

INVESTIGASI DAERAH RENTAN KOROSI PADA BAJA PIPA API 5L X – 52 DILAS SEARAH SPIRAL DENGAN *SUBMERGED ARC WELDING*

Hery Tristijanto^{1) 2)}, Muh. Noer Ilman¹⁾, dan Tri Priyo Iswanto¹⁾

¹⁾Teknik Mesin & Industri, UGM, Jl. Grafika 2, Jogjakarta, 55284

²⁾Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. Soedarto, SH, Semarang, 50275

E-mail: hery.tristijanto@polines.ac.id

Abstract

Submerged arc welding (SAW) is one of the welding methods for making oil and gas steel pipes that are already widely used. There are 3 regions of welding results, base metal, HAZ and welds area, respectively. There is a change in metal properties due to welding, so this causes the metal to be susceptible to corrosion. Characterization of tensile strength, hardness, chemical composition, macro photographs and microstructure is used to investigate areas that are susceptible to corrosion. Based on the mechanical properties observed, the area that is susceptible to corrosion is heat-affected (HAZ) and weld areas..

Keywords: *pipeline steel, welding, HAZ, corrosion*

Abstrak

Pengelasan busur terendam, *submerged arc welding* (SAW) merupakan salah satu metode pengelasan pipa baja minyak dan gas yang sudah luas digunakan. Terdapat 3 daerah dari hasil pengelasan, daerah logam induk, HAZ dan lasan. Terjadi perubahan propertis logam karena pengelasan, sehingga hal tersebut menyebabkan logam rentan terhadap korosi. Karakterisasi terhadap kekuatan tarik,kekerasan, komposisi kimia, foto makro dan struktur mikro digunakan untuk menginvestigasi daerah yang rentan terhadap korosi. Berdasarkan prpertis mekanik yang diamati, daerah yang rentan terhadap korosi adalah daerah terpengaruh panas (HAZ) dan lasan.

Kata Kunci: *pipa baja, pengelasan, HAZ, korosi,*

PENDAHULUAN

Dewasa ini, penggunaan las busur terendam, *submerged arc welding* (SAW), telah luas digunakan, salah satunya untuk memproduksi pipa baja untuk mentransmisikan minyak dan gas. Proses pengelasan SAW ini tidak memerlukan tekanan. Logam pengisi (*filler metal*) dan *flux* akan dipasok secara mekanis terus menerus ke dalam busur listrik yang terbentuk diantara ujung *filler* elektroda dan metal induk yang ditimbun oleh *flux* selama proses pengelasan berlangsung (Pu dkk., 2017).

Hasil las busur terendam mempunyai kekuatan tinggi dan ketangguhan, yang diperoleh dengan seleksi yang tepat dari fluks, kawat dan pengelasan parameter untuk logam dasar tertentu (Moradpour dkk., 2015). Secara umum terdapat tiga daerah dari

hasil pengelasan, yaitu daerah logam induk (*base metal*, BM), daerah terpengaruh panas (HAZ) dan daerah lasan (*weld metal*, WM). HAZ terdiri dari HAZ butiran kasar (*coarse grain HAZ*, CGHAZ), HAZ butiran halus (*fine grain HAZ*, FGHAZ), daerah leleh sebagian (*partially melted zone*, PMZ) (Liu et al., 2017).

Terjadinya perubahan suhu yang tinggi saat proses pengelasan menyebabkan perubahan sifat mekanik, mikro struktur di daerah sekitar las dan terjadinya tegangan sisa (Setiawan & Wardana, 2006). Perubahan pada pipa baja yang digunakan mentransmisikan minyak dan gas tersebut salah satunya akan menjadikan rentan terhadap korosi. Suatu penurunan sifat logam karena pengaruh lingkungan. Demikian juga secara eksternal kehadiran gas H₂S, CO₂ dan pengotor lainnya antara lain klorida, sianida dan sebagainya meningkatkan potensi korosi pada perpipaan minyak mentah (Nuraini, Priyotomo, & Nasoetion, 2016). Misalnya potensi korosi yang terjadi adalah *sweet corrosion*, *sour corrosion*, retak korosi karena tegangan (*stress corrosion cracking*, SCC), dan *hydrogen induced cracking* (HIC) (Feng, Beck, Ziomek-Moroz, & Lvov, 2017)

Artikel ini bertujuan menginvestigasi daerah yang rentan terhadap korosi pada pipa baja API 5L X – 52 yang dilas searah spiral menggunakan SAW dengan menganalisa sifat mekanik pada baja tersebut. Karakterisasi sifat mekanik yang akan dilakukan adalah komposisi kimia, pengamatan foto makro, pengamatan mikro struktur, kekuatan tarik, dan kekerasan.

METODE PENELITIAN

Material

Material yang digunakan adalah pipa baja API 5L X – 52 yang diproduksi oleh PT KHI Pipelines Industries Cilegon, Banten. Pipa baja X – 52 dilas searah spiral menggunakan las busur teredam (SAW), berdiameter 1400 mm dan tebal 22 mm. diproduksi dengan kecepatan las 0.45 m/min, arus dan tegangan pengelasan bagian dalam 800 A / 34 V, arus dan tegangan pengelasan bagian luar 975 A / 38 V, sudut pengelasan 69.73 ° dan *heat input* 4,94 kJ. Spesifikasi and klasifikasi AWS menggunakan logam filler metal SFA 5.23 dan EM12K pada bagian dalam dan luar pengelasan. Ukuran filler 4.8 mm. Elektroda manufaktur adalah Esab Autrod OK 12.22. Elektroda flux dan flux manufaktur yang digunakan untuk pelindung adalah S A AB 1 67

AC H5 dan Esab Ok Flux 10.70. Komposisi kimia dari logam induk, lasan, fluk dan filler diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia pipa baja X – 52 pada logam induk, lasan, deposit fluk, dan logam filler

Element (wt%)	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu
Logam induk	0.0650	0.1938	0.0034	0.0117	1.1414	0.0049	0.0212	0.0025	0.0060
Logam las	0.0778	0.3310	0.0087	0.0141	1.2529	0.0107	0.0233	0.0031	0.0239
Element (wt%)	Ti	Sn	Al	Nb	V	Co	Pb	Ca	Zn
Logam induk	0.0110	0.0008	0.0330	0.0413	0.0033	0.0022	0.0002	0.0004	0.0026
Logam las	0.0027	0.0011	0.0205	0.0268	0.0057	0.0033	0.0004	0.0011	0.0014
Element (wt%)	C	Cu	Mn	P	Si	S			
Deposit fluk	0.05	-	1.7	-	0.5	-			
Filler	0.09	0.065	1.12	0.012	0.20	0.008			

Pengamatan foto makro dan struktur mikro

Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop optic, Olympus untuk mengamati daerah logam induk, HAZ dan lasan. Sebelumnya, material dipolis dengan kertas silicon carbide, grade 500, 1200, 2000 dan 5000. Kemudian dietsa dengan 2% natal, setelah beberapa detik direndam, dibersihkan memakai air dan kertas tisu.

Pengujian kekuatan tarik

Spesimen uji tarik diambil dari daerah logam induk dan daerah lasan dan dibuat berdasarkan standart JIS 220. Pengujian tarik menggunakan *Shimadzu Servopulser Mechine*, beban yang digunakan 4 ton.

Pengukuran nilai kekerasan

Alat Vickers mikro hardness digunakan untuk mengukur nilai kekerasan pipa baja X – 52. Beban yang digunakan sebesar 0,5 kg, jarak pengukuran 1 mm. Sesuai dengan standart NACE TM 177-96, ada 4 daerah dilakukan pengukuran nilai kekerasannya, diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Daerah pengukuran nilai kekerasan pipa baja X – 52

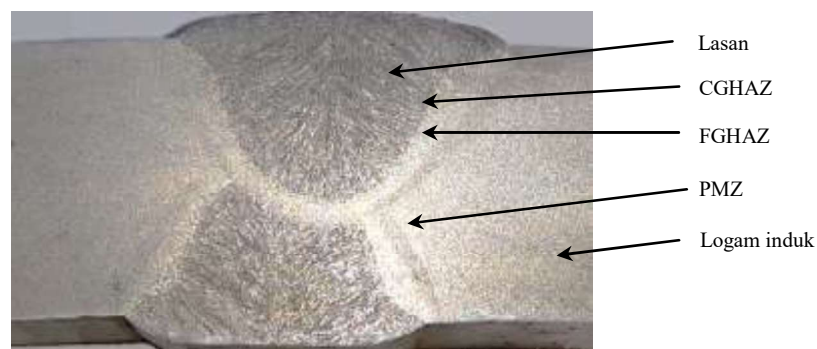
HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi kimia pipa baja X – 52

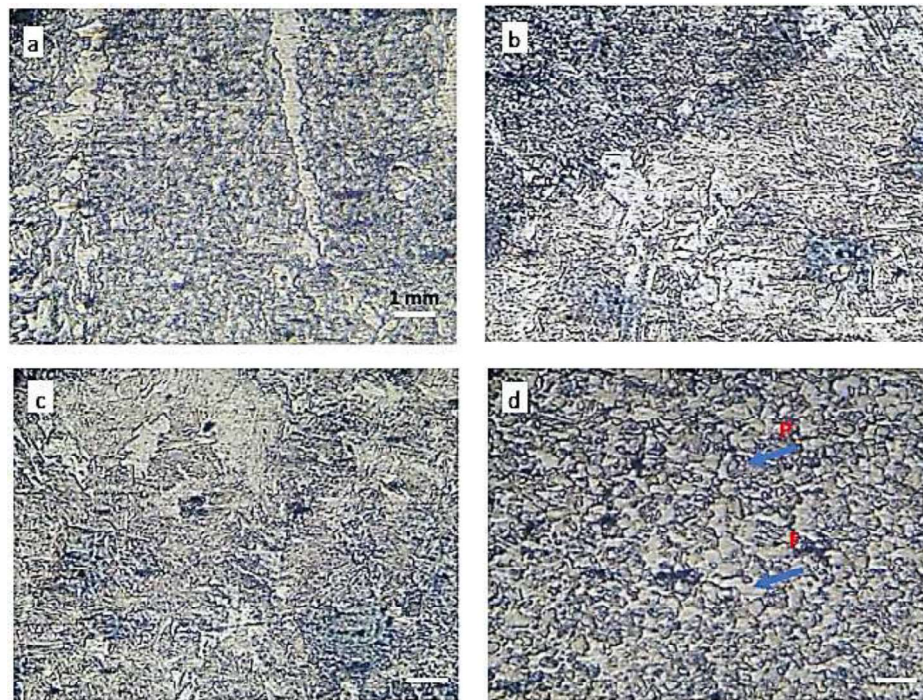
Terdapat unsur – unsur yang meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan menstabilkan lapisan film, seperti *sweet corrosion*, *sour corrosion* dan korosi celah, yaitu kromium, molibdium, tembaga, dan fosfor. Sedang unsur karbon, sulfur dan mangan menginisiasi terjadinya retak dan korosi karena sulfida. Terbentuk mangan sulfide yang menjebak hidrogen akan menyebabkan retak internal. Munculnya sulfida dipermukaan yang menginisiasi *pitting*, serta terjadinya *hydrogen-induced cracking* (Palmer dan King, 2004).

Foto makro dan struktur mikro

Gambar 2 menunjukkan foto makro dari pipa baja X – 52 yang dilas SAW searah spiral setelah direndam didalam larutan 3.5% NaCl selama 144 jam. Terlihat jelas terdapat daerah lasan, HAZ butiran kasar (CGHAZ), HAZ butiran halus (FGHAZ), daerah yang meleleh sebagian dan logam induk. Serta tampak daerah lasan dan HAZ yang lebih rentan terhadap korosi dibanding logam induk, BM.



Gambar 2. Foto makro pipa baja X – 52 yang dilas SAW searah spiral



Gambar 3. Struktur mikro pipa baja API 5L X52, (a) lasan, (b) batas lasan dan HAZ, (c) HAZ and (d) logam induk

Struktur mikro CGHAZ terdiri dari ferrit dengan bainit yang ditemper. Fasa mikro FGHAZ adalah fasa campuran pearlit dan ferit. Fase mikro PMZ ditampilkan dengan acicular ferit dan granular bainit. Struktur mikro logam induk terdiri dari perlit dan poligonal ferit.

Kekuatan tarik pipa baja X – 52

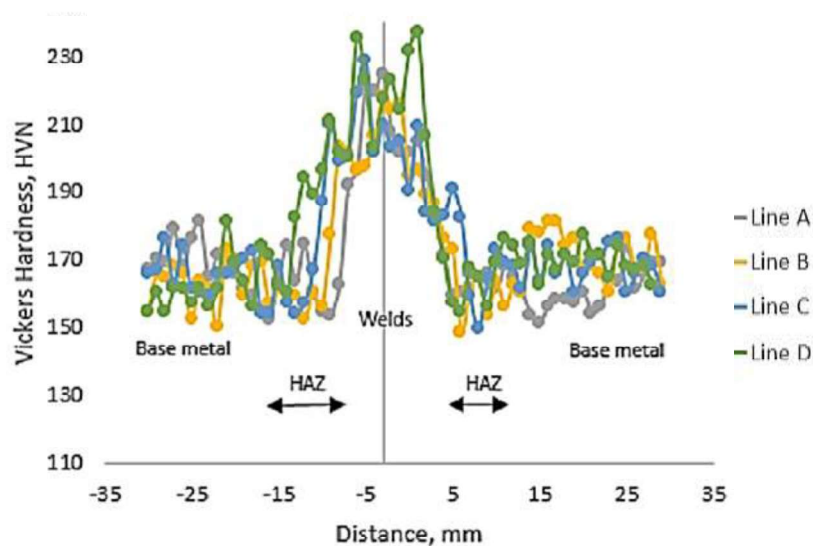
Hasil pengujian kekuatan tarik didapatkan rata – rata besarnya tegangan luluh 507 MPa, kekuatan tarik maksimal 541 MPa dan regangan 19,%. Nilai tegangan yield dan kekuatan tarik maksimal berdasarkan standar *American Petroleum Institute* (API) sesuai dengan nilai minimum yang telah ditentukan, tegangan yield sebesar 349 MPa dan kekuatan tarik maksimal sebesar 455 MPa (API, 1999).

Tabel 2. Kekuatan Tarik maksimal (σ_m), tegangan luluh (σ_y) dan regangan dari pipa baja X – 52

Spesimen	σ_y , MPa	σ_m , MPa	δ , mm
1	517	545	22.1
2	513	561	22.8
3	500	531	16.7
4	505	540	17.1
5	499	527	18.8
Rata - rata	507	541	19.5

Nilai kekerasan pipa baja X – 52

Profil nilai kekerasan pipa baja X – 52 ditunjukkan Gambar 4. Terlihat bahwa, nilai kekerasan dari lasan adalah distribusi simetris dengan pusat daerah lasan. Nilai kekerasan BM sekitar 165.5 HV. HAZ memperlihatkan sedikit lebih rendah daripada BM dan WM, 161.5 HV dan WM menunjukkan nilai kekerasan mikro yang lebih tinggi dari HAZ dan BM, 199,25 HV. Nilai kekerasan tersebut memenuhi standart NACE untuk aman terhadap serangan HIC, 154 HVN. Dan sesuai profil nilai kekerasannya, sambungan las dan logam induk menunjukkan fluktuasi nilai kekerasan yang relatif seragam.



Gambar 4. Nilai kekerasan Vickers pipa baja X52 yang dilas SAW

Tabel 3. Nilai kekerasan Vickers pipa baja API 5 L X52

Garis	Logam Induk	HAZ	Lasan
A	167	163	195
B	163	157	193
C	165	160	197
D	167	165	212
Rata - rata	165.5	161.25	199.25

SIMPULAN

1. Daerah lasan dan HAZ merupakan daerah yang rentan terhadap korosi, karena terjadi perubahan propertis mekanik dan struktur mikro didaerah sekitar pengelasan.
2. Unsur – unsur mangan, sulfur, dan karbon dapat menginisiasi terjadi retak yang bisa memicu terjadinya korosi.

3. Unsur – unsur yang meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan menstabilkan lapisan film, yaitu kromium, molibdium, tembaga, dan fosfor

DAFTAR PUSTAKA

- API. (1999). API 5L Specification for Line Pipe. American Petroleum Institute. Retrieved from www.htgrp.com.my/images/pdf/.../API 5L.pdf
- C. Palmer, Andrew; A. King, R. (2004). *Subsea Pipelines Engineering*. Oklahoma: PennWell.
- Feng, R., Beck, J., Ziomek-Moroz, M., & Lvov, S. N. (2017). High-Temperature Electrochemical Corrosion of Ultra-High Strength Carbon Steel in H₂S-Containing Alkaline Brines. *Electrochimica Acta*, 241, 341–352. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2017.04.111>
- Liu, W., Pan, H., Li, L., Lv, H., Wu, Z., Cao, F., & Zhu, J. (2017). Corrosion behavior of the high strength low alloy steel joined by vertical electro-gas welding and submerged arc welding methods. *Journal of Manufacturing Processes*, 25, 418–425. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2016.12.011>
- M.A. Moradpour; S.H. Hashemi; K. Khalili. (2015). Multi-objective Optimization of Welding Parameters in Submerged Arc Welding of API x65 Steel Plate. *Journal of Iron and Steel Research International*, 22, 870–878. [https://doi.org/10.1016/S1006-706X\(15\)30083-2](https://doi.org/10.1016/S1006-706X(15)30083-2)
- Nuraini, L., Priyotomo, G., & Nasoetion, R. (2016). Studi Inhibitor Korosi Berbasis Imidazoline Salt pada Brine Water di Pipa Penyalur Minyak Mentah, 2, 87–94.
- Pu, J., Yu, S., & Li, Y. (2017). Role of inclusions in flux aided backing submerged arc welding. *Journal of Materials Processing Tech.*, 240, 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2016.09.016>
- Setiawan, A., & Wardana, Y. A. Y. (2006). Analisa Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Sumerged Arc Welding pada Baja SM 490. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 57–63.