

PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN SMAW PADA SAMBUNGAN LAS BAJA KARBON ASTM A283 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN

Muhammad Rizal Maulana

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhammad.20038@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Proses uji coba pada E-Fosco mengalami beberapa kali kegagalan terutama pada sambungan lasnya pada dudukan pengemudi, sambungan motor listrik dan pijakan stir. Kegagalan diakibatkan banyak gaya yang diterima pada plat baja tidak diimbangi kualitas las yang baik. Perlu dilakukan pengelasan yang sesuai standar AWS diikuti pengujian tarik dan kekerasan pada material baja karbon rendah ASTM A283 Grade C bertujuan meningkatkan kualitas dan keamanan sambungan las. Penelitian ini memvariasikan kuat arus pengelasan SMAW pada sambungan las baja karbon ASTM A283 *Grade C* guna mengetahui pengaruh terhadap kuat tarik dan kekerasannya. Menggunakan elektroda E7018 dengan arus 125 A, 140 A, dan 155 A dengan posisi 1G. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil las baja karbon ASTM A283 *grade C* dengan tebal 6 mm terhadap kekuatan tarik dan kekerasannya. Nilai kekuatan tarik terbesar senilai 486,809 MPa pada arus 155 A dan nilai terendah pada arus 125 A dengan nilai 445,272 MPa. Untuk nilai kekerasan *rockwell C* nya yang terbesar pada daerah weld metal 36,367 HRC pada arus 155 A dan terendah 27,233 HRC pada arus 125 A. Nilai tertinggi pada daerah HAZ didapatkan senilai 25,2 HRC pada arus 155 A dan terendah senilai 20,233 HRC pada arus 125 A.

Kata Kunci: E-Fosco, Variasi Arus, Pengelasan SMAW, Kekuatan Tarik, Kekerasan, ASTM A283 *Grade C*.

Abstract

The testing process on the E-Fosco experienced several failures, especially in the welded joints at the driver's seat, the electric motor connection and the steering wheel base. Failure is caused by the large amount of force received on the steel plate which is not balanced by good weld quality. It is necessary to carry out welding according to AWS standards followed by tensile and hardness testing on ASTM A283 Grade C low carbon steel material with the aim of improving the quality and safety of welded joints. This research varies the SMAW welding current strength in ASTM A283 Grade C carbon steel welded joints to determine the effect on tensile strength and hardness. Using E7018 electrodes with currents of 125 A, 140 A, and 155 A with position 1G. The results of this research showed that there was a significant influence on the welding results of ASTM A283 grade C carbon steel with a thickness of 6 mm on its tensile strength and hardness. The highest tensile strength value is 486,809 MPa at a current of 155 A and the lowest value is at a current of 125 A with a value of 445,272 MPa. The Rockwell C hardness value is the highest in the weld metal area, 36,367 HRC at a current of 155 A and the lowest is 27,233 HRC at a current of 125 A. The highest value in the HAZ area is 25.2 HRC at a current of 155 A and the lowest is 20,233 HRC at a current of 125 A.

Keywords: E-Fosco, current variations, SMAW Welding, Tensile strength, Hardness, ASTM A283 *Grade C*.

PENDAHULUAN

Pada umumnya, kurir roda elektrik atau kadang dikenal dengan *Electric folding scooter (E-Fosco)* dituntut memiliki rancangan rangka yang aman dengan menggunakan baja karena memiliki ketahanan yang lebih (Ajiman, 2022). Selain itu, meningkatkan ketahanan rangka dapat dengan memvariasikan arus ketika proses pembuatan suatu *prototype* karena pada elektroda las sendiri mampu bekerja maksimal ketika diaplikasikan dengan arus yang sesuai (Mulyadi dan Iswanto, 2020).

Baja Karbon rendah sering digunakan untuk baik konstruksi kendaraan, *prototype*, jembatan maupun bangunan (Sampurna & Supervisor Ir Yusuf Kaelani, 2016). Baja karbon rendah salah satunya ASTM A283 *grade C* unggul karena sifatnya yang memiliki kuat tarik pada *raw material* sebesar 380-515 Mpa guna meningkatkan keamanan dan kualitas sambungan dari mesin ini maka metode variasi arus yang termasuk dalam metode taguchi agar meningkatkan nilai kekuatan tarik pada sambungan material (Amir & Tommy, 2017). Penelitian sebelumnya dengan material yang sama

menggunakan variasi arus diluar standar yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan standar AWS (Budiarto *et al.*, 2018).

Uji tarik adalah prosedur yang digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang sifat mekanik logam melalui pengembangan benda kerja pada beban aksial yang besar sehingga benda kerja tersebut putus (Budiarto *et al.*, 2018). Uji kekerasan dilakukan pada sambungan las material ASTM A283 yang akan digunakan untuk rangka dari dudukan mesin, dudukan pengemudi dan juga sambungan pijakan dan stir pada mesin *E-Fosco*. Karena menggunakan baja karbon rendah, yang memiliki sifat yang relatif ringan, lunak, dan kuat, uji kekerasan dilakukan pada mesin E-Fosco (Budiarto *et al.*, 2018).

Berdasarkan pada penelitian sebelumnya tentang variasi arus dengan material pada kelompok yang sama yaitu baja karbon rendah dengan pengujian tarik yang dihasilkan terdapat pengaruh dimana semakin tinggi arus maka semakin tinggi nilai kuat tarik yang dihasilkan (Tarigan & Drastiawati, 2022). Penelitian terbaru memperlihatkan bahwa dengan material sama dengan penelitian ini elektroda E7018 lebih unggul daripada elektroda E309-16 (Helan sar *et al.*, 2020). Sedangkan penelitian lain dengan material sama nilai kekerasan pada kuat arus tertinggi sedangkan nilai uji tarik tertinggi pada variasi kuat arus tengah (Budiarto *et al.*, 2018).

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan memakai penelitian eksperimental (*experimental research*). Pada percobaan ini, peneliti memvariasikan variabel arus pengelasan SMAW pada material ASTM A283 *Grade C* untuk mencari pengaruh pada nilai kuat tarik dan kekerasannya.

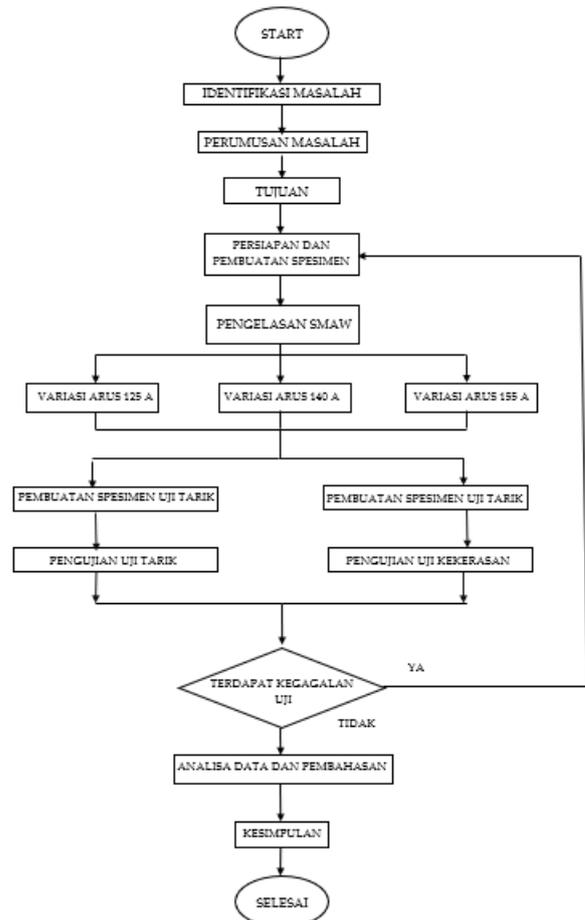
Variabel Penelitian

- Variabel Kontrol
Penelitian ini memakai variabel kontrol material ASTM A283 *grade C* dengan tebal 6 mm, elektroda E7018, posisi pengelasan 1G, Kampuh las *V-Groove* sudut 60°
- Variabel Bebas
Variabel Bebas dalam penelitian ini meliputi variasi kuat arus yaitu 125 A, 140 A, dan 155 A.
- Variabel Terikat
Variabel terikat pada penelitian ini meliputi pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tarik dan juga kekerasan *rockwell C*.

Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan-bahan yang akan dipakai dalam penelitian ini antara lain: ASTM A283 *grade C* dengan tebal 6 mm dan elektroda E7018 berdiameter 3,2 mm.
2. Alat yang dipakai untuk penelitian: Peralatan mesin las dan juga peralatan pembentukan spesimen meliputi mesin frais, mesin scrub, gerinda tangan, busur, jangka sorong, spidol putih, penjepit besi, sikat besi las, gerinda amplas.

Alur Penelitian



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

Prosedur Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan melalui empat tahap, yaitu persiapan bahan, proses pengelasan, pembuatan spesimen, dan pelaksanaan pengujian spesimen. Proses pengelasan berpedoman pada AWS B2.1/B2.1M-BMG:2021, AWS B2.1-1-016:2018 dan AWS A5.1/A5.1M:2012. Sementara untuk pengujian tarik berpedoman pada ASTM E8/EM8, sedangkan untuk uji kekerasan berpedoman pada ASTM E18-20.

• Persiapan Bahan

Material dibeli pada distributor wilayah Surabaya raya, untuk elektroda dibeli melalui *online shop*. pembentukan dan pengelasan menjadi 9 spesimen dengan satu kuat arus memuat 3 spesimen jadi untuk total seluruh spesimen adalah 18 buah dengan masing masing 9 untuk setiap pengujian.

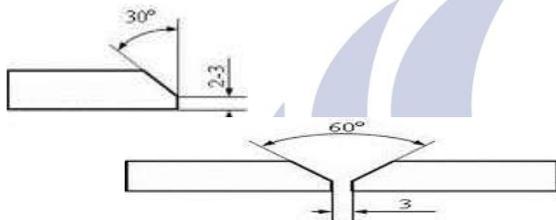
Tabel 1 komposisi pada material ASTM A283 *Grade C*

Elemen	Komposisi Elemen (%)
C	0,26
Mn	0,98
P	0,035

S	0,04
Si	0,24
Cu	0,3

- Proses Pengelasan

Material dan juga elektroda yang sudah dikumpulkan dilanjutkan untuk dilakukan pada proses pengelasan SMAW dengan memvariasikan kuat arus dilaksanakan pada bengkel UD. Sumber Teknik di daerah warugunung, Surabaya. Proses pengelasan meliputi penggabungan dua buah plat ASTM A283 *Grade C* dengan dibuat kampuh terlebih dahulu sesuai dengan rencana yaitu *V-Groove* dengan sudut 60° selanjutnya dilakukan dengan proses pengelasan dengan tiga jenis variasi arus yaitu 125 A, 140 A, dan 155 A lalu didinginkan dengan media udara.



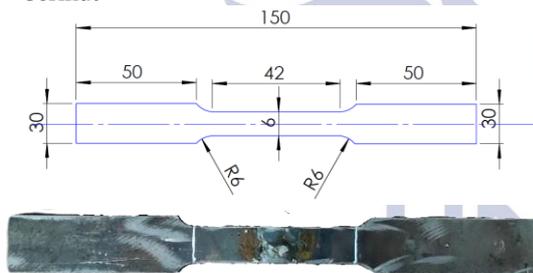
Gambar 2 Sudut pada kampuh (AWS B2.1-1-016-94R)

- Pembentukan Spesimen Uji Tarik dan Kekerasan

Proses pembentukan dilakukan dibengkel UD. Sumber Teknik wilayah Warugunung, Surabaya.

- Spesimen Uji Tarik

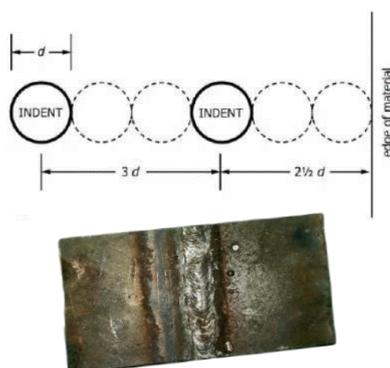
Pada spesimen uji tarik dibentuk dengan pedoman ASTM E8/EM8 dimana bentuk spesimen seperti berikut



Gambar 3 Spesimen Uji Tarik

- Spesimen Uji Kekerasan

Pada spesimen uji kekerasan *Rockwell C* dibentuk juga berdasarkan pedoman ASTM E18-20



Gambar 4 Spesimen Uji Kekerasan *Rockwell C*

- Pelaksanaan Pengujian Spesimen

Untuk pelaksanaan dari pengujian baik uji tarik maupun uji kekerasan dilakukan pada 2 tempat pelaksanaan pengujian.

- Uji Tarik

Pada pengujian tarik sendiri dilakukan di politeknik negeri malang dilakukan dengan membawa 9 buah spesimen uji tarik dengan tambahan 3 spesimen lagi untuk cadangan. dengan rincian masing-masing 3 spesimen untuk setiap variasi arus dan ditambah masing-masing satu buat lagi untuk setiap variasi arus sebagai cadangan. Pada pengujian ini dilakukan perlakuan dimana pada salah satu lengan dispesimen ditarik hingga terputus. Pada uji tarik sendiri berguna untuk mengetahui seberapa kuat sambungan las yang ada dan juga tingkat tegangan dan regangan pada baik sambungan maupun materialnya sendiri.

- Uji Kekerasan Rockwell C

Pengujian ini dilakukan dengan mesin *rockwell hardness test* di Laboratorium pengujian bahan, Gedung A6 jurusan Teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Pada penelitian ini digunakan Rockwell dengan menggunakan penekan berbentuk piramida intan. Dilakukannya pengujian ini guna menentukan tingkat nilai kekerasan pada setiap daerah *base metal*, *weld metal* dan HAZ setelah dilakukan proses variasi kuat arus pengelasan SMAW.

Analisis Data

Analisis data baik data uji tarik dan data uji kekerasan memakai perangkat lunak yaitu dengan Microsoft excel untuk tabel dan grafik dan dilanjutkan dengan SPSS versi 26 untuk Analisa statistika dengan *one way of variance (ANOVA)*.

Pada uji tarik sendiri dilakukan dengan mesin uji tarik dimana pada pengujian ini spesimen diberikan gaya pembebanan dan ditarik pada salah satu sisi pegangan pada spesimen kemudian data disajikan pada tabel dan grafik dengan ditampilkan rata-rata pada setiap variasi arus. Untuk Analisa statistika dilakukan dengan tiga tahapan yaitu dimulai uji normalitas dilanjutkan uji homogenitas dan diakhiri uji *T/ independent sample T test*.

Sementara itu, uji kekerasan rockwell diambil pada jenis *rockwell C* karena Tingkat kekerasan pada raw material tergolong pada *rockwell C*. Untuk Analisa statistika dilakukan dengan tiga tahapan yaitu dimulai uji normalitas dilanjutkan uji homogenitas dan diakhiri uji *T/ independent sample T test*.

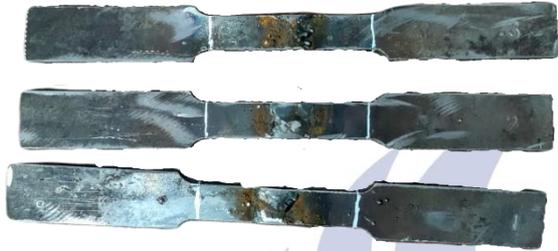
Pembuatan kesimpulan diambil dari data pada tabel dan grafik dilihat secara kasat mata dilanjutkan dengan hasil dari uji statistika dengan meliputi uji normalitas, homogenitas dan uji T untuk menentukan Kesimpulan baik

dari uji tarik maupun uji kekerasan ataupun gabungan dari keseluruhan pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

• **Hasil Data Penelitian Uji Tarik**

Proses pengelasan dimulai dengan pembuatan kampuh lalu pengaturan sudut kampuh dan juga jarak antar plat yang akan disambungkan lalu dilanjutkan dengan proses pengelasan dengan variasi arus yang telah ditentukan dan dilakukan pembentukan spesimen (ASTM E18-20).



Gambar 5 Hasil pembuatan spesimen uji tarik sesuai pedoman ASTM E18-20

Setelah dilakukan pembuatan spesimen maka dilanjutkan pada pengujian tarik dengan syarat menurut ASTM E18-20 bahwa letak putusan dari material harus berada pada daerah *gauge length* dan diluar *weld metal*.

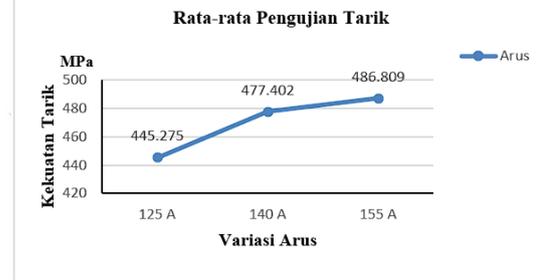


Gambar 6 hasil dari spesimen setelah dilakukan pengujian tarik

Berikut untuk hasil dari pengujian tarik dalam bentuk tabel dan grafiknya seperti dibawah:

Tabel 2 Data Hasil Uji Tarik

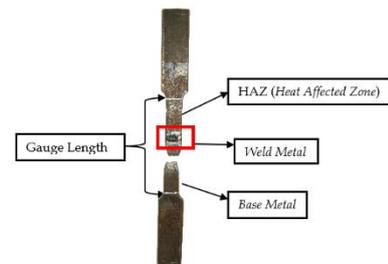
Spesimen	Lebar (b) (mm)	Tebal (d) (mm)	Luas $A_0 = b \times d$ (mm ²)	Beban Tarik Max (M) (Kg)	Kekuatan Tarik Max ($\sigma = P/A_0$) (MPa)	Rata-rata Tegangan Tarik Max (MPa)
125 A	1	10	60	2741,80	447,287	445,275
	2	10	60	2728,20	445,606	
	3	10	60	2710,60	442,731	
140 A	1	10	60	2924,40	477,652	477,402
	2	10	60	2915,60	476,215	
	3	10	60	2928,60	478,338	
155 A	1	10	60	2982,40	487,125	486,809
	2	10	60	2977,20	486,276	
	3	10	60	2981,80	487,027	



Gambar 7 Grafik Data Hasil Uji Tarik

Dilihat dari drafik perbandingan nilai rata-rata yang didapatkan beserta hasil uji tarik dari setiap variasi 125 A, 140 A, 155 A memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik bahan. Rata-rata nilai tarik dari variasi 125 A diperoleh adalah sebesar 445,275 MPa dengan nilai tarik terbesar yaitu 447,287 MPa. Rata-rata nilai tarik dari variasi arus 140 A diperoleh adalah sebesar 477,402 MPa dengan nilai tarik terbesar yaitu 478,338 MPa. Rata-rata nilai tarik dari variasi arus 155 A diperoleh adalah sebesar 486,809 MPa dengan nilai tarik terbesar ada pada spesimen ke 2 yaitu 487,125 MPa.

Dari data dan hasil diagram diatas terlihat bahwa semakin tinggi pengelasan yang digunakan maka semakin tinggi juga kekuatan yang dihasilkan. Hasil pengelasan yang terbaik dilihat semakin besar gaya yang diberikan, karena semakin besar gaya yang diberikan maka material akan semakin fleksibel



Gambar 8 Letak Patahan pada spesimen uji tarik

Terlihat dari hasil pengujian pada tabel 2 kekuatan batuan bervariasi. Dari data penelitian perbedaan arus pengelasan SMAW pada material baja ASTM A283 Grade C menggunakan variasi arus 125 A mempunyai rata-rata kuat tarik 445,275 MPa, variasi arus 140 A mempunyai rata-rata kuat tarik 477,402 MPa dengan

variasi 155 A kuat tarik rata-rata sebesar 486,809 MPa. Diantara ketiga arus tersebut terlihat variasi dari 155 A merupakan nilai terbesar. Dan Tabel 2 menunjukkan bahwa variasi arus mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan listrik material baja ASTM A283 *Grade C*. Hal ini terlihat dari hasil data menggunakan uji T dengan menggunakan *software* SPSS seperti yang dijelaskan pada analisis hasil penelitian kekuatan tarik.

Berdasarkan hasil pengujian, semakin tinggi arus yang digunakan maka semakin tinggi pula nilai kekuatannya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa peningkatan arus akan mempengaruhi nilai kekuatan tarik dari model spesimen. Hal ini berdasarkan yang dilakukan oleh Chairul dkk., (2022), semakin bertambahnya variasi kuat arus las sama dengan nilai kekerasannya, karena seiring berjalannya waktu juga akan dilepaskan energi panas dalam jumlah yang besar. Semakin tinggi arus las, semakin besar masukan panasnya. Masukan panas juga mempengaruhi kinerja metalurgi bahan baku dan logam pengisi (Helan sar *et al.*, 2020). Ini akan terlihat seperti sebuah contoh:

$$HI = \frac{E I 60}{V 1000 \text{ mm}} \text{ (AWS D1.1/D1.1M:2020)}$$

Dimana :

HI = Heat Input (kJ/mm)

E = Tegangan Listrik (Volt)

I = Kuat Arus (A)

V = Kecepatan pengelasan (mm/menit)

Nilai arus sebesar 125 A terlalu rendah karena sulitnya menyambar busur listrik dan ketidakstabilan busur listrik. Oleh karena itu, hasil uji tarik varian 125 A memiliki nilai yang paling rendah daripada variasi arus las lainnya, karena material lebih mudah patah dan kekuatan tarik material lebih rendah.

Nilai arus hambatan 140 A merupakan nilai yang lebih besar dari 125 A tetapi kurang dari 155 A. Pada perbedaan arus sebesar 140 A ini, busur listrik mulai semakin baik. Sebaliknya dengan selisih 155 A, arus yang digunakan menghasilkan percikan busur yang lebih besar dan kombinasi kabel listrik dan udara pelindung cepat dan stabil. Pastikan kawat dan bahan bakunya benar-benar meleleh. Karena bertambahnya kuat arus maka ukuran butir bertambah sehingga jaraknya semakin rapat, daya ikatnya semakin kuat, serta kekuatan dan kekerasannya semakin meningkat (Budiarto *et al.*, 2018). Oleh karena itu terlihat nilai kuat tarik arus 155 A lebih tinggi dibandingkan variasi arus 125 A dan 140 A.

Selain itu terlihat dari hasil pengujian tarik variasi arus 125 A, 140 A dan 155 A rata-rata HAZ (*Heat*

affected Zone) dan juga daerah Base Metal mengalami putus karena HAZ dan Base Metal logam dasar dekat dengan logam selama Proses pengelasan dipengaruhi oleh siklus panas pemanasan dan pendinginan sehingga daerah tersebut merupakan bagian terpenting pada sambungan las karena merupakan sisa tegangan sisa (Tarigan & Drastiawati, 2022). Oleh karena itu, *Base metal* dan HAZ (zona yang terpengaruh panas) memiliki kekuatan material paling rendah akibat efek proses pengelasan, dan uji patah rata-rata terjadi di HAZ (zona yang terpengaruh panas). Nilai kekuatan tarik yang berbeda dari variasi satu dengan yang lainnya selain dipengaruhi oleh *heat input* juga dipengaruhi oleh hasil nilai kekerasan yang mana pada daerah *weld metal* dan HAZ memiliki nilai kekerasan yang meningkat sehingga nilai kelenturan dari *base metal* menjadi yang terlemah dan mengalami penambahan panjang pada daerah *base metal*. Maka dari itu letak putusan dari uji tarik berada didaerah *base metal* yang mana masi berdekatan dengan wilayah HAZ sehingga nilai uji tariknya sendiri memiliki hasil yang berbeda dikarenakan masih terdapat dampak dari besar kuat arus yang digunakan.

• Hasil Data Penelitian Uji Kekerasan

Pada pengujian kekerasan sendiri menggunakan metode *rockwell C* karena yang paling cocok pada material berdasarkan standar AWS yang digunakan.

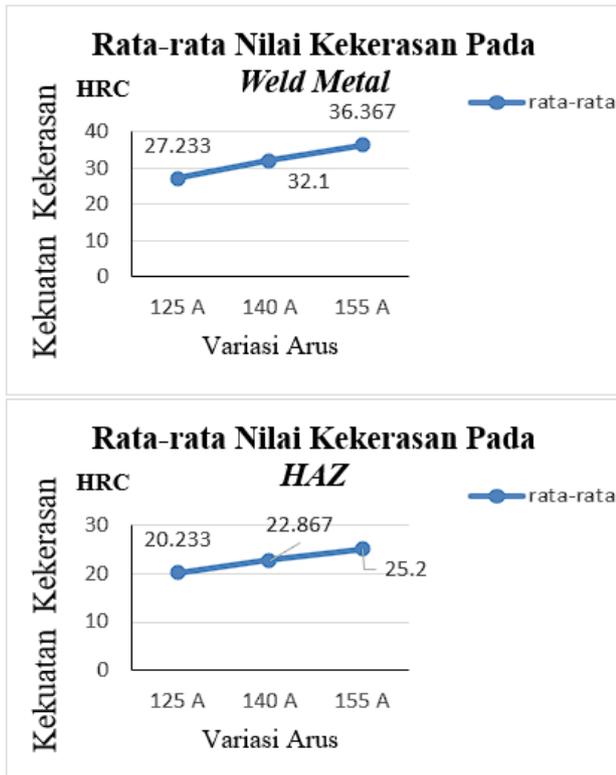


Gambar 9 Pengujian kekerasan *rockwell C*

Berikut adalah tabel dan grafik hasil dari pengujian kekerasan *rockwell C*:

Tabel 3 Hasil pengujian kekerasan *rockwell C*

NILAI KEKERASAN ROCKWELL C						
	Weld Metal		HAZ		Base Metal	
	(HRC)	rata-rata	(HRC)	rata-rata	(HRC)	rata-rata
125 A	27.7	27.23333	20	20.23333	17.1	17.2
125 A	26.1		21		16.8	
125 A	27.9		19.7		17.7	
140 A	31.4	32.1	23.3	22.86667	16.6	16.8
140 A	32.1		22.9		15.7	
140 A	32.8		22.4		18.1	
155 A	37.5	36.36667	25.9	25.2	18.1	17.4
155 A	35.6		25.7		17.8	
155 A	36		24		16.3	
KEDALAMAN TITIK (mm)						
125 A	0.1446	0.145533	0.16	0.159533	0.1658	0.1656
125 A	0.1478		0.158		0.1664	
125 A	0.1442		0.1606		0.1646	
140 A	0.1372	0.1358	0.1534	0.154267	0.1668	0.1664
140 A	0.1358		0.1542		0.1686	
140 A	0.1344		0.1552		0.1638	
155 A	0.125	0.127267	0.1482	0.1496	0.1638	0.1652
155 A	0.1288		0.1486		0.1644	
155 A	0.128		0.152		0.1674	



Gambar 10 Grafik Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell C

Dari hasil data dan diagram diatas dapat ditemukan bahwa semakin tinggi arus pengelasan yang digunakan maka nilai kekuatan kekerasan pada daerah weld metal dan HAZ yang dihasilkan juga akan semakin rendah, namun untuk daerah base metal memiliki pengaruh karena tidak mendapatkan efek dari proses pengelasan. Hasil pengelasan yang baik dilihat dari nilai kekuatan kekerasan yang semakin tinggi pada daerah *weld metal* dan HAZ menggambarkan bahwa baik proses pengelasan maupun kekuatan dari sambungan las tersebut semakin baik. Semakin tinggi nya nilai kekerasan pada daerah weld metal daripada daerah base metal juga menggambarkan bahwa kuat tarik dari material terutama pada sambungan las meningkat.

Diketahui dari hasil pengujian kekuatan kekerasan pada tabel 3 dan gambar 10 memiliki rata-rata kekuatan kekerasan yang berbeda-beda. Dari data hasil penelitian dengan variasi arus pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) pada baja ASTM A283 Grade C dengan pada daerah weld metal menggunakan variasi arus 125 A mempunyai rata-rata kekuatan kekerasan sebesar 27,233 HRC, variasi arus 140 A mempunyai rata-rata kekuatan kekerasan sebesar 32,1 HRC dan variasi arus 155 A mempunyai rata-rata kekuatan kekerasan sebesar 36,367 HRC. Selanjutnya, pada daerah HAZ menggunakan variasi arus 125 A mempunyai rata-rata kekuatan kekerasan sebesar 20,233 HRC, variasi arus 140 A mempunyai rata-rata

kekuatan kekerasan sebesar 22,867 HRC dan variasi arus 155 A mempunyai rata-rata kekuatan kekerasan sebesar 25,2 HRC. Terakhir, pada daerah base metal menggunakan variasi arus 125 A mempunyai rata-rata kekuatan kekerasan sebesar 17,2 HRC, variasi arus 140 A mempunyai rata-rata kekuatan kekerasan sebesar 16,8 HRC dan variasi arus 155 A mempunyai rata-rata kekuatan kekerasan sebesar 17,4 HRC. Dari ketiga variasi arus tersebut difokuskan pada daerah *weld metal* dapat dilihat bahwa variasi arus 125 A memiliki nilai kekuatan kekerasan yang paling besar. Tabel 3 menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan memengaruhi kekuatan kekerasan baja ASTM A283 Grade C. Hasil data dari pengujian *T-test* yang dilakukan dengan *software* SPSS, yang dijelaskan untuk analisis hasil penelitian kekuatan kekerasan.

Berdasarkan hasil uji kekerasan yang diperoleh, semakin tinggi arus yang digunakan semakin kecil nilai kekuatannya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa peningkatan kuat arus mempengaruhi kekuatan kekerasan dari spesimen terutama pada sambungan las. Hal ini sejalan yang dilakukan oleh Chairul dkk., (2022) bahwa variasi arus pengelasan yang semakin meningkat berbanding lurus dengan nilai kekerasan karena arus yang besar akan mengeluarkan energi panas yang besar pula. Hal ini dikarenakan semakin besar arus pengelasan maka semakin besar pula heat inputnya. *Heat input* sendiri berpengaruh pada proses pencairan *raw material* dan logam pengisi (Helan sar *et al.*, 2020). Hal ini sesuai dengan rumus:

$$HI = \frac{E I 60}{V 1000 \text{ mm}} \quad (\text{AWS D1.1/D1.1M:2020})$$

Dimana :

HI = *Heat Input* (kJ/mm)

E = Tegangan Listrik (Volt)

I = Kuat Arus (A)

V = Kecepatan pengelasan (mm/menit)

Nilai kekuatan kekerasan variasi arus 125 A mempunyai nilai yang paling rendah dikarenakan sukarnya penyalan busur listrik dan busur listrik yang tidak stabil. Sehingga hasil uji kekerasan dari variasi 125 A memiliki nilai paling rendah karena material menjadi lebih mudah terkekerasan sehingga energi yang dibutuhkan untuk kekerasan material tersebut lebih kecil.

Nilai kekuatan kekerasan variasi arus 140 A mempunyai nilai yang lebih tinggi dari 125 A tetapi lebih rendah dari 155 A, pada variasi arus 140 A ini penyalan busur listrik sudah lebih baik dan lebih stabil. Sebaliknya dengan variasi 155 A, arus yang digunakan menghasilkan percikan busur yang lebih besar dan peleburan kawat elektroda beserta gas pelindung lebih

cepat dan stabil. Sehingga kawat elektroda dengan *raw material* dapat melebur dengan sempurna. Dengan bertambahnya kuat arus pengelasan, maka ukuran butir makin membesar sehingga jaraknya semakin dekat dan ikatannya menguat serta kekuatan dan kekerasannya meningkat (Hamid, 2016). Jika dibandingkan maka kuat arus 155 A yang paling baik dibandingkan dengan arus 125 A dan 140 A.

Menurut Mulyadi dan Iswanto (2020) Las listrik dengan elektroda karbon dan logam menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas. Busur listrik antara ujung elektroda dan benda kerja dapat mencapai temperatur tinggi, yang dapat melelehkan beberapa bahan dan meningkatkan kekuatan pengelasan.

Hasil pengujian kekerasan variasi arus 125 A, 140 A, dan 155 A menunjukkan kekerasan rata-rata pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*). Ini disebabkan oleh fakta bahwa HAZ adalah daerah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan selama proses pengelasan. Akibatnya, daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) memiliki kekuatan material yang relatif rendah..

PENUTUP

• Simpulan

Untuk kesimpulan pada penelitian ini terdapat dua yaitu:

- Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara variasi arus 125 A, 140 A dan 155 A. Pada arus pengelasan 125 A mendapatkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 445,275 MPa. Pada arus pengelasan 140 A mendapatkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 477,402 MPa. Pada arus pengelasan 155 A mendapatkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 486,809 MPa. Peningkatan arus pengelasan dari 125 A ke 140 A dan 155 A berdampak pada peningkatan kekuatan tarik.
- Hasil pengujian kekerasan rockwell C menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang cukup signifikan antara variasi arus 125 A, 140 A dan 155 A. Pada arus pengelasan 125 A mendapatkan kekuatan kekerasan rata-rata pada daerah weld metal sebesar 27,233 HRC, pada daerah HAZ sebesar 20,233 HRC. Pada arus pengelasan 140 A mendapatkan kekuatan kekerasan rata-rata pada daerah weld metal sebesar 32,1 HRC, pada daerah HAZ sebesar 22,287 HRC. Pada arus pengelasan 155 A mendapatkan kekuatan kekerasan rata-rata pada daerah weld metal sebesar 36,367 HRC, pada daerah HAZ sebesar 25,2 HRC. Peningkatan arus pengelasan dari 125 A ke 140 A dan 155 A berdampak pada peningkatan kekuatan kekerasan sambungan lasnya.

• Saran

Saran pada penelitian ini terdapat 3 yang bisa diambil, yaitu:

- Pada pengelasan disarankan menggunakan arus pada range yang diperbolehkan yaitu 105 – 155 A dan saran arus ada pada 140 A dan 155 A jika ingin mencari nilai kekuatan sambungan las terbaik
- Pada arus pengelasan disarankan pada arus 125 A dan 140 A karena dapat menghemat energi karena hasil pengelasan masih dalam standar material.
- Pada penelitian selanjutnya disarankan dengan variasi arus, kampuh, jenis bahan, PWHT dan ketebalan spesimen yang berbeda serta melakukan pengujian bending dan uji struktur makro atau mikro.

DAFTAR PUSTAKA

- Alief, M., Dani Hari Tunggal Prasetyo, Akbar Anugrah Ikhsani, & Setyo Pambudi. (2021). Peningkatan Kekuatan Tarik Sambungan single V-Groove baja St37 Dengan Variasi Arus Pengelasan SMAW. *158*, 688–695.
<https://doi.org/10.1016/J.Procs.2019.09.104>
- American Welding Society. (N.D.-A). *Ansi/Aws B2.1-1-201-96 (2007) Swps For Smaw Of Carbon Steel (M-1/P-1/S-1, Group 1 Or 2), 1/8 Through 3/4 Inch Thick, E6010 (Vertical Uphill) Followed By E7018 (Vertical Uphill), As Welded Condition*.
- American Welding Society. (N.D.-B). *Aws A5.1/A5.1m:2012 Specification For Carbon Steel Electrodes For Shielded Metal Arc Welding*.
- American Welding Society. (N.D.-C). *Aws Astm E18-20: Standard Test Methods For Rockwell Hardness Of Metallic Materials*.
- American Welding Society. (N.D.-D). *Aws E8/E8m-09 Standard Test Methods For Tension Testing Of Metallic Materials*.
https://doi.org/10.1520/E0008_E0008m-09
- American Welding Society. (2021). *Aws B2.1/B2.1m-Bmg:2021 Base Metal Grouping For Welding Procedure And Performance Qualification*.
www.copyright.com
- Brain Samuel Suranta Tarigan, & Novi Sukma Drastiawati. (2022). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekuk Pada Baja St 37. *Jurnal Teknik Mesin*, *10*(03), 119–124.
- Budiarto, Turnip, K., & Hantariksa. (2018). *The Effect Of Current Gouging Arc Welding Analysis Of A283 Gr C Steel To The Tensile Strength, Hardness And Microstructure*. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, *420*(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/420/1/012055>
- Chairul, N., Irzal, Mulianti, & Nurdin, H. (2022). *Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Smaw Pada Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda E-7018* (Issue 2).
<https://doi.org/https://doi.org/10.24036/Vomek.V4i4.470>
- Hamid, A. (2016). *Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan*. 7.

- Helan Sar, M., Sabah Barrak, O., Shakir Al-Adili, A., Khammass Hussein, S., & Khammass Hussein, A. (2020). *Study The Effect Of Filer Material On Microstructure Of Welding The Carbon Steel In Shielded Metal Arc Welding*. In *Journal Of Mechanical Engineering Research And Developments* (Vol. 43, Issue 3).
- Huda Kholif Rahman, & Suntoyo. (2021). Pengaruh Arus Smaw Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impak Baja Konstruksi Iwf Jis G3101 Ss400.
- Jalil, S. A., Husna, A., & Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe Jl Banda Aceh-Medan Km, J. (2017). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Pada Proses Pengelasan SMAW (Vol. 15, Issue 2).
- Junaidi, & Din Aswan Ritonga. (2019). Kekerasan Material Baja Karbon Rendah Dengan Metode Rockwell. *Jurnal Simetri Rekayasa*, 01(02), 94–100.
- Mulyadi, & Iswanto. (2020). *Teknologi Pengelasan* (M. M. Dr. Ir. Jamaaluddin, Ed.). Umsida Press.
- Nafi, M., Sulistyono, D., Mufti, M., & Ruseno, D. (2022). Analisa Kekerasan Rockwell Dan Metalografi Hasil Pwht Pada Pengelasan SMAW Baja St41 Dengan Variasi Temperatur Dan Waktu Tahan. 8(1).
- Purnama, A. (2020). Studi Eksperimental Perbandingan Hasil Pengelasan Model Smaw Dan Gtaw Terhadap Kekuatan Tarik Material Baja St 37.
- Sampurna, W., & Supervisor Ir Yusuf Kaelani, A. (2016). *Experimental Study Tempering Process For Surface Hardening And Wear Estimation*.
- Santoso, J. (2006). Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las Smaw Dengan Elektroda E7018.
- Setiawan, H. (2019). Studi Eksperimental Perbandingan Hasil Pengelasan Model Smaw Dan Gtaw Terhadap Kekuatan Tarik Material Baja St 37.
- Siswanto, R. (2018). Buku Ajar Teknologi Pengelasan Hmkb791. Universitas Lambung Mangkurat.
- William D. Callister, Jr., & David G. Rethwisch. (2017). *Material Science And Engineering Tenth Edition* (10th Ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Yusuf, M. A. (2016). Pengaruh Kebakaran Temperatur 700°c Dan 900°c Terhadap Perubahan Kekerasan Dan Keuletan Pada Pengelasan Material Sa 36 Dengan Menggunakan Metode SMAW.
- Zulfandy, D. (2019). Analisa Uji Kekerasan Pada Material Baja St37 Setelah Mengalami Perlakuan Panas *Annealing*.