Analisa Pengaruh Metode Fairing Terhadap Sifat Mekanis Di Area Pengelasan Pada Lambung Kapal

Rizki Dwi Rachmadi[1*], Erifive Pranatal[2], Pramudya Imawan[3]
[1,2,3]Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Mineral dan Kelautan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: rizkydwirachmadi22@gmail.com[*]

ABSTRACT

In shipbuilding, there are many processes that are passed so that it does not escape from mistakes. One of them is the emergence of deformation in the hull of the ship. Deformation.is a change in the shape of the material caused by the pressure and pull received by the material (plate) that is exposed to heat from the welding process. To reduce or eliminate..deformation, a heat treatment process known as fairing can be carried out. Faring is the process of heating the material as much as 1-4 times with a temperature of 120°C-580°C flowing with water or wind which aims to straighten the deformed plate or joint plate and adjust the desired shape. There are several fairing methods, namely the line heating method and the spot heating method (centralized heating). The method of line heating 4 times that affects the welding strength is the tensile test strength of 460.26 Mpa. The material with the highest hardness level is the material that uses the Line Heating method 4 times with an average hardness level of 225.39 HVN in the HAZ (Heat Affected Zone) area. When viewed from the microstructure of the material is not much different. The phases formed are Fearlite and ferrite. In the HAZ (Heat Affected Zone) area, the microstructure will look different due to changes in the grain structure caused by the influence of heat during the fairing process. In the HAZ region will experience a process of recrystallization and grain growth.

Keywords: *Shipbuilding Process, Fairing, Hardness, Microstructure, Fearlit, Ferrit, Heat Affected*

ABSTRAK

Pada pembangunan kapal banyak proses yang dilalui sehinga tidak luput dari kesalahan. Salah satunya yakni timbulnya deformasi pada lambung kapal. Deformasi adalah perubahan bentuk material yang disebabkan oleh tekanan dan tarikan yang diterima oleh material plat yang terkena panas dari proses pengelasan. Untuk mengurangi atau menghilangkan deformasi maka dapat dilakukan proses heat treatment yang biasa disebut fairing. Faring yaitu proses memanaskan material sebanyak 1 – 4 kali dengan suhu 120°C-580°C dialiri air ataupun angin yang bertujuan untuk meluruskan plat ataupun Joint plate yang deformasi dan menyesuaikan bentuk yang diinginkan. Ada beberapa metode fairing yaitu metode line heating (pemanasan garis) dan metode spot heating (pemanasan terpusat). Metode line heating 4 kali yang mempengaruhi kekuatan pengelasan yaitu dengan kuat uji tarik sebesar 460.26 Mpa. Material dengan tingkat kekerasan tertinggi adalah material yang menggunakan metode Line Heating sebanyak 4 kali dengan tingkat kekerasan rata-rata adalah 225,39 HVN pada area HAZ (Heat Affected Zone). Jika dilihat dari struktur mikro material tidak jauh berbeda. Fasa yang terbentuk adalah Fearlit dan ferrit. Pada area HAZ (Heat Affected Zone) struktur mikro akan terlihat berbeda karena mengalami perubahan butiran struktur yang disebabkan oleh pengaruh panas saat proses fairing. Pada daerah HAZ akan mengalami proses rekristalisasi dan pertumbuhan butir.

Kata kunci: Proses Pembangunan Kapal, *Fairing, Hardness, struktur mikro, Pearlit, Ferrit, Heat Affected Zone*

PENDAHULUAN

Sebagai masalah yang terjadi di setiap galangan kapal, deformasi disebutkan dengan perubahan bentuk material karena gaya atau tekanan dan lingkungan pada material yang sering ditemukan pada galangan kapal yang disebabkan karena pengelasan saat proses Sub-Assembly dan proses Assembly. Kaitannya deformasi dalam industry kapal pada kelurusan plate ketika estetika (pandangan luar kapal) dan Assembly (ketelitian). Dengan begitu dapat dikurangi dan bahkan dihilangkan dengan proses fairing, dimana prosesnya dengan pemanasan material yang dialiri air atau angin dengan tujuan pelurusan plate akibat deformasi sesuai bentuk yang diharapkan [1].

Dalam proses fairing menggunkan metode line heating dilakukan dengan menyejajarkan garis yang searah pada satu sisi pelat yang diberikan panas (line heating atau pemanasan secara garis) dan selanjutnya terdapat proses pendinginan dengan air. Akan tetapi hal tersebut dirasa memberikan pengaruh pada kekuatan plate lambung kapal harus terkonstruksi kuat guna sebagai penahan beban kapal dan muatan yang dibawa serta faktor luar yang mempengaruhi (terutama dari air laut untuk daerah bagian lambung kapal yang tercelup). Biro Klasifikasi Indonesia memiliki peraturan mengenai pemakaian baja kapal yang digunakan harus memiliki kekuatan yang tinggi yaitu terdapat dua macam baja dengan kekuatan tarik50 kg/mm²-63kg/mm² dan baja dengan kekuatan tarik 48 kg/mm2² – 60 kg/mm² [2].

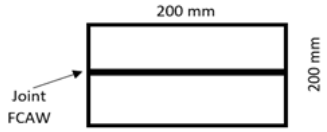
Saat ini kita ketahui bahwasanya lambung kapal mempunyai tebal material dan tipe material yang berbeda sehingga mempunyai sifat material yang berbeda juga. Setiap material plate mempunyai material composite atau komposisi material yang berbeda pula sehingga mempunyai suhu perlakuan panas yang berbeda pula. Dikarenakan deformasi sering terjadi di lambung kapal maka harus menggunakan metode yang effissien agar lambung kapal terlihat bagus. Kalian ketahui bahwasanya lambung kapal adalah hal yang penting pada tampilan kapal khususnya pada pembangunan kapal baru maka metode fairing harus lebih efisien agar tampilan kapal terjaga.

Sehingga dalam penelitian ini akan dibahas mengenai pengaruh metode fairing terhadap sifat mekanis di area pengelasan. Dengan pengambilan spesimen pada area pengelasan baik sebelum di fairing dan setelah difairing. Pengujian yang digunakan yaitu dengan pengujian Tarik (*Tensile Test*), Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*), dan Pengujian Mikro untuk mengetahui perubahan structure pada area pengelasan yang di fairing. Structure Material akan rusak apabila terjadi perlakuan pemanasan secara terus menerus.

TINJAUAN PUSTAKA

METODE

Pembuatan material pengujian menggunakan material baja grade A dengan tebal 6 mm dengan ukuran 200 x 100 sebanyak 8 buah dan dilas (Joint) menggunakan proses FCAW (*Flux Core Arc Welding*)



Gambar 1. *Dimension Welding.*

sehingga menjadi 4 section yang di fairing. Berikut merupakan Proses Fairing dan Penamaan Bahan Pengujian:

a. Bahan Uji 1 menjadi Netral tanpa Fairing .
b. Bahan Uji 2 menjadi LH2x (Fairing Line Heating 2x).
c. Bahan Uji 3 menjadi LH4x (Fairing Line Heating 4x).
d. Bahan Uji 4 menjadi SH2x (Fairing Spot Heating).

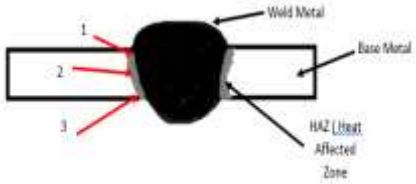
Proses Fairing

Material baja lembaran yang akan dijadikan benda uji harus melalui proses Heat Treatment (Perlakuan Panas) atau sering disebut Fairing. disimulasikan seperti halnya proses fairing yang terjadi di lapangan. Proses Line Heating dan Spot Heating dengan suhu rata – rata 180°C - 540°C. Simulasi proses fairing dilakukan oleh operator Fairing di bengkel Assembly Divisi Kapal Niaga dengan diameter Nozzle sebesar 2,5 – 3.5 mm. Akibat dari pemanasan atau heat treatment dan metode pendingan dengan air dan angin hingga mencapai suhu 25 – 55 derajat Celcius dan kecepatan fairing yang stabil ataupun sama.

Proses Pengujian.

Dalam mencari kekuatan mekanis dan structure material maka dilakukan pengujian yaitu :

1. Uji Kekerasan (*Hardness Test*).
   Pengujian penelitian ini menggunakan mesin uji kekerasan uji vickers dengan identor beban sebesar 5 Kgf dan dual time 15 detik pembesaran 10x menggunakan lensa 25 mikro sebagai pembeda setiap titik uji. Tujuan dari Test ini yaitu mengetahui nilai kekerasan pada setiap titik uji pada area pengelasan FCAW (*Flux Core Arc Welding*) Pengujian dilakukan di Laboratorium Metalurgi PT. Robutec Benda pengujian yang digunakan untuk pengujian kekerasan sama dengan uji pengujian metalografi optik.



Gambar 2. Pengambilan Titik Uji.

Uji Hardness (Hardness Test) diambil pada area Weld Metal, Area HAZ, Base Metal pada setiap Material Uji. Sehingga Didapat 3 titik setiap spesimen Uji.

2. Uji Tarik (*Tensile Test*)

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur. Setiap material atau bahan memiliki sifat (kekerasan material, keuletan dan lain-lain) yang berbeda-beda. Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui tingkat kekuatan suatu material dan untuk mengenali karakteristik pada material tersebut. Sifat mekanik uji tarik meliputi.

1. Tegangan tarik *yield* (σ_y)

$$\sigma_y = P_y / A_0$$

Dimana σ_y = tegangan *yield* (kN/mm²)

P_y = beban *yield* (kN)

2. Tegangan tarik maksimum/ *Ultimate* (σ_u)

$$\sigma_u = P_u / A_0$$

Dimana σ_u = tegangan *ultimate* (kN/mm²)

p_u = beban *ultimate* (kN)

3. Regangan (ε)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Dimana ε = regangan (%).

ΔL = pertambahanpanjang (mm)

L_0 = panjang awal spesimen (mm)

dimana nominal hasil keuletan material atau sering disebut elongation. Uji Tarik dilakukan dengan 4 spesimen di Laboratorium Uji Bahan, Pusat Pendidikan dan Pelatihan (PUSDIKLAT PT. PAL Indonesia (Persero). Dengan Standar dimensi spesimen dengan pedoman prosedur uji tarik adalah standart ASTM E-8.



Gambar 3. Spesimen Uji Tarik

3. Uji *Microstructure*

Analisis struktur sebagai penjabaran tentang struktur material logam dengan lensa yang membesar menggunakan mikroskop. Dalam Analisa mikro khusus metalografi bisa dilakukan dalam ukuran dan bentuk kristal logam, proses deformasi yang merusak logam, proses pemanasan dengan komposisi yang berbeda. Sifat yang mempengaruhi mikro struktur logam yaitu sifat teknologis dan sifat mekanis serta dipadukan dengan komposisi kimia [3].

Terdapat proses pengamatan struktur mikro pada pengujian metalografi. Pengamatan struktur. mikro guna mendapatkan pembanding struktur ferrite dan pearlite yang memberi pengaruh pada kekuatan mekanik spesimen dari hasil pengelasan. Adapun pengamatan makro guna mengetahui kondisi daearah-daerah hasil pengelasan, seperti weld metal, HAZ (*Heat Affected Zone*), dan logam induk yang perlakuannya memakai kamera diperbesar 7x. Spesimen uji lebih dahulu dilakukan poles menggunkan amplas dengan urutan grit 80, 120, 200, 320, 400, 600, 800, dan 1500 sebelum terjadi proses pengujian metalografi. Selanjutnya material uji dioleskan atau di rendam cairan etsa dari campuran HNO_3 dan alkohol pada pengujian metalografi berdasarkan standartnya..

HASIL DAN PEMBAHASAN

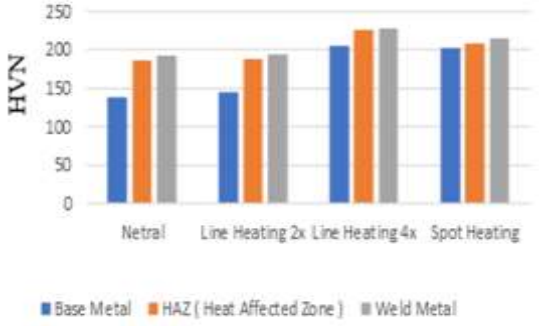
Hasil Uji Kekerasan (*Hardness* Test)

Guna mengetahui kekuatan material dari hasil pengelasan dalam menahan beban dan tidak adanya deformasi plastis yang tahan pada identasi, tahan goresan, tahan aus, tahan pengikisan (abrasi) maka perlu adanya uji kekerasan material [4]. Sebagai sifat mekanik utama, kekerasan digunakan dalam mengetahui sifat-sifat mekaniknya.

Berupa *strenght* (kekuatan) yang nilai kekuatan tarik material bisa dikonversikan dari kekerasan. D uji kekerasan dilakukan di 3 titik tiap-tiap daerah Base metal, HAZ, dan weld metal dan rata – rata tiap titiknya. Pada penamaan titik daerah ditunjukkan dalam table dibawah ini:

Nama Spesimen	Nomer Pengujian	Nilai kekerasan daerah B.M (HVN)	Nilai kekerasan daerah HAZ (HVN)	Nilai kekerasan daerah WM (HVN)
Netral	1	139.11	186.54	192.44
	2	138.78	186.03	192.12
	3	138.08	187.92	191.86
Rata-rata (Σ)		138.64	186.83	192.14
LH2x	1	145.14	188.84	193.14
	2	144.96	188.73	193.27
	3	144.88	187.98	194.01
Rata-rata (Σ)		144.99	188.50	193.47
LH4x	1	205.86	226.13	228.72
	2	204.87	225.93	228.03
	3	205.16	224.13	227.55
Rata-rata (Σ)		205.13	225.39	228.10
SH2x	1	203.15	210.52	214.61
	2	201.64	207.39	215.00
	3	201.03	208.42	213.99
Rata-rata (Σ)		201.94	208.77	214.53

Gambar 4. Hasil Uji Hardness Test



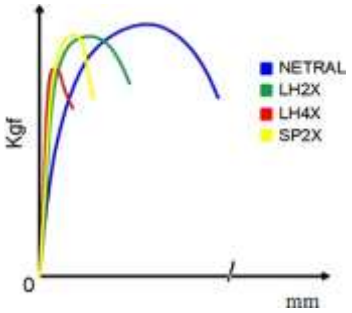
Gambar 5. Diagram Hardness Test

Dari Diagram pengujian kekerasan yang telah dilakukan pada 4 spesimen uji setiap spesimen 3 titik dapat dilihat nilai kekerasan logam pada area joint yaitu Base Metal (BM), HAZ (Heat Affected Zone), dan Weld Metal (WM). Pada spesimen yang non perlakuan (Netral) nilai kekerasan Yaitu 138,64 HVN pada Base Metal, 186,83 HVN pada HAZ, dan 192,14 pada Weld metal. Pada spesimen LH2x nilai kekerasan, yaitu 144,99 HVN pada Base Metal, 188,50 HVN pada HAZ, dan 193,47 pada Weld metal. Pada spesimen LH4x nilai kekerasan, yaitu 205,13 HVN pada Base Metal, 225,39 HVN pada HAZ, dan 228,10 pada Weld metal. Pada spesimen SP2x nilai kekerasan, yaitu 201,94 HVN pada Base Metal, 208,77 HVN pada HAZ, dan 214,53 pada Weld metal. Pada spesimen uji LH4x nilai kekerasan lebih tinggi ini terjadi karena perlakuan panas pada material joint yang dilakukan berulang-ulang.

Hasil Uji Tarik (Tensile Test).

Guna mengetahui sifat mekanik material plate baja pada lambung kapal yang akan digunakan material uji penelitian yang dilakukan. Hasil pengujian tarik berupa parameter kekuatan (luluh dan tarik), parameter keliatan/keuletan pada prosen pemanjangan dan prosen reduksi ataupun kontraksi penampang patah serta bentuknya [5]. Uji tarik dilakukan dengan mesin servopulser dan spesimen standart.

Tujuannya uji tarik yaitu guna mengetahui data kekuatan tarik maksimal ataupun tegangannya. Didapatkan grafik hasil uji tiap-tiap bahan yang ditunjukkan dalam grafik berikut:



Gambar 6. Grafik *Tensile Test*

Elongation (ε= (L1-Lo/Area) x 100%-)

Tensile Strenght (Γ = B max / Area)

Yield Strenght (γ = B Yield / Area)

No.	Spesimen	Dimension			
		T	W	Lo	L1
1	Netral	6	13.3	59	72
2	LH2X	5.9	13.3	57	67
3	LH4X	6	11.9	57	68
4	SP2x	5.9	13.5	57	61

No.	Hasil Uji Tarik (Kgf)			Hasil Perhitungan (Kgf/mm)		
	Area (mm)	Bmax	Byield	ε	Γ	γ
1	79.8	3370	2920	0.220	42.23	36.59
2	78.47	3170	2890	0.175	40.40	36.83
3	71.4	2740	2590	0.053	38.38	36.27
4	79.65	3190	2910	0.070	40.05	36.53

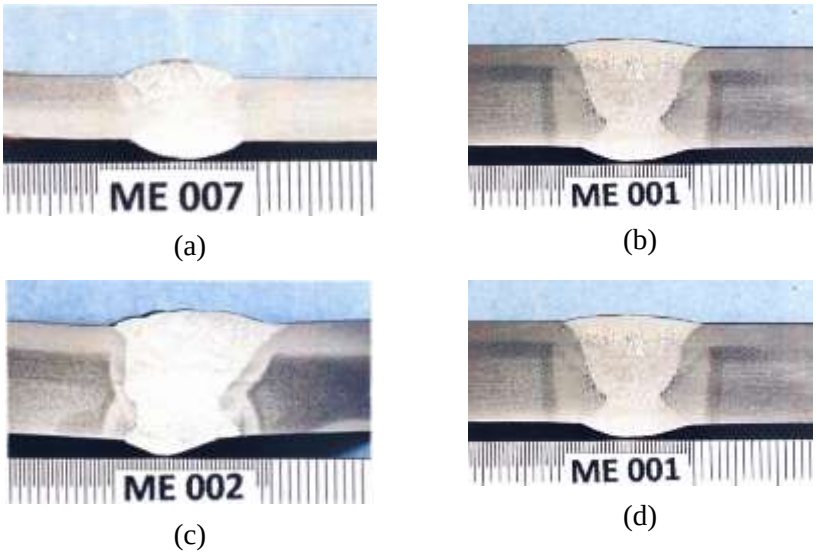
No.	Spesimen	Konversi Mpa		
		ε	Γ	γ
1	Netral	2.20	422.31	365.91
2	LH2X	1.75	403.98	368.29
3	LH4X	0.53	383.75	362.75
4	SP2x	0.70	400.50	365.35

Gambar 7. Hasil Perhitungan Uji Tarik.

Didapat data pengujian dengan bahwa semakin banyak suhu panas yang diterima material, maka nilai kuat tarik akan semakin besar (Getas). ini terjadi karena dengan banyaknya perlakuan panas terhadap material maka tingkat kekerasan material ataupun struktur material semakin tinggi ini terbukti dari hasil pengujian material pada spesimen LH4X bersifat getas dengan nilai yield Strenght 362.75 dan Tensile Strenght 383.75 Mpa sehingga material mudah patah, sehingga daerah kritis (Critical Area) dari area pengelasan (*Welding Joint*) semakin besar akibat dari perlakuan panas yang diterima dari spesimen uji tersebut.

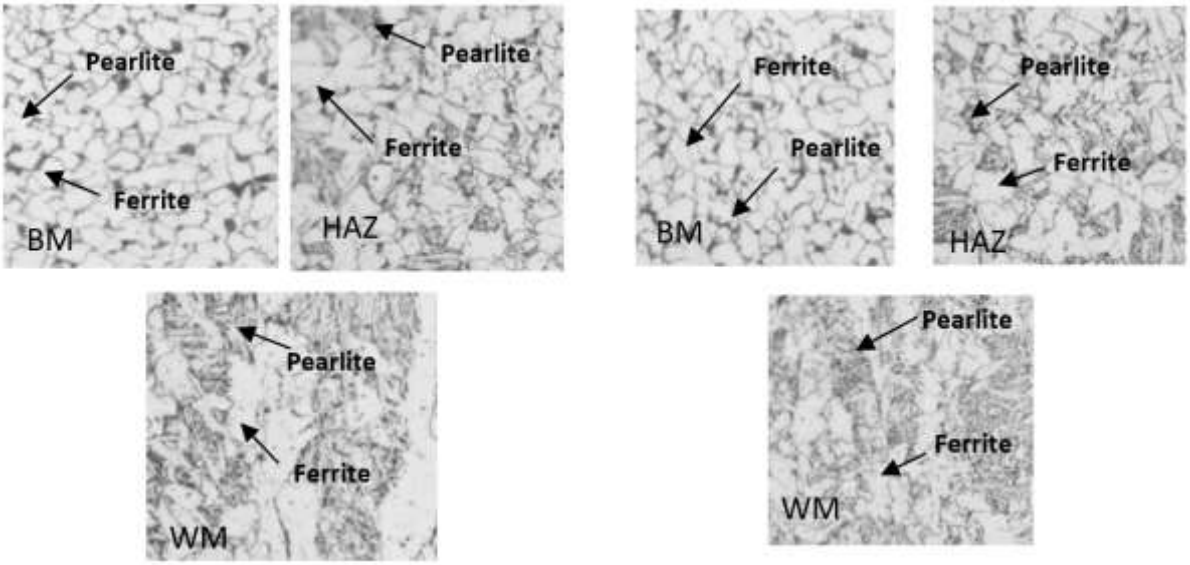
Hasil Uji Microstructure.

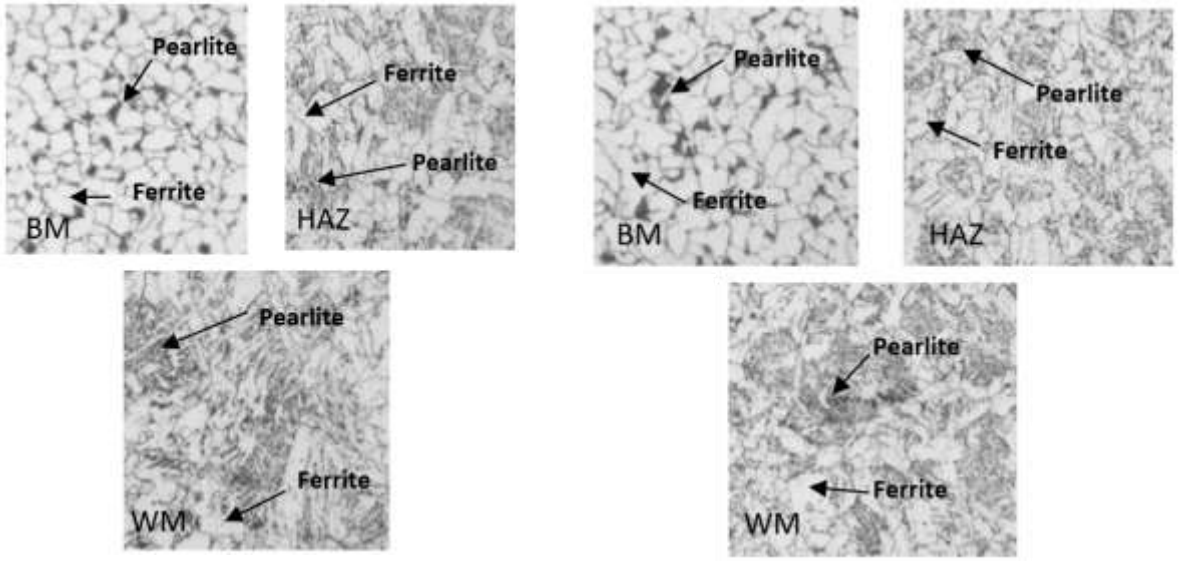
Analisis hasil uji makro dilakukan dengan menggunakan kamera SLR yang bagus dengan fokus lensa perbesaran hingga 7x. Hasil analisa uji makro, didapatkan luasan area HAZ yang membentuk pada masing-masing spesimen dan tidak jauh berbeda satu sama lain, serta tidak terdapat cacat hasil pengelasan. Spesimen LH4x mengalami sedikit perubahan strukture material.



Gambar 8. Makro spesimen (a) netral, (b) LH2x, (c) LH4x, dan (d) SP2x

Structure ferrite bersifat ulet dan lunak sehingga memudahkan material mengalamami deformasi plastis dan patah (getas), sedangkan sifat structure pearlite mempunyai sifat getas, keras, dan mudah pecah. Proses Cooling Rate atau penuurunan suhu material, structureyang sebelumnya austenite berkompilasi menjadi ferrite. Ferite bersifat sebagai pelarut carbon meskipun sedikit. Kemudian ferrite akan bermutasi menjadi structure pearlite yang memiliki kadar carbon yang cukup tinggi





(c) (d)

Gambar 9. Struktur mikro spesimen (a) netral, (b) LH2x, (c) LH4x, dan (d) SP2x

Gambar 10. Tabel Persentase Structure

No.	Structure Material		Spesimen			
			Netral	LH2X	LH4X	SH2X
1	Base Metal	Ferrit	70	62.7	54.8	60.2
		Pearlite	30	37.3	46.2	49.8
2	HAZ (Heat Affected Zone)	Ferrit	60	56.4	48.3	50.6
		Pearlite	40	45.6	51.7	49.4
3	Weld Metal	Ferrit	71.4	64.1	52.6	61.7
		Pearlite	28.6	35.9	47.4	38.3
			Persentanse (%)			

KESIMPULAN

Dari analisa penelitian yang sudah dilakukan bahwa metode line heating dan spot heating mempunyai pengaruh metode fairing pada area pengelasan FCAW, dimana metode yang digunakan yaitu line heating 2x, line heating 4x, dan spot heating. Dapat disimpulkan menjadi tiga poin, antara lain:

1. Hasil pengujian tarik (*Tensile Test*) pada hasil pengelasan FCAW dengan Fairing. Dapat disimpulkan bahwa nilai terlemah pada metode Line Heating 4X dengan nilai Yield Strenght sebesar 362.75 Mpa dan nilai Tensile Strenght 383.75 Mpa. Hal ini dipengaruhi oleh semakin banyak perlakuan panas pada material pengujian maka nilai kekuatan tariknya akan semakin rendah (Getas).
2. Hasil uji kekerasan area pengelasan bahwa nilai kekerasan yang tertinggi pada spesimen LH4X (*Line Heating 4X*) sebesar 205.13 HVN pada daerah Base Metal, 225.39 HVN pada area HAZ, dan 228.10 pada area Weld Metal.
3. Pada pengujian metalografi, untuk pengamatan hasil struktur mikro didapatkan pada metode LH4X memiliki presentase kadar Pearlite pada bagian HAZ (*Heat Affected Zone*) yaitu sebesar 48,3%. Dibandingkan kadar ferrous yaitu sebesar 51.7%.. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya proses pemanasan yang terjadi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dosen Pembimbing, Kampuh Welding Indonesia, PT. PAL Indonesia, PT. Robutech, dan semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] ASTM. (2014). Astm D3039/D3039M. *Annual Book of ASTM Standards*. https://doi.org/10.1520/D3039
[2] BKI. (2016). *Rules for the Classification and 2016 Edition Biro Klasifikasi Indonesia:Vol. III*.
[3] International Standard ISO. (2015). Metallic materials - Vickers hardness test - Part 1:Test method. *International Standard*.
[4] Meryanalinda, M., Ardian, D. R., Shocib, M., & Yasin, A. (2020). ANALYSIS OF CORROSION RATE OF ASTM A 387 GRADE 12 AND A 283 GRADE FOR SULFURIC ACID TANK MATERIAL. *Journal of Applied Sciences, Management and Engineering Technology*, *1*(2), 50-57.
[5] Quantitative Metalography Of HeatTreated Žs6k Superalloy. (2012). *Materials Engineering*.
[6] Rois, M. A., Santosa, P. I., & Pranatal, E. (2018, September). Study analisis pekerjaan fairing pada lambung kapal di PT. PAL Indonesia. In Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan (pp. 93-100).
[7] Sastranegara, A. 2009. (2009). Mengenal UjiTarik & Sifat-Sifat Mekanik Logam. *Uji Tarik Dan Sifat Mekanik*.
[8] Utomo, B. (2019). Perbaikan Deformasi PlatBaja Pada Konstruksi Block Ss1a KapalCepat Rudal 60M Akibat Proses Assembly. *Jurnal Proyek Teknik Sipil*.
[9] Wardani, I. P., Setyowati, V. A., Suheni, S., & Samudra, I. P. (2020). the Effect of Welding Current on Aisi 1045 Strength and Corrosion Rate. *Journal of Applied Sciences, Management and Engineering Technology*, *1*(2), 40-45.
[10] Pratama, R. Y., Basuki, M., & Pranatal, E. (2020, July). Pengaruh variasi arus pengelasan smaw untuk posisi pengelasan 1g pada material baja kapal ss 400 terhadap cacat pengelasan. In *Prosiding Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan* (Vol. 2, No. 1, pp. 203-209).