

Analisis Metode *Temper Bead Welding* Sebagai Alternatif Pengganti PWHT Terhadap Nilai *Hardness* dan Struktur Mikro Pada Baja *Low-Carbon*

Jaka Victoria ^{1*}, Moh. Miftachul Munir ¹, Moh. Syaiful Amri ¹

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

*Email: jakavictoria@student.ppns.ac.id.

Abstract – In the process of project fabrication and construction, it is sometimes necessary to perform Post Weld Heat Treatment (PWHT). But in reality in the field, PWHT has many disadvantages such as high cost and relatively long time. Therefore, there is a *Temper Bead Welding* technique that can replace PWHT effectively and efficiently. The techniques used in this research are *Half Bead Technique* and *Controlled Deposit Weld* compared to the PWHT process. The welding process used is SMAW with tests carried out including tensile, bending, hardness, microstructure, and impact tests. The results obtained from mechanical testing all meet the acceptance criteria for SA 283 Grade C material used for WPS *Temper Bead Welding* qualification. As for hardness testing, the results obtained for *Half Bead Technique* and *Controlled Deposit Weld* are all above those of PWHT specimens with the highest averages at HAZ 196.5 kgf/mm² and 184.5 kgf/mm² respectively, and PWHT has a hardness value of 143 kgf/mm². For microstructure testing, the average has fine grains and ferrite and pearlite structures are formed in the material structure. Based on the hardness and microstructure tests, *Temper Bead Welding* can replace PWHT in its application because the value is above the PWHT variable.

Keyword: *Temper Bead Welding*, *Half Bead Technique*, *Controlled Deposit Weld*, PWHT.

1. PENDAHULUAN

Dalam proses fabrikasi dan konstruksi proyek, terkadang suatu proyek mengharuskan untuk material dilakukan *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) guna untuk menghilangkan *residual stress* atau tegangan sisa pada material setelah dilakukan pengelasan. Material seperti *carbon steel* juga akan mengalami perubahan struktur mikro setelah terjadi proses pemanasan dan proses pendinginan. Proses pengelasan yang terjadi pada material mengakibatkan material memiliki ketangguhan yang rendah.

Namun, pada penerapannya penggunaan PWHT, memiliki banyak kekurangan seperti biaya (*cost*) yang dikeluarkan besar, dan proses PWHT ini memakan waktu yang relatif lebih lama. Oleh karena itu, dengan adanya metode pengelasan seperti *Temper Bead Welding* ini setidaknya dapat mengurangi kekurangan yang ada jika melakukan PWHT.

Temper Bead Welding didefinisikan sebagai penempatan manik-manik las (*bead*) pada lokasi spesifik dalam lasan maupun permukaan las yang tujuannya mempengaruhi *metallurgical properties* dari HAZ dan deposit setiap pengelasan sebelumnya [3].

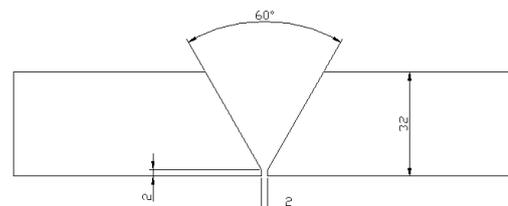
Alternatif untuk PWHT adalah *Temper Bead Welding* (TBW), yang mencoba untuk mengontrol pengendapan lapisan las selama perbaikan las. *Tempering* pada HAZ sangat

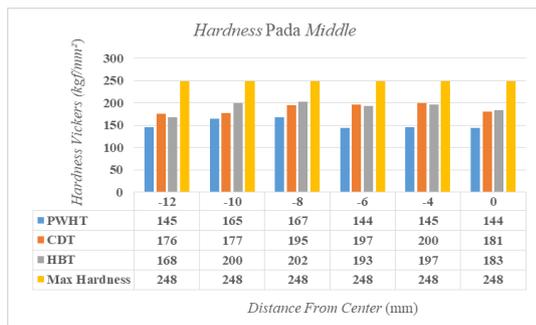
penting karena membuat HAZ kurang rentan terhadap retak selama terpapar suhu panas. TBW membutuhkan produksi banyak lasan uji dan pemeriksaan metalografi sebelum kepercayaan cukup diperoleh untuk melakukan lasan perbaikan yang sebenarnya [1].

Dilakukannya penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh TBW terhadap nilai *hardness* dan struktur mikro dalam menggantikan proses perlakuan PWHT.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan material SA 283 Grade C dengan ketebalan 32 mm dengan dimensi ukuran 300 mm x 300 mm. Menggunakan proses las SMAW. Gambar dan desain sambungan ditunjukkan pada Gambar 1.

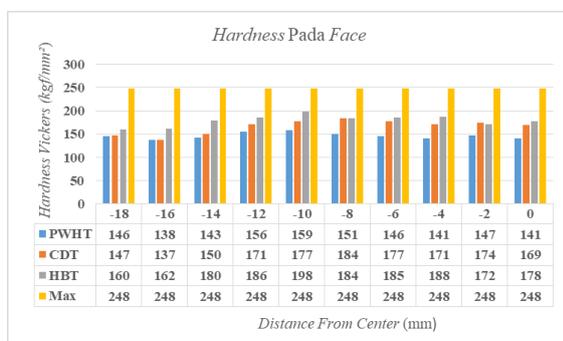




Gambar 4. Diagram Hasil Uji *Hardness* Pada *Middle*

Dari hasil uji *hardness* diatas dapat dilihat bahwa nilai *hardness* pada variabel TBW memiliki nilai yang lebih tinggi daripada nilai *hardness* pada variabel PWHT. *Temper Bead Welding* memiliki proses yang sangat berpengaruh terhadap nilai *hardness*, sedangkan dari variabel PWHT memiliki nilai yang relatif lebih rendah dikarenakan material menerima siklus panas yang menyeluruh pada suhu tertentu [1].

Efek dari PWHT memang sangat berdampak pada nilai kekerasan material, material yang dilakukan PWHT memiliki tegangan sisa yang berkurang dan struktur mikro pada material menjadi lebih besar sehingga dapat menurunkan nilai kekerasan pada variabel PWHT [4]. Hasil uji *hardness* pada bagian *face weld* terlampir pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Hasil Uji *Hardness* Pada *Face*

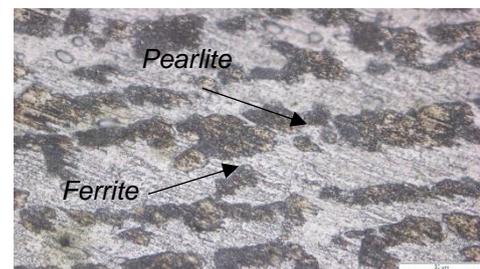
Dapat disimpulkan bahwa hasil uji *hardness* pada ketiga daerah yang memiliki nilai *hardness* tertinggi terjadi pada daerah HAZ (kecuali pada variabel *Controlled Deposit Weld* yang memiliki nilai *hardness* tertinggi pada daerah *weld metal*). Nilai kekerasan pada penelitian ini akan berbanding terbalik dengan nilai ketangguhan material [4]. Sedangkan rata-rata terendah dari nilai *hardness* terjadi pada daerah *base metal* dari ketiga variabel.

Hal ini menandakan bahwa metode *Temper Bead Welding* dapat menggantikan perlakuan PWHT karena semua nilai *hardness* rata-rata memiliki nilai diatas variabel PWHT. Semua nilai

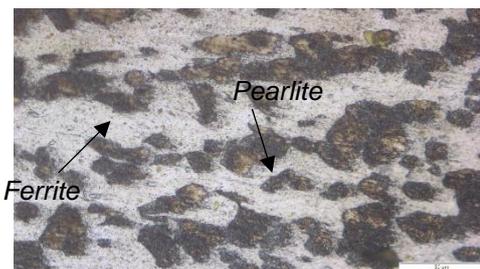
hardness pada penelitian ini juga dapat diterima sesuai *acceptance criteria* karena semua nilai berada di bawah 248 HVN sesuai standard NACE 0294, 2006[8].

3.2 Hasil dan Analisis Pengujian Struktur Mikro

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian struktur mikro guna menganalisis struktur mikro pada logam menggunakan mikroskop optik. Ada 3 daerah yang dianalisis yaitu pada *base metal*, HAZ (*Heat Affected Zone*), dan *weld metal* pada perbesaran 500x. Hasil uji mikro pada *base metal* terlampir pada Gambar 6 dan 7.

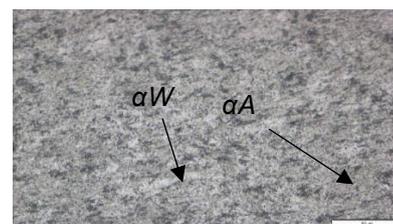


Gambar 6. Struktur mikro variabel PWHT pada *base metal*

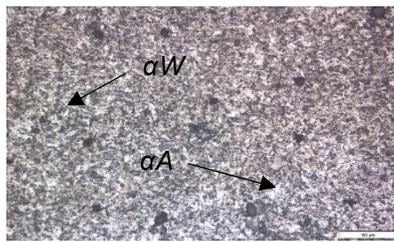


Gambar 7. Struktur mikro pada variabel TBW pada *base metal*

Berikut merupakan hasil uji struktur mikro pada daerah *base metal* yang dapat terlihat terdiri dari fasa *ferrite* dan *pearlite*. Struktur mikro yang terjadi pada material baja karbon rendah terjadi struktur *ferrite* dan *pearlite* yang letaknya jauh dari lasan dan sama sekali tidak terpengaruh dengan panas pengelasan. Struktur *ferrite/pearlite* adalah tipikal dari banyak baja struktural tidak homogen secara kimia [5]. Hasil uji mikro pada bagian *weld metal* terlampir pada Gambar 8 dan 9.



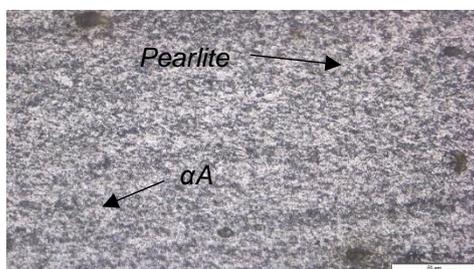
Gambar 8. Struktur mikro pada variabel PWHT pada *weld metal*



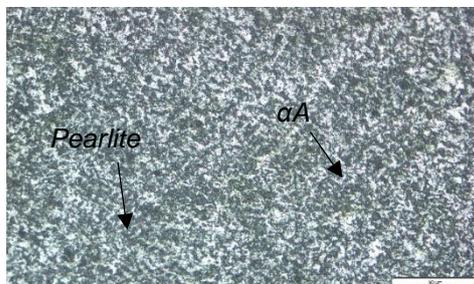
Gambar 9. Struktur mikro pada variabel TBW pada *weld metal*

Dari kedua Gambar diatas menunjukkan bahwa pada daerah *weld metal* terdapat struktur *ferrite* yang terdiri dari *acicular ferrite* (αA) dan *Widmanstätten ferrite* (αW). Hal ini karena terjadinya interfensi antara *ferrite Widmanstätten* yang terbentuk dari batas butir *austenite* dan *acicular ferrite* yang tersebar di seluruh lasan sebagai partikel non logam. Struktur mikro yang terjadi akibat pendinginan ke suhu sekitar dinamakan struktur mikro primer atau disebut struktur mikro *as-deposited* yang terdiri dari *ferrite allotriomorfik*, *Widmanstätten*, *acicular* [5].

Butiran yang terjadi di dekat batas fusi mengalami pengasaran yang terjadi karena pengelasan *multiple-pass* yang dilakukan pada material baja *low-carbon* [6]. Hasil uji mikro pada daerah HAZ terlampir pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Struktur mikro pada variabel PWHT pada HAZ



Gambar 11. Struktur mikro pada variabel TBW pada HAZ

Struktur mikro yang terjadi pada daerah HAZ tampak lebih dominan struktur yang gelap (*pearlite*) yang menyebabkan butirannya lebih halus dan tajam pada batas butirnya [9].

Butir *austenite* kembali terurai menjadi *pearlite* dan *ferrite* karena pengaruh dari pendinginan. Distribusi dari *ferrite* dan *pearlite* memiliki waktu yang terbatas saat dibawah laju pemanasan yang tinggi karena dari proses pengelasan [6].

4. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian *hardness* pada metode *Temper Bead Welding* menunjukkan rata-rata nilai *hardness* yang lebih tinggi daripada variabel PWHT yang menandakan bahwa metode ini dapat digunakan sebagai alternatif pengganti PWHT. Daerah yang mengalami nilai *hardness* tertinggi pada daerah HAZ yang disebabkan dari metode *Temper Bead* itu sendiri yang memiliki perlakuan khusus dan prosedur penempatan manik las yang harus terstruktur. Dari perbandingan kedua variabel ini, nilai *hardness* semuanya memenuhi syarat keberterimaan material SA 283 Grade C.

2. Hasil dari pengujian struktur mikro perbandingan variabel PWHT dan TBW memiliki struktur yang sama pada daerah *base metal* yaitu *ferrite* (terang) dan *pearlite* (gelap). Sedangkan untuk daerah *weld metal* dan HAZ terbentuk struktur *acicular ferrite* dan *Widmanstätten ferrite*. Pada spesimen PWHT dominan terbentuk *ferrite* yang lebih besar karena temperatur dari PWHT itu sendiri yang relatif tinggi sehingga mengakibatkan nilai kekerasan menjadi lebih rendah. Semakin tinggi temperatur PWHT maka akan semakin rendah pula nilai kekerasan material tersebut.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan kepada semua pihak yang terlibat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini baik dalam berupa materi, tenaga, pikiran, dan motivasinya kepada penulis sehingga bisa tiba pada titik ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, khususnya Bapak Dedy Haryadi dan Ibu Endah Fatmawati serta Ananda Xandria Paradise selaku saudara kandung penulis yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan doa yang tak pernah berhenti di-panjatkan kepada penulis.
2. Bapak Ir. Eko Julianto, M.SC., MRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Bapak Ruddianto, S.T., M.T. MRINA selaku Ketua Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Moh. Syaiful Amri, S. ST.,M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Pengelasan.
5. Bapak Mohammad Miftachul

Munir, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang selalu memberikan motivasi, arahan dan bimbingan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.

6. Bapak Moh. Syaiful Amri, S. ST.,M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang selalu memberikan motivasi, arahan dan bimbingan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.

7. PT. Lintech Seaside Facility, selaku perusahaan yang dimana menjadi tempat penulis melaksanakan On The Job Training (OJT) serta juga menyediakan semua kebutuhan untuk pengerjaan Tugas Akhir.

8. Saudara Mahfud Rido'i, Saudara Ahmad Rigel, dan Saudara Dimas Rofi'uddin selaku pembimbing OJT penulis selama melaksanakan OJT di PT. Lintech Seaside Facility yang telah memberikan arahan dan masukan terhadap pengerjaan Tugas Akhir penulis.

9. Bapak Ibu Dosen dan Staff Program Studi D4 Teknik Pengelasan yang telah memberikan bekal ilmu yang sangat berharga dan wawasan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menjalani perkuliahan.

10. Seluruh keluarga besar mahasiswa Teknik Pengelasan khususnya untuk angkatan 19 yang telah berjuang bersama, melewati suka duka kuliah bersama sampai akhir masa perkuliahan.

11. Serta kepada semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir penulis yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

6. PUSTAKA

[1] A. S. Aloraier., 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] ASME. (2021). Section II Part A. *Ferrous Material Specifications*. New York.

[3] ASME. (2021). Section IX. *Welding, Brazing, and Fusing Qualifications*. New York.

[4] 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.

[5] H. K. D. H. Badheshia, R. W. K. Honeycombe. (2017). **Steels, Microstructure**

and Properties. University of Cambridge, United States.

[6] Kou, Sindo, John Wiley and Sons, Inc. (2003). **Welding Metallurgy, Second Edition**. University of Wisconsin, United States.

[7] Mill Test Certificate SA 283 Gr. C. (2022). PT. Krakatau Posco. Cilegon.

[8] NACE International. (2006). *Standard Practice; Design, Fabrication, and Inspection of Storage Tank Systems for Concentrated Fresh and Process Sulfuric Acid and Oleum at Ambient Temperatures*. South Creek Drive, Houston, Texas.

[9] R. F. Mehl. (1972). **Atlas of Microstructures of Industrial Alloys**. American Society For Metals. Metals Park, Ohio.

[10] Wan Shaiful Hasrizam Wan Muda, N. S. Mohd Nasir, S. Mamat, dan S. Jamian (2015). *Effect of Welding Heat Input On Microstructure And Mechanical Properties At Coarse Grain Heat Affected Zone of ABS Grade A Steel*, Universiti Malaysia Kelantan, Malaysia.