

Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 60

Mochamad Sulaiman^{1*}, Yayi Febdia Pradani², Ifan Bahtiar³

¹ Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan

^{2,3} Universitas Islam Raden Rahmat, Malang

*Penulis Korespondensi, email: mochamad.sulaiman@lecturer.itk.ac.id

Received: 18/06/2022

Revised: 24/06/2022

Accepted: 24/06/2022

Abstract. The development and growth of technology, especially in the construction sector, cannot be separated from welding activities. It's essential in the repair process and engineering process. This study aims to determine the effect of SMAW welding using current variations of 80A, 95A, 110A, 120A, and 130A with a welding-joint distance of 3 mm on the tensile strength of ST 60 steel. The experimental method used in this research is a quantitative experiment and data analysis. The tensile test has done in the laboratory of the Institut Teknologi Nasional (ITN Malang). The results showed that the current strength of 80A, 95A, 110A, 120A, and 130A with a welding-joint distance of 3 mm in welding affected the tensile strength of ST 60 steel. The highest average tensile strength is at 80A with a value of $67.14 \text{ Kg/mm}^2 = 658.4 \text{ N/mm}^2$ also average yield strength of 43.76 Kg/mm^2 and the lowest average tensile strength is at 130A with a value of $46.56 \text{ Kg/mm}^2 = 456.5 \text{ N/mm}^2$ and average yield strength of 43.76 Kg/mm^2 . The test data shows that the lowest current strong has good tensile strength compared to the highest current strong. The thickness of the welding metal is very influential on the quality of the welding results. Too high a current causes a high temperature of the melting of the electrode with the metal occurs too quickly and causes the tensile strength to be lower than other variations of current strong.

Keywords: Carbon steel, SMAW welding, Tensile strength, Variation of current

Abstrak. Perkembangan dan pertumbuhan teknologi khususnya di bidang konstruksi tidak lepas dari kegiatan pengelasan. Ini penting dalam proses perbaikan dan proses rekayasa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengelasan SMAW menggunakan variasi arus 80A, 95A, 110A, 120A, dan 130A dengan jarak sambungan las 3 mm terhadap kuat tarik baja ST 60. Metode eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen kuantitatif dan analisis data. Uji tarik dilakukan di laboratorium Institut Teknologi Nasional (ITN Malang). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat arus 80A, 95A, 110A, 120A, dan 130A dengan jarak sambungan las 3 mm pada pengelasan berpengaruh terhadap kuat tarik baja ST 60. Rata-rata kuat tarik tertinggi pada 80A dengan nilai $67,14 \text{ Kg/mm}^2 = 658,4 \text{ N/mm}^2$ juga rata-rata kuat tarik $43,76 \text{ Kg/mm}^2$ dan rata-rata kuat tarik terendah pada 130A dengan nilai $46,56 \text{ Kg/mm}^2 = 456,5 \text{ N/mm}^2$ dan kekuatan luluh rata-rata $43,76 \text{ Kg/mm}^2$. Data pengujian menunjukkan bahwa kuat arus terendah memiliki kuat tarik yang baik dibandingkan dengan kuat arus tertinggi. Ketebalan logam las sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil pengelasan. Arus yang terlalu tinggi menyebabkan suhu leleh yang tinggi antara elektroda dengan logam terjadi terlalu cepat dan menyebabkan kuat tarik lebih rendah dari variasi kuat arus lainnya.

Kata Kunci: Baja karbon, Pengelasan SMAW, Kuat tarik, Variasi arus

I. PENDAHULUAN

Ruang lingkup penggunaan teknologi pengelasan dalam konstruksi pada era saat ini sangat luas, seperti halnya untuk konstruksi jembatan, pipa saluran, rangka baja, dudukan pompa, dudukan tangki [1]. Kegiatan pengelasan ialah penyambungan dua atau lebih material logam melalui proses pencairan sebagian logam induk juga logam pengisi. Pengelasan sendiri diklasifikasi menjadi 3 kelompok

berdasarkan cara kerjanya, seperti pengelasan tekan, pengelasan air dan pengelasan pematian. Las busur listrik dengan elektroda terbungkus atau bisa juga disebut dengan metode pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) seringkali dijumpai karena sangat fleksibel dalam penggunaannya dan juga harga yang terjangkau. Hasil sambungan pengelasan harus menghasilkan sambungan yang baik dan berkualitas tinggi dari segi lapisan las dan segi

kekuatan. Sambungan las yang baik dan berkualitas perlu adanya setting seperti pemilihan jenis kampuh, jenis elektorda, serta besar kecil arus listrik. Oleh sebab itu arus pengelasan harus disesuaikan dengan elektroda dan jenis bahan yang digunakan. Arus pada proses pengelasan dapat memberikan pengaruh yang terbesar saat penembusan dan penguatan [2].

Dari beberapa dasar referensi hasil penelitian terdahulu digunakan sebagai pedoman dalam pengembangan lebih lanjut teknologi pengelasan. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Anwar [3] yang berfokus pada perbedaan variasi kuat arus untuk baja ST 42 khususnya tentang analisa kekuatan tarik dari proses pengelasan dengan metode bawah tangan. Hasil yang diperoleh kalkulasi kekuatan tarik nilai rata-rata pada pengelasan *welding-joint* tunggal I untuk arus 110 A sebesar 72,15 kN, 100 A sebesar 72,11 kN, 90 A sebesar 68,53 kN, 80 A sebesar 67,65 kN dan 70 A sebesar 65,5 kN, untuk penelitian yang dilakukan oleh Huda dan Setiawan [4] tentang pengaruh variasi sudut *welding-joint* V serta kekuatan arus pada proses pengelasan SMAW pada baja tipe A36 terhadap sifat mekaniknya. Dari hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan, diperoleh kuat arus tengah 90A dengan sudut kampuh 70° yang memiliki kekuatan tarik maksimum yaitu 495.84 MPa dan nilai kekerasan tertinggi pada kuat arus 110A dipadukan sudut 90° nilainya 234.5 HV. Serta penelitian yang dilakukan oleh Kuncoro [5] tentang variasi arus dan kampuh yang berjudul pengaruh variasi arus dan jenis *welding-joint* SMAW terhadap kekuatan tarik sambungan baja ST 41. Hasil penelitian menunjukkan besar kekuatan tarik pada pengelasan jenis *welding-joint* tipe H poin terendah sebesar $23,49 \text{ kgf/mm}^2$ untuk kuat arus 60 A dan poin tertinggi sebesar $29,52 \text{ kgf/mm}^2$ untuk kuat arus 100 A untuk *welding-joint* tipe X.

Dari beberapa penelitian terdahulu menunjukkan belum ada referensi terkait tentang kajian pengelasan dari bahan baja ST 60. Baja ST 60 sendiri merupakan golongan baja karbon menengah. Dikatakan baja karbon menengah karena memiliki kadar karbon 0,50 % [6]. Material baja ST 60 cukup sering dijumpai untuk penggunaan bahan baku

tangki, pembuatan kapal, permesinan maupun untuk konstruksi jembatan. Logam baja tipe ST 60 adalah material baja karbon sedang yang memiliki komposisi dengan prosentasi kandungan karbon besi sebanyak 0,3% C sampai dengan 0,59% C, dengan titik lebur 2900°C dan titik didih 1550°C [7]. Kekuatan material baja dengan kandungan karbon sedang lebih tinggi, dibandingkan dengan kekuatan material baja dengan kandungan karbon rendah. Pentingnya kekuatan suatu mesin atau konstruksi bangunan, maka sambungan las harus memiliki kekuatan dengan standar mutu baik. Maka dari hasil kajian tersebut menjadi dasar dalam melakukan penelitian ini, guna mengetahui komposisi sambungan pengelasan yang terbaik, khususnya pada material baja ST 60. Selain itu agar dapat memberikan rekomendasi untuk penerapan pada pengelasan tabung tangki air, pipa saluran dan sasis pada kereta api maupun kendaraan lainnya.

II. METODOLOGI

A. Waktu dan tempat

Pelaksanaan *research* ini dibagi dalam beberapa tahap, tahap awal (utama) yaitu tahap proses konstruksi dan tahap berikutnya merupakan pengujian spesimen. Untuk tahap proses pembuatan spesimen dikerjakan di Laboratorium Teknologi Tepat Guna Fakultas Sains dan Teknologi Unira Malang dan tahap pengujian spesimen dilaksanakan di Lab. Pengujian Material ITN Malang.

B. Material dan alat

Alat dan material yang digunakan dalam tahap pembuatan dan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Elektroda E6013
2. Baja ST 60
3. Mesin Las SMAW
4. Gerinda Tangan
5. Alat Ukur dan APD
6. Mesin Frais
7. Mesin Uji Tarik (*tensile test machine*)

C. Spesimen

Untuk mengetahui sifat-sifat seperti modulus elastisitas, perpanjangan, reduksi penampang dan kekuatan mulur dapat diketahui dari hasil pengujian dari kekuatan tarik [8]. Atas dasar tersebut dalam eksperimen ini merancang uji tarik kepada spesimen

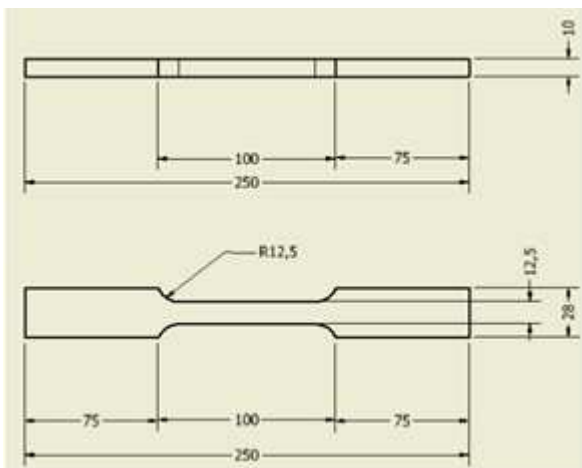
penelitian. Dalam pembuatan maupun pengujian spesimen mengacu pada ASTM E8 [9]. Dengan dimensi rancangan spesimen seperti pada Tabel 1 dan Gambar 1.

D. Prosedur pembuatan dan pengujian

1. Mempersiapkan mesin las dengan perlengkapannya seperti kabel dan penjepit.
2. Mempersiapkan benda kerja atau spesimen yang akan di las.
3. Membevel spesimen uji dengan sudut 60° dan menggunakan variasi jarak spesimen 3 mm.
4. Proses pengelasan menggunakan posisi 1G/posisi mendatar bawah tangan. Dengan elektroda E6013 diameter 3,2 mm [10].
5. Membersihkan kerak las dengan sikat baja
6. Pembuatan bentuk spesimen dengan mesin frais sesuai dengan desain.
7. Melakukan proses uji tarik.

Tabel 1. Dimensi spesimen ASTM E8

<i>Dimensions, mm [in]</i>	
G- Gauge length	50.0 [2]
R-Radius of fillet	12.5 [0.500]
T-Thickness	10 [0.39]
A-Length of reduced section	57 [2.25]
L-Overall length	25 [0.98]
B-Length of end section	50 [2]
C-Width of grip section, approximate	30 [1.18]
W-Width	12.5 [4.9]



Gambar 1. Desain spesimen ASTM E8

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi material

Sifat mekanik dan komposisi material bahan kimia dari logam induk dapat ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Persentase kandungan baja (%)

Type	C	Si	Mn	P	S	Cr
ST60/S45C	0.48	0.35	0.9	0.030 max	0.035 max	-

Sumber : PT. Beyond Steel

Sesuai dengan standar AWS A5.1 maka kawat elektroda (logam pengisi) menggunakan jenis E6013 [11]. Komposisi material kimia pada kawat las dapat ditunjukkan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Persentase kandungan elektroda (%)

Type	C	Si	Mn	P	S	Cr
E6013	0.12 max	0.35 max	0.6 max	0.04 max	0.035 max	-

Sumber : PT. Ocean Welding

B. Hasil pengelasan SMAW

Hasil pengelasan menggunakan metode *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.

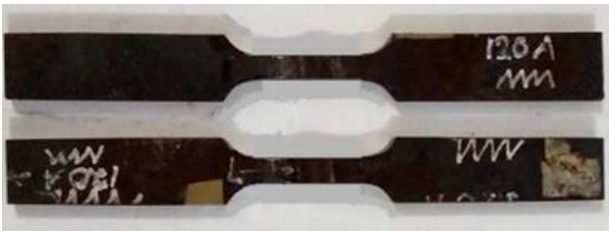


Gambar 2. Hasil pengelasan SMAW

C. Spesimen ASTM E8

Setelah melakukan proses pengelasan maka langkah selanjutnya adalah pembentukan sesuai

dengan desain dan dimensi spesimen standar ASTM E8 yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Spesimen ASTM E8

D. Hasil uji tarik

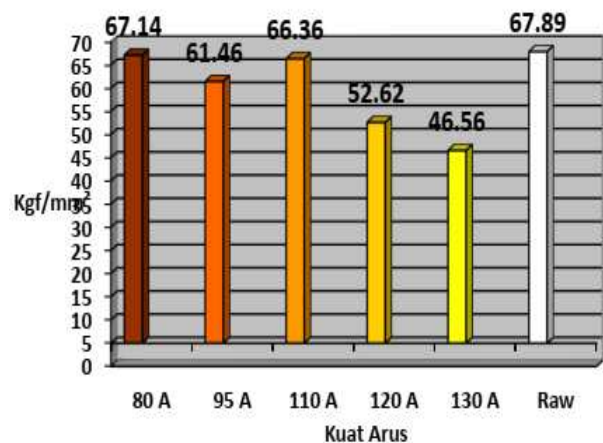
Hasil uji tarik pada dasarnya ialah standar dari titik luluh (*yield strength*) dan kekuatan tarik (*ultimate strength*), standar keuletan yang dilihat dari presentase elongation atau perpanjangan serta persentase reduction of area atau pengecilan penampang [12]. Pada pengujian tarik ada istilah sifat tarik yaitu sifat yang memiliki hubungan dengan pengujian tarik. Pada sambungan pengelasan sifat tarik dipengaruhi oleh sifat logam *raw material*. Sifat logam *raw material* merupakan sifat bahan logam yang secara spesifik meliputi dari sifat mekanik, sifat fisik serta sifat kimia [13]. Gambar 5 menunjukkan posisi dari patahan hasil pengujian tarik. Kemudian pada Tabel 4 terlihat hasil nilai dari ultimate tensile strength pengelasan SMAW baja ST 60 yang telah dilakukan pengujian tarik.



Gambar 4. Posisi patahan hasil uji tarik

Terlihat pada Gambar 4 dari proses pengujian tarik diperoleh hasil yaitu daerah patahan material

spesimen menunjukkan paling sering pada daerah *Heat Affected Zone* atau bisa juga disebut daerah HAZ. Hal tersebut disebabkan daerah HAZ merupakan area yang terpengaruh panas, area tersebut juga merupakan area yang paling rendah keuletannya, kekerasannya maupun tegangannya yang dikarenakan telah banyak perubahan pada struktur kristalnya. [14]. Penyebab lain juga dikarenakan semakin tinggi arus listrik maka akan membuat area HAZ semakin luas/besar [15]. Melalui pemilihan jenis elektroda yang tepat maka mampu menghasilkan sambungan las/*Weld Metal* (WM) yang cukup kuat. Untuk area *Base Metal* (BM) juga tidak mengalami pengaruh dilihat dari titik putus uji tarik tidak ada satu pun yang berada pada area BM.



Gambar 5. Grafik rata-rata kekuatan tarik

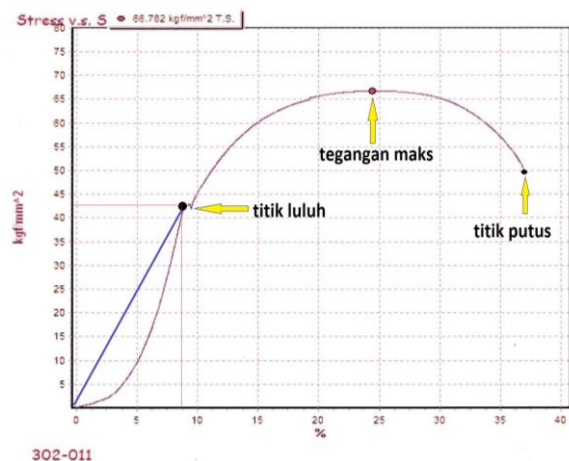
Berdasarkan dari hasil kekuatan tarik Tabel 2 menunjukkan bahwa baja ini menggunakan baja ST 60 karena kekuatan tarik baja ST 60 berkisar antara 600-702 Mpa = 600-702 kgf/mm². Dari Gambar 4 dapat diketahui hasil rata-rata kekuatan tarik tertinggi pada arus 80 A dengan nilai 67.14 Kgf/mm² = 658,4 N/mm² dan kekuatan tarik terendah pada arus 130 A dengan nilai 46,56 Kgf/mm² = 456,5 N/mm². Variasi arus berpengaruh terhadap hasil kekuatan tarik baja karbon menengah ST 60. Semakin tinggi arus yang dipakai, semakin cepat flux meleleh pada saat pengelasan terjadi [16]. Dikarenakan ada siklus termal yang merubah struktur mikro maka dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan tarik logam hasil las, sehingga variasi kuat arus dari bahan akan mempengaruhi kekuatan tarik logam [17].

Tabel 4. Data hasil pengujian tarik

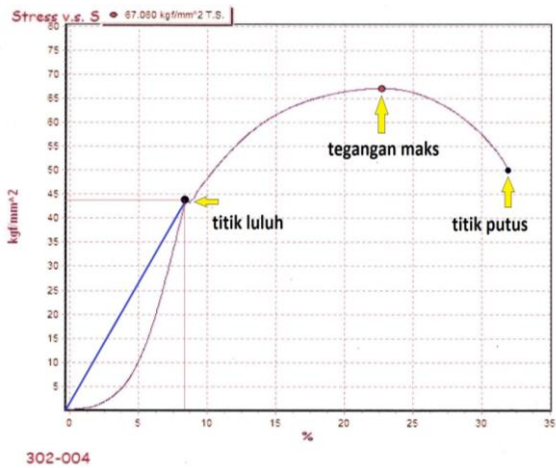
No	Kuat Arus (A)	Spesi-men	Max Force (Kgf)	Yield Strength (Kgf/mm ²)	Tensile Strength (Kgf/mm ²)	Elongation (%)
1	80	1	6706	43.65	67.06	24
		2	6332	41.72	63.32	18
		3	7104	45.93	71.04	22
		Mean	6714	43.76	67.14	21
2	95	1	5250	46.69	52.50	21
		2	6372	63.50	63.70	35
		3	6818	44.51	68.18	25
		Mean	6146	51.56	61.46	27
3	110	1	7070	43.79	70.70	30
		2	6411	41.67	64.11	25
		3	6429	41.49	64.29	23
		Mean	6636	42.31	66.36	26
4	120	1	5251	35.08	52.51	30
		2	5437	34.48	54.37	27
		3	5098	32.55	50.98	19
		Mean	5262	34.03	52.62	25
5	130	1	2754	27.16	27.54	14
		2	5424	42.39	54.24	21
		3	5790	38.32	57.90	29
		Mean	4656	35.95	46.56	21
6	Raw Material	1	6678	42.70	66.78	25
		2	6712	42.05	67.12	25
		3	6978	44.93	69.78	25
		Mean	6789	43.22	67.89	25

E. Hasil analisa tegangan-regangan

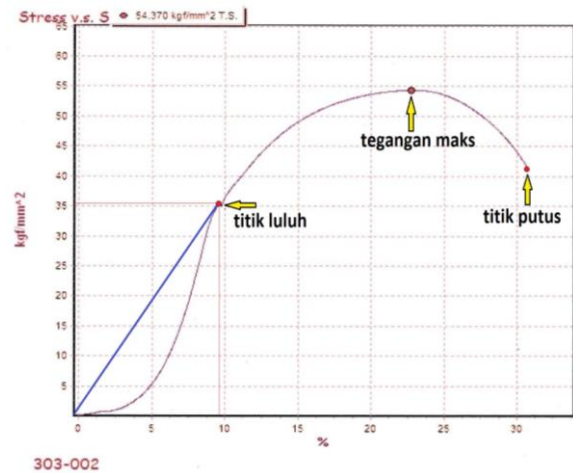
Untuk memperkuat hasil analisa maka dilakukan indentifikasi regangan yang terjadi pada spesimen hasil uji tarik. Besar kekuatan tarik berdasarkan dari tegangan maksimum yang dapat dilihat pada grafik tarik [18]. Besaran dan bentuk pada grafik tegangan-regangan logam tergantung pada keadaan tegangan selama pengujian tarik, komposisi, temperatur, laju regangan, dan perlakuan panas [19]. Indikator grafik tegangan-regangan logam yang digunakan meliputi indikator titik luluh dan kekuatan tarik.. Grafik regangan uji tarik *raw material* dan spesimen didapatkan dari hasil mesin uji tarik dan ditunjukkan pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 11.



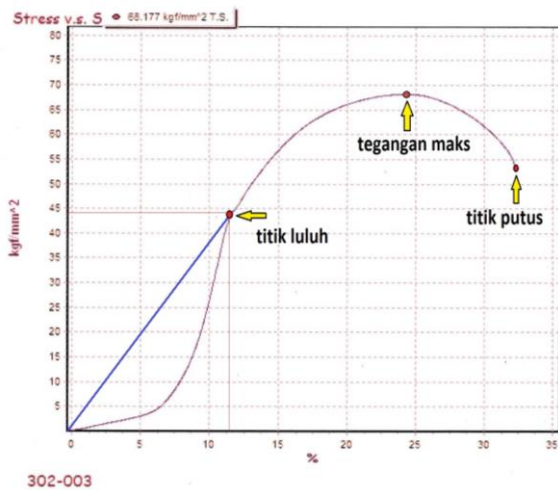
Gambar 6. Grafik tegangan-tegangan raw material



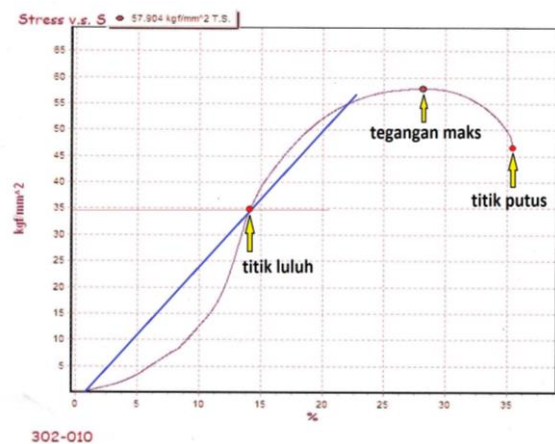
Gambar 7. Grafik tegangan-regangan spesimen 80A



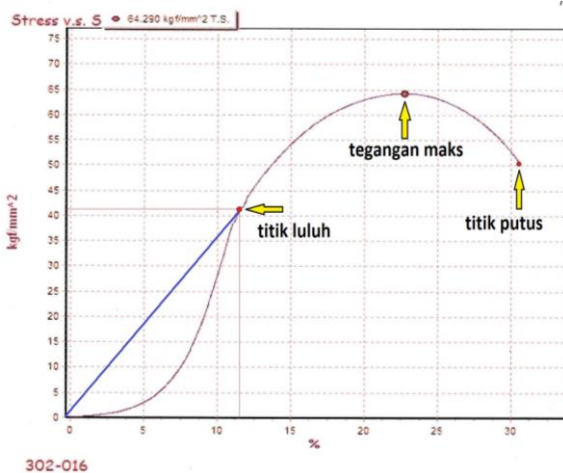
Gambar 10. Grafik tegangan-regangan spesimen 120A



Gambar 8. Grafik tegangan-regangan spesimen 95A



Gambar 11. Grafik tegangan-regangan spesimen 130A



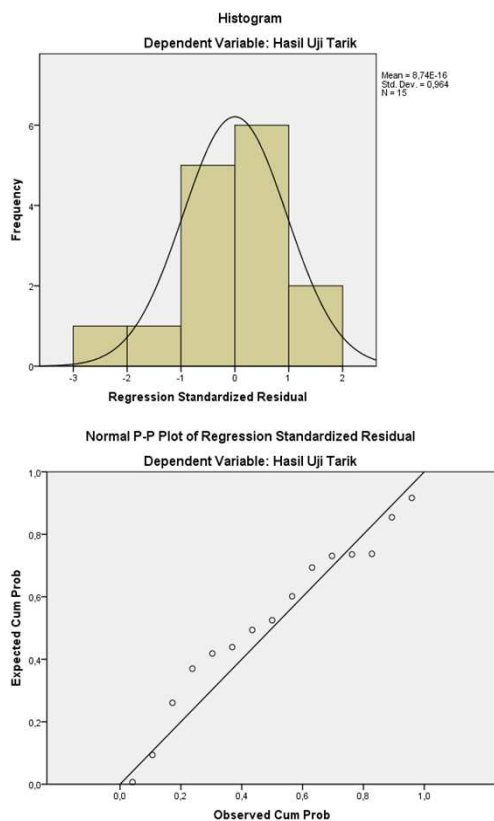
Gambar 9. Grafik tegangan-regangan spesimen 110A

Berdasarkan Gambar 6 grafik regangan spesimen *raw material* memiliki rata-rata regangan dengan nilai rata-rata 24% dan tegangan maksimal 66,782 kgf/mm². Kemudian berturut-turut Gambar 7 grafik regangan spesimen 80A memiliki rata-rata regangan dengan nilai rata-rata 23% dan tegangan maksimal 67,060 kgf/mm². Gambar 8 grafik regangan spesimen 95A memiliki rata-rata regangan dengan nilai rata-rata 24% dan tegangan maksimal 68,177 kgf/mm². Gambar 9 grafik regangan spesimen 110A memiliki rata-rata regangan dengan nilai rata-rata 23% dan tegangan maksimal 64,290 kgf/mm². Gambar 10 grafik regangan spesimen 120A memiliki rata-rata regangan dengan nilai rata-rata 23% dan tegangan maksimal 54,370 kgf/mm². Dan Gambar 11 grafik regangan spesimen 130A memiliki rata-rata

regangan dengan nilai rata-rata 27% dan tegangan maksimal 57,904 kgf/mm². Maka jika dilihat dari data-data tersebut spesimen 95A memiliki sifat regangan yang paling baik atau masih memiliki sifat asli dari logam induk, karena nilai regangannya sama dengan nilai regangan pada spesimen *raw material* yakni sebesar 24%. Untuk tegangan maksimal tertinggi juga pada arus 95A sebesar 68,177 kgf/mm².

F. Validasi data

Validasi data bertujuan untuk menguji dan memastikan bahwa data yang dianalisa pada proses eksperimen telah sesuai dan benar [20]. Setelah semua data hasil pengujian tarik diketahui selanjutnya proses pengolahan data menggunakan aplikasi software SPSS 18.0 dengan menggunakan uji statistik *one way anova*. Sebelum dilakukan pengolahan data, perlu dilakukan pengujian guna memastikan data yang didapat telah berdistribusi normal atau belum berdistribusi normal [21]. Pengujian yang dilakukan adalah menggunakan uji normalitas data Kolmogorov-Smirnov ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil uji normalitas data

Gambar 12 menunjukkan frekuensi data berdistribusi normal karena diagram batang selalu mengacu pada garis normalitas. Begitu juga dengan *Plot of regression Standarized Residual* yang menunjukkan frekuensi data berdistribusi normal karena pada *Plot of regression Standarized Residual* terlihat gambar titik mengacu pada garis normalitas.

Tabel 5. Hasil uji *one way anova*

Hasil Kekuatan Tarik					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	965,674	4	241,419	3,247	,060
Within Groups	743,552	10	74,355		
Total	1709,226	14			

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui nilai signifikan sebesar 0,60 nilai sig yang lebih besar dibandingkan $\alpha = 0,05$ atau $0,60 > 0,05$ yang mengindikasikan bahwa faktor pengaruh kuat arus berdampak signifikan pada kekuatan tarik baja ST 60.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil eksperimen untuk proses pengelasan dengan metode SMAW pada material baja ST 60 menggunakan variasi kuat arus maka diambil kesimpulan sebagai berikut ini: pengelasan SMAW baja ST 60 dilakukan dengan baik. Hasil uji tarik diperoleh rata-rata nilai kekuatan tarik tertinggi pada variasi kuat arus 80A sebesar 67,14 Kgf/mm² = 658,4 N/mm². Sedangkan untuk sifat regangan dan tegangan maksimal terbaik adalah pada variasi kuat arus 95A dengan persentase regangan 24% dan tegangan maksimal sebesar 68,177 kgf/mm². Berdasarkan hasil seperti penjelasan sebelumnya dapat dilihat bahwa *ultimate strength* yang terbaik atau tertinggi ialah dengan arus sebesar 80A. Pada pengelasan variasi arus 80A percikan busur las terlihat tidak begitu besar dan peleburan elektroda dan logam las tidak begitu cepat dibandingkan variasi arus lainnya. Sehingga menghasilkan pengelasan yang baik dan menghasilkan kekuatan tarik tertinggi. Elektroda E6013 lebih banyak mengandung kalium. Kalium berguna untuk memudahkan pemakaian pada voltage mesin yang rendah. Sehingga faktor ini yang mempengaruhi

baiknya pengelasan pada arus 80A menggunakan elektroda E6013. Pengujian tarik pada pengelasan SMAW menggunakan variasi arus 80A, 95A, 110A, 120A dan 130A terdapat 3 patahan yang terjadi pada logam las yaitu pada spesimen 1 dan 2 arus 130A dan pada arus 110A. Patahan yang terjadi menunjukkan bahwa arus tinggi menyebabkan suhu yang tinggi sehingga peleburan elektroda dengan logam las terjadi terlalu cepat, dan menyebabkan kekuatan tarik lebih rendah dibandingkan variasi kuat arus lainnya.

Untuk penelitian lanjutan peneliti menyarankan pada eksperimen berikutnya agar mendapat hasil yang lebih baik dan mampu melengkapi eksperimen yang telah dilaksanakan dalam penelitian ini, yaitu: supaya hasil dapat maksimal pada pengelasan arus tinggi harus di sesuaikan dengan ketebalan spesimen. Disamping itu perlu ditambah pula variable pendinginan pengelasan agar dapat diketahui pula dari segi laju pendinginan terhadap kekuatan tarik. Juga perlu dilakukan pengontrolan kualitas pada hasil pengelasan sebelum dilakukan pengujian tarik dan penyesuaian antara kekuatan tarik dari elektroda dan kekuatan tarik logam las. Selain itu perlu welder yang profesional dan bersertifikat supaya hasil pengelasan lebih baik dan stabil.

REFERENSI

- [1] Karmawan,W., Adja, H.B., Handoko, A.K.T., Pradana. Zakkaria. Jaya. Subardi. 2020. Analisa Kekuatan Variasi Arus Las SMAW Dengan Elektroda E 7018 Bahan Baja ST 42 Terhadap Sifat Mekanis. *Jurnal JMMME* Vol 1, No 2.
- [2] Arifin, S. 1977. *Las Listrik dan Otogen*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [3] Anwar, B. 2017. Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Posisi Bawah Tangan dengan Perbedaan Variasi Kuat Arus Listrik pada Baja St 42. *Jurnal Teknologi* Vol 16, No 1.
- [4] Huda, M dan Setiawan, F. 2016. Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V dan Kuat Arus Dengan Las Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Pada Baja A36 Terhadap Sifat Mekanik. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Umsida*.
- [5] Kuncoro, A, T. 2017. Pengaruh Variasi Arus dan Jenis Kampuh Pengelasan SMAW terhadap Kekuatan Tarik sambungan Baja St 41. *Skripsi*. Program Sarjana Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- [6] Wiryosumarto, H. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Erlangga.
- [7] Furqon G. R., Firman M., Sugeng A. 2016. Analisa Uji Kekerasan Pada Poros Baja ST 60 Dengan Media Pendingin yang Berbeda. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*. 21-26. Vol.01, No.02.
- [8] Kurniawan, A, S. Solichin. Poppy, P. 2014. Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja St. 41 Akibat Perbedaan Ayunan Elektroda Pengelasan SMAW. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 22, No. 2.
- [9] ASTM E8. 2013. *Metode Uji Standar untuk Pengujian Ketegangan Bahan Logam*. West Conshohocken. Amerika Serikat.
- [10] Howard BC. 1998. *Hubungan Diameter Elektroda dengan Arus Pengelasan*.
- [11] AWS A5.1, 1991, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*, Miami: American Welding Society Inc.
- [12] Asiri, M.H., Husen, M., Badia, B.A., Syafrun, M., 2020, Studi Kekuatan Sambungan Las Terhadap Material Baja TRS 500 Menggunakan Variasi Gerak Elektroda, *Jurnal Polimesin*, 82-90, Vol. 18, No. 2.
- [13] Yuwono A, H. 2009. *Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material I Pengujian Merusak (Destructive Testing)*. Departemen Metalurgi Dan Material Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- [14] Pujo I., Sarjito J.S. (2008). Analisis Kekuatan Sambungan Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Pada Marine Plate ST 42 Akibat Faktor Cacat Porositas dan Incomplete Penetration. *Jurnal KAPAL*. 102-113. Vol. 5 No. 2.
- [15] Nurhidayat A. 2012. Pengaruh Pengaruh Waktu dan Arus Listrik Pengelasan RSW

Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Pada Sambungan Logam Tak Sejenis Antara Baja Tahan Karat SS316 dan Baja Karbon ST37. *Jurnal Wacana*. Vol. 13 No. 1.

- [16] Pujo dan Sarjito, 2018. Analisis Kekuatan Sambungan Las SMAW (Shield Metal Arc Welding) Pada Marine Plate St. 42 Akibat Faktor Cacat Porositas Dan Incomplete Penetration. *Jurnal Perkapalan*. Vol. 5, No. 2.
- [17] Wijoyo, Albab U., Ardika W.T., Darajat M. W. 2019. Karakteristik Kekuatan Tarik Sambungan Las Tak Sejenis Baja Karbon-Stainless Steel. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*. 60-64. Vol. 5 No. 1.
- [18] Sardi, V, B. Jokosisworo, S. Yudo, H. 2018. Pengaruh Normalizing dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time) Baja ST 46 terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi. *Jurnal Teknik Perkapalan*: 142-149. Vol 6. No 1.
- [19] Putra, W. T., Winangun, K., Fadelan, 2019, Analisa Kekuatan Tarik Seng Galvanis Terhadap Beban yang di Berikan, Machine: *Jurnal Teknik Mesin*, 9-15, Vol. 5, No. 1.
- [20] Suryadi, D. Meilianda, R. Suryono, A.F. & Munadi. 2018. Sistem Pakar untuk Mengidentifikasi Kerusakan Mesin Industri Menggunakan Metode Certainty Factor. *Rotasi Jurnal Teknik Mesin*: 56-62. Vol 20. No 1.
- [21] Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.