

ANALISIS PENGARUH PREHEAT DAN ARUS PENGELASAN PADA SAMBUNGAN T BAJA KI-A TERHADAP UJI PENETRAN, STRUKTUR MIKRO DAN NILAI KEKERASAN

Lukman Hakim^{1*}, Bachtiar¹, Mukhlis¹

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

*Email: lukman.hakim@student.ppns.ac.id.

Abstract – The ramp door hinge mount connection process has a T-shaped connection with dimensions on the connection plate having a thickness of 25 mm and 20 mm with a KI-A plate type and is carried out with a FCAW welding process. In the BKI Vol VI rules, materials with a thickness above 20 mm must be preheated. Therefore, it is necessary to analyze how the effect of preheat and welding current on T joints on the results of penetrant tests, microstructure and hardness values. This research method is an experiment with non preheat, 75°C and 150°C variations of preheat and 120A and 150A of welding current as specimens. From the penetrant test all specimens have no significant influence on preheat and welding current, no defects were found that did not meet the acceptance criteria, in macroetcha testing specimen 150A preheat 150 ° C has the largest HAZ width with an average HAZ width of 3.5 mm. while microstructure testing has the same structure in the base metal, HAZ and weld metal areas, namely ferrite (light) and pearlite (dark). In specimens with preheat, a larger ferrite area is formed, the higher the preheat temperature used, the less pearlite structure, these results are in line with the results of the hardness test, the results obtained by specimens without preheat have the highest average hardness value of 203.03 and 211.35 HVN in the weld metal area. The conclusion of this study is that preheat and welding current can reduce the value of hardness and microstructure, there is no significant effect on the results of penetrant, macro structure, micro and hardness values.

Keywords : Ramp door, KI-A plate, Preheat, Microstructure, Hardness

1. PENDAHULUAN

Dalam bidang perkapalan teknologi pengelasan berkembang sangat pesat yg digunakan untuk penyambungan logam. Dalam teknologi pengelasan banyak sekali jenis jenis las, salah satunya adalah jenis las FCAW (Flux Cored Arc Welding). Las FCAW merupakan proses pengelasan dengan cara memasok filler elektroda secara mekanis kedalam busur listrik yang terbentuk diantara ujung filler elektroda dengan logam induk dan gas karbon dioksida (CO₂) sebagai pelindungnya [7].

Pada proses pengelasan terdapat juga beberapa sambungan, seperti sambungan tumpul (*Butt Joint*), sambungan *T-Joint*, dan sambungan tumpang (*Lap Joint*). Jenis sambungan pengelasan yang sering kali digunakan terutama pada proses pembangunan kapal yaitu jenis sambungan *T Joint* [9].

Salah satu sambungan *T-Joint* dapat dijumpai pada sambungan dukungan engsel ramp door. *Ramp door* adalah suatu konstruksi pintu rampa yang digunakan untuk akses keluar masuknya kendaraan yang akan diangkut kedalam kapal. Hal itu menunjukkan bahwa *ramp door* mendapatkan beban dari kendaraan, salah satunya beban statis yang dalam pengoperasiannya menimbulkan masalah kerusakan, dll [1].

Pada dukungan engsel *ramp door* pada kapal *Landing Ship Tank* (LST) yang berada di

galangan kapal PT. Daya Radar Utama – Unit Lampung, dimensi pada plat sambungan tersebut memiliki ketebalan 25 mm dan 20 mm dengan jenis plat KI-A dan dilakukan dengan proses pengelasan FCAW tanpa dilakukan proses *preheat*. Terutama pada material carbon steel akan mengalami perubahan struktur mikro dan kekerasan karena *effect* dari kecepatan pendinginan [2].

Proses tersebut dilakukan pada material baja KI-A dengan ketebalan 25 mm dan 20 mm, dalam aturan [5]. Material dengan ketebalan diatas 20 mm harus dilakukan *preheat*. Berdasarkan latar belakang diatas masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh *preheat* dan arus pengelasan pada sambungan T baja KI-A terhadap hasil uji penetrant, struktur mikro, dan nilai kekerasan.

2. METODOLOGI

Material yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah material KI-A. Material KI-A memiliki *weldability* yang sangat baik dan sangat cocok untuk berbagai macam proses produksi. Material ini mempunyai spesifikasi dan komposisi kimia seperti yang tercantum pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Table 1 : Komposisi kimia material KI-A

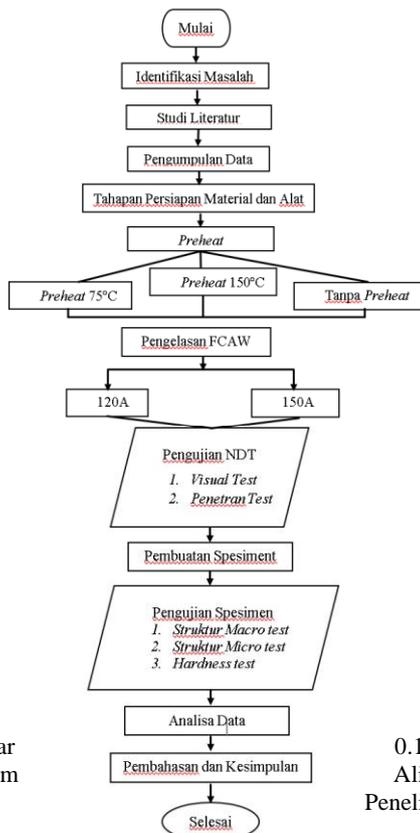
Elemen	Komposisi Kimia (%)
Carbon	0.25
Silicon	0.4
Mangan	0.8
Phosphorus	0.03
Sulfur	0.03
Iron, Fe	98

Table 2 : Tension Test Requirements

Material	Yield Stress [MPa]	Tensile Strength [MPa]
KI-A	235	520

2.1 Variabel Penelitian

Jenis penelitian pada penelitian ini adalah eksperimen, yaitu dengan diberikan perlakuan (treatment) tertentu dan diujikan kemudian didapat data dan nilai dari hasil perlakuan yang diterapkan pada sampel. Tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian ini telah disusun secara urut berdasarkan pada diagram alir penelitian sesuai dengan yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar Diagram

0.1. Alir Penelitian

Suhu preheat yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan ketentuan BKI Vol VI, dimana pada material KI-A dengan ketebalan 25 mm harus dilakukan preheat minimum 75°C dan preheat maksimum 150°C, sementara untuk arus

pengelasan yang digunakan pada penelitian ini 120A dan 150A.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Penetrant

Uji penetrant merupakan salah satu metode pengujian jenis NDT (*Non-Destructive Test*) yang relatif mudah dan praktis untuk dilakukan. Uji penetrant ini dapat digunakan untuk mengetahui diskontinuitas halus pada permukaan seperti retak dan berlubang. Pada prinsipnya metode pengujian dengan liquid penetrant memanfaatkan daya kapilaritas. Hasil pengujian penetrant ditunjukkan oleh Gambar 2 sampai Gambar 7.



Gambar 2. Hasil pengujian penetran 120A



Gambar 3. Hasil pengujian penetran 120A/75°C



Gambar 4. Hasil pengujian penetran 120A/150°C



Gambar 5. Hasil pengujian penetran 150A



Gambar 6. Hasil pengujian penetran 150A/75°C



Gambar 7. Hasil pengujian penetran 150A/150°C

Berdasarkan hasil pengujian penetran terdapat satu indikasi cacat *rounded* pada spesimen 120A *preheat* 75°C, meskipun terdapat cacat *rounded* dinyatakan *accepted* karena dapat diterima berdasarkan *acceptance criteria* uji penetran. cacat *linier* dan *rounded* yang termasuk dari *acceptance criteria* uji penetran tidak ditemukan pada semua spesimen. Sehingga semua spesimen dinyatakan *accepted*.

3.2 Hasil Pengujian mikro

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian struktur mikro guna menganalisis struktur mikro pada logam menggunakan mikroskop optic perbesaran 500x. daerah yang dianalisis yaitu pada *base metal*, HAZ (*Heat Affected Zone*), dan *weld metal* pada perbesaran 500x. Hasil uji mikro pada specimen 120A daerah *base metal* terlampir pada Gambar 8 sampai Gambar 10.



Gambar 8. Hasil pengujian mikro 120A BM



Gambar 9. Hasil pengujian mikro 120A/75°C BM



Gambar 10. Hasil pengujian mikro 120A/150°C BM

Dari Gambar 4.19 di atas dapat dilihat struktur mikro pada daerah *base metal* pada perbesaran 500x, dari 3 spesimen dengan 120A tanpa *preheat*, 120A dengan *preheat* 75°C dan 120A dengan *preheat* 150°C. butir yang timbul berbentuk bulat besar yang merupakan butir ferrite dan mendominasi di daerah base,

persebaran butir itu merata dan renggang. Panas yang disebabkan oleh *preheat* akan berakibat semakin mengecilnya ukuran butiran *pearlite* [8]. Hasil uji mikro pada specimen 120A daerah HAZ terlampir pada Gambar 11 sampai gambar 13.



Gambar 11. Hasil pengujian mikro 120A HAZ



Gambar 12. Hasil pengujian mikro 120A/75°C HAZ



Gambar 13. Hasil pengujian mikro 120A/150°C HAZ

Pada bagian HAZ specimen 120A ini bentuk grafit sedikit memanjang namun berwarna lebih gelap karena lebih banyak *pearlite* dari pada *ferrite*, *ferrite* dengan warna terang dan *pearlite* dengan warna yang lebih gelap [13]. Pada specimen tanpa *preheat* stuktur *pearlite* lebih merata dan besar dibandingkan dengan specimen yang menggunakan *preheat*, hal ini disebabkan oleh perlakuan *preheat* akan berakibat semakin mengecilnya ukuran butiran *pearlite* [3]. Hasil uji mikro pada specimen 120A daerah *weld metal* terlampir pada Gambar 14 sampai Gambar 16.



Gambar 14. Hasil pengujian mikro 120A WM



Gambar 15. Hasil pengujian mikro 120A/75°C WM



Gambar 16. Hasil pengujian mikro 120A/150°C WM

Pada daerah weld metal struktur *pearlite* lebih luas dibandingkan dengan daerah base metal dan HAZ, pada spesimen dengan perlakuan *preheat* memiliki fasa *ferrite* lebih banyak. Hal ini mengakibatkan *weld metal* pada spesimen yang dilakukan proses *preheat* akan lebih lunak dikarenakan kandungan lebih didominasi oleh *ferrite*. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh [11]. Hasil uji mikro pada spesimen 150A daerah *base metal* terlampir pada Gambar 17 sampai Gambar 19.



Gambar 17. Hasil pengujian mikro 150A BM

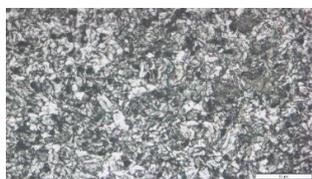


Gambar 18. Hasil pengujian mikro 150A/75°C BM



Gambar 19. Hasil pengujian mikro 150A/150°C BM

Hasil pengujian mikro daerah *base metal* pada spesimen 150A tanpa *preheat*, 150A dengan *preheat* 75°C dan 150A dengan *preheat* 150°C, tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada struktur mikro pada daerah *base metal*. *pearlite* lebih mendominasi dibandingkan dengan base metal pada spesimen 120A. Hasil uji mikro pada spesimen 150A daerah *HAZ* terlampir pada Gambar 20 sampai Gambar 22.



Gambar 20. Hasil pengujian mikro 150A HAZ



Gambar 21. Hasil pengujian mikro 150A/75°C HAZ



Gambar 22. Hasil pengujian mikro 150A/150°C HAZ

Hasil struktur mikro pada daerah *HAZ* pada perbesaran 500x. Dari 3 spesimen dengan 150A tanpa *preheat*, 150A dengan *preheat* 75°C dan 150A dengan *preheat* 150°C. diketahui bahwa fasa yang terdapat pada daerah *HAZ* adalah struktur *pearlite* lebih merata dan besar dibandingkan dengan spesimen yang menggunakan *preheat*, dikarenakan selama proses pengelasan daerah *HAZ* mengalami pemanasan atau kenaikan *temperature* yang lebih tinggi daripada daerah *base metal* dengan laju pendinginan yang cepat. Hal ini selaras dengan penelitian [11]. Hasil uji mikro pada spesimen 150A daerah *weld metal* terlampir pada Gambar 23 sampai Gambar 25.



Gambar 23. Hasil pengujian mikro 150A WM



Gambar 24. Hasil pengujian mikro 150A/75°C WM



Gambar 25. Hasil pengujian mikro 150A/150°C WM

Dari Gambar 4.25 di atas dapat dilihat struktur mikro pada daerah *weld metal* pada perbesaran 500x. Dari 3 spesimen dengan 150A tanpa *preheat*, 150A dengan *preheat* 75°C dan 150A dengan *preheat* 150°C. Dapat dilihat bahwa pada daerah *weld metal* fasa *pearlite* lebih mendominasi dibandingkan pada daerah *HAZ* [10].

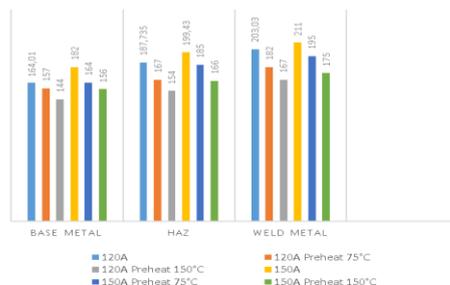
3.3 Hasil Pengujian Hardness

Pengujian *Hardness* dilakukan dengan menggunakan *Hardness Vickers* (HVN) dengan pembebanan 10 Kgf dan waktu pembebanan 10 detik. *Hardness test* dilakukan pada daerah *base metal*, *HAZ*, dan *weld metal* dengan total titik pengujian *hardness* sebanyak 18 titik pada masing-masing spesimen yang terletak pada 6 titik pada *base metal*, 6 titik pada *HAZ*, 6 titik pada *weld metal*. Hasil uji *hardness* pada semua spesimen bias dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut

Table 3. Hasil pengujian Hardness

Ampere	Preheat	Hasil Rata-rata <i>Hardness</i>		
		Base Metal	HAZ	Weld Metal
120A	Tanpa preheat	164	188	203
	75°C	157	167	182
	150°C	144	154	167
150A	Tanpa preheat	182	199,43	211
	75°C	164	185	195
	150°C	156	166	175

NILAI RATA-RATA UJI HARDNESS



Gambar 26. Nilai Rata-rata hasil pengujian Hardness

Gambar diagram 26 diatas menunjukkan nilai rata-rata kekerasan pada daerah *base metal*, *HAZ*, *weld metal* pada semua spesimen, dari nilai rata-rata diatas dapat disimpulkan, jika diurutkan dari daerah yang memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi ke daerah yang memiliki nilai kekerasan terendah, yaitu terdapat di daerah *weld metal*, *HAZ*, *base metal* pada spesimen 120A tanpa *preheat* dengan spesimen *preheat* 75°C dan 150°C, dimana dari hasil nilai kekerasannya mengalami penurunan [4].

3.4 Analisis Data Menggunakan ANOVA Two-way

Hasil pengolahan data menggunakan metoda ANOVA *Two-way* dapat dilihat pada ANOVA *Two-way* dapat dilihat pada Tabel 4 sampai Tabel 6.

Table 4. Hasil pengujian ANOVA Two Ways BM

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Ampere	1	765,44	765,44	74,00	0,000
Preheat	2	2337,17	1168,58	112,97	0,000
Ampere*Preheat	2	20,06	10,03	0,97	0,391
Error	30	310,33	10,34		
Total	35	3433,00			

Table 5. Hasil pengujian ANOVA Two Ways HAZ

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Ampere	1	1722,25	1722,25	130,09	0,000
Preheat	2	6501,17	3250,58	245,53	0,000
Ampere*Preheat	2	66,17	33,08	2,50	0,099
Error	30	397,17	13,24		
Total	35	8686,75			

Table 6. Hasil pengujian ANOVA Two Ways WM

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Ampere	1	880,11	880,11	43,71	0,000
Preheat	2	7884,50	3942,25	195,81	0,000
Ampere*Preheat	2	48,39	24,19	1,20	0,315
Error	30	604,00	20,13		
Total	35	9417,00			

Berdasarkan hasil perhitungan *Analisis of Variance* menggunakan *minitab16* dari pengujian *hardness* pada semua spesimen dapat disimpulkan bahwa Hasil *F-value* yang didapat dari analisa menggunakan *minitab16* untuk faktor *preheat* dan arus pengelasan pada *base metal* $F_{hitung} = 0,91 < F_{tabel} (0,05;2;34) = 3,28$, maka terima H_0 . Dengan pengertian bahwa tidak adanya pengaruh *preheat* dan arus pengelasan terhadap nilai kekerasan *base metal*. Pada *HAZ* $F_{hitung} = 2,50 < F_{tabel} (0,05;2;34) = 3,28$, maka terima H_0 . Dengan pengertian bahwa tidak adanya pengaruh *preheat* dan arus pengelasan terhadap nilai kekerasan *HAZ*. Pada *weld metal* $F_{hitung} = 1,20 < F_{tabel} (0,05;2;34) = 3,28$, maka terima H_0 . Dengan pengertian bahwa tidak adanya pengaruh *preheat* dan arus pengelasan terhadap nilai kekerasan *weld metal*.

4. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian penetran dapat disimpulkan pengaruh *preheat* dan arus pengelasan pada sambungan T baja KI-A pada hasil uji penetran, cacat *linier* dan *rounded* yang tidak termasuk dari *acceptance criteria* uji penetran tidak ditemukan pada semua spesimen.
2. Hasil pengujian struktur mikro pada semua spesimen memiliki struktur yang sama pada daerah *base metal*, *HAZ* dan *weld metal* yaitu *ferrite* (terang) dan *pearlite* (gelap). Pada spesimen dengan *preheat* terbentuk

luasan *ferrite* yang lebih besar, semakin tinggi temperatur *preheat* yang digunakan maka akan semakin sedikit struktur *pearlite* yang akan terbentuk. Sedangkan pada spesimen tanpa *preheat* menggunakan arus pengelasan 120A dan 150A didominasi oleh struktur *pearlite* yang lebih besar, sehingga mengakibatkan nilai kekerasan menjadi lebih tinggi.

3. Dari pengujian *hardness* dilakukan *Analysis of variance* (ANOVA) dua arah, hasil dari *Analysis of variance* (ANOVA) dua arah menggunakan *software* minitab16 adanya pengaruh *preheat* dan arus pengelasan apabila kedua *variable* terpisah, sedangkan ketika kedua *variable* di interaksikan *preheat* dan arus pengelasan, tidak adanya pengaruh terhadap nilai kekerasan.

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 Bapak Suhekman dan Ibu Mawaddah hingga detik ini selalu memberikan dukungan secara materi, motivasi, nasihat, dan doa yang tidak pernah putus.
2. Bapak Ir. Eko Julianto, M.SC., MRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Bapak Moh. Syaiful Amri, S. ST.,M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Pengelasan.
4. Bapak Bachtiar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang selalu memberikan motivasi, arahan dan bimbingan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.
5. Bapak Mukhlis, ST.,M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang selalu memberikan motivasi, arahan dan bimbingan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.

6. PUSTAKA

- [1] Ardiansah, A. (2019). *STUDI HASIL PROSES PENGELASAN FCAW (Flux Cored Arc Welding) PADA MATERIAL ST 41 DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO* Abstrak. 07, 9–16.
- [2] Arifin, A., R, H. S. B., Iman, M. N., Mahasiswa, S., Mesin, T., & Gadjah, U. (2012). *Pengaruh Preheat Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Sambungan Las GTAW Material Baja*

Paduan 12Cr1MoV yang Digunakan pada Superheater Boiler.

- [3] ASM Atlas of Microstructures. (1972).
- [4] ASTM. (2017). *ASTM E-92 : Standard Test Methode for Vickers Hardness and Knoop Hardness of Metallic Materials.*
- [5] BKI Vol VI. (2022). *RULES FOR WELDING Consolidated Edition 2022 Biro Klasifikasi Indonesia. VI.*
- [6] Dhanu. (2015). *ANALISA PENGARUH VARIASI HEAT INPUT ANALYZE THE EFFECT OF HEAT INPUT VARIATION AND PWHT TEMPERATURE TOWARDS AND MECHANICAL PROPERTIES AT LOW ALLOY.*
- [7] HADI, W. B. (2015). *Analisis Pengaruh Variasi Suhu Preheat terhadap Distorsi , Lebar HAZ , dan Struktur Mikro pada Sambungan Butt Joint Single V dengan Metode Pengelasan FCAW dan SMAW Analysis of Variation Preheat Temperature to Distortion , Width of HAZ , and Microstructure.*
- [8] Ir. Wahid, S. (1987). *Pengetahuan Bahan.*
- [9] Joko, S. (2020). *Pengaruh Perbedaan Posisi Pengelasan Terhadap Kekuatan Sambungan T-Joint Pengelasan Fillet Dengan Las Fcaw Pada Plat Mild Steel.*
- [10] Pradipta, H. (2018). *APLIKASI QUENCHING-TEMPERING HEAT TREATMENT UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN TARIK MARINE PLAT BKI GRADE A PADA MATERIAL LAMBUNG KAPAL NIAGA DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN* Habib Pradipta Arya Mahendra Sakti Abstrak. 15–22.
- [11] Ramadhani, S. (2022). *PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PREHEAT PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN.* 7(April), 12–20.
- [12] Riduwan. (2020). *Statistika penelitian. April.*
- [13] Robert F, M. (1972). *Metals Handbook Atlas of Microstructures of Industrial Alloys.* American Society for Metals.