

Pengaruh masukan panas terhadap struktur mikro dan sifat mekanik sambungan pipa 5L X65 dengan proses pengelasan kombinasi STT SMAW

*Muhamad Iqbal Farhani, M Thoriq Wahyudi, Mochammad Karim Al Amin

Program Studi D4 Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Surabaya, 60111, Indonesia

E-mail :iqbalppns@gmail.com

Abstrak

Pengelasan dengan proses STT (*Surface Tension Transfer*) adalah inovasi terbaru dari proses pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*), dimana STT biasa digunakan di *open root* sedangkan penelitian yang dilakukan adalah *layer* pada *root* dan *hot pass* karena dipilih untuk proses pengelasan dengan masukan panas rendah (*low heat input*). Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh masukan panas atau *heat input* pengelasan kombinasi STT dibandingkan dengan GTAW terhadap struktur mikro dan sifat mekanik sambungan pengelasan pipa baja karbon 5L X65. Hasil penelitian ini mengkomparasi proses pengelasan STT dengan GTAW. Pengujian dari kedua proses tersebut akan dinilai dari hasil sifat mekaniknya melalui *tensile* dan *hardness*, struktur mikro dan SEM. Dari pengujian struktur mikro dan SEM terdapat pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap perbedaan bentuk butir serta kandungan *ferrite acicular* dan *ferrite widmanstatten* terutama pada daerah *weldmetal* dan perubahan butir pada daerah HAZ. Dari pengujian *hardness* perbandingan hasil STT-SMAW nilai kekerasannya lebih tinggi tetapi tidak terlalu signifikan dari pada hasil GTAW-SMAW karena pengaruh *heat input*. Hasil dari *tensile* didapatkan nilai STT-SMAW memiliki kuat tarik dan yield lebih tinggi tetapi tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan GTAW-SMAW, dan semua hasil pengelasan masih mempunyai nilai yang masuk terhadap *range* standart.

Kata Kunci : *Surface Tension Transfer, Tensile, Hardness*, masukan panas, struktur mikro

Abstract

Welding with the STT (Surface Tension Transfer) process is the latest innovation from the GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) welding process, where STT is commonly used in the open root while the research carried out is the layer at the root and hot pass because it was chosen for the welding process with low heat input. . The research objective was to determine the effect of heat input or heat input of combination welding STT compared to GTAW on macro structure and mechanical properties of 5L X65 pipe welding joints. The results of this study compare the STT welding process with GTAW. Testing of the two processes will be assessed from the results of their mechanical properties through tensile and hardness, micro-macro structure and SEM. From the microstructure test and SEM, there is a not too significant effect on the differences in grain shape and content of ferrite acicular and ferrite widmanstatten, especially in the weldmetal area and grain changes in the HAZ area. From the hardness test, the comparison of the results of STT-SMAW, the hardness value is higher but not too significant than the GTAW-SMAW results due to the influence of heat input. The results from the tensile obtained that the STT-SMAW value has higher tensile strength and yield but not too significant compared to GTAW-SMAW, and all welding results still have values that fall into the standard range

Keywords: *Surface Tension Transfer, Tensile, Hardness, Heat Input, Microstructure*

1. Pendahuluan

Pada proses fabrikasi banyak ditemukan proses pengelasan SMAW (Shield metal arc welding), GTAW (Gas tungsten arc welding), GMAW (Gas metal arc welding), FCAW (Flux core arc welding), SAW (Sumerged arc welding), STT (Surface tension transfer)@by lincoln dan lainnya[1]. Ada juga digunakan kombinasi dari beberapa proses pengelasan tersebut. Salah satunya adalah proses pengelasan kombinasi antara STT dan SMAW, dimana pengaplikasian jenis pengelasan kombinasi ini digunakan pada pengelasan pipa tebal yang

bertujuan agar efisiensi pengelasan menjadi semakin baik dan cepat dibandingkan dengan menggunakan *full* STT, tidak hanya dengan SMAW, pengelasan STT ini juga dikombinasi dengan GMAW atau MAG untuk mendapatkan hasil yang baik pada pengelasan *root pass* yang aplikasinya diberbagai industry minyak dan gas dan industr lainnya[2][3][4]. Akan tetapi perbedaan jenis proses pengelasan ini menjadi hal yang sulit mengingat parameter pengelasan kedua proses pengelasan tersebut berbeda, sehingga kualitas pengelasan pun berbeda dibanding menggunakan masing-masing jenis proses pengelasan tersebut.

Proses pengelasan ini berhasil digunakan untuk melakukan *root pass* pada pipa dan ruang steamboiler yang tebal[5][6].

Sering kali masalah pengelasan yang berasal dari HAZ yang cenderung sulit dikontrol dan mempengaruhi kualitas sifat mekanisnya dan lain waktu dapat menyebabkan masalah-masalah baru pada sambungan lasan kedepannya yang sering ditemukan pengelasan pipa dan fitting pada sebuah project yaitu Tangguh Expansion Project. Masukan panas sangat mempengaruhi kekuatan sambungan las dan sifat mekanik[7][8]. Masukan panas juga mempengaruhi struktur mikro karena masukan panas yang tinggi, maka laju pendinginan setelah pengelasan akan menjadi lebih lambat, sehingga struktur ferrite acicular yang terbentuk akan lebih banyak[9][10]. Sehingga beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan proses dan parameter pengelasan yang sesuai. Metode pengelasan

Tujuan utama dari dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas dan hasil dari proses pengelasan inovasi terbaru Surface Tension Transfer (STT) yang mana dapat menggantikan pengelasan open root dari proses pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), hasil dari simulasi arus proses pengelasan pada pengelasan kombinasi STT-SMAW yang di bandingkan dengan proses kombinasi GTAW-SMAW dianalisa untuk mengetahui hasil dari penetrasi pada root pass yang mana efisiensi dari proses pengelasan GTAW 35% dan STT 80% sehingga bisa menggantikan penetrasi yang dilakukan proses las GTAW, dari penelitian ini akan dilakukan analisa yang menggunakan beberapa pengujian yang dilihat dari struktur mikro dan sifat mekanis pada sambungan las STT-SMAW yang dibandingkan dengan hasil dari pengelasan GTAW-SMAW.

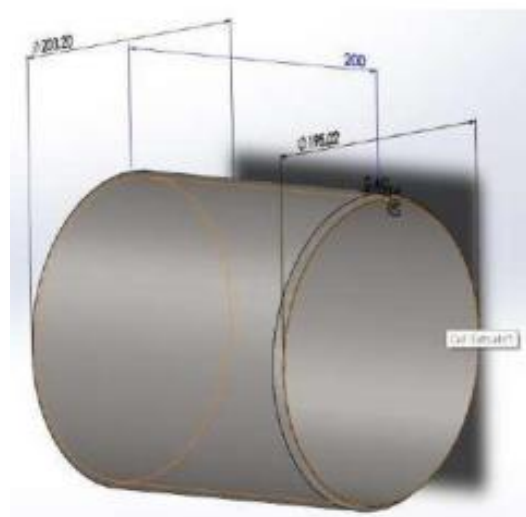
2. Metodologi

Pada penelitian ini dilakukan pengelasan specimen menggunakan proses pengelasan kombinasi STT-SMAW, dimana menggunakan arus pada root pass yaitu 110 A, hot pass 140 A, fill 1 yaitu 100 A, Fill 2 yaitu 130 A, cap 1 yaitu 90 A, cap 2 yaitu 110 A, dan cap 3 yaitu 120 A. Posisi pengelasan 6G. Jenis gas pelindung yang digunakan pada proses pengelasan STT menggunakan mixed Argon 80%+(CO₂)20% sedangkan gas pelindung proses pengelasan GTAW menggunakan Argon 99.999%. Jenis material yang digunakan *carbon steel* API 5L

grade X65. Material ini biasa digunakan untuk pipeline. Kandungan utama karbon maksimum sebesar 0.1%, sedangkan kandungan unsur manganese sebesar 0.27-0.28% untuk tebal pipa 8.18 mm, dan kandungan unsur *silicon* sebesar 0.001%. Ukuran pipa yang digunakan 8" dengan tebal 8.18 mm seperti gambar berikut.



(a)



(b)

Gambar 1. Dua material pipa 5L grade X65 (a) dan dimensinya (b)

Berikut adalah parameter pengelasan yang digunakan dalam pengerjaan, dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

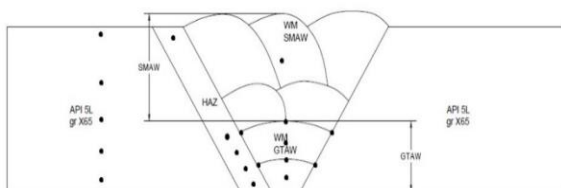
Tabel 1. Parameter pengelasan STT-SMAW

API 5L X65 same	Pass Number	Elektroda	Diameter	Polarity	Amperage	Voltase	Travel Speed (mm/min)	Heat Input (kJ/mm)
	1	SUPRAMIG	1.2mm	DCEN	111.2	17.6	119.62	0.98
	2	SUPRAMIG	1.2mm	DCEN	142.5	19.2	153.65	1.07
	3	E7018-1	2.6mm	DCEP	102.3	21.3	142.61	0.92
	4	E7018-1	2.6mm	DCEP	132.8	24.1	167.17	1.15
	5	E7018-1	2.6mm	DCEP	90	20.1	110.25	0.98
	6	E7018-1	2.6mm	DCEP	112.6	20.3	128.47	1.07
	7	E7018-1	2.6mm	DCEP	123.1	23.6	132.01	1.32

Tabel 2. Parameter pengelasan GTAW-SMAW

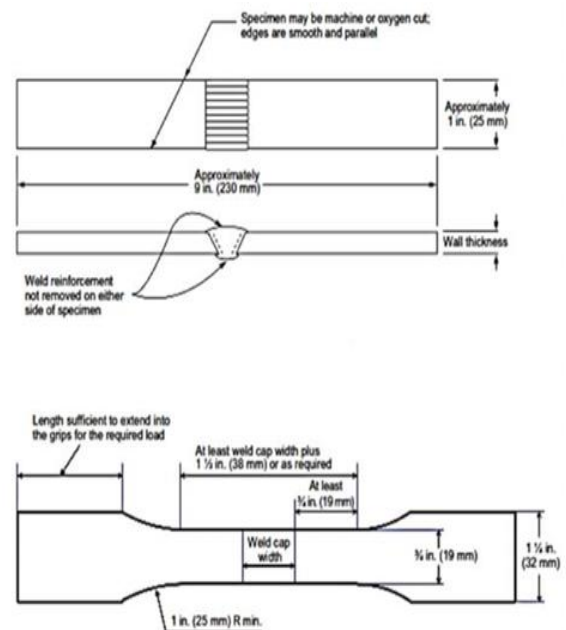
API 5L X65 same	Pass Number	Elektroda	Diameter	Polarity	Amperage	Voltase	Travel speed (mm/min)	Heat Input (kJ/mm)
	1	TG-S51T	2.4mm	DCEN	112.8	30.1	83.97	2.4
	2	TG-S51T	2.4mm	DCEN	113.8	32.1	79.37	2.7
	3	E7018-1	2.6mm	DCEP	104.2	21.8	132.62	1.0
	4	E7018-1	2.6mm	DCEP	134.6	23.9	154.35	1.3
	5	E7018-1	2.6mm	DCEP	93.4	20.8	112.62	1
	6	E7018-1	2.6mm	DCEP	114.3	21.3	119.25	1.2
	7	E7018-1	2.6mm	DCEP	124.5	23.7	142.39	1.2

Setelah dilakukan pengelasan material sesuai dengan parameter pengelasan, selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan atau *hardness test* yang merupakan salah satu bentuk pengujian merusak yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan material untuk menerima beban tanpa mengalami deformasi plastis yaitu tahan terhadap indentasi/penetrasi, tahan terhadap penggoresan dan tahan terhadap aus. Pada pengujian ini menggunakan metode pengujian kekerasan *Vickers* dengan menggunakan indenter piramida intan dengan beban 10 kg dan waktu pembebanan 15 detik. Pengambilan lokasi pengujian kekerasan sesuai dengan ASME Section IX dengan sketsa seperti Gambar 2.



Gambar 2. Detil lokasi titik pengujian *Hardness*

Uji Tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*). Gambar 3 adalah *test coupon* untuk pengujian tarik.



Gambar 3. Spesimen plat tensile test [11]

Setelah dilakukan uji kekerasan dan uji Tarik selanjutnya dilakukan pengujian metalografi yang merupakan salah satu bentuk pengujian merusak yang bertujuan untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan mikroskop optik dan mikroskop elektron. Sedangkan yang terlihat pada mikroskop tersebut disebut mikrostruktur. Tes SEM (Scanning Electron Microscope) yang merupakan salah satu tes yang digunakan untuk melihat struktur atau ukuran butir material dengan pembesaran yang diambil adalah 1000X dan 5000X. Gambar 4 adalah perangkat alat SEM.

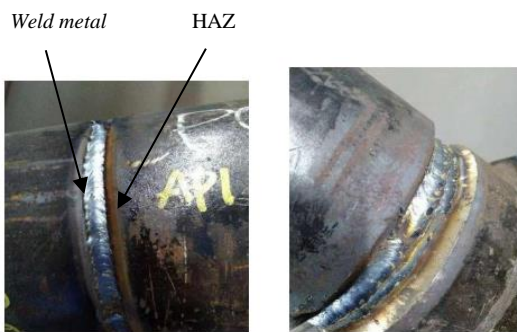


Gambar 4. SEM (Scanning Electron Microscope)

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Proses Pengelasan STT-SMAW dan GTAW-SMAW

Hasil pengelasan dari proses STT-SMAW yang didapat rata-rata *travel speed* yang dilakukan oleh *welding operator* adalah 136.25 mm/min sedangkan untuk masukan panas atau *heat Input* rata-rata *range* adalah 1.07 kJ/mm. gambar hasil pengelasan seperti gambar berikut.



Gambar 5. (a) Hasil pengelasan STT, (b) Hasil pengelasan SMAW

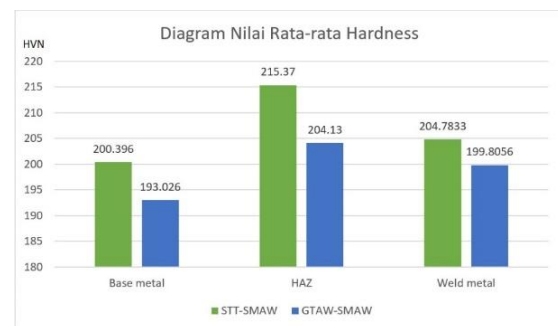
Hasil pengelasan GTAW-SMAW yang didapat rata-rata *travel speed* yang dilakukan oleh *welding operator* untuk join dengan pengelasan GTAW-SMAW yaitu 117.79 mm/min Sedangkan untuk masukan panas atau *heat input* rata-rata adalah 1.54 kJ/mm. Gambar hasil pengelasan seperti gambar berikut.



Gambar 6. (a) Hasil pengelasan GTAW, (b) Hasil lasan SMAW

3.2 Hasil dan Pembahasan Hardness

Untuk penggunaan *hardness* menggunakan metode *micro hardness Vickers* karena area identasi yang begitu sempit dan relatif kecil, maka digunakan *micro hardness* agar mendapatkan hasil yang akurat dan maksimal. Untuk lokasi pengujian *hardness* dari setiap proses pengelasan diambil 3 line vertikal keatas, yaitu line base metal, line HAZ, dan line weld metal. Masing- masing line mempunyai jumlah titik yang berbeda dimana hasilnya dapat dilihat pada tabel uji *hardness* dan nilai rata-ratanya dapat dilihat pada diagram Gambar 7.

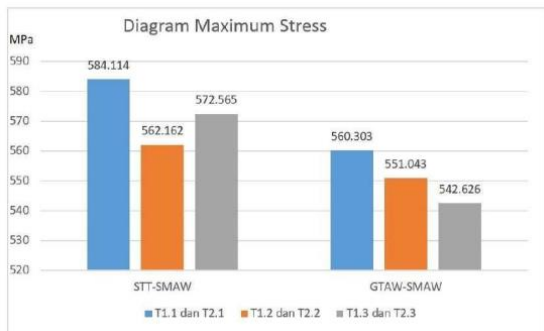


Gambar 7. Diagram nilai rata-rata *hardness*

Daftar data pada dari tabel dan diagram tersebut dapat kita lihat bahwa nilai kekerasan dari tiap lokasi *base metal*, HAZ, dan *weld metal* mempunyai distribusi panas yang berbeda-beda yang mana tidak melebihi A1. Komparasi selisih rata-rata nilai kekerasan variasi proses pengelasan STT-SMAW dan GTAW-SMAW memiliki nilai tertinggi yaitu 11.24 HVN, selisih base metal yaitu 7.37 HVN, dan selisih weld metal 4.977 HVN.

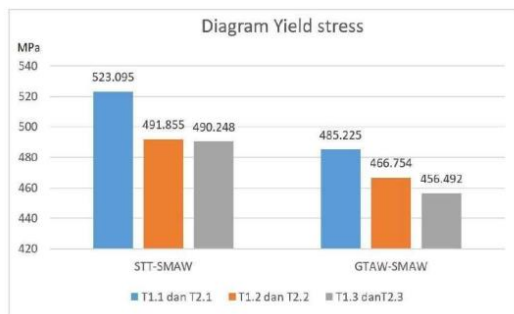
3.3 Hasil dan Pembahasan Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu logam terhadap tarikan dimana sifat mekanis tersebut meliputi kekuatan tarik (Ultimate tensile strength), kekuatan mulur (Yield strength), Elongasi (Elongation), Elastisitas (Elasticity) dan pengurangan luas penampang (Reduction of area). Dari data pengujian tarik dengan membandingkan proses pengelasan STT-SMAW dengan pengelasan GTAW-SMAW menggunakan parameter arus yang sama akan terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram maximum stress

Dari gambar tersebut dapat kita ketahui bahwa maximum stress pada proses pengelasan STT lebih tinggi dibanding dengan proses pengelasan GTAW-SMAW dengan parameter arus yang sama. Hasil dari nilai stress tersebut terlihat masih ada di *range standart API 5L* khususnya pada grade X65 bahwa minimal kuat tariknya yaitu 536 MPa dan nilai maximumnya yaitu 761 MPa.



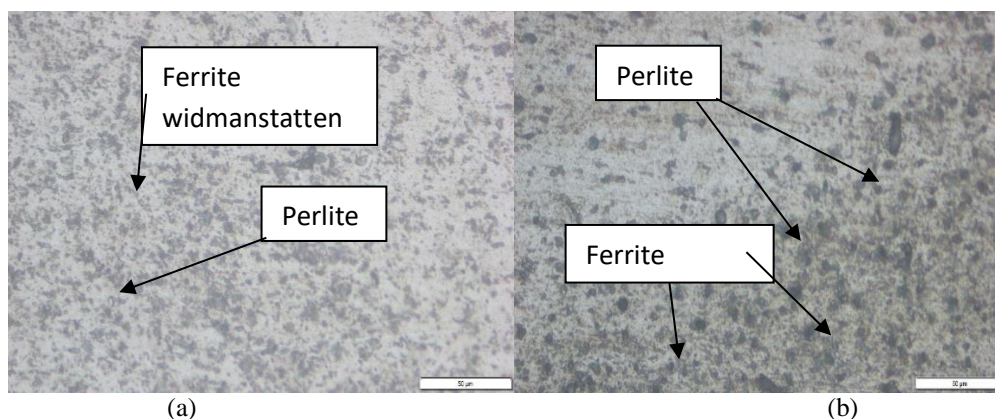
Gambar 9. Diagram yield stress

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa proses pengelasan STT-SMAW memiliki nilai yield yang lebih tinggi daripada proses pengelasan GTAW-SMAW dengan parameter arus yang sama. Hasil dari nilai yield stress tersebut terlihat masih ada di *range standart API 5L* khususnya pada grade X65 bahwa minimal yield yaitu 454 MPa dan nilai maximumnya yaitu 600 MPa.

3.4 Hasil dan Pembahasan Pengujian Spesimen Struktur Mikro

Dari hasil makro dapat diketahui bahwa join dengan pengelasan STT-SMAW menunjukkan fusi yang baik, tidak ditemukannya cacat didalam logam las dan root penetration terlihat bagus, begitupun juga dengan tinggi *reinforcement* yang tidak melebihi 3mm, indikasi cacat juga tidak ada, untuk lebar HAZ terukur 2 mm pengukuran diambil dari lebar tertinggi nilainya. Sedangkan untuk join pengelasan GTAW-SMAW ditemukan *overlap* pada *capping*, melainkan *root* tidak ada cacat, untuk *root* penetration terlihat bagus begitujuga dengan *reinforcement* yang tidak melebihi 3mm, untuk lebar didaerah HAZ pada pengelasan GTAW-SMAW terukur lebarnya yaitu 3mm pengukuran diambil dari lebar HAZ yang nilainya terbesar.

Dari penjelasan struktur mikro tersebut untuk mengetahui perbedaan bentuk struktur mikro yang terbentuk dari setiap daerah yang diamati dengan variable parameter arus yang sama di proses pengelasan STT-SMAW dan GTAW-SMAW, perbandingan HAZ nya dapat dilihat seperti Gambar 10.

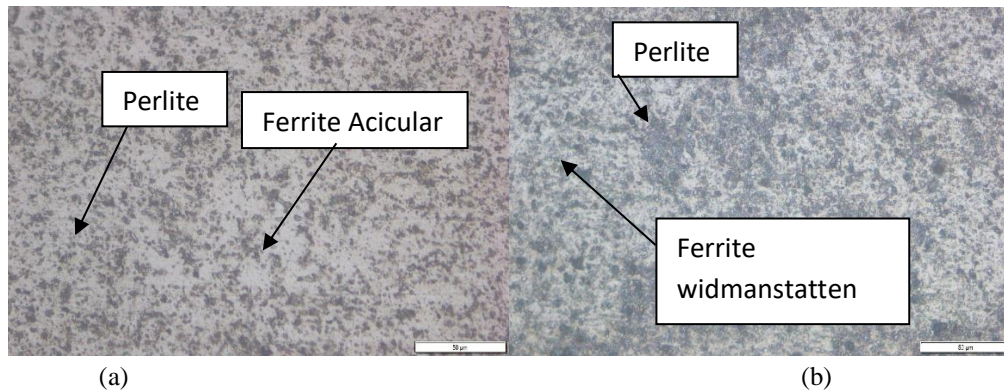


Gambar 10. Komparasi HAZ (a) Proses pengelasan STT-SMAW, (b) Proses pengelasan GTAW-SMAW

Terlihat struktur mikro gambar (a) mempunyai struktur ferrite yang lebih kasar daripada gambar (b). Semakin besar variasi arus yang diberikan maka semakin kasar bentuk dari ferrite dan perlite tersebut. Semakin kasar struktur ferrite maka semakin tinggi nilai kekerasannya, (Aisyah ;2010). Dari hasil pengujian stuktur mikro yang telah diamati ini menunjukkan bahwa arus

dalam pengelasan, *travel speed*, dan *heat input* sangat mempengaruhi bentuk ukuran dari butir ferrite dan perlite tersebut dalam hal ini nilai kekerasan juga terpengaruhi, yang hasilnya akan dibuktikan dengan adanya pengujian data *hardness* dan *tensile* yang membuktikan tingkat kekerasan dan kuat tarik dari masing-masing proses pengelasan. Daerah logam las atau *weld metal* adalah daerah

pengelasan yang mengalami kondisi cair atau fusi, sehingga struktur mikro terbentuk berbeda dengan HAZ dan *base metal*. Hasil dari pengujian struktur mikro pada logam las dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adalah laju pendinginan, komposisi *filler metal*, dan parameter pengelasan. Dari Gambar 11 berikut adalah perbedaan struktur mikro dari weld metal proses pengelasan STT-SMAW, dan GTAW-SMAW.



Gambar 11. Struktur mikro *weld metal* (a) Proses pengelasan STT, (b) Proses pengelasan GTAW

Hasil dari pengamatan struktur mikro pada daerah *weld metal* terdapat struktur butiran ferrite yang *acicular* dan *perlite* yang ada pada gambar (a), dan struktur mikro yang terjadi pada gambar (b) menunjukkan ada pola seperti keramik yang mana terlihat bahwa yang hitam adalah perlit, yang berpola hampir seperti garis adalah *ferrite widmanstatten* dan *ferrite acicular*. Hal ini menjelaskan bahwa semakin besar penggunaan arus, timing dan *travel speed* yang rendah dapat mempengaruhi pertumbuhan ferrite acicular, dan ferrite widmanstatten, yang mana sifat dari struktur ferrite acicular menjadikan keuletan dan ketangguhan logam las akan meningkat begitupun jika penurunan keuletan terjadi jika pada logam las ferrite widmanstatten dan perlit (Suharno,2008). Dibuktikan dengan adanya pengujian data hardness dan tensile akan terlihat bagaimana sifat mekanik dari masing-masing variasi proses pengelasan.

4. Kesimpulan

Dari pengujian struktur mikro terdapat pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap perbedaan bentuk butir serta kandungan *ferrite acicular* dan *ferrite widmanstatten* terutama pada daerah weldmetal dan perubahan butir pada daerah HAZ dengan menggunakan parameter arus yang sama dari masing-masing proses pengelasan. Dari data pengujian kekerasan untuk proses STT-SMAW yang dibandingkan dengan proses GTAW-SMAW pada daerah base metal, HAZ, dan weld metal yang signifikan terlihat pengaruh nilai kekerasannya ada di daerah HAZ dengan selisih 11.24 HVN. Hasil dari uji tarik bahwa nilai hasil dari tensile strength dan

yield strength pada STT-SMAW lebih tinggi daripada GTAW-SMAW.

Referensi

- [1] S. Widarto, *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Gagas Media. 2007
- [2] R. Alagesan and T. S. Kumar, "Optimization of welding cycle time by establishing full GMAW process (STT and P-GMAW) through a newly designed semi-automatic welding positioner," *Int J Res Eng Technol*, vol. 3, 2014.
- [3] P. Adi, H. Ismar, and T. Petar, "Advantages of MAG-STT welding process for root pass welding in the oil and gas industry," *TEM J.*, vol. 5, no. 1, p. 76, 2016.
- [4] N. Milosevic, K. Marije, B. Serbia, O. Popovic, and R. P. Cvetkovic, "SURFACE TENSION TRANSFER (STT) WELDING."
- [5] S. Radića and N. Travnik, "MONITORING OF MAIN WELDING PARAMETERS AT STT WELDING PROCESS."
- [6] B. Despotović, I. Samardžić, T. Marsenić, B. Brechelmacher: Some aspects of STT welding process application in steam boiler manufacturing, 3rd International conference Mechanization, automation and robotization in welding and allied processes, Zadar, Croatia, 2005
- [7] H. Hamdani, "Pengaruh Masukan Panas Proses Pengelasan terhadap Sifat Mekanik Baja AISI 1045 suatu Kajian Analitis dan Analisa

- Numerik,” *J. Polimesin*, vol. 17, no. 1, pp. 1–8.
- [8] H. Hamdani, A. Ibrahim, and S. Sariyusda, “PENGARUH MASUKAN PANAS PROSES PENGELASAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA AISI 1045,” *Mek. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, 2015.
- [9] S. Mizhar and I. H. Pandiangan, “Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) Dari Pipa Baja Diameter 2, 5 Inchi,” *J. Din.*, vol. 2, no. 14, 2014.
- [10] Y. NUGROHO and D. Bayuseno, “ANALISIS KEGAGALAN LAS DAN REKOMENDASI STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP) PADA PENGELASAN PIPA KONDENSOR PT. SIEMENS INDONESIA.” Mechanical Engineering Departement, Faculty Engineering of Diponegoro University, 2012.
- [11] ASME Section IX. *Welding, Brazing and Fusing Qualification*. New York: THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERING. 2015.