



Pengaruh Krom pada Sambungan Las Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon dengan Elektroda E 6013

The Effect of Chrome in The Joint of Weld on Mechanical Properties of Carbon Steel with Electrodes E 6013

Syaripuddin, Setyo Firman Alamsyah dan Ferry Budhi Susetyo*

Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Rawamangun, Jakarta Timur, Indonesia

Informasi artikel

Diterima:
14/07/2020
Direvisi:
16/08/2020
Disetujui:
03/01/2021

Abstract

This study aims to determine the effect of the addition of chromium in the SMAW process to the tensile strength, hardness value and macro structure of the low carbon steel welding joint using E6013 electrodes. The research procedure begins with the process of welding, making seam, making specimens: tensile test, hardness test and macro structure. Furthermore, the process of tensile, hardness and macro structure testing is carried out. The tensile strength value of the weld joint with the addition of chrome tends to be slightly smaller than that of the weld without the addition of chrome. The maximum tensile stress and elasticity limits for welded joints with added chrome are higher than for welded joints without added chrome. The addition of chrome to the welding process has been shown to increase hardness. In the macro structure, porosity did not occur both specimens with the addition of chromium and without the addition of chromium.

Keywords: chrome, tensile strength, macrostructure.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan krom pada proses SMAW terhadap kekuatan tarik, nilai kekerasan dan struktur makro sambungan las baja karbon rendah menggunakan elektroda E6013. Prosedur penelitian diawali dengan proses pengelasan, pembuatan kampuh, pembuatan spesimen: uji tarik, uji kekerasan dan foto makro. Selanjutnya dilakukan proses uji tarik, kekerasan dan foto makro. Nilai kekuatan tarik sambungan las dengan penambahan krom cenderung sedikit lebih kecil dari pada sambungan las tanpa penambahan krom. Tegangan tarik maksimum dan batas elastisitas untuk sambungan las dengan penambahan krom lebih tinggi dari pada sambungan las tanpa penambahan krom. Penambahan krom pada proses pengelasan terbukti meningkatkan kekerasan. Pada struktur makro, baik spesimen dengan penambahan krom maupun tanpa penambahan krom tidak terjadi *porosity*.

Kata Kunci: krom, sifat mekanik, struktur makro.

*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 852 8788 8842
email : fbudhi@unj.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pada konstruksi bangunan yang menyangkut logam terutama baja, dibutuhkan penelitian mendasar khususnya pada pengelasan. Hal ini diharapkan agar memperoleh sambungan las yang bermutu tinggi, karena menyangkut keselamatan dan umur pakai dari konstruksi tersebut. Seiring dengan pemakaian sambungan las pada baja karbon yang semakin meningkat, maka teknologi proses yang berkaitan dengan perubahan sifat dan karakteristik memiliki peranan yang tidak kalah pentingnya.

Pengelasan adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah (Soebagyo dkk, 2019). Salah satu bahan logam yang sering digunakan untuk pembangunan konstruksi saat ini adalah baja karbon rendah (Santoso dkk, 2015).

Las listrik merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dan elektroda sebagai bahan tambahannya. Pengelasan las listrik menggunakan pesawat las listrik (SMAW = *Shielded Metal Arc Welding*) banyak digunakan, karena proses pengelasan dengan cara ini disamping menghasilkan sambungan yang kuat juga mudah untuk digunakan. Elektroda jenis E6013 dapat dipakai dalam semua posisi pengelasan, rigi-rigi yang dihasilkan akan sangat halus maka terak yang ada akan mudah untuk dibersihkan dan busurnya dapat dikendalikan dengan mudah (Putri, 2010).

Dalam proses pengelasan SMAW, yang pertama dilakukan adalah pemilihan arus yang tepat, dimana besar kecilnya arus harus sesuai dengan diameter elektroda (Istiqlalayah dan Mufarrih 2016). Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik. Panas yang dihasilkan tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam

sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah (Ahmadil, 2012).

Selain arus, polaritas dan kecepatan pengelasan juga berpengaruh terhadap sifat mekanik keras. Semakin tinggi kecepatan pengelasan maka akan semakin meningkat kekerasan pada daerah base metal (Maret dkk, 2019). Polaritas DC+ menghasilkan kekerasan lebih tinggi jika dibandingkan dengan polaritas DC- (Susetyo dkk, 2019).

Pada penelitian yang dilakukan (Susetyo dkk, 2015) tentang pengaruh variasi kampuh las terhadap kekuatan tarik sambungan las menunjukkan bahwa jenis kampuh X mempunyai nilai kekuatan tarik lebih rendah jika dibandingkan dengan kampuh V. Selain bentuk kampuh, sudut kampuh juga berperan penting terhadap kekuatan tarik, semakin besar sudut kampuh maka akan semakin besar kekuatan tariknya (Sopiyan dan Susetyo, 2017).

Salah satu masalah yang sering terjadi dalam penggunaan baja karbon rendah sebagai bahan dasar konstruksi adalah mempunyai sifat mudah mengalami patahan (Santoso dkk, 2015). Pada penelitian sebelumnya penambahan nikel/carbon terbukti dapat meningkatkan kekerasan deposit las (Syaripuddin dkk, 2019). Selain nikel, krom dapat memberikan pengaruh besar pada bahan paduan, dalam hal ini pada sambungan las. Penambahan unsur krom pada proses pengelasan dapat meningkatkan sifat kekerasan sambungan lasan (Binudi dan Adjiantoro, 2014).

Berdasarkan paparan di atas, perlu adanya penelitian dengan menambahkan krom ke dalam deposit las (kampuh X) menggunakan polaritas DC+ dengan harapan akan meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan pada hasil pengelasan.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen. Metode eksperimen yang dilakukan adalah meneliti pengaruh penambahan krom terhadap kekuatan tarik, nilai kekerasan serta struktur makro sambungan baja karbon

rendah yang didapat dari uji tarik, uji keras dan foto struktur makro.

Penelitian ini dilakukan pada bulan April sampai dengan Desember 2019, tempat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Proses pengelasan, pembuatan kampuh, pembuatan spesimen uji tarik, uji kekerasan dan foto struktur makro dilakukan di Laboratorium Produksi Rumpun Teknik Mesin, Fakultas Teknik - Universitas Negeri Jakarta.
2. Pengujian Kekuatan Tarik dilakukan di Laboratorium Uji Departemen Teknik Metalurgi & Material Universitas Indonesia.
3. Pengujian Kekerasan dan foto struktur makro dilakukan di Laboratorium Material Rumpun Teknik Mesin, Fakultas Teknik - Universitas Negeri Jakarta.

Uraian prosedur penelitian ini dapat dipaparkan sebagai berikut.

Persiapan Alat dan Bahan

Ada beberapa alat yang dibutuhkan agar penelitian ini berjalan dengan baik, yaitu sebagai berikut:

1. Mesin las listrik DC FRO BF 443 tegangan 400/230V.
2. Tang, palu terak, sikat kawat, penggaris, dan gerinda tangan.
3. Mesin Plasma *Cutting*.
4. Mesin Grinding.
5. Amplas 120, 200, 800, 1000, 1500 dan 2000
6. Gelas ukur
7. Alat uji tarik UTM Shimadzu EHP-EB20186838 Kapasitas 20 ton.
8. Alat uji kekerasan vickers hardness tester FV-300e maks 15 kgf.

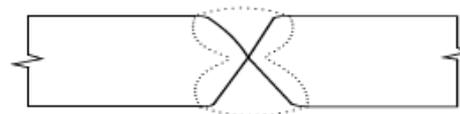
Adapun beberapa bahan yang dibutuhkan untuk menunjang pelaksanaan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah Ukuran 300 mm x 100 mm tebal 100 mm.
2. Elektroda E6013 diameter 3,2 mm dan 2,6 mm.
3. Krom 4 batang (38,3 gram).

Pembuatan Kampuh

Dalam pengelasan terdapat beberapa jenis kampuh las. Pada penelitian yang

dilakukan menggunakan kampuh X seperti gambar 1 untuk mempermudah meletakkan krom dan agar lebih merata distribusi krom.



Gambar 1. Kampuh X

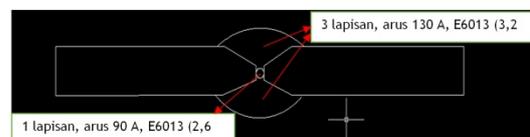
Pembuatan kampuh X dilakukan menggunakan gerinda tangan dengan sudut kampuh sebesar 60°.



Gambar 2. Proses pembuatan kampuh X

Proses Pengelasan

Proses pengelasan dilakukan dengan elektroda E 6013 (diameter 3.2 cm) sebanyak tiga lapis menggunakan arus 130 A dan elektroda E 6013 (diameter 2.6 cm) satu lapis menggunakan arus 90 A. Pengelasan dengan menempatkan pelat sejajar seperti gambar 3 dan diberikan jarak sebesar diameter elektroda (3,2 mm). Semua pengelasan dengan menggunakan polaritas DC+.



Gambar 3. Skema proses pengelasan

Pelat dilas dengan tiga lapisan di setiap sisinya, proses penambahan krom dilakukan dengan cara pelat di las satu lapis menggunakan E6013 diameter 2,6 mm seperti pada gambar 4 kemudian kawat krom diletakkan ditengah pelat tersebut lalu di las.



Gambar 4. Pengelasan dengan penambahan krom

Waktu pengelasan setiap lapisan berbeda-beda sehingga kecepatan pengelasan (waktu dibagi panjang pelat 300 mm) juga berbeda setiap lapisannya. Pelat yang telah di las didinginkan pada suhu ruangan.

Tabel 1. Waktu dan kecepatan pengelasan

Spesimen	Lapisan	Waktu (s)	Kecepatan (cm/s)	Rata-rata Kecepatan (cm/s)
Krom	1	221	0.135	0.147
	2	212	0.141	
	3	218	0.137	
	4	226	0.132	
	5	198	0.151	
	6	160	0.187	
Non	1	167	0.179	0.162
	2	178	0.168	
	3	211	0.142	
	4	197	0.152	
	5	202	0.148	
	6	164	0.182	

Dari data di atas dapat diketahui bahwa proses pengelasan spesimen Non dengan nilai rata-rata kecepatan 0.162 cm/s sedikit lebih cepat dibandingkan dengan proses pengelasan Krom dengan nilai rata-rata kecepatan 0.147 cm/s hal ini dikarenakan dengan adanya penambahan krom maka peleburan pelatnya sedikit lebih lama. Hasil visual lasan dengan penambahan krom (Gambar 5) lebih mengkilap dari pada hasil lasan tanpa penambahan krom (Gambar 6).



Gambar 5. Hasil pengelasan dengan penambahan krom



Gambar 6. Hasil Pengelasan Tanpa Penambahan Krom

Pembuatan Spesimen Uji

Pada penelitian ini ada tiga spesimen uji yang harus dibuat, yaitu spesimen uji tarik, spesimen uji kekerasan, dan spesimen foto struktur makro.

1. Spesimen Uji Tarik

Masing-masing pelat hasil lasan dengan panjang awal 30 cm x 10 cm dengan ketebalan 1 cm, dipotong sesuai dengan standar ESTM E8 type 12,5 sebanyak tiga spesimen masing - masing setiap pelatnya dengan menggunakan plasma *cutting*. Kemudian dihaluskan menggunakan gerinda tangan.



Gambar 7. Proses pemotongan spesimen uji tarik



Gambar 8. Spesimen uji tarik dengan penambahan krom



Gambar 9. Spesimen uji tarik tanpa penambahan krom

2. Spesimen Uji Kekerasan dan Foto Struktur Makro

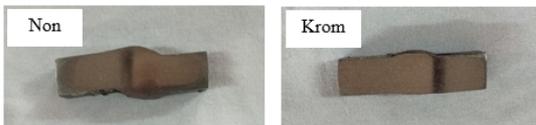
Uji kekerasan dan foto struktur makro menggunakan spesimen uji yang sama, maka cukup membuat 1 spesimen uji untuk masing-masing pelat. Masing-masing pelat hasil lasan dengan panjang awal 30 cm x 10 cm dengan ketebalan 1 cm, dipotong dengan ukuran 4 cm x 1 cm dan tebal 1cm sebanyak 1 spesimen masing-masing setiap pelatnya dengan menggunakan gergaji potong.

Kemudian dihaluskan menggunakan mesin grinding.



Gambar 10. Proses grinding

Proses grinding bertujuan untuk meratakan permukaan sehingga memudahkan untuk proses uji kekerasan dan foto makro struktur. Setelah proses grinding, selanjutnya spesimen uji diampelas bertahap dari nilai kekasaran 200 sampai 2000.



Gambar 11. Spesimen uji kekerasan dan foto struktur makro

Proses Uji Tarik

Jumlah spesimen yang diuji Tarik sebanyak enam spesimen, tiga untuk spesimen Krom dan tiga untuk spesimen Non.

Proses Uji Keras

Jumlah spesimen yang diuji keras sebanyak dua spesimen, satu untuk spesimen Krom dan satu untuk spesimen Non. Jumlah titik yang diuji keras masing - masing spesimen adalah sembilan titik yaitu tiga titik untuk daerah *weld metal*, tiga titik untuk daerah HAZ dan tiga titik untuk daerah *base metal*.

Foto Struktur Makro

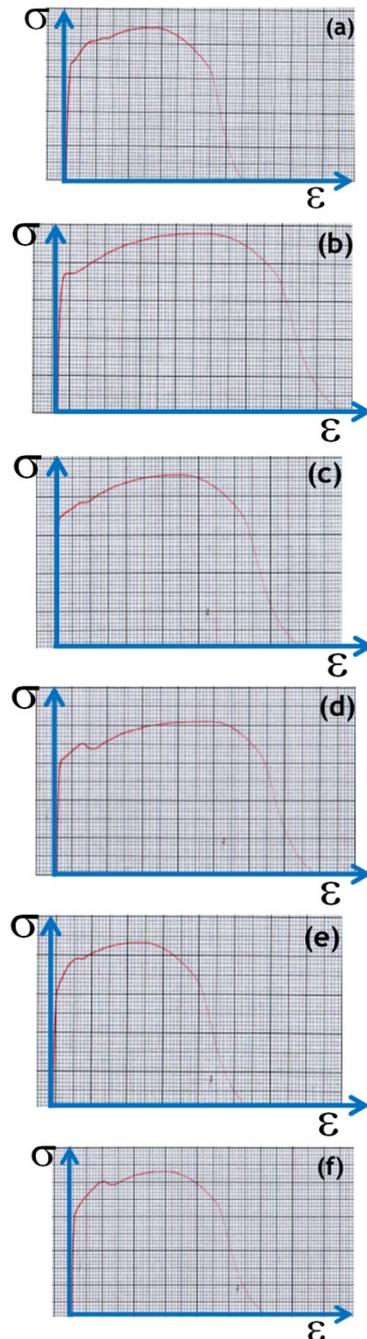
Pada uji foto struktur makro ini spesimen uji di celupkan kedalam cairan alkohol murni sebanyak 97% yang dicampur dengan asam nitrat (HNO₃) sebanyak 3% (Susetyo dkk, 2020). Proses ini di sebut proses etsa. Dari proses etsa kita dapat melihat daerah logam lasan (*weld metal*), daerah HAZ dan daerah logam induk (*base metal*). Untuk selanjutnya dapat dilakukan

foto struktur makro menggunakan kamera digital.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Tarik

Kurva uji tarik dapat dilihat pada gambar 12 sebagai berikut ini:



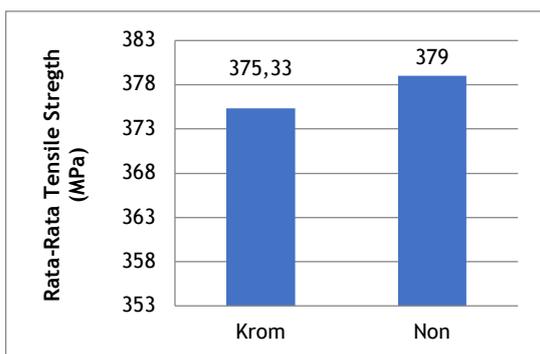
Gambar 12. Kurva *yield strength* dan *tensile strength* hasil uji tarik (a) Krom 1, (b) Krom 2, (c) Krom 3, (d) Non 1, (e) Non 2, (f) Non 3

Dari hasil pengujian tarik didapatkan kurva tegangan regangan seperti pada gambar 12. Batas elastisitas paling tinggi yaitu pada spesimen (b) krom 2, selanjutnya diikuti oleh spesimen (c) krom 3, spesimen (a) krom 1, dan seluruh spesimen non yang mempunyai batas elastisitas hampir sama. Dengan demikian sambungan las dengan penambahan krom mempunyai nilai elastisitas yang lebih tinggi dari pada sambungan las tanpa penambahan krom. Sehingga bisa disimpulkan bahwa sambungan las dengan penambahan krom lebih sulit mengalami deformasi dari pada sambungan las tanpa penambahan krom.

Tabel 2. Hasil Uji Tarik

Material Penambahan	Spesimen	Tensile Strength (MPa)	Rata-rata Tensile Strength (MPa)
Krom	1	372	375.33
	2	382	
	3	372	
Non	1	353	379
	2	402	
	3	382	

Dalam hasil pengujian tarik pada tabel 2, hasil pengelasan spesimen krom mendapatkan hasil rata-rata *tensile strength* dengan nilai sebesar 375.33 MPa. Sedikit lebih kecil jika dibandingkan dengan *tensile strength* hasil pengelasan spesimen non dengan nilai sebesar 379 MPa. Pada tabel 2. nilai rata-rata kekuatan tarik antara spesimen krom dan non, terjadi perbedaan sebesar 3.67 MPa. Perbedaan kekuatan tarik antara spesimen krom dan spesimen non dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Perbandingan hasil uji tarik

Nilai kekuatan tarik E6013 setelah dilaskan adalah 60000 psi atau 413.68 MPa. Sedangkan nilai kekuatan tarik hasil pengujian spesimen dengan penambahan krom dan tanpa penambahan krom adalah 375.33 MPa dan 379 MPa. Nilai kekuatan tarik hasil pengelasan mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena pada pengujian tarik yang telah dilakukan, titik putus yang terjadi pada masing-masing spesimen uji adalah pada daerah *base metal*, maka hal ini menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik yang didapat pada penelitian ini sesungguhnya adalah nilai kekuatan tarik pada *base metal* (375.33 MPa dan 379 MPa).

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Yunus dan Novri, 2013) putus yang terjadi tidak pada daerah lasan (*weld metal*), karena pada pengujian tarik putus yang terjadi adalah pada daerah yang memiliki nilai kekuatan tarik terendah dari spesimen uji. Dengan demikian bisa disimpulkan bahwa kualitas sambungan lasan bagus.



Gambar 14. Spesimen krom setelah diuji tarik



Gambar 15. Spesimen non setelah diuji tarik

Hasil Uji Keras

Pada gambar 16 dapat terlihat titik-titik uji keras pada spesimen krom.



Gambar 16. Titik yang di uji keras pada spesimen krom

Pada gambar 17 dapat terlihat titik-titik uji keras pada spesimen non.



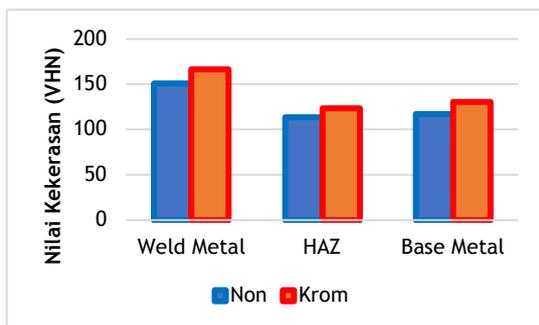
Gambar 17. Titik yang di uji keras pada spesimen non

Pada tabel 3 dapat terlihat hasil uji keras.

Tabel 3. Hasil uji keras

Daerah Uji Keras	Titik Uji Keras	Spesimen (VHN)		Rata-rata (VHN)	
		Non	Krom	Non	Krom
Weld Metal	1	149.6	167.6		
	2	149.6	162.1	150.97	166.8
	3	153.7	170.7		
	4	112.3	120.9		
HAZ	5	113.3	124	113.43	123.83
	6	114.7	126.6		
	7	114.2	132.4		
Base Metal	8	119.4	127.3	116.8	130.2
	9	116.8	130.9		

Pada daerah *weld metal*, nilai kekerasan spesimen krom lebih tinggi (166.8 VHN) dari pada nilai kekerasan spesimen non (150.97 VHN). Pada daerah HAZ, nilai kekerasan spesimen krom lebih tinggi (123.83 VHN) dari pada nilai kekerasan spesimen non (113.43 VHN). Pada daerah *base metal*, nilai kekerasan spesimen krom lebih tinggi (130.2 VHN) dari pada nilai kekerasan spesimen non dengan nilai rata-rata kekerasan (116.8 VHN). Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 18.



Gambar 18. Diagram hasil uji keras

Nilai kekerasan spesimen proses SMAW dengan penambahan krom lebih besar yaitu dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 166.8 HVN pada daerah *weld metal* dari pada spesimen proses SMAW tanpa penambahan krom (non) dengan nilai rata - rata kekerasannya adalah 150.97 HVN. Pada gambar 18 daerah yang memiliki nilai rata-rata kekerasan tertinggi pada masing-masing spesimen adalah daerah *weld metal*. Sedangkan daerah yang memiliki nilai rata-rata kekerasan terendah pada masing-masing spesimen adalah pada daerah HAZ. Semua data menunjukkan fluktuasi kekerasan cenderung menurun pada daerah HAZ dibanding *weld metal*, bahkan ada yang lebih rendah dari *base metal*. Hal ini terjadi karena pada daerah HAZ terkena dampak panas langsung pada saat proses pengelasan tetapi tidak sampai mencair hingga butir-butir fasa membesar. Butir-butir yang membesar akan mempermudah pergerakan dislokasi dan akhirnya menurunkan kekerasan (Affi dan Gunawarman, 2007).

Hasil pengujian kekerasan pada sambungan SMAW pelat baja karbon rendah menggunakan E6013 yang memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu daerah *weld metal* pada spesimen krom dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 166.8 VHN. Dalam hal ini penambahan krom pada proses pengelasan mempunyai pengaruh terhadap nilai kekerasan, dengan persentase penambahan kekerasan sebesar 10,5 %.

Hasil Foto Struktur Makro

Pada uji foto struktur makro ini tujuan utama yang ingin dicapai yaitu mengetahui adanya daerah *weld metal*, daerah HAZ, dan daerah *base metal* pada sambungan material baja karbon rendah masing-masing spesimen.

Pada gambar 19 dan 20 adalah hasil foto struktur makro pada masing-masing spesimen dengan menggunakan kamera digital, terlihat tidak terjadi cacat porositas pada dua spesimen, baik yang ditambah krom maupun tidak. Penambahan krom akan membuat spesimen lebih tahan terhadap korosi. Karena sifat dari krom adalah lebih resistan terhadap korosi jika dibandingkan dengan baja.

Selanjutnya pengamatan struktur makro ini sangat bermanfaat untuk pengambilan data uji keras, karena daerah *weld metal*, HAZ, dan *base metal* lebih terlihat jelas.



Gambar 19. Foto struktur makro spesimen krom



Gambar 20. Foto struktur makro spesimen non

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian pada hasil pengelasan SMAW material baja karbon rendah menggunakan E6013 dengan penambahan krom memiliki kesimpulan, yaitu Nilai kekuatan tarik sambungan las dengan penambahan krom cenderung sedikit lebih kecil dari pada sambungan las tanpa penambahan krom. Tegangan tarik maksimum dan batas elastisitas untuk sambungan las dengan penambahan krom lebih tinggi dari pada sambungan las tanpa penambahan krom. Hal ini menunjukkan penambahan krom pada sambungan las mempunyai pengaruh terhadap sifat mekanik sambungan las.

Penambahan krom pada proses pengelasan terbukti meningkatkan kekerasan. Pada struktur makro, baik spesimen dengan penambahan krom maupun tanpa penambahan krom tidak terjadi porosity.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

A. Ahmadil (2012) 'Pengaruh Besar Arus Temper Bead Welding Terhadap Ketangguhan Hasil Las SMAW Pada Baja ST 37', *Jurnal Media*

Sains, 4(1), pp. 16-24.

- Affi, J. dan Gunawarman (2007) 'Pengaruh Lapisan Oksida Tambahan Pada Struktur Mikro Lasan Baja Karbon Rendah', *Teknika*, 1(28), pp. 1-20.
- Binudi, R. dan Adjiantoro, B. (2014) 'Pengaruh Unsur Ni, Cr dan Mn Terhadap Sifat Mekanik Baja Kekuatan Tinggi Berbasis Laterit', *Majalah Ilmu Dan Teknologi*, 29(1), pp. 33-40. doi: 10.14203/metalurgi.v29i1.269.
- Istiqlalayah, H. dan Mufarrih, A. (2016) 'Analisa pengaruh variasi kuat arus, media pendingin, dan merk elektroda terhadap kekuatan tarik dan distorsi sudut sambungan baja st 37', 11(1), pp. 41-45.
- Maret, R. N., Syaripuddin dan Susetyo, F. B. (2019) 'Pengaruh Kecepatan Pengelasan Mig Pada Pipa SC-80 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Dengan Posisi Pengelasan 1G', *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 4(2), pp. 76-80.
- Putri, F. (2010) 'Analisa pengaruh variasi kuat arus dan jarak pengelasan terhadap kekuatan tarik, sambungan las baja karbon rendah dengan elektroda 6013', *Jurnal austenit*, 2(2), pp. 13-25.
- Santoso, T. B., Solichin, S. dan Trihutomo, P. (2015) 'Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016', *Jurnal Teknik Mesin*, 23(1), pp. 56-64.
- Soebagyo, H., Kusuma, G. C. dan Hernadi (2019) 'Pemeriksaan Sambungan Las Aluminium Pada Struktur Kereta Api Ringan Dengan Metode Non-Destructive Test', *Jurnal ASIIMETRIK*, 1(1), pp. 58-64.
- Sopiyan dan Susetyo, F. B. (2017) 'Pengaruh Besar Sudut Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan GMAW', *Jurnal Kajian Teknik mesin*, 2(2), pp. 99-105.
- Susetyo, F. B. dkk. (2015) 'Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Karakteristik Baja Karbon Rendah Hasil Pengelasan SMAW', *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 2(2), pp. 59-64.
- Susetyo, F. B., Basori, I. dan Maryanto, D. (2020) 'Pengaruh Direct Dan In-Direct Quenching Dengan Media Air Terhadap Kekerasan Hasil Hardfacing Baja Karbon', *Jurnal Asimetri*, 2(2), pp. 125-131.
- Susetyo, F. B., Kholil, A. dan Fatihuddin, M. (2019) 'Efek Polaritas Dan Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Permukaan Hardfacing Baja Karbon Rendah', *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 6(1), pp. 1-5.
- Syaripuddin, Rohma, K. dan Susetyo, F. B. (2019) 'Pengaruh Penambahan Unsur Nikel/ Karbon Pada Deposit Las Elektroda E6013 Terhadap Sifat Mekanik', *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 6(1), pp. 22-29.
- Yunus, Y. dan Novri, M. (2013) 'Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanik Mikro Sambungan Las Baja Tahan Karat AISI 304', *Widya Eksakta*, 1(1), pp. 7-11.