

PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN FCAW BAJA ASTM A36 TERHADAP KEKERASAN

Vio Krestanto

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: vio.19008@mhs.unesa.ac.id

Tri Hartutuk Ningsih

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

Abstrak

Baja astm a36 adalah baja karbon rendah dan banyak digunakan pada proses pembuatan industri besar, seperti kapal, rel kereta api, dan konstruksi manufaktur. Adapun fcaw adalah metode sambungan las yang lebih efektif dan sering digunakan pada industri besar, karena tidak perlu sering mengganti kawat las, elektroda kawat berbentuk gulungan yang panjang. Pada proses sambungan lambung kapal diwajibkan tukang las menyambungkan material dengan baik, pemilihan metode las dan parameter masukan harus diperhatikan sebelum proses pengelasan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui variasi arus terbaik yang ditinjau dari kekuatan kekerasan pada hasil pengelasan fcaw baja astm a36. Variasi arus yang digunakan meliputi 100A, 120A, dan 140A. Adapun hasil kekerasan meliputi arus 140 A sebesar 96,31 Kgf pada daerah pengelasan, 95,61 Kgf pada daerah logam yang bersentuhan, dan 87,92 Kgf pada material, arus 120 A sebesar 96,31 Kgf pada daerah pengelasan, 95,61 Kgf pada daerah logam yang bersentuhan, dan 87,92 Kgf pada material, dan arus 100 A sebesar 96,31 Kgf pada daerah pengelasan, 95,61 Kgf pada daerah logam yang bersentuhan, dan 87,92 Kgf pada material. Hasil kekuatan kekerasan tertinggi pada ketiga variasi arus adalah arus 140 A karena penembusan yang baik dan memiliki hasil sifat mekanik yang baik.

Kata Kunci: fcaw, astm a36, sifat mekanik

Abstract

ASTM A36 steel is low carbon steel and is widely used in large industrial manufacturing processes, such as ships, railways and manufacturing construction. FCAW is a more effective welding connection method and is often used in large industries, because there is no need to frequently replace the welding wire, the wire electrode is in the form of a long roll. In the ship hull connection process, welders are required to connect the materials well, the selection of welding methods and input parameters must be considered before the welding process. The current variations used include 100A, 120A, and 140A. The hardness results include a current of 140 A of 96.31 Kgf in the welding area, 95.61 Kgf in the metal contact area, and 87.92 Kgf in the material, a current of 120 A of 96.31 Kgf in the welding area, 95.61 Kgf in the metal contact area, and 87.92 Kgf in the material, and a 100 A current of 96.31 Kgf in the welding area, 95.61 Kgf in the metal contact area, and 87.92 Kgf in the material. The highest hardness strength results in the three current variations are 140 A due to good penetration and good mechanical properties.

Keywords: fcaw, astm a36, mechanical properties

PENDAHULUAN

Pada bagian sisi kapal sering mendapatkan tekanan air yang mudah terjadi gesekan sehingga material ASTM A36 memiliki sifat mekanik yang baik untuk digunakan pada struktur lambung kapal karena diharuskan plat pada lambung kapal harus memiliki kekuatan kekerasan sebesar 90-100 Kgf (PPNS, 2015).

Beberapa metode pengelasan yang sering digunakan dalam berbagai industri besar seperti pengelasan pada sambungan lambung kapal salah satunya adalah metode pengelasan *Flux Cored Arc Welding (FCAW)* (PPNS, 2015).

Penambahan variasi arus dengan memperhitungkan range standar agar mendapat nilai yang valid untuk pengelasan *FCAW* terhadap standar kekuatan tarik material ASTM A36, dan menambah uji destructive selain uji tarik tetapi dengan mempertimbangkan spesifikasi antara gesekan air dan 2 udara terhadap *sheer strake* agar dapat menguji performa dalam pengelasan material (Khoiruman, 2022).

Banyak penelitian telah melakukan *pengelasan Flux Cored Arc Welding*, Namun sejauh ini hanya ada sedikit penelitian tentang hubungan variasi arus dan beberapa parameter pengelasan dengan sifat mekanik (kekuatan tarik, kekerasan) dan jarang pula yang meneliti proses

pengelasan tersebut dengan metode *Non Destructive Test* (Proses Pengujian Tanpa Merusak *NDT*) (Robutech, 2021).

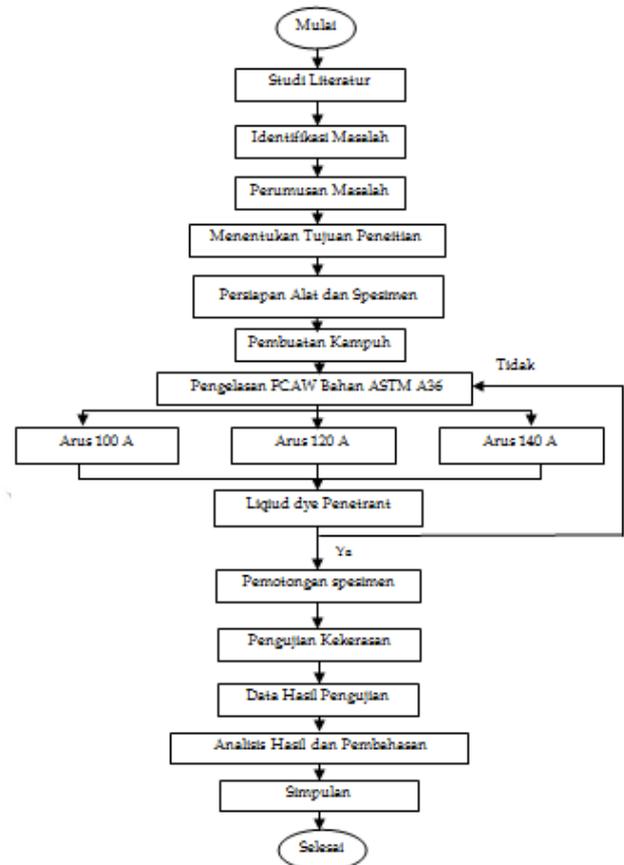
Dalam proses pengelasan material ASTM A36 menggunakan kawat las berbahan *FCAW E71T-1-1*. Proses inspeksi dan uji sifat mekanik dapat dilakukan dengan metode *Liquid dye Penetrant Tes NDT (Non Destructive Test)* dan *DT (Destructive Test)* berupa uji kekerasan, karena pada uji kekerasan akan mengetahui nilai tekan pada logam, logam las dan daerah *HAZ*. Uji kekerasan memiliki beberapa *requirement* untuk klasifikasi baja, jika baja karbon rendah maka menggunakan *rockwell* tipe B, baja karbon sedang dan tinggi menggunakan tipe C hingga D atau lebih efisien menggunakan *vicker* dan *brinell* (Robutech, 2021b).

Penelitian ini membahas tentang pengaruh variasi arus pengelasan *Flux Cored Arc Welding (FCAW)* terhadap sifat mekanik (kekuatan tarik) dan uji kekerasan. Proses Pengelasan akan menggunakan *FCAW Flux Cored Arc Welding* dengan tambahan gas CO_2 , jenis sambungan *butt joint*, kampuh *V-Groove include angle 60°*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui variasi arus yang paling terbaik dari arus 100 A, 120 A, dan 140 A dengan meninjau dari *destructive test (DT)* yang meliputi nilai uji kekerasan.

METODE

Jenis metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen. Variabel bebas penelitian ini adalah variasi arus 100 A, 120 A, dan 140 A. Variabel terikat penelitian ini adalah hasil uji kekerasan pada pengelasan fcaw. Adapun variabel kontrol penelitian ini adalah kawat elektroda las menggunakan fcaw e71T-1 diameter 1,2 mm. Tempat pelaksanaan penelitian berada di politeknik negeri madura untuk pengelasan dan *liquid dye penetrant test*, dan universitas negeri surabaya untuk uji kekerasan. Proses penelitian ini dengan cara menguji dan mengetahui adanya pengaruh dan tidaknya antara variasi arus pengelasan fcaw bahan astm a36 terhadap uji kekerasan.

Pengelasan menggunakan standar prosedur wps penelitian terdahulu, uji kekerasan menggunakan standar ASTM E18 *rockwell* tipe B karena objek penelitian menggunakan material baja berkarbon rendah ASTM A36 (ASTM E18, 2015).



Gambar 1. Diagram alir penelitian Adapun langkah-langkah yang dilakukan selama penelitian adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan studi literatur penelitian, mengidentifikasi permasalahan penelitian, merumuskan permasalahan penelitian, dan menentukan tujuan penelitian.
- Mempersiapkan alat dan bahan
 - Alat dan instrument penelitian ini adalah:
 - Penggaris dan jangka sorong untuk mengukur spesimen.
 - Mesin las fcaw hyundai untuk mengukur besar kecilnya arus pengelasan fcaw.
 - Liqid dye penetrant untuk mengetahui hasil setelah proses pengelasan.
 - Gerinda tangan untuk memotong dan menghaluskan spesimen.
 - Mesin milling untuk pemotongan spesimen uji kekerasan.
 - Kamera ponsel untuk melakukan dokumentasi pengelasan dan pengujian.
 - Mesin uji kekerasan *rockwell* b untuk proses uji kekerasan.

Bahan penelitian ini adalah:

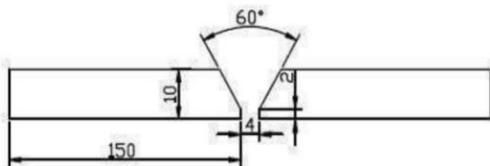
- Baja karbon ASTM A36 ketebalan 10mm, panjang 400 mm dan lebar 300 mm.
- Menyiapkan elektroda kawat las E71T-1.



Gambar 2. Elektroda hyundai dcep E71T-1

Kawat elektoda E71T-1 berdiameter 1,2 mm dengan berat bersih 15 Kg.

- Proses pembuatan kampuh



Gambar 3. Desain kampuh *butt joint V-Groove*
 Pembuatan kampuh menggunakan sambungan *butt joint v-groove* 60° dengan ketebalan 10 mm. Material dengan panjang 400 mm dan lebar 300 mm. Dengan satu plat dibagi menjadi 2 dan diperoleh panjang 400 mm dan lebar 150 mm. Dengan mengacu pada WPS (*welding procedure specification*).

- Proses pengelasan fcaw



Gambar 4. Proses pengelasan fcaw

Proses pengelasan fcaw meliputi cara sebagai berikut:

- Tack welding untuk membuat lasan atau sambungan pendek.
- Memberi masukan panas dengan variasi arus 100 A, 120 A, dan 140 A sesuai dengan masing-masing plat ASTM A36 yang telah terbentuk kampuh.
- Welder membaca prosedur pengelasan pada WPS (*Welding Procedur Specification*).

Tabel 1. *Welding procedure specification*

Proses	Filler Metal		Current		Voltage (V)	Travel Speeds (mm/min)	Thickness (mm)	Joint Type
	Electrode Type	Wire Type	Polarity & Type	Ampere (A)				
FCAW	E71T-1	Ø1.2	DCEP	100-150	25	4-5	10	Butt Joint V-Groove 60°

WPS digunakan oleh tukang las atau tukang las sebagai acuan untuk pelaksanaan pekerjaan las (sambungan las) yang benar (Wirjosumarto & Okumura, 1996).

- Proses uji *liquid dye penetrant*

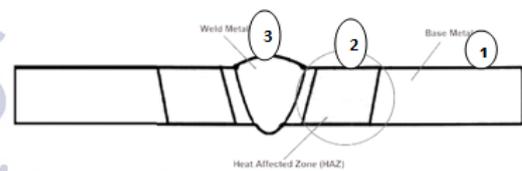


Gambar 5. *Liquid dye penetrant test*

Proses pengujian liquid dye penetrant diwajibkan bagi setelah pengelasan fcaw, karena tingkat porositas yang tinggi akibat adanya sedikit udara jika proses pengelasan tidak baik. Adapun cara sebagai berikut:

- Bersihkan spesimen dengan cleaner.
- Semprotkan liquid dye penetrant.
- Semprotkan cairan developer sebagai penutup.
- Lalu perhatikan adanya atau tidaknya cacat pada sepsimen yang telah melakukan proses pengelasan. Jika benda memiliki cacat maka harus direpair.

- Pembuatan spesimen uji kekerasan



Gambar 6. Daerah uji kekerasan

Adapun pembuatan specimen uji kekerasan dengan menggunakan pemotongan 100 mm bahan dan dibagi menjadi 3 spesimen. Ketiga spesimen diberi area titik masing-masing tiga kali pembebanan pada daerah logam, daerah las, dan daerah HAZ.

- Proses pengujian tarik dan kekerasan.



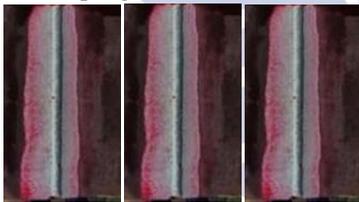
Gambar 7. Proses uji kekerasan

Setelah melakukan pembuatan spesimen maka material siap diujikan dengan instrument penelitian yaitu mesin uji tarik, dan mesin uji kekerasan *rockwell* b. Adapun proses adalah Uji *rockwell* dilakukan 2 kali. Langkah pertama identor diberikan beban minor sebesar 10 Kg untuk menempatkan benda uji pada kondisi 1, dilanjutkan dengan pemberian beban mayor atau kondisi 2 dan secara langsung kedalaman lekukan akan tertekan dan terinterpretasi hasilnya. Titik berada dalam 3 Minor load berada pada area logam las, dan kedua kalinya dititik HAZ. Setelah mengalami penekanan maka di ulang pada beban mayor pada daerah logam induk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Liquid Dye Penetrant Test

Berikut hasil liquid dye penetrant test pada masing-masing variasi arus pengelasan fcaw

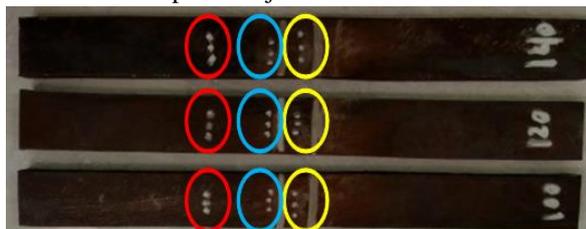


Gambar 8. Hasil liquid dye penetrant test

Dari gambar 8 diperoleh hasil yang baik pada *non destructive test* dengan metode *liquid dye penetrant test* dan tidak ada cacat pada proses pengelasan.

Hasil Uji Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan tipe rockwell dengan identor tipe B, karena baja ASTM A36 merupakan baja karbon rendah..



Gambar 9. Hasil uji kekerasan

Berdasarkan hasil uji kekerasan pada gambar diatas dengan tiga kali pembebanan pada daerah masing-masing pengelasan, hal ini menunjukkan bahwa pengelasan fcaw

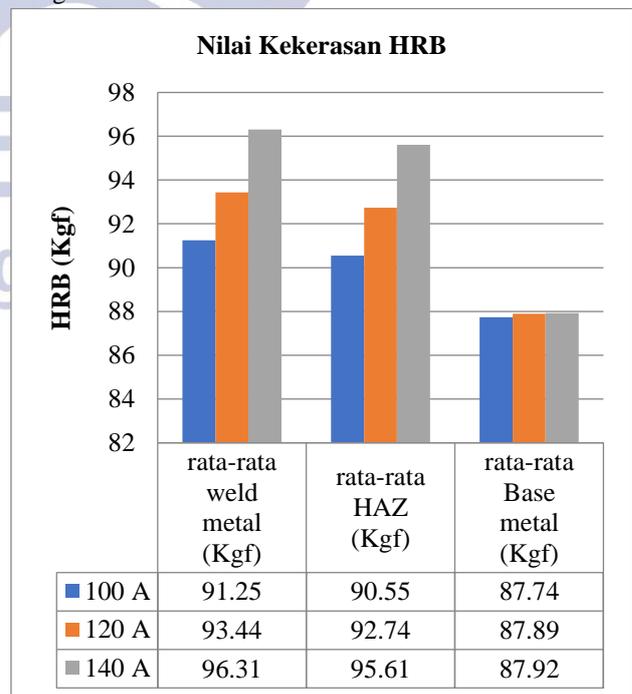
dilakukan dengan baik dan material baja ASTM A36 mengalami pembebanan dengan ketangguhan yang baik. Adapun warna kuning, biru, dan merah sebagai penanda daerah titik pembebanan. Warna kuning adalah *weld metal*, warna biru adalah *HAZ*, dan warna merah adalah *base metal*.

Berikut hasil uji kekerasan di universitas negeri surabaya dengan nilai beban dalam bentuk kilogram force (Kgf) yang ada dibawah ini:

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan

Arus	Titik Pembebanan	Weld Metal (Kgf)	HAZ (Kgf)	Base Metal (Kgf)
100A	1	91,9	91,10	87,08
	2	90,87	90,27	88,96
	3	91,00	90,30	87,20
	Rata-rata	91,25	90,55	87,74
120A	1	94,00	93,20	87,10
	2	92,78	92,96	89,27
	3	93,56	92,08	87,30
	Rata-rata	93,44	92,74	87,89
140A	1	97,00	96,20	87,54
	2	95,33	95,90	87,20
	3	96,60	94,73	89,02
	Rata-rata	96,31	95,61	87,92

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan yang diperoleh dan diperhitungkan pada tabel diatas, maka data akan disajikan dalam bentuk grafik agar dapat dengan mudah menganalisa data tersebut.



Gambar 10. Grafik uji kekerasan

Hasil kekerasan pada setiap pengujian membuktikan adanya perbedaan yang signifikan. Sambungan las FCAW baja karbon rendah ASTM A36 dengan menggunakan variasi arus 100 A mempunyai rata-rata kekerasan pada *weld metal* sebesar 91,25 Kgf, rata-rata pada *HAZ* sebesar 90,55 Kgf dan rata-rata pada *base metal* sebesar 87,74 Kgf. Sambungan las FCAW baja karbon rendah ASTM A36 dengan menggunakan variasi arus 120 A mempunyai rata-rata kekerasan pada *weld metal* sebesar 93,44 Kgf, rata-rata pada *HAZ* sebesar 92,74 Kgf dan rata-rata pada *base metal* sebesar 87,89 Kgf. Sambungan las FCAW baja karbon rendah ASTM A36 dengan menggunakan variasi arus 140 A mempunyai rata-rata kekerasan pada *weld metal* sebesar 96,31 Kgf, rata-rata pada *HAZ* sebesar 95,61 Kgf dan rata-rata pada *base metal* sebesar 87,92 Kgf.

Pembahasan

Analisis Statistik Uji Kekerasan

Uji statistik pada hasil pengujian kekerasan menggunakan metode *one way* (Analisa data satu jalur) *analisis of variance* (Anova) dengan cara mengakumulasikan data hasil eksperimen dengan normal, mendistribusikan data dengan normal, data mengandung unsur kesamaan, dan mencari nilai signifikansi agar dapat mengetahui ada atau tidaknya pengaruh variabel bebas penelitian terhadap variabel terikat penelitian. Nilai signifikansi mempunyai syarat 95% atau 0,05 pada toleransi batas nilai penelitian. Adapun syarat untuk mencari nilai signifikan dimana untuk memperoleh pendistribusian dan kesamaan data nilai signifikansi data > 0,05, berbeda dengan mencari pengaruh nilai signifikansi variabel bebas terhadap nilai variabel terikat maka nilai signifikansi ≤ 0,05 (Clarke, 2008).

Berikut hasil analisis statistik pengujian kekerasan *rockwell b* berdasarkan bantuan dari *software* spss versi 16:

Tabel 3. Normalitas uji kekerasan

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai uji kekerasan	.120	9	.200 [*]	.936	9	.539

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Pada uji normalitas diperlukan syarat nilai signifikan > 0,05. Pada tabel diatas menunjukkan nilai signifikan di dapat pada tabel shapiro wilk dengan .539 atau 0,539 %. Maka nilai signifikan 0,539 > 0,05. Jadi data uji kekerasan terdistribusi secara normal dan boleh dilanjutkan dengan uji homogenitas.

Tabel 4. Homogenitas uji kekerasan

Test of Homogeneity of Variances

Nilai uji kekerasan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.337	2	6	.727

Pada uji homogenitas diperlukan syarat nilai signifikan > 0,05. Pada tabel 4.4 nilai signifikan didapat pada kolom Sig. sebesar .727 atau 0,727. Maka nilai signifikan 0,727 > 0,05. Jadi data uji kekerasan sama dan memenuhi syarat homogenitas. Maka dilanjutkan uji *anova one way*.

Tabel 5. *One way anova* uji kekerasan

ANOVA

Nilai uji kekerasan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	38.416	2	19.208	34.868	.000
Within Groups	3.305	6	.551		
Total	41.722	8			

Pada uji *one-way anova* diperlukan syarat nilai signifikan ≤ 0,05. Pada tabel diatas menunjukkan nilai signifikan didapat pada kolom sig. sebesar .000 atau 0. Maka nilai signifikan 0 ≤ 0,05. Jadi pada uji menunjukkan ada pengaruh signifikan antara besar arus terhadap nilai uji kekerasan. Adapun proses selanjutnya dengan mencari signifikansi masing-masing penambahan atau penurunan variasi arus menggunakan metode *tukey one way anova*.

Tabel 6 . Tukey one way anova

Multiple Comparisons

Nilai uji kekerasan

Tukey HSD

(I) Arus. pengelasan	(J) Arus. pengelasan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
100A	120A	-2.29000 [*]	.60602	.021	-4.1494	-.4306
	140A	-5.05333 [*]	.60602	.000	-6.9128	-3.1939
120A	100A	2.29000 [*]	.60602	.021	-.4306	4.1494
	140A	-2.76333 [*]	.60602	.009	-4.6228	-.9039
140A	100A	5.05333 [*]	.60602	.020	3.1939	6.9128
	120A	2.76333 [*]	.60602	.009	.9039	4.6228

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Metode tukey one way anova dapat mengetahui ada atau tidaknya pengaruh variabel bebas penelitian terhadap variabel terikat penelitian dengan cara proses penambahan atau pengurangan variabel bebas penelitian, syarat dalam mencari nilai signifikansi adalah 95% toleransi atau 0,05 dari hasil penelitian dengan nilai signifikansi ≤ 0,05.

Pada tabel diatas menunjukkan hasil signifikansi $\leq 0,05$. Adapun cara melihatnya sebagai berikut:

Kolom signifikansi .021 dan .000 pada arus 100 A naik pada arus 120 A dan 100 A naik pada arus 140 A, dan kolom signifikansi .020 dan .009 pada arus 140 turun pada 100 A, dan 140 turun pada 120 A. Angka signifikansi menunjukkan kurang dari 0,05, maka variabel bebas penelitian ini mempengaruhi variabel terikat penelitian. Jadi besar arus 100 A, 120 A, dan 140 A pengelasan fcaw berbahan plat baja karbon rendah ASTM A36 mempengaruhi nilai uji kekerasan

Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan pada daerah pengelasan baja karbon rendah ASTM A36 pada proses pengelasan FCAW dengan menggunakan variasi arus 100A, 120A, dan 140A. Adalah sebagai berikut :

- Variasi arus 100A memiliki rata rata pembebanan kekerasan sebesar 87,74 Kgf pada daerah *basemetal*, 120,55 Kgf pada daerah HAZ, dan 91,25 Kgf pada daerah *weld metal*.
- Variasi arus 120A memiliki rata rata pembebanan kekerasan sebesar 87,89 Kgf pada daerah *basemetal*, 92,74 Kgf pada daerah HAZ, dan 93,44 Kgf pada daerah *weld metal*.
- Variasi arus 140A memiliki rata rata pembebanan kekerasan sebesar 87,92 Kgf pada daerah *basemetal*, 95,61 Kgf pada daerah HAZ, dan 96,31 Kgf pada daerah *weld metal*.

Nilai uji kekerasan arus 140 A memperoleh nilai rata-rata paling tinggi dengan 96,31 Kgf pada daerah *weld metal* karena proses penambahan arus optimum masih dalam standar range yang ditentukan oleh welding procedur specification dan penembusan las ke logam sangat baik. Penembusan logam terjadi dengan matang pada area akar las atau disebut *root*, lalu logam panas kawat las menembus isi dari akar las yang disebut *filler*, dan kawat logam panas mencair sempurna menutup permukaan las atau disebut *capping* (PPNS, 2015).

Semakin besar arus maka menaikkan kekuatan kekerasan pada sambungan logam las FCAW baja ASTM A36 karena penembusan las yang baik dapat dilakukan dengan memadai standar pemilihan kawat elektroda las dan merangkai arus pengelasan yang setara atau lebih dari parameter kawat elektroda las (PPNS, 2015).

Berdasarkan dukungan dari penelitian sebelumnya (Gunawan, 2017). Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah hasil penelitian rata-rata nilai kekerasan tertinggi pada sambungan las plat baja ASTM A36 terdapat pada arus 130 A sebesar 78,50 Kgf pada *weld metal*, 74,90 Kgf pada HAZ, dan 76,00 Kgf pada *base metal* sedangkan

rata-rata nilai kekerasan terendah terdapat pada arus 70 A sebesar 77,00 Kgf pada *weld metal*, 73,86 Kgf pada HAZ, dan 68,98 Kgf pada *base metal*. Menambah besar arus berpengaruh terhadap hasil pengujian kekerasan. Semakin besar arus maka menaikkan nilai kekerasan pada daerah pengelasan SMAW baja ASTM A36.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian yang telah dilakukan dan evaluasi data serta dilakukan pembahasan pengaruh variasi arus pengelasan FCAW terhadap kekuatan kekerasan baja karbon rendah ASTM A36, maka terdapat pengaruh yang signifikan pada penambahan arus pengelasan fcaw terhadap nilai kekerasan. Adapun proses penambahan arus harus dalam parameter yang ditetapkan.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menambahkan metode pengelasan dengan metode bahan material plat atau disebut pengelasan *dissimilar*, agar hasil dapat dibandingkan. Adapun saran bagi penelitian selanjutnya adalah menambahkan merubah ukuran kawat las pengelasan fcaw, menambah variasi arus pengelasan fcaw dan wajib memperhatikan parameter spesifikasi kawat las yang sudah ditetapkan oleh standar.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM E18. (2015). *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*.
- Clarke, B. (2008). *Linear Models: The Theory and Application of Analysis of Variance*. <https://doi.org/10.1002/9780470377994>. Canada : simultaneously Canada.
- Gunawan, E. (2017). *Analisa Pengaruh Perubahan Parameter Arus Pada Pengelasan Material Plat Astm A36 Terhadap Sifat Mekanik Dengan Pengelasan Smaw*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo.
- Khoiruman. (2022). *Pengaruh Variasi Heat Input Pengelasan Dissimilar Antara Baja Astm A36 dan Astm A131 Ditinjau Dari Sifat Mekanik dan Pengamatan Struktur Makro Pada Lambung Kapal*.
- PPNS. (2015). *Materi Kuliah Keteknikan*. [Http://Hima-Tl.Ppns.Ac.Id/?Cat=5](http://Hima-Tl.Ppns.Ac.Id/?Cat=5). [Diakses pada: 9 Februari 2023]
- Robutech. (2021a). *Destructive Test Prosedur for Welding Prosedur Test*.
- Robutech. (2021b). *Liquid Dye Penetrant Examination Procedure*.
- Wirjosumarto, H., & Okumura, T. (1996). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.