

**PENGARUH VARIASI KUAT ARUS TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL  
PENGELASAN SMAW PADA BAJA KARBON RENDAH  
DENGAN ELEKTRODA E-7018**

***THE EFFECT OF VARIATION OF CURRENT STRENGTH ON TENSILE STRENGTH OF  
SMAW WELDING ON LOW CARBON STEEL WITH ELECTRODE E-7018***

**Novendri Chairul<sup>(1)</sup>, Irzal<sup>(2)</sup>, Mulianti<sup>(3)</sup>, Hendri Nurdin<sup>(4)</sup>**

(1),(2),(3),(4) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

[novedrichairul14@gmail.com](mailto:novedrichairul14@gmail.com)

[irzal26@yahoo.com](mailto:irzal26@yahoo.com)

[muliantihendrik@gmail.com](mailto:muliantihendrik@gmail.com)

[hens2tm@yahoo.com](mailto:hens2tm@yahoo.com)

**Abstrak**

Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan kegiatan penggabungan dua logam atau lebih yang memanfaatkan bantuan energi panas guna mencairkan material kerja dan elektroda sebagai material tambahan pada proses pengelasan SMAW. Parameter utama yang mempengaruhi kualitas hasil pada proses pengelasan baja karbon rendah dengan pengelasan las busur listrik adalah besar arus listrik, semakin besar arus listrik dipakai pada proses pengelasan maka besar juga energi panas yang dihasilkan. Panas yang dihasilkan oleh proses pengelasan sangat berpengaruh pada hasil pengelasan sehingga apabila panas yang digunakan terlalu tinggi maka dapat merubah bagian struktur material. Penelitian ini dilaksanakan untuk melihat bagaimana pengaruh nilai kuat arus pada pengelasan SMAW menggunakan pengujian tarik. Jenis penelitian eksperimen yang diterapkan pada penelitian dengan melakukan pengelasan SMAW berdasarkan kuat arus pada proses pengelasan. Nilai kuat arus yang digunakan dalam penelitian ini yakni, 90, 100, dan 130 Ampere dengan menggunakan elektroda E-7018. Material pada penelitian ini merupakan baja karbon rendah berbentuk plat dengan ketebalan 8mm. Uji Tarik digunakan sebagai uji material dalam melihat seberapa besar pengaruh dari nilai kuat arus yang diteliti. Untuk nilai uji tarik tertinggi didapatkan pada arus 130 ampere dengan rata-rata kekuatan tarik 545,58 N/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil penelitian peningkatan nilai kekuatan tarik berbanding lurus dengan nilai kuat arus dimana nilai kekuatan tertinggi didapat pada arus 130 Ampere.

**Kata Kunci :** Pengaruh, Las SMAW, Elektroda E-7018, Uji Tarik, Baja Karbon Rendah

**Abstract**

*SMAW (Shielded Metal Arc Welding) welding is an activity of combining two or more metals that uses heat energy assistance to melt the work material and electrodes as additional material in the SMAW welding process. The main parameter that affects the quality of the results in the low carbon steel welding process with electric arc welding is the amount of electric current, the greater the electric current used in the welding process, the greater the heat energy produced. The heat generated by the welding process is very influential on the welding results so that if the heat used is too high it can change the structure of the material. This research was conducted to see how the influences of the current strength value on SMAW welding using tensile testing. This type of experimental research is applied to research by doing SMAW welding based on the current strength in the welding process. The current values used in this study are 90, 100, and 130 Ampere using the E-7018 electrode. The material in this study is low carbon steel in the form of a plate with a thickness of 8mm. Tensile Test is used as a material test to see how much influence the value of the current under study has. The highest tensile test value was obtained at 130 amperes with an average tensile strength of 545.58 N/mm<sup>2</sup>. Based on the result of the studied the increase in the value of the tensile strength is direct proportional to the values of the current strength where the highest strength value is obtained at a current of 130 Ampere.*

**Keywords :** Effect, Smaw Welding, E-7018 Electrode, Tensile Test, Low Carbon Steel

## I. Pendahuluan

Pengelasan tidak akan dapat dipisahkan dari perkembangan teknologi di bidang konstruksi (Habibi et al., 2015). Pengelasan banyak di libatkan terhadap pembangunan konstruksi terkhusus di bidang rangcangn bangun (Januar & Suwito, 2016). Adapun pemanfaatan pengelasan dalam bidang konstruksi yaitu pada pembuatan jembatan, perkapalan, rangka baja, pipa pesat, bejana tekan, endaraan rel dll, selain dari pada itu pengelasan juga dimanfaatkan pada kegiatan perbaikan (Azwinur et al., 2017). Teknik pengelasan terbagi atas tiga jenis yaitu pengelasan cair, tekan, dan patri (Afan et al., 2020).

Pada bidang konstruksi pengelasan menjadi sarana yang memang diperlukan rancangan dan cara yang benar agar hasil dari pengelasan tersebut sesuai dengan yang diinginkan (A et al., 2021). Kualitas hasil pengelasan di tentukan oleh beberapa faktor yaitu, teknik pengelasan, bahan, dan suhu (Wari et al., 2020). Pengelasan merupakan sambungan dua buah logam dengan pemanasan yang dilakukan pada kondisi cair (Hamid, 2016). Dari pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa pengelasan merupakan aktivitas untuk menyambung dua buah logam dengan bantuan pemanasan sehingga menjadi satu kesatuan. Menghubungkan dapat dengan bahan atau tanpa bahan tambah dengan jumlah sama (filler metal) atau titik yang berbeda dengan pencairan atau struktur (Wiryosumanto & Okumura, 2008)

Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah kegiatan menyambungkan duah benda dengan bantuan energi panas (Aditia et al., 2019). Pengelasan SMAW yaitu menyatuan duah benda dengan bantuan pansa pada las busur (Afriany & Husni, 2016). Proses pengelasan SMAW ini terjadi karena ada pertemuan energi panas antara elektroda dengan bahan kerja (Shiddiq et al., 2022). Energi panas yang ditimbulkan pada las SMAW dikarenakan oleh lompatan ion dari elektroda dan permukaan benda kerja (Helanianto et al., 2020). Oleh karena itu pengelasan SMAW ini membutuhkan elektroda yang terbungkus fluks (A. Arifin & Hendrianto, 2018). Fluks pada elktroda yang dijadikan sebagai pelindung berfungsi untuk stabilizer dalam pelaksanaan pengelasan. Salah satu jenis elektroda atau busur listrik yaitu elektroda E 7018. Pada jenis elektroda ini terdapat beberapa kandungan yaitu selaput serbuk sari yang bermanfaat meninggikan ketepatan dalam pengelasan dan dapat membuat bahan pengelasan menjadi kuat.

Logam fero merupakan bahan yang sering di gunakan pada bidang konstruksi karena logam ini memiliki ketangguhan, harga yang terjangkau, dan ketersediaan yang banyak di pasaran. Baja karbon rendah yaitu gabungan antara unsur utam karbon dengan besi (Nurlina, 2019). Proses pengelasan juga dapat meruba

sifat sifat logam, itu semua tergantung situasi dan kondisi pada benda kerja.

Salah satu hal yang mempengaruhi sifat logam yaitu keseimbangan kecepatan dalam pemuaiian dan pengkerutan. Hal ini berkaitan dengan faktor faktor dalm pengelasan seperti kuat arus, kekuatan, cacat las bahan, dan proses atau teknik yang akan berdampak terhadap hasil pengerjaan atau hasil dari pengelasan dan juga berdampak kepada sifat fisik maupun mekanik logam. Sifat fisik pada logam yaitu kemampuan logam menerima berbagai kondisi, sedangkan sifat mekanik yaitu sebagai reaksi material logam untuk menahan beban sesuai dengan kondisi (Smallman, 1992). Sifat mampu las tidak semua terdapat pada bahan logam. Salah satu logam yang memiliki sifat mampu las yakni baja karbon rendah. Dan baja karbon rendah biasanya dimanfaatkan pada konstruksi umum (Soleh et al., 2017).

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi hasil pengelasan yaitu kuat arus listrik (Muhammad et al., 2022). Pada saat ini masih banyak seorang juru las yang kurang memperhatikan dan hanya memperkirakan kuat arus yang digunakan dalam pengelasan, hal ini akan berdampak berdampak terhadap hasil pengerjaan. Setinggian kuat arus dalam proses pengelasan sangat diperlukan, karna jika arus yang dipakai terlalu rendah dapat menyebabkan susah dalam menghidupkan busur listrik, panas yang ditimbulkan tidak mampu melelehkan busur listrik, dna dapat mengakibatkan penemubusan pengelasan tidak dalam, begitupun dengan sebaliknya jika arus yang dipakai terlalu tinggi dapat menyebabkan penembusan terlalu dalam sehingga terjadi nya cacat terhdap benda kerja pengelasan (S. Arifin, 1997). Jadi pengaruh arus listrik pengelasan berperan penting kepada hasil sambungan las (Hanafi et al., 2022).

Penelitian ini akan menggunakan metode pengelasan busur manual SMAW dengan bermacam kuat arus yaitu arus 90 A, 100 A, dan 130 A dan elektroda berukuran 3,2 mm. Pengambilan besar arus minimum yang akan diuji adalah 90 Ampere bertujuan menjadi pembanding dengan kuat arus lainnya.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, peneliti melakukan penelitian mengenai Pengaruh Variasi Kuat Arus terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW pada Baja Karbon Rendah dengan Elektroda E-7018.

## II. Metode Penelitian

### A. Jenis Penelitian

Penelitian dengan jenis eksperimen yang diterapkan pada penelitian ini, yang mana hasil penelitian di dapat dari tindakan langsung terhadap benda kerja atau beda uji. Model eksperimen yaitu model penelitian yang dipakai guna melihat adanya pengaruh perlakuan tertentu pada keadaan yang dirancang

(Sugiyono, 2017).

## B. Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini yaitu hasil dari pengelasan SMAW pada benda kerja jenis baja karbon rendah tebal 8 mm dengan menggunakan busur listrik E-7018 berdiameter 3,2 mm dengan menerapkan kekuatan arus pada pengelasan sebesar 80, 100, dan 130 A. Pada masing masing kuat arus mempunyai 3 spesimen yang akan dilakukan pengujian tarik.

## C. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada 11 Juli 2022- 11 Agustus 2022. Dimulai dari pembuatan spesimen benda uji dan uji tarik serta pengelasan SMAW. Tempat penelitian akan dilaksanakan di labor fabrikasi dan manufaktur departemen teknik mesin FT UNP.

## D. Jenis dan Sumber Data

Jenis data penelitian ini yaitu data primer dan sekunder, yaitu hasil penelitian dan pengujian dari masing-masing spesimen dan teori pendukung yang diperoleh dari Pustaka Universitas Negeri Padang dan artikel ilmiah.

## III. Hasil dan Pembahasan

### A. Hasil Penelitian

#### 1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini yaitu baja karbon rendah dengan ketebalan 8 mm, panjang 300 mm, dengan lebar 200 mm,. Berikut gambar menunjukkan spesimen yang akan di uji tarik sebelum dilakukan pemotongan.



**Gambar 2.1.** Setelah dilakukan Pembuatan Kampuh



**Gambar 2.2.** Setelah dilakukan Pengelasan dan Pemotongan

#### 2. Data Hasil Pengujian Tarik

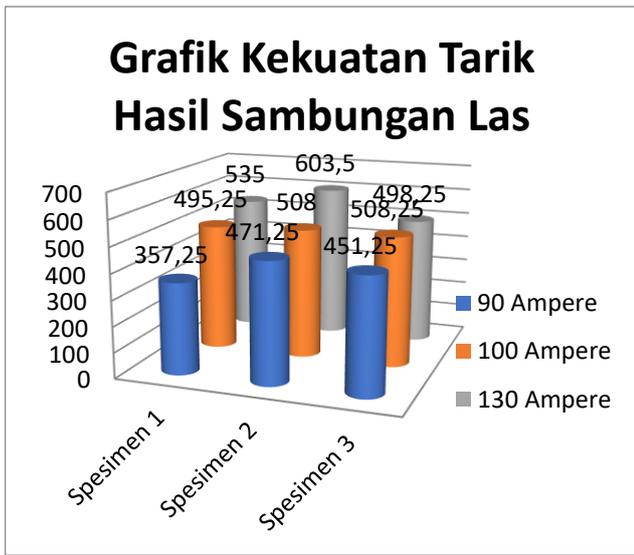
Pada pengujian ini diperoleh data dari benda kerja setelah dilakukan uji tarik. Berikut hasil dari pengujian tarik pada benda kerja

**Tabel 1.1.** Data Hasil Uji Tarik Raw Material

Kode Spec	Ukuran Penampang		Luas Penampang	L		$\epsilon$ (%)	Beban		Kekuatan Tarik		E (N/mm <sup>2</sup> )
	Lebar	Tebal		L <sub>0</sub>	L <sub>i</sub>		F <sub>0</sub> (N)	F (N)	$\sigma_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	
1	10	8	80	68	84,85	16,85%	60340	68780	754,25	859,75	5102,37
2	10	8	80	68	85,91	17,91%	61120	70120	764,00	876,50	4895,30

**Tabel 1.2.** Data Hasil Uji Tarik Sambungan Las

Kode Spec	Kuat Arus	Ukuran Penampang		Luas Penampang	L		$\epsilon$ (%)	Beban		Kekuatan Tarik		E (N/mm <sup>2</sup> )
		Lebar	Tebal		L <sub>0</sub>	L <sub>i</sub>		F <sub>0</sub> (N)	F (N)	$\sigma_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	
3		8	8	80	68	82,43	14,43%	13700	28580	214,06	446,56	2475,74
4	90	10	8	80	68	101,64	33,64%	36020	37700	450,25	471,25	1400,86
5		10	8	80	68	84,12	16,12%	33600	36100	420,00	451,25	2799,31
6		10	8	80	68	87,20	19,20%	39340	39620	491,75	495,25	2579,42
7	100	10	8	80	68	91,53	23,53%	38620	40640	482,75	508,00	2158,94
8		10	8	80	68	91,00	23,00%	37460	40660	468,25	508,25	2209,78
9		10	8	80	68	95,61	27,61%	38040	42800	475,50	535,00	1317,51
10	130	10	8	80	68	98,89	30,89%	44840	48280	560,50	603,50	1953,70
11		10	8	80	68	93,95	25,95%	37540	39860	469,25	498,25	1920,03



**Gambar 3.3.** Grafik Kekuatan Tarik Hasil Sambungan Las

Dari data yang didapat diketahui bahwa antara kuat arus dan tegangan berbanding terbalik dimana semakin tinggi kuat arus maka tegangan tarik akan semakin rendah dan sebaliknya semakin rendah arus yang digunakan semakin tinggi kekuatan tarik yang di hasilkan.

Dari hasil analisis pada **spesimen kontrol** diketahui rata-rata tegangan tarik 868,125 N/mm<sup>2</sup>, regangan 17,39% dan modulus elastisitas sebesar 4,998 kN/mm<sup>2</sup>.

Hasil analisis pada arus **90 Ampere** diketahui nilai kekuatan tarik 426,58 N/mm<sup>2</sup>, regangan sebesar 21,39% dan modulus elastisitas sebesar 2,225 kN/mm<sup>2</sup>.

Hasil analisis pada arus **100 Ampere** diketahui nilai kekuatan tarik 503,83 N/mm<sup>2</sup>, regangan sebesar memiliki nilai 21,91% ,dan modulus elastisitas sebesar 2,316 k N/mm<sup>2</sup>.

Hasil analisis pada arus **130 Ampere** diketahui nilai kekuatan tarik 545,58 N/mm<sup>2</sup>, regangan sebesar yaitu 28,15%, dan nilai modulus elastistas sebesar 1,730 k N/mm<sup>2</sup>.

**B. Pembahasan**

Baja karbon rendah yang dipakai penelitian. Hal ini karena baja karbon rendah bahan yang sering dan mudah dijumpai. Jumlah spesimen pada penelitian ini sebanyak 11 spesimen yang terdiri dari 2 spesimen kontrol , 3 spesimen arus 90 Ampere, 3 spesimen arus 100 Ampere, dan 3 spesimen arus 130 Ampere. Hasil yang didapatkan adakah terjadi perbedaan kekuatan tarik,regangan serta modulus elastisitas dari setiap spesimen terhadap variasi arus yang diberikan.

1. Spesimen control

Pada spesimen ini tidak diberikan perlakuan panas pada proses pengelasan dengan alasan agar spesimen ini menjadi spesimen kontrol atas spesimen lainnya, untuk

spesimen kontrol memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 868,12/ . Nilai tersebut merupakan nilai tertinggi di antara semua spesimen , hal tersebut terjadi karena tidak di berikan perlakuan pengelasan yang membuat tidak adanya perubahan struktur pada spesimen.

2. Spesimen uji tarik dengan Arus pengelasan 90 Ampere

Pada spesimen ini besar arus pada pengelasan yaitu 90 A yang dilakukan pada 3 buah spesimen yang selanjutnya dilakukan pengujian, dari hasil pengujian diketahui rata rata kekuatan tarik sebesar 456,35 N/. diktehui nilai rata rata tersebut nilai yang tertinggi. Hal ini disebabkan karena arus yang paling rendah namun ternyata arus ini bisa digunakan untuk standart pengelasan plat dengan ketebalan 8 mm. hasil pengelasan pada spesimen cukup bagus untuk penembusan.

3. Spesimen uji tarik dengan Arus pengelasan 100 Ampere

Pada spesimen ini besar arus pada pengelasan yaitu 100 A yang dilakukan pada 3 buah spesimen yang selanjutnya dilakukan pengujian , dari hasil pengujian diketahui rata rata kekuatan tarik sebesar 503,83 N/. hasil ini merupakan hasil yang cukup baik, hal ini karena arus yang digunakan sudah memasuki standar pengelasan Diklat Las MIG Universitas Yogyakarta dan pada hasil las yang didapatkan sudah cukup baik untuk pengisian dan penembusan.

4. Spesimen uji tarik dengan Arus pengelasan 130 Ampere

Pada spesimen ini besar arus pada pengelasan yaitu 130 A yang dilakukan pada 3 buah spesimen yang selanjutnya dilakukan pengujian , dari hasil pengujian diketahui rata rata kekuatan tarik sebesar 545,58 N/ . hasil ini cukup baik karena arus yang tinggi namun ternyata arus ini bisa digunakan untuk standart pengelasan plat dengan ketebalan 8 mm. hasil pengelasan pada spesimen sangat bagus untuk penembusan.

Berikut hasil perhitungan besarnya kekuatan tarik ( $\sigma$ ), regangan , dan modulus elastisitas.

**Tabel 1.3.** Hasil Rata Rata Kekuatan Tarik

Variasi Arus	Spesimen (N/mm <sup>2</sup> )			
	1	2	3	Rata-rata
90 A	357,25	471,25	451,25	<b>426,58</b>
100 A	495,25	508,00	508,25	<b>503,83</b>
130 A	535,00	603,50	498,25	<b>545,58</b>

Berdasarkan hasil rata-rata kekuatan tarik pada tabel 5 diatas semakin tinggi parameter arus listrik yang digunakan, maka semakin tinggi pula hasil hasil nilai

kekuatan tarik pada hasil pengelasan.

## Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari penyambungan logam yang dilas menggunakan elektoda E-7018 yang berdiameter 3,2mm. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa. Pengelasan dengan arus 90 A, 100 A, 130 A dengan baja karbon rendah memberi pengaruh berbeda terhadap kekuatan tarik. Dan diketahui nilai kekuatan tarik arus 130 Ampere sebesar 603,50 N/ yang mana ini merupakan kekuatan tarik terbesar dari pada yang lainnya, pada arus 130 A ini bagus terhadap pengisian dan penembusan pada pengelasan. Oleh karena itu kuat arus yang paling sesuai pada material dengan ketebalan 8mm yaitu 130 A.

## Referensi

- A, R., Irzal, I., Waskito, W., & Mulyadi, R. (2021). Pengaruh Jenis Media Pendingin Air Garam, Air Sumur, Oli Terhadap Hardness Pada Hasil Pengelasan Baja S45C Menggunakan Las Smaw. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 3(2), 34–40. <https://doi.org/10.24036/vomek.v3i2.201>
- Aditia, Nurdin, & Adi, S. I. (2019). Analisa Kekuatan Sambungan Material AISI 1050 dengan ASTM A36 dengan Variasi Arus pada Proses Pengelasan SMAW. *Journal of Welding Technology*, 1(1), 1–4.
- Afan, Purwantono, Muliarti, & Rahim, B. (2020). Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 20.
- Afriany, R., & Husni, T. (2016). *Analisa Perbandingan Las TIG dan Las SMAW terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Stainless Steel 304*. 8(2), 189–200.
- Arifin, A., & Hendrianto, M. (2018). MENGGUNAKAN SMAW Amir Arifin , M Hendrianto. *Jurnal Teknik Mesin UNTIRTA*, IV(1), 20–25.
- Arifin, S. (1997). *Ilmu Logam*. Ghalia Indonesia.
- Azwinur, A., Jalil, S. A., & Husna, A. (2017). Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan SMAW. *Jurnal POLIMESIN*, 15(2), 36. <https://doi.org/10.30811/jpl.v15i2.372>
- Habibi, F., Respati, S. M. B., & Syafa'at, I. (2015). Perlakuan Pemanasan Awal Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Dan Fisik Pada Daerah HAZ Hasil Pengelasan Baja Karbon ST 41. *Prosiding SNST Ke-6 Tahun 2015, ke-6 Tahun*, 43–47.
- Hamid, A. (2016). Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan. *Urnal Teknologi Elektro*, 26–36. <https://media.neliti.com/media/publications/142425-ID-analisa-pengaruh-arus-pengelasan-smaw-pa.pdf>
- Hanafi, F., Nurdin, H., Mesin, J. T., Teknik, F., Padang, U. N., Tawar, K. A., Tarik, K., & Rendah, B. K. (2022). *Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Pada Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Menggunakan Las Mig*. 4(2), 31–38.
- Helanianto, H., Epriyandi, E., & Rahmadi, H. (2020). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Smaw Terhadap Kekerasan Logam Induk Dan Logam Las. *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 138–147. <https://doi.org/10.34128/je.v7i2.148>
- Januar, A., & Suwito, D. (2016). Kajian Hasil Proses Pengelasan MIG dan SMAW pada Material ST41 dengan Variasi Media Pendingin (Air, Collent, dan Es) Terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 37–42.
- Muhammad, A., Prasetyo, D. H. T., & Wahyudi, D. (2022). Pengaruh Kuat Arus Listrik Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dengan Media Pendingin terhadap Kekuatan Tarik Baja ST-37. *J-Proteksion*, 6(2), 49–55. <https://doi.org/10.32528/jp.v6i2.6917>
- Nurlina, N. (2019). Pengaruh Pengujian Hardening pada Baja Karbon Rendah Sebagai Solusi Peningkatan Kualitas Material. *Jurnal Qua Teknika*, 9(1), 89.
- Shiddiq, M., Fernanda, Y., Mesin, D. T., Teknik, F., Padang, U. N., Tawar, K. A., & Baja, K. B. (2022). *Analisa Perbandingan Hasil Pengelasan Las Smaw Dengan Las Mig Pada Posisi 3g Dengan Material Jis G3101 Ss400*. 4(3), 55–61.
- Smallman. (1992). *Metallurgi Fisik Modren*. Gramedia.
- Soleh, A. A., Purwanto, H., & Syafa'at, I. (2017). Analisa pengaruh kuat arus terhadap struktur mikro, kekerasan, kekuatan tarik pada baja karbon rendah dengan las smaw menggunakan jenis elektroda e7016. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 1(2), 29–35.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kombinasi*

*(Mixed Methods)*. Alfabeta.

Wari, A., Nurdin, H., & Ya, K. Z. (2020). Porosity Defect Analysis in ST 37 Steel Welding Joints Using the Dye Penetrant Method. *Teknomekanik*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.24036/tm.v3i1.5272>

Wiryo Sumanto, H., & Okumura, T. (2008). *Teknologi Pengelasan Logam*. Praty Pramita.