

Pengujian Tarik pada Pengelasan Kampuh U-Ganda dengan Variasi Ayunan Elektroda dan Kuat Arus

Talifatim Machfuroh^{a*}, Ahmad Saepuddin^b, Aini Lostari^c, Kholiqus Syafa'at^d

^{a,b,d} Departemen Teknik Mesin, Universitas Islam Raden Rahmat,
Jl. Mojosari nomor 2 Kepanjen Malang

^cDepartemen Teknik Mesin, Universitas Qomaruddin,

*E-mail: talifatim@uniramalang.ac.id

Abstract

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) is a metal joint by heating the metal using an arc between a closed electrode and the metal. The purpose of this study was to determine the effect of swing of electrode and current strength variations in SMAW welding with double U-groove on the tensile strength of steel of ST-41. Swings of electrode variation used in this study are spiral and triangle flows. Then current variations used are 80 A, 90 A, and 100 A. In welding process, the groove that used is double U-groove and type of electrode is E6013 that has diameter of 3.2 mm. From the results and discussion in this study, it was found that variations in electrode swing and current strength have affect the tensile strength of the SMAW double U-groove welding on ST41 steel. The results of the tensile test on welding with triangular swing of electrode is current variation of 90 A has the highest tensile strength and yield strenght values among the others, namely 46.95 kgf/mm² and 30.77 kgf/mm². In welding with spiral swing electrode movement, 80 A variation has higher tensile strength and yield stress values than the 90 A, 100 A current variation group and the raw material group, which is 45.71 kgf/mm² and 28.78 kgf/mm².

Keywords: tensile teste, double U-groove, SMAW, electrode swing, current strenght

Abstrak (10pt Bold)

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) adalah penyambungan logam dengan memanaskan logam menggunakan busur diantara elektroda tertutup dan logam. Tujuan dari dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi ayunan elektroda dan kuat arus pada pengelasan SMAW dengan kampuh U-ganda terhadap kekuatan tarik baja ST 41. Variasi ayunan yang digunakan pada penelitian ini adalah ayunan spiral dan segitiga. Sedangkan variasi arus yang digunakan adalah 80 A, 90 A, dan 100 A. pada proses pengelasan, kampuh yang digunakan adalah kampuh U ganda dan elektroda yang digunakan jenis elektroda E6013 dengan diameter 3,2 mm. Dari hasil dan pembahasan pada penelitian ini didapatkan bahwa variasi ayunan gerakan elektroda dan kuat arus berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan SMAW kampuh U ganda pada baja ST41. Hasil uji tarik pada pengelasan ayunan segitiga, variasi arus 90 A memiliki nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh yang paling tinggi diantara kelompok variasi arus pengelasan lainnya yaitu sebesar 46.95 kgf/mm² dan 30.77 kgf/mm². Pada pengelasan dengan gerakan elektroda alur spiral, variasi kelompok 80 A mempunyai nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok variasi arus 90 A, 100 A serta kelompok raw material yaitu sebesar yaitu sebesar 45,71 kgf/mm² dan 28,78 kgf/mm².

Kata kunci: pengujian tarik, kampuh U-ganda, SMAW, ayunan elektroda, kuat arus

1. Pendahuluan

Teknik pengelasan merupakan teknik penyambungan antara dua logam atau lebih dengan memanfaatkan energi panas untuk mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi agar sambungan menjadi utuh [1,2]. Berdasarkan cara kerjanya, pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Pengelasan cair merupakan teknik pengelasan dengan memanaskan logam yang akan disambung sampai logam tersebut mencair [1,3]. Pengelasan cair yang paling banyak digunakan adalah teknik pengelasan dengan menggunakan busur (las busur listrik) dan gas. Las busur listrik terdiri dari 4 jenis yaitu las busur dengan elektroda terbungkus, las busur gas (TIG, MIG, las busur CO₂), las busur tanpa gas, dan las busur rendam. Salah satu jenis las busur elektroda terbungkus adalah las SMAW [3].

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) adalah proses pencairan dan penggabungan logam dengan cara memanaskan logam menggunakan busur diantara elektroda tertutup dan logam. Peralatan yang digunakan pada pengelasan ini sederhana, murah, dan dapat dibawa dengan mudah [4]. Proses pengelasan SMAW juga disebut pengelasan busur dengan logam terlindung. Pengelasan ini banyak digunakan untuk menggabungkan pelat baja dalam pembuatan tower dan lambung kapal, roda pendaratan, peralatan pertambangan dan lain sebagainya. Pengelasan pada

baja yang di *quenching* dan dikeraskan harus memiliki kualitas yang baik, khususnya untuk baja yang digunakan pada kendaraan tempur [5].

Pada proses pengoperasian las SMAW, arus listrik dalam bentuk busur listrik mengalir melalui elektroda dan benda kerja. Aliran listrik ini menghasilkan panas pada kedua sisi dan tetesan cairan logam kemudian menggenangi sehingga menyatukan kedua sisi tersebut. Proses pengelasan selesai jika elektroda sudah menjauhi daerah pengerjaan dan hasil lasan memadat [2].

Menurut Wiryo sumarto dalam bukunya dijelaskan bahwa baja ST.41 merupakan baja yang memiliki kadar karbon 0,16% dan baja ini tergolong baja karbon rendah. Hal ini dikarenakan kadar karbonnya yang kurang dari 0,3%. Disamping itu, baja ini juga memiliki regangan sebesar 36-24% [1,6]. Dikarenakan kadar karbonnya yang kurang dari 0,3%, maka untuk proses pengerasan diperlukan perlakuan berupa *carburizing* untuk meningkatkan kadar karbonnya [6]. Nama baja ST41 diambil dari penamaan baja dengan standarisasi DIN. Penamaan baja ini memiliki makna yaitu ST berarti baja dalam bahasa Jerman dinamakan stahl dan dalam bahasa Inggris dinamakan *steel* dan 41 merupakan kekuatan tarik minimumnya. Sehingga baja ST41 merupakan baja struktural dengan kekuatan tarik minimum sebesar 41 kg/mm² [6, 7].

Kekuatan tarik suatu material dapat diketahui jika sudah dilakukan pengujian tarik pada material tersebut [6]. Pengujian tarik merupakan jenis pengujian yang paling mudah dilakukan, selain itu ada banyak data yang dapat diambil dari pengujian ini diantaranya kekuatan tarik, kekuatan mulur, elongasi, elastisitas dan pengurangan luas penampang [8]. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tegangan, regangan, dan elastisitas material sehingga pengujian ini dilakukan dengan cara menarik spesimen dengan penambahan beban secara perlahan sampai spesimen tersebut putus [7-9].

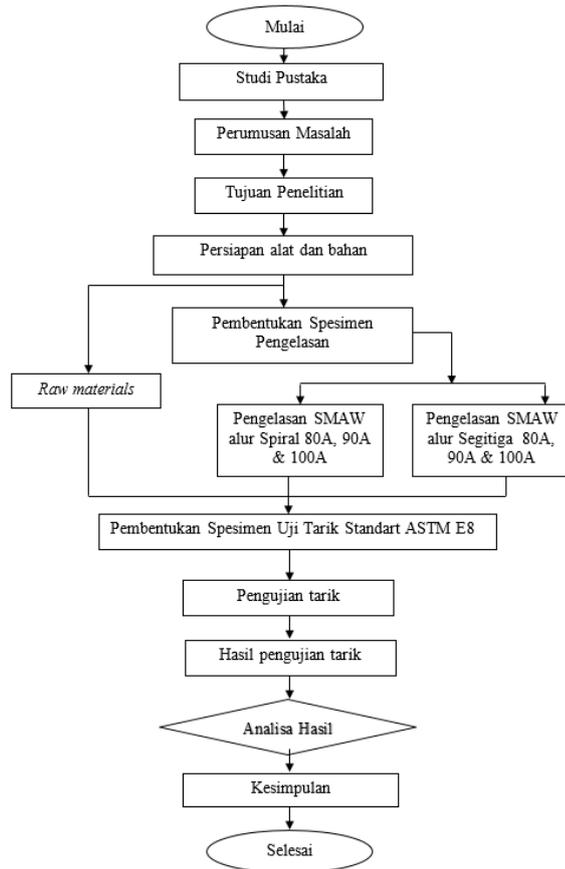
Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Dito pada tahun 2016, tentang pengaruh pengelasan terhadap kekuatan tarik baja ST41 didapatkan hasil analisa dengan one way anova bahwa tidak ada pengaruh antara gerakan elektroda lurus, spiral, dan zig zag terhadap kekuatan tarik spesimen. Hal ini ditunjukkan dengan nilai sig yang lebih besar dari α yaitu 0,502 sehingga analisa tidak dilanjutkan pada uji-t [10]. Namun dari analisa deskripsi didapatkan hasil lasan dari gerakan elektroda lurus membentuk rigi-rigi las menyerupai sisik ikan dengan pola rapat dan kekuatan tarik rata-rata yang dihasilkan sebesar 31,40 kgf/mm². Hasil lasan dari gerakan elektroda spiral membentuk rigi-rigi las yang sedikit melebar dengan tetap menyerupai sisik ikan dengan pola sangat rapat dan kekuatan tarik rata-rata yang dihasilkan sebesar 32,50 kgf/mm². Sedangkan hasil lasan dari gerakan elektroda zig-zag membentuk rigi-rigi las sedikit melebar menyerupai sisik ikan dengan pola lebih berkarakter dan hasil kekuatan tarik rata-rata yang dihasilkan sebesar 32,36 kgf/mm² [10]. Penelitian ini hanya menggunakan variasi arus tunggal sebesar 85 A sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Zaenal pada tahun 2017 disebutkan bahwa penggunaan kuat arus yang terlalu rendah pada proses pengelasan dapat mengakibatkan kurangnya penembusan dan memungkinkan adanya terak yang terperangkap, sehingga kemungkinan terjadinya lubang cacung dan retak sangat tinggi [3]. Hal ini tentunya dapat mempengaruhi hasil kekuatan tarik pada masing-masing spesimen uji. Sehingga pemilihan kuat arus dan voltase yang baik pada proses pengelasan sangat dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang baik tanpa cacat.

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Febri pada tahun 2017 tentang pengaruh jenis elektroda dan arus pengelasan terhadap kekuatan tarik baja ST41 menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan. Pada penelitian ini proses pengelasan yang dilakukan pada spesimen menggunakan 3 variasi arus yaitu 80 A, 100 A dan 120 A. Dari ketiga variasi arus pengelasan didapatkan kekuatan tarik rata-rata masing-masing adalah 23,71 kgf/mm² untuk kuat arus 80 A, 27,63 kgf/mm² untuk kuat arus 100 A, dan 29,49 kgf/mm² untuk kuat arus 120 A [11].

Berdasarkan beberapa penelitian diatas, maka penelitian ini akan meneliti tentang pengaruh variasi ayunan dan kuat arus pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik baja ST41. Variasi ayunan yang digunakan pada penelitian ini adalah ayunan spiral dan segitiga dan variasi arus yang digunakan adalah 80 A, 90 A, dan 100 A. pada proses pengelasan, kampuh yang digunakan adalah kampuh U ganda (kampuh H) dan elektroda yang digunakan jenis elektroda E6013 dengan diameter 3,2 mm

2. Material dan Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimental berupa kajian teoritis dengan mengamati benda yang akan diuji dan kemudian akan dilakukan pengujian tarik pada spesimen. Proses pengelasan dilakukan di bengkel UPT BLKI Singosari Malang oleh seorang welder yang tersertifikasi. Kemudian untuk tahapan pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional (ITN). Secara garis besar tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. Diagram alir penelitian.

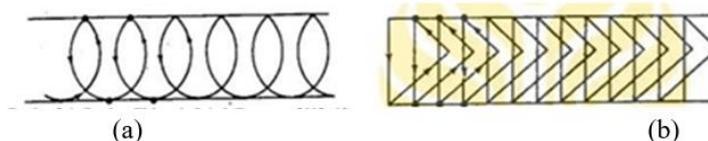


Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Rancangan dan pembuatan kampuh U-ganda

Persiapan spesimen uji adalah langkah awal dalam penelitian ini. Material yang digunakan pada penelitian adalah baja ST41 yang kemudian dipotong-potong dengan ukuran panjang 250 mm, lebar 28 mm dan tebal 10 mm. Spesimen uji disiapkan sebanyak 42 spesimen. Setelah dipotong sesuai dengan ukuran, dilakukan proses pendinginan dengan cara didiamkan beberapa saat. Hal ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya deformasi pada material, karena pendinginan yang dilakukan dengan mencelupkan material ke air atau bahan pendingin lainnya akan mengakibatkan material mengalami deformasi tinggi [9]. Setelah material dingin kemudian dilanjutkan tahap selanjutnya yaitu membuat kampuh U ganda pada spesimen dengan radius 5 dan menggunakan gap 2 mm untuk proses pengelasan. Rancangan dan pembuatan kampuh U ganda tampak pada Gambar 2.



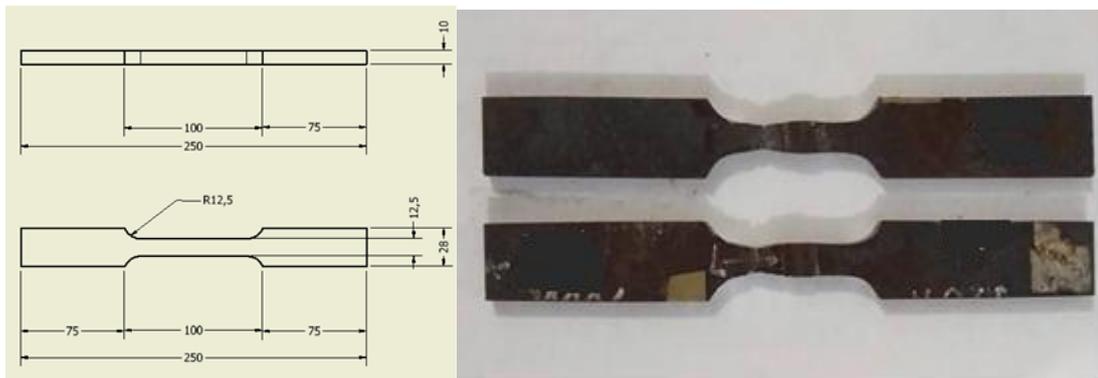
Gambar 3. Jenis Gerakan elektroda pada pengelasan (a) ayunan spiral, (b) segitiga [1]

Pengelasan yang digunakan adalah pengelasan SMAW dengan variasi arus 80 A, 90 A, dan 100 A. Elektroda yang digunakan pada proses pengelasan adalah jenis E6013 dengan diameter 3,2 mm untuk posisi pengelasan 1G atau dibawah tangan. Spesimen yang sudah siap kemudian dilas dengan dua variasi pengelasan yaitu gerakan ayunan spiral dan gerakan ayunan segitiga.



Gambar 4. Hasil pengelasan spesimen baja ST41

Sebelum memasuki tahap pengujian, dilakukan pemotongan spesimen terlebih dahulu dimana tiap satu spesimen dipotong menjadi 3 bagian. Pemotongan ini disesuaikan dengan ukuran spesimen untuk pengujian tarik sesuai standar ASTM E8. Ukuran spesimen ini seperti tampak pada gambar 5. Setelah pembuatan spesimen selesai maka langkah selanjutnya yaitu pengujian tarik.



Gambar 5. Rancangan dan Hasil Pembuatan Spesimen Uji Tarik (ASTM E8)

Definisi dari tegangan tarik adalah besarnya perbandingan antara beban maksimum yang diberikan selama percobaan pengujian tarik dengan luas penampang batang mula [9]. Pengujian dilakukan dengan cara mencekam kedua sisi spesimen uji yang berlawanan arah dan kemudian beban ditambahkan secara perlahan lahan sampai mencapai beban maksimum. Pengujian ini selesai jika spesimen yang diuji patah

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Tarik

Setelah dilakukan pengujian tarik di Laboratorium ITN Malang, didapatkan nilai kekuatan tarik masing-masing spesimen uji. Data kekuatan tarik masing-masing spesimen dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1 menunjukkan data hasil pengujian tarik pada baja ST41 dengan pengelasan menggunakan ayunan elektroda spiral dengan variasi arus 80 A, 90 A, dan 100 A. Data tersebut menunjukkan nilai dari beban maksimum, kekuatan luluh (*yield strength*), kekuatan tarik (*tensile strength*) dan pemuluran (*elongation*). Pada kelompok raw material memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 44,62 kgf/mm², kekuatan luluh rata-rata 27,23 kgf/mm², dan pemuluran rata-rata sebesar 20 mm. Pada spesimen dengan kelompok 80 A memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 45,71 kgf/mm², kekuatan luluh rata-rata 27,59 kgf/mm², dan pemuluran rata-rata sebesar 21,5 mm. Pada spesimen dengan kelompok 90 A memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 43,46 kgf/mm², kekuatan luluh rata-rata 28,52 kgf/mm², dan pemuluran rata-rata sebesar 24 mm. Pada spesimen dengan kelompok 100 A memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 42,19 kgf/mm², kekuatan luluh rata-rata 27,51 kgf/mm², dan pemuluran rata-rata sebesar 22 mm.

Tabel 1. Hasil pengujian tarik menggunakan ayunan spiral

Parameter	Spesimen uji	Raw material	Arus 80 A	Arus 90 A	Arus 100 A
Max Force (Kgf)	A	5578	5853	5170	5229
	B	5578	5574	5695	5319
	Rata-rata	5578	5713.5	5432.5	5274
Tensile strenght (Kgf/mm²)	A	44.62	46.83	41.36	41.83
	B	44.62	44.59	45.56	42.55
	Rata-rata	44.62	45.71	43.46	42.19
Yield strenght (Kgf/mm²)	A	27.23	29.97	26.82	27.62
	B	27.23	27.59	30.22	27.40
	Rata-rata	27.23	28.78	28.52	27.51
Elongation	A	20	20	23	23
	B	20	23	25	21
	Rata-rata	20	21.5	24	22

Tabel 2 menunjukkan data hasil pengujian tarik pada baja ST41 dengan pengelasan menggunakan ayunan elektroda segitiga dengan variasi arus 80 A, 90 A, dan 100 A. Data tersebut menunjukkan nilai dari beban maksimum, kekuatan luluh (*yield strenght*), kekuatan tarik (*tensile strenght*) dan pemuluran (*elongation*). Pada kelompok raw material memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 44,62 kgf/mm², kekuatan luluh rata-rata 27,23 kgf/mm², dan pemuluran rata-rata sebesar 20 mm. Pada spesimen dengan kelompok 80 A memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 43,64 kgf/mm², kekuatan luluh rata-rata 27,54 kgf/mm², dan pemuluran rata-rata sebesar 23,5 mm. Pada spesimen dengan kelompok 90 A memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 46,95 kgf/mm², kekuatan luluh rata-rata 30,77 kgf/mm², dan pemuluran rata-rata sebesar 24 mm. Pada spesimen dengan kelompok 100 A memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 46,02 kgf/mm², kekuatan luluh rata-rata 30,52 kgf/mm², dan pemuluran rata-rata sebesar 22,5 mm.

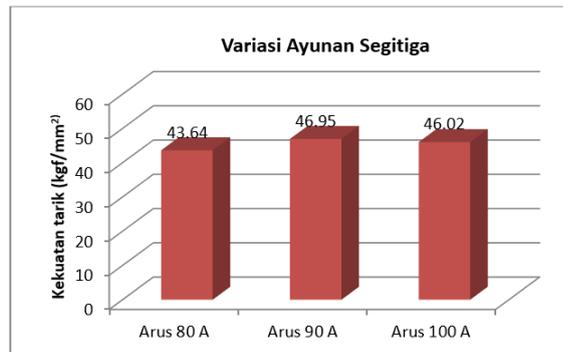
Tabel 2. Hasil pengujian tarik menggunakan ayunan segitiga

Parameter	Spesimen Uji	Raw material	Arus 80 A	Arus 90 A	Arus 100 A
Max Force (Kgf)	A	5578	5523	6034	5680
	B	5578	5386	5702	5824
	Rata-rata	5578	5454,5	5868	5752
Tensile strenght (Kgf/mm²)	A	44.62	44.18	48.27	45.44
	B	44.62	43.09	45.62	46.60
	Rata-rata	44.62	43.64	46.95	46.02
Yield strenght (Kgf/mm²)	A	27.23	27.55	31.36	30.26
	B	27.23	27.53	30.18	30.77
	Rata-rata	27.23	27.54	30.77	30.52
Elongation (mm)	A	20	23	23	21
	B	20	24	25	24
	Rata-rata	20	23.5	24	22.5

3.2 Pembahasan

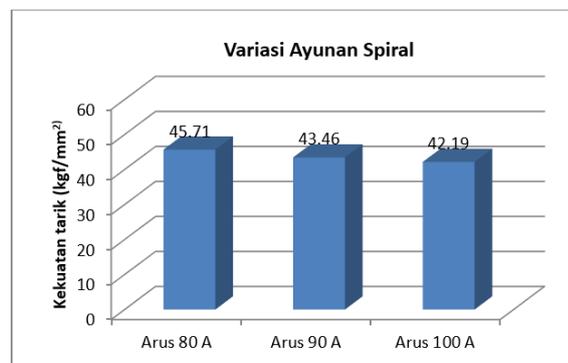
Definisi dari tegangan tarik adalah besarnya perbandingan antara beban maksimum yang diberikan selama percobaan pengujian tarik dengan luas penampang batang mula. Titik luluh merupakan titik batas dimana material akan terus mengalami deformasi meskipun tidak ada penambahan beban. Sedangkan tegangan/gaya (*stress*) yang mengakibatkan material mengalami mekanisme luluh ini disebut tegangan luluh (*yield stress*) [9].

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, diketahui ada perbedaan nilai hasil uji tarik pada Baja ST41 dengan pengelasan menggunakan kampuh U ganda dengan pengelasan ayunan segitiga pada variasi kuat arus. Perbedaan tersebut secara ringkas digambarkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram batang kekuatan tarik hasil variasi ayunan segitiga

Pada pengujian tarik pada spesimen dengan pengelasan ayunan segitiga, kelompok variasi arus 90 memiliki nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh yang paling tinggi diantara kelompok variasi arus pengelasan lainnya dan raw material. Nilai kekuatan tarik arus 90A yaitu 46.95 kgf/mm² dan tegangan luluh sebesar 30.77 kgf/mm². Pada pengelasan ini busur yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan arus 80 A. Percikan busur terlihat lebih besar dan peledakan elektroda lebih cepat.



Gambar 7. Diagram batang kekuatan tarik hasil variasi ayunan spiral

Sedangkan perbedaan nilai hasil uji tarik pada Baja ST41 dengan pengelasan menggunakan kampuh U ganda dengan pengelasan ayunan spiral pada variasi kuat arus. Perbedaan tersebut secara ringkas digambarkan pada gambar 7. Pada pengujian tarik untuk spesimen dengan variasi ayunan ayunan spiral, kelompok 80 Ampere mempunyai nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok variasi arus 90 Ampere, 100 Ampere serta kelompok raw material yaitu sebesar 45,71 kgf/mm². Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Heri Akbar yang meneliti tentang kekuatan tarik dan dampak dari sambungan las jenis *single V-butt joint* dan *single U-butt joint* dengan gerakan elektroda spiral dan zig-zag pada baja SS400. Dari hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa baja SS400 dengan pengelasan jenis kampuh *single U butt joint* dengan gerakan spiral memiliki kekuatan tarik yang lebih besar dari jenis variasi lainnya [12]. Pada variasi arus 90 A dan 100 A, nilai kekuatan tarik cenderung mengalami penurunan. Hal ini dapat dikarenakan adanya kekosongan (cacat rongga) dan cacat lain yang terjadi akibat dari peningkatan kuat arus. Adanya *grain* yang berlebihan juga dapat menyebabkan penurunan sifat tarik [13].

4. Kesimpulan

4.1. Kesimpulan

Variasi ayunan atau gerakan elektroda dan kuat arus berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan SMAW kampuh U ganda pada baja ST41. Hasil uji tarik pada pengelasan ayunan segitiga, kelompok variasi arus 90 A memiliki nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh yang paling tinggi diantara kelompok variasi arus pengelasan lainnya dan raw material yaitu sebesar 46.95 kgf/mm² dan 30.77 kgf/mm². Pada pengelasan dengan gerakan elektroda ayunan spiral, variasi kelompok 80 A mempunyai nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok variasi arus 90 A, 100 A serta kelompok raw material yaitu sebesar 45,71 kgf/mm² dan 28,78 kgf/mm². Hal ini dapat dikarenakan adanya kekosongan (cacat rongga) dan cacat lain yang terjadi akibat dari peningkatan kuat arus.

4.2. Saran

Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian struktur mikro hasil pengelasan pada specimen, agar dapat diketahui adanya cacat rongga atau cacat lainnya yang dapat mempengaruhi hasil pengujian tarik. Disamping itu juga perlu dilakukan foto struktur mikro pada daerah HAZ.

Daftar Pustaka

- [1] Syafa'at, K., 2019, "*Pengaruh Pengelasan Smaw Alur Spiral Dan Segitiga Dengan Variasi Kuat Arus Pada Baja St41 Terhadap Kekuatan Tarik*," Fakultas Sains dan Teknologi Unira Malang, Malang.
- [2] Alkahla., Ibrahim., 2017, "*Sustainability assessment of shielded metal arc welding (SMAW) process*," in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Singapore.
- [3] Bodude, M.A., Momohjimoh, I., 2015, "*Studies on Effects of Welding Parameters on the Mechanical Properties of Welded Low-Carbon Steel*," Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, 3(3): 142–153.
- [4] Kurniawan, A.S., Solichin., Puspitasari, R.P., 2014 "*Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja St.41 Akibat Perbedaan Ayunan Elektroda Pengelasan SMAW*," Jurnal Teknik Mesin, 22(2): 1–12.
- [5] Saxena, A., Kumaraswamy, A., Reddy, M., Madhu, V., 2018, "*Influence of welding consumables on tensile and impact properties of multi-pass SMAW ArmoX 500T steel joints vis-a-vis base metal*," Defence Technology 14(3): 188–195.
- [6] Suherman., 1988, "*Ilmu Logam III*," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [7] Rohman, M., Saepuddin, A., Fardana, M.A., 2020, "*Analisis Kekuatan Tarik Baja ST41 Pada Pengelasan Alur Spiral dengan Tiga Variasi Arus*," Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha, 8(2): 62–68.
- [8] Firman., Hasbi, M., Prinob, A., 2018, "*Studi Eksperimen Kekuatan Mekanik Daun Nanas Hutan Dengan Metode Pengujian Tarik*," ENTHALPY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin, 3(1): 1–7.
- [9] Mawahib, M.Z., Jokosisworo, S., Yudo, H., 2017, "*Pengujian Tarik Dan Impak Pada Pengerjaan Pengelasan SMAW dengan Mesin Genset Menggunakan Diameter Elektroda yang Berbeda*," KAPAL-Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Kelautan, 14(1): 26–32.
- [10] Pranawan, D.F.B., "*Pengaruh Teknik Pengelasan Alur Spiral, Alur Zig – Zag, dan Lurus pada Arus 85 A Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 41*," JTM, 4(2): 29–32.
- [11] Riyan, F., 2017, "*Pengaruh Jenis Elektroda dan Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik pada pengelasan Baja ST 41 Menggunakan Las SMAW*," Universitas Nusantara PGRI Kediri, Kediri.
- [12] Akbar, H., Budiarto, U., Mulyatno, I.P., 2019, "*Pengaruh Variasi Gerakan Elektroda dan Bentuk Kampuh Las Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Pada Hasil Las SMAW Baja SS400 Sebagai Material Lambung Kapal*," Jurnal Teknik Perkapalan, 7(4): online.
- [13] Talabi, S., Owolabi, O., Adebisi, J., Yahaya, T., 2014, "*Effect of welding variables on mechanical properties of low carbon steel welded joint*," Advances in Production Engineering & Management, 9(4): 181–186.