shielded Metal Arc Welding (SMAW), with the implementation of a series of tests including tensile testing, bending test, hardness test, and microstructure analysis. The overall mechanical test results meet the predetermined acceptance criteria for SA 387 Grade 11 materials. From the hardness test results, the results obtained show that the Half Bead Technique and Controlled Deposit Weld techniques each produce the highest average value in the Heat Affecte region.

Keyword: *Temper Bead Welding, Half Bead Technique, PWHT, Control Deposit Weld, SA 387 Grade 11*

1. PENDAHULUAN

Pada proses pengelasan banyak hal yang harus diperhatikan, salah satunya adalah heat treatment. Perlakuan panas sendiri ada dua macam, yaitu *preheat* dan *post weld heat treatment* (PWHT). Perlakuan panas sendiri ada dua macam, yaitu *preheat* dan *post weld heat treatment* (PWHT). Untuk mendapatkan hasil las yang baik, setelah proses pengelasan perlu dilakukan perlakuan panas yaitu *post weld heat treatment* (PWHT) yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa yang terbentuk setelah pengelasan selesai 2 akibat tegangan thermal karena perbedaan temperatur antara logam induk dan daerah las.

Namun, pada kenyataannya di lapangan, PWHT yang dilakukan pada pengerjaan proyek memiliki banyak kekurangan karena beberapa faktor seperti terbatasnya media pemanas, biaya yang dikeluarkan besar, dan memakan waktu yang relatif lama. Oleh karena itu, perlu adanya solusi baru untuk meminimalisir faktor tersebut yaitu dengan metode *Temper Bead Welding* yang merupakan teknik menempatkan manik las (*bead*) pada lokasi tertentu dalam lasan guna mempengaruhi sifat metalurgi pada material yang hasilnya diharapkan sama dengan metode PWHT.

Seiring berjalannya waktu dan perkembangannya, teknik ini sangat efektif dan efisien dalam suatu proyek pengerjaan dan dapat mengurangi pengeluaran biaya (*cost*) yang besar.

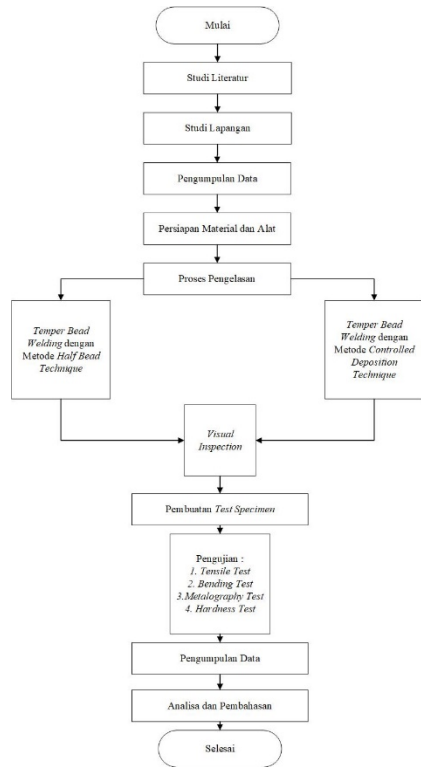
Temper Bead Welding merupakan teknik yang sering digunakan untuk memaksimalkan sifat daerah pengelasan, sehingga metode ini bisa menggantikan proses PWHT (*Post Weld Heat Treatment*). *Temper Bead Welding* didefinisikan sebagai penempatan manik manik las (*bead*) pada posisi tertentu di dalam daerah pengelasan atau permukaan pengelasan dengan tujuan mempengaruhi sifat metalurgi dari HAZ dan deposit setiap pengelasan sebelumnya.

Dari permasalahan diatas, dilakukan penelitian dengan menggunakan 2 metode *Temper Bead Welding* yaitu metode *Half Bead Technique* dan *Controlled Deposit Weld* untuk mengetahui apakah 2 variasi metode *Temper Bead Welding* tersebut dapat menggantikan proses *post weld heat treatment* (PWHT) pada material SA 387 Grade 11.

2. METODOLOGI .

Pada penelitian ini dilakukan beberapa proses tahapan. Tahapan ini meliputi studi

literatur dan studi lapangan, pengumpulan data dan persiapan material dan alat, proses pengelasan *half bead technique* dan *controlled deposit weld*, uji visual, pembuatan test spesimen, pengujian *tensile*, *bending*, *metallography*, *hardness*, pengumpulan data, dan analisa pembahasan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1 Material

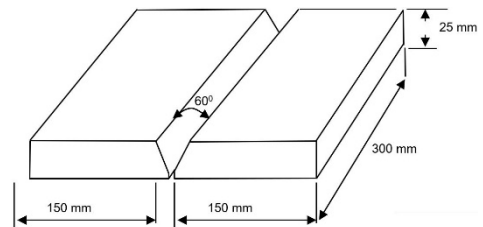
Penelitian ini menggunakan material pelat baja *chromium-molybdenum SA 387 Grade 11* dengan dimensi panjang 300 mm, lebar 300 mm dan tebal 25 mm sebanyak 2 spesimen. Proses pengelasan yang digunakan adalah SMAW dengan elektroda E8018-B2. Untuk komposisi kima material SA 387 Grade 11 dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 1. *Chemical Composition*

Unsur	Komposisi (%)
Carbon	0.04 - 0.17
Manganese	0.35 - 0.73
Phosphorus (max)	0.025
Silicon	0.13 – 0.45
Sulfur (max)	0.025
Chromium	0.74 – 1.21
Molybdenum	0.40 – 0.65

2.2 Proses Pengelasan

Proses pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* dengan desain sambungan *single V groove*. Terdapat 2 joint pengelasan yang dilakukan dan 2 metode *Temper Bead Welding* yaitu *half bead technique* dan *controlled deposit weld*.

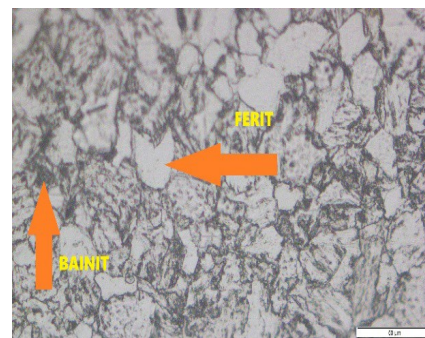


Gambar 2. Desain sambungan

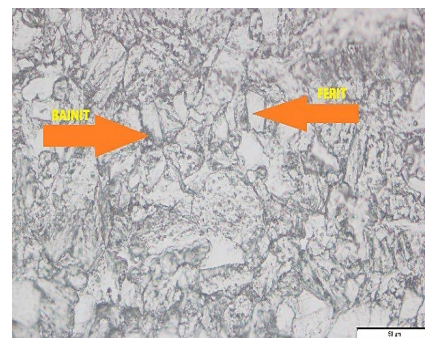
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Mikro

Uji Metalografi merupakan suatu metode untuk menganalisa struktur logam dengan menggunakan mikroskop optic. Pada pengujian struktur mikro ini daerah yang menjadi fokus pengamatan ada 3, yaitu : *weld metal*, *HAZ* dan *base metal*. Berikut adalah hasil dari pengujian struktur mikro pada daerah *base metal* yang ditunjukkan pada Gambar 3.



(a)



(b)

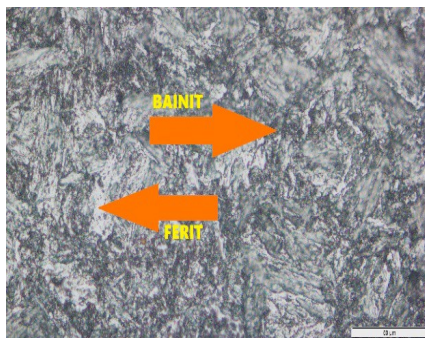
Gambar 1. Hasil Struktur Mikro Base Metal (a) *controlled deposit weld* (b) *half bead technique*

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah SA 387 Grade 11 dimana struktur mikro pada material ini yaitu *ferrite* berwarna terang dan *bainite* dengan warna cenderung gelap (Robert F.Mehl, 1972). Dari hasil pengamatan struktur mikro pada *base metal* didapatkan fasa *ferrit* dan *bainite*.

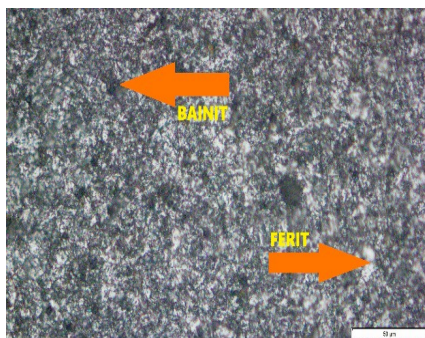
Pada spesimen *half bead technique* dan *control deposit technique*, terlihat tidak terlalu banyak perbedaan, hal ini dikarenakan saat proses pengelasan daerah *base metal* tidak terpengaruh oleh panas (Wiryosumarto, 1996). Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengidentifikasi fasa senyawa yang terdapat pada kedua variasi spesimen material setelah dilakukan pengelasan. Fasa yang terbentuk pada material SA 387 Grade 11 yaitu *ferrite* dan *bainite*, dimana *ferrite* membuat material menjadi lunak, sedangkan *bainite* membuat material menjadi keras (M.Goji, 2006).

Fasa *bainite* dapat terbentuk dikarenakan dalam proses pembuatan material SA 387 Grade 11 diperlukan *tempering* sesuai dengan ASTM A 387 pada temperature 620°C, lalu ketika pendinginan mengacu pada diagram TTT dan CCT material 1.25Cr-0.5Mo maka terbentuk fasa *bainite* dan *ferrite* (ASTM Atlas of TTT Diagram, 1977)

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian pada struktur mikro pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4. berikut



(a)



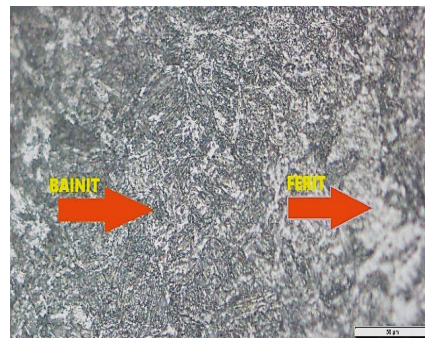
(b)

Gambar 4. Hasil Struktur Mikro HAZ (a) *controlled deposit weld* (b) *half bead technique*

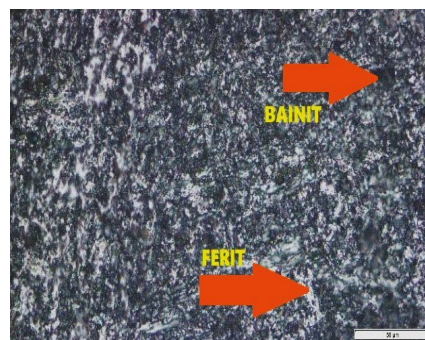
Dari hasil pengujian mikro diatas daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) terlihat adanya *ferrite* dan *bainite* yang terbentuk akibat proses pengelasan dan pendinginan saat proses pengelasan. *Ferrite* ditunjukkan dengan warna terang dan *bainite* ditunjukkan dengan warna gelap (Robert F.Mehl,1972).

Dari hasil pengamatan pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) terdapat perbedaan pada kedua spesimen. Pada spesimen *Controlled Deposit Technique*, terlihat bahwa kerapatan *bainite* semakin berkurang dibandingkan dengan struktur mikro pada spesimen *Half Bead Technique* yang terlihat lebih rapat sehingga lebih halus. Hal ini dapat terjadi karena spesimen *Control Deposit Technique* mendapat masukan *heat input* pada setiap *layer* yang mana ketika material diberi perlakuan panas pada temperature yang semakin tinggi maka akan memperbesar peluang terbentuknya fasa *ferrite* dibandingkan dengan fasa *bainite*.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian pada struktur mikro pada daerah *weld metal* sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5. berikut



(a)



(b)

Dari hasil pengamatan struktur mikro pada daerah *weld metal* terlihat adanya *ferrite* dan *bainite* yang terbentuk akibat proses pemanasan dan pendinginan saat proses pengelasan. Dari hasil pengamatan daerah *weld metal* ini telah mengalami siklus *thermal* yaitu telah mengalami proses mencair kemudian membeku (Wiryosumarto, 1996).

Pada daerah *weld metal* terlihat adanya perbedaan struktur mikro pada tiap spesimen. Pada spesimen *Control Deposit Weld* kerapatan *bainite* semakin berkurang dikarenakan masuknya *heat input* yang naik pada tiap *layer*.

Menurut S.Riyaz Ahmed (2012) fase ini dapat terbentuk karena pada area *weld metal* mengalami pemanasan sampai pada temperature leleh logam dan pendinginan secara cepat. Sesuai dengan CCT material 1.25Cr- 05Mo dimana ketika pendinginan lebih cepat dapat memperbesar peluang terbentuknya fasa *bainite* dibandingkan dengan fasa *ferrite*, yang mana dapat digambarkan fasa *bainite* dengan warna gelap dan fasa *ferrite* dengan warna terang.

3.2 Hasil Pengujian Bending

Pengujian *Bending* digunakan unruk mengetahui kekuatan material akibat pembebanan, kodefikasi dari spesimen SHB untuk *Half Bead Technique* dan SHC untuk *Controlled Deposit Weld*. untuk hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2. berikut

Tabel 2. Hasil Pengujian *Bending*

No	Sample Stamp & Type of Bend	Size of Discontinuity (mm)	Remarks
1	SHB-1 (Side Bend)	2	Accept
2	SHB-2 (Side Bend)	0.5	Accept
2	SHB-3 (Side Bend)	1	Accept
3	SHB-4 (Side Bend)	1	Accept
4	SHC-1 (Side Bend)	-	Accept
5	SHC-2 (Side Bend)	-	Accept
6	SHC-3 (Side Bend)	0.5	Accept
7	SHC-4 (Side Bend)	-	Accept

Data hasil pengujian *bending* yang telah disajikan di atas menunjukkan bahwa dari total 8 sampel yang diuji, tidak terdapat sampel yang ditolak atau semua memenuhi kriteria penerimaan yang telah ditetapkan dalam ASME Section IX 2021. Kriteria penerimaan mengisyaratkan bahwa sampel-sampel yang telah melalui uji bending tidak boleh menunjukkan adanya cacat bukaan pada zona lasan dan wilayah yang terpengaruh panas dengan dimensi melebihi 3 mm.

3.3 Hasil Pengujian Tensile

Pengujian *tensile* digunakan sebagai metode untuk mengukur kualitas sambungan pengelasan, di mana setiap material yang disambung melalui proses pengelasan diharapkan memiliki kekuatan tarik paling tidak sebanding dengan kekuatan tarik material asalnya. Untuk kodefikasi spesimen TH sebagai spesimen *Half Bead Technique* dan TC

sebagai *Controlled Deposit Weld*. Untuk hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3. Berikut.

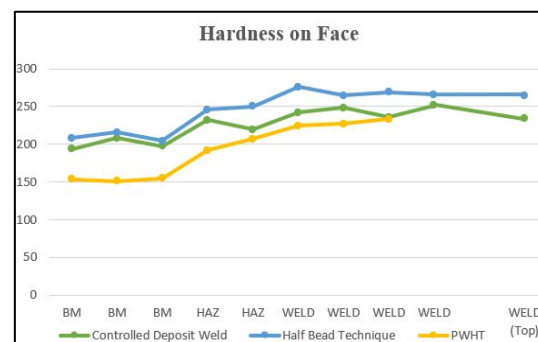
Tabel 3. Hasil Pengujian *Tensile*

Specimen	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Rata-rata Ultimate Tensile Strength (MPa)
TH-1	666.95	660.065
TH-2	653.18	
TC-1	675.52	670.32
TC-2	665.12	

Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa seluruh sampel uji tarik yang merepresentasikan masing-masing variabel telah memenuhi persyaratan standar penerimaan sebagaimana yang dijelaskan dalam ASME Section IX 2021 yang memiliki nilai minimum kekuatan tarik sebesar 515 MPa sesuai dengan tabel QW-422 dalam ASME Section IX 2021.

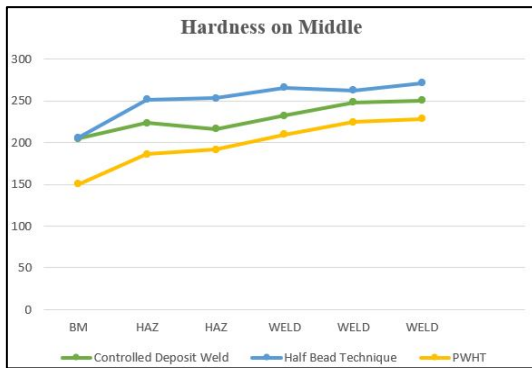
3.4 Pengujian Hardness

Pengujian *hardness* dilakukan pada daerah *face*, *middle*, dan *root* Dapat disimpulkan bahwa daerah permukaan (*face*) yang menunjukkan perbandingan nilai kekerasan antara *Temper Bead Welding* dan *Post Weld Heat Treatment (PWHT)*. Terlihat bahwa nilai kekerasan pada daerah *Temper Bead Welding* cenderung lebih tinggi daripada pada daerah yang mengalami PWHT. Titik kekerasan tertinggi terlihat pada daerah *weld metal*, mencapai 275.96 HVN pada variabel *Half Bead Technique*, sementara nilai kekerasan terendah tercatat pada daerah *base metal* pada sampel PWHT, dengan angka sebesar 151.27 HVN. Untuk grafik dari daerah *face* dapat dilihat pada Gambar 6. berikut.

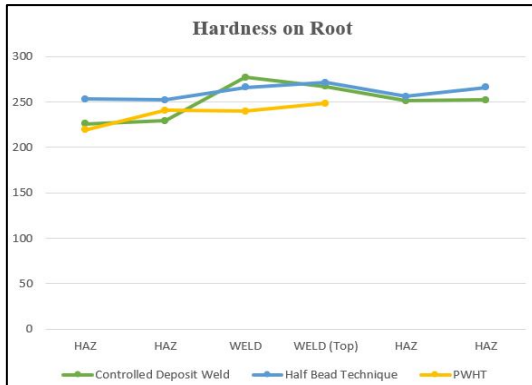


Gambar 6. Grafik nilai *hardness* pada daerah *face*

Pada bagian *middle*, tampak bahwa nilai kekerasan paling tinggi terletak di daerah *weld metal* pada variabel *controlled deposit weld*, mencapai nilai 271.54 HVN. Di sisi lain, nilai kekerasan terendah di bagian *middle* teramati pada daerah *base metal* setelah melalui PWHT, dengan nilai sebesar 185.92 HVN. Untuk grafik dari daerah *middle* dan *root* dapat dilihat pada Gambar 7. dan 8. berikut.



Gambar 7. Grafik nilai *hardness* pada daerah *middle*



Gambar 8. Grafik nilai *hardness* pada daerah *root*

Dari tiga data grafik yang diperlihatkan di atas, dapat dinyatakan bahwa puncak nilai kekerasan terlihat terkonsentrasi pada wilayah *weld metal*, berbeda dari bagian las lainnya. Kenaikan input panas pada setiap lapisan, peningkatan diameter kawat pengelasan, serta pengurangan luas area las sebanyak 50%, yang kemudian diikuti oleh pengelasan kembali, memiliki pengaruh yang signifikan pada peningkatan kekerasan di dalam daerah *weld metal* tersebut. Pentingnya nilai kekerasan pada lasan dan *Heat Affected Zone (HAZ)* perlu dievaluasi dengan cermat. Setiap uji memiliki *acceptance criteria* dan kebutuhan minimal yang berbeda-beda, bergantung pada *code, standard*, atau spesifikasi dari pelanggan yang diterapkan. Dalam penelitian ini, kriteria penerimaan untuk nilai kekerasan, sesuai dengan standar ISO 15156, telah ditetapkan pada angka 275 HVN.

4. KESIMPULAN

Dari analisa diatas bahwa disimpulkan bagaimana pengaruh teknik *Temper Bead Welding* dibandingkan dengan proses PWHT pada material SA-387 Grade 11 bisa dilakukan dengan penjabaran sebagai berikut:

1. Pengaruh proses *Temper Bead Welding* terhadap sifat mekanik pada material SA 387 Grade 11.
 - a. Hasil pengujian Tarik

Dari hasil uji tarik, dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai kekuatan tarik yang dihasilkan oleh teknik *Temper Bead Welding* melalui metode *Controlled Deposit Weld* adalah sebesar 670.32 MPa, sementara *Half Bead Technique* menghasilkan nilai sebesar 660.065 MPa. Selain itu, seluruh sampel uji patah pada wilayah base metal. Temuan ini menggambarkan bahwa proses *Temper Bead Welding* tidak mengalami perubahan yang signifikan karena terjadinya patahan pada wilayah base metal.

b. Hasil pengujian *bending*

Data Hasil pengujian *bending* yang telah disajikan di atas menunjukkan bahwa dari total 8 sampel yang diuji, tidak terdapat sampel yang ditolak atau tidak memenuhi kriteria dikarenakan tidak ada bukaan pada daerah *weld metal* yang melebihi 3 mm sesuai yang telah ditetapkan dalam ASME Section IX 2021 Dengan kata lain, semua sampel uji dalam penelitian ini memenuhi syarat penerimaan berdasarkan standar yang diatur dalam ASME Section IX 2021.

2. Pengaruh proses *Temper Bead Welding* terhadap struktur mikro pada material SA 387 Grade 11 adalah Dari hasil pengamatan struktur mikro pada dua variasi pengelasan, yaitu *Controlled Deposit Weld* dan *Half Bead Technique*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian base metal keduanya memiliki struktur yang serupa, terdiri dari fase *ferrite* yang tampak terang dan fase *bainite* yang tampak gelap. Namun, terdapat perbedaan pada struktur mikro di daerah *Heat Affected Zone (HAZ)* dan *weld metal* pada kedua spesimen tersebut. Pada spesimen *Controlled Deposit Weld*, kerapatan fase *bainite* cenderung lebih rendah dibandingkan dengan struktur mikro pada spesimen *Half Bead Technique*, yang menunjukkan kerapatan yang lebih tinggi serta memberikan kesan kehalusan yang lebih signifikan.
3. Pengaruh proses *Temper Bead Welding* terhadap nilai kekerasan pada material SA 387 Grade 11 adalah Hasil pengujian kekerasan pada penerapan teknik *Temper Bead Welding* mengindikasikan bahwa pada kedua variasi, yaitu *Controlled Deposit Weld* dan *Half Bead Technique*, terdapat nilai kekerasan rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan material yang melalui proses PWHT. Variabel *Half Bead Technique* memiliki nilai kekerasan

yang lebih tinggi dibandingkan dari 2 variabel. Hasil ini menggambarkan bahwa metode *Temper Bead Welding* berpotensi menjadi alternatif yang layak untuk menggantikan PWHT. Selain itu, pada kedua variasi *Temper Bead* di atas, nilai kekerasan masing-masing telah memenuhi persyaratan penerimaan sesuai dengan standar ISO 15156, yaitu 275 HVN.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu baik dalam bantuan materi, moral, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian Tugas Akhir, Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua Penulis yaitu Ibu Umu Kulsum dan Bapak Suwandi yang hingga detik ini selalu memberikan dukungan secara materi, motivasi, nasihat, dan doa yang tidak pernah putus.
2. Bapak Imam Santoso, Bapak Rio, Bapak Hari, Bapak Iwan, Bapak Aris, Mas Luthfi, serta seluruh staff "PT. Swadaya Graha" lainnya yang telah memberikan bimbingan selama On the Job Training dan pengambilan data kepada penulis untuk penyusunan tugas akhir.
3. Seluruh teman-teman D4-Teknik Pengelasan angkatan 2019 yang bersama-sama berjuang selama 4 tahun dan turut memberikan bantuan motivasi, dan saran dalam penyusunan tugas akhir.
4. Semua pihak yang telah membantu penulis selama menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir.

6. PUSTAKA

- [1] Abdulkareem S. A., Suraj Joshi, John W. H. P. dan Khaled Alawadhi. (2014). *Hardness, Microstructure, and Residual Stresses in Low Carbon Steel Welding with Post-weld Heat Treatment and Temper Bead Welding*. Department of Manufacturing and Welding Technology, The Public Authority for Applied Education and Training, Shuwaikh, Kuwait City.
- [2] Ahmed, S.Riyaz. 2012. *Correlation of Mechanical and Microstructure properties in SMAW welded Cr-Mo Boiler steels subjected to different Post Weld Heat Treatment soaking time*. Lucknow-India.
- [3] Augustino I. F. (2015). Pengaruh Lama Waktu Tunggu Pada Proses PWHT Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro dan Tegangan Sisa Pada Pengelasan Baja AAR M201 GR. B+. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [4] Dascau, H. (2019). *Temper Bead Welding, a Possible Solution to Possible Removal of Heat Treatments*, ISIM Timisoara, 30 Mihai Viteazu Bv. Timisoara, Romania.
- [5] Gojic, M. (2006). *The Effect of post weld heat treatment on properties of low alloyed CrMoNb steel after submerged welding*. Sisak-Croatia
- [6] Hye-sung Na. (2017). *Thermodynamic Alloy Design of High Strength and Toughness in 300 mm Thick Pressure Vessel Wall of 1.25Cr-0.5Mo Steel*, Korea
- [7] Ilham R. P. (2019). Analisis Temperatur PWHT Dan *Holding Time* Pada Sambungan Las Material SA 387 Grade 11 Class 1 Terhadap Nilai kekerasan Dan Struktur Mikro.
- [8] Irfan R. A. (2017). Analisis Temperatur *Preheat* Pada Sambungan Las FCAW Material SA 387 Grade 12 *Class 1* Terhadap Nilai kekerasan Dan Struktur Mikro. 5-7.
- [9] Munir, M., Wahyudi, M.T., Kurniyanto, H.B., & Dika Anggara. (2019). *Modul Praktek DT- NDT*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- [10] Pangaribowo, B. H. (2018). STUDI PENGARUH PEMANASAN AWAL PADA PENGELASAN ULANG BAJA ASTM A36 AKIBAT REPARASI TERHADAP SIFAT MEKANIS MENGGUNAKAN PROSES LAS FCAW.
- [11] The American Society of Mechanical. (2019). *ASME Section II Part A ferrous Material Specifications*. New York.
- [12] The American Society of Mechanical Engineers. (2019). *ASME Section II Part C Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals*. New York.
- [13] The American Society of Mechanical Engineers. (2021). *ASME Section IX Welding, Brazing and Fusing Qualifications*. New York.
- [14] Welding Technology Institute of Australia. (2006). *Temper Bead Welding TGN-PE-02*. Australia.
- [15] Wiryosumarto, H. &. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. PT Pradnya Paramita.