

# **Analisis Kekuatan Tarik dan Kekuatan Tumbukan pada Sambungan Las SMAW pada Material Baja St 57 dengan Variasi Temperatur Pemanasan Awal**

**Lexel Alwanto Rantemangiling<sup>1</sup>, Karel Tikupadang<sup>2</sup>, Atus Buku<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km 13 Daya Makassar, 90243  
Email korespondensi: [kareltikukip\\_2000@gmail.com](mailto:kareltikukip_2000@gmail.com)

## **Abstrak**

Pengelasan merupakan teknik penyambungan logam yang banyak digunakan dalam industri, terutama karena sifatnya yang kuat dan ekonomis. Namun, proses pengelasan dapat menyebabkan perubahan struktur mikro yang mempengaruhi sifat fisik dan mekanik logam, seperti kekuatan tarik dan ketangguhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekuatan tumbukan baja ST 57 yang mengalami pengelasan SMAW akibat pengaruh variasi temperatur pemanasan awal pada temperatur 250 °C, 300 °C, dan 350 °C. Material yang digunakan adalah baja ST 57 dengan ketebalan 4 mm, menggunakan elektroda NIKKO Steel E6013 dengan diameter 2,0 mm dan arus pengelasan konstan sebesar 100 A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi temperatur pemanasan awal terhadap kekuatan tarik pada baja ST 57 yang mengalami pengelasan SMAW yaitu pada nilai kekuatan tarik maksimum dengan nilai tertinggi terjadi pada spesimen spesimen normal dengan nilai 57,36 kgf/mm<sup>2</sup> dan nilai kekuatan tarik maksimum terendah terjadi pada spesimen dengan perlakuan panas 300 °C dengan nilai 36,15 kgf/mm<sup>2</sup>. Pada nilai elastisitas tertinggi terjadi pada spesimen 250 °C dengan nilai 537,59 kgf/mm<sup>2</sup> dan nilai elastisitas terendah terjadi pada spesimen normal dengan nilai 225,96 kgf. Pada variasi temperatur pemanasan awal terhadap kekuatan tumbukan (impact) pada baja ST 57 yang mengalami pengelasan SMAW yaitu dengan nilai harga impact tertinggi terjadi pada spesimen normal dengan nilai 0,68 Joule/mm<sup>2</sup> dan nilai harga impact terendah terjadi pada spesimen ke empat dengan nilai 0,49 Joule/mm<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** Pengelasan SMAW, Baja ST 57, Kekuatan Tarik, Kekuatan Tumbukan

## **Abstract**

Welding is a metal joining technique that is widely used in industry, especially because it is strong and economical. However, the welding process can cause microstructural changes that affect the physical and mechanical properties of the metal, such as tensile strength and toughness. This research aims to determine the tensile strength of ST 57 steel which undergoes SMAW welding due to the influence of variations in preheating temperature at temperature of 250 °C, 300 °C and 350 °C. The material used is ST 57 steel with a thickness of 4 mm, using electrodes. NIKKO Steel E6013 with a diameter of 2.0 mm and a constant welding current of 100 A. The results of the research show that the variation in preheating temperature on the tensile strength of ST 57 steel which underwent SMAW welding is at the maximum tensile strength value with the highest value occurring in normal specimens. with a value of 57.36 kgf/mm<sup>2</sup> and the lowest maximum tensile strength value occurred in the specimen with a heat treatment of 300 °C with a value of 36.15 kgf/mm<sup>2</sup>. The highest elasticity value occurred in the 250 °C specimen with a value of 537.59 kgf/mm<sup>2</sup> and the lowest elasticity value occurred in the normal specimen with a value of 225.96 kgf. In the variation of preheating temperature on the impact strength of ST 57 steel which underwent SMAW welding, the highest impact value occurred in the normal specimen with a value of 0.68 Joules/mm<sup>2</sup> and the lowest impact value occurred in the fourth specimen with a value of 0.49 Joules/mm<sup>2</sup>.

**Keywords:** SMAW Welding, ST 57 Steel, Tensile Strength, Impact Strength

## **I. PENDAHULUAN**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat memberikan pengaruh signifikan terhadap industri dalam negeri, terutama industri yang memproduksi elemen-elemen mesin yang sebagian

besar menggunakan logam sebagai bahan baku. Dalam perkembangan dunia industri, logam sering digunakan, salah satunya melalui proses pengelasan. Pengelasan adalah teknik penyambungan dua bahan logam berdasarkan prinsip proses difusi, yang mengakibatkan penyatuhan bahan yang disambung. Kelebihan dari

proses pengelasan meliputi konstruksi yang ringan namun mampu menahan beban atau kekuatan yang besar, kemudahan dalam pengerjaan, serta efisiensi ekonomis. Namun, kelemahan yang mungkin terjadi adalah perubahan struktur mikro pada logam yang dilas, serta perubahan sifat fisik dan mekanis pada bahan tersebut (Ma'ruf M., 2018).

Dalam proses pengelasan terdapat beberapa metode, salah satu metode yang digunakan yaitu *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) atau las busur listrik terbungkus. Proses pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* panas yang ditimbulkan dari busur listrik mencairkan ujung elektroda dan logam induk secara bersamaan. Elektroda mencair membentuk butir-butir logam cair yang terbawa akan semakin halus. Butiran yang halus memberikan sifat mampu las yang tinggi. Pengujian sifat mekanis dapat memberikan informasi sifat mampus las logam (Lestari, N., Sidharta, B. W., dkk 2020).

Penelitian ini berfokus pada pengaruh variasi temperatur pemanasan awal terhadap kekuatan mekanis baja ST 57 yang dilas menggunakan metode SMAW. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan bagaimana variasi temperatur pemanasan awal mempengaruhi kekuatan tarik dan kekuatan tumbukan (*impact*) baja ST 57. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi yang relevan dan menambah pengetahuan bagi mahasiswa di program studi Teknik Mesin, serta memberikan masukan bagi penelitian selanjutnya.

## II. METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juli 2024 di Laboratorium Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus. Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan yang relevan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

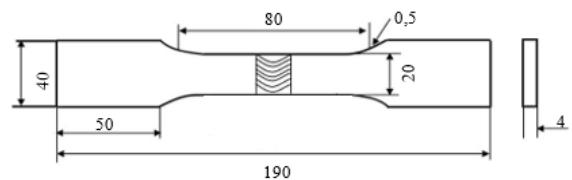
### A. Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mesin las SMAW, yang digunakan untuk mengelas berbagai jenis logam, termasuk baja, besi tuang, aluminium, dan *stainless steel*. Mesin gerinda digunakan untuk pengasahan, pengikisan, pemotongan, serta pengamplasan material. Jangka sorong dimanfaatkan untuk mengukur ketebalan benda yang tipis, diameter bagian dalam atau luar pipa, serta kedalaman suatu bejana yang sempit. Ragum digunakan untuk menahan benda kerja selama proses seperti penggergajian, pengelasan, atau pengeboran. Selain itu, kikir digunakan untuk pengikisan benda kerja, dan alat pelindung diri dipakai untuk mencegah dan mengurangi risiko kecelakaan kerja atau paparan penyakit.

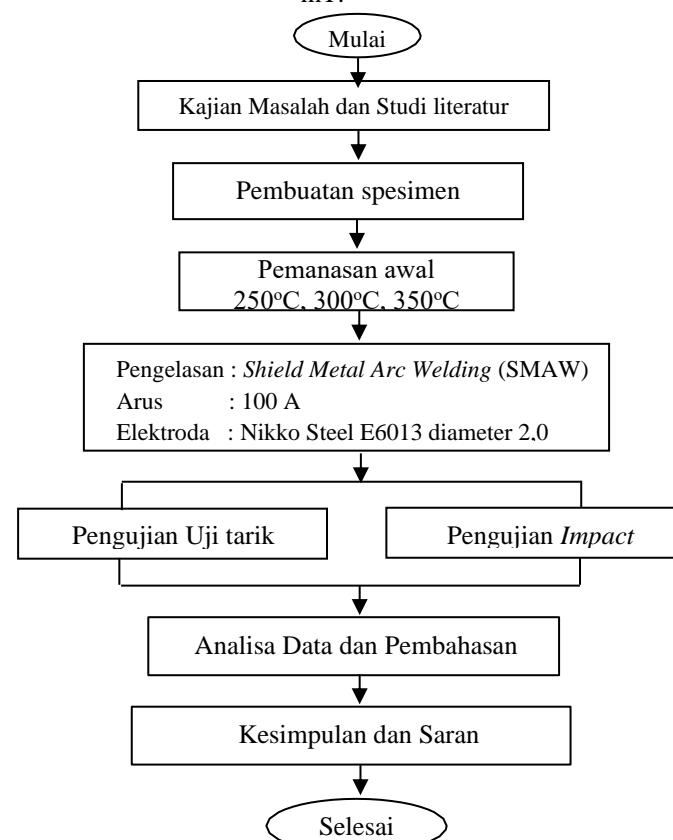
### B. Bahan yang Digunakan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah dengan ketebalan 4 mm, serta elektroda E6013 sebagai bahan pengisi dalam proses pengelasan. Pemilihan alat dan bahan ini disesuaikan dengan kebutuhan untuk menguji pengaruh variasi arus dan metode pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekuatan tumbukan (*impact*) pada baja ST 57.

Bagian ini berisi tata kerja penelitian yang telah dilakukan serta ditulis dengan jelas, sehingga percobaan atau penelitian yang telah dilakukan dapat diulang dengan hasil yang sama.



**Gambar 1.** Root Mean Square Error (RMSE) pada beberapa ukuran particle swarm dan iterasi pada 400 mT.



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah metode penelitian yang telah diubah menjadi bentuk paragraf untuk artikel jurnal:

### C. Metode Pengujian

Penelitian ini melibatkan dua jenis pengujian utama, yaitu pengujian tarik dan pengujian *impact*, yang bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan tarik dan

ketangguhan material baja ST 57 yang mengalami pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik untuk mengukur kekuatan material dalam menahan beban sampai putus. Prosedur pengujian tarik dimulai dengan menyiapkan spesimen yang akan diuji dan meletakkan kertas milimeter blok pada plotter untuk mencatat perubahan panjang selama pengujian. Spesimen awalnya diberi beban nol, dan beban tersebut ditingkatkan secara bertahap hingga spesimen mengalami kerusakan atau putus. Selama proses ini, mesin akan mencatat beban maksimum yang bisa ditahan oleh spesimen sebelum putus. Setelah spesimen putus, pengukuran penampang dan panjang spesimen dilakukan untuk mendapatkan data perubahan dimensi akibat pengujian. Hasil pengujian, termasuk data beban maksimum dan grafik tegangan-regangan, ditampilkan pada monitor mesin uji tarik. Data ini kemudian digunakan untuk menghitung kekuatan tarik spesimen menggunakan persamaan yang relevan.

#### Pengujian Impact

**Tabel 1.** Uji kekuatan tarik

Pengujian *impact* bertujuan untuk mengukur ketangguhan material dalam menahan benturan. Langkah-langkah pengujian *impact* melibatkan memastikan bahwa jarum penunjuk mesin uji berada

SPESIMEN	Dimensi			Hasil Uji Tarik			Hasil Perhitungan							
	L (mm)	B (mm)	H (mm)	A <sub>0</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>U</sub> (kgf)	ΔL <sub>U</sub> (mm)	P <sub>B</sub> (kgf)	ΔL <sub>B</sub> (mm)	σ <sub>U</sub> (kgf/mm <sup>2</sup> )	ε <sub>U</sub> x 100%	E <sub>V</sub> (kgf/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>B</sub> (kgf/mm <sup>2</sup> )	ε <sub>B</sub> x 100%	E <sub>B</sub> (kgf/mm <sup>2</sup> )
Normal	80	4	20	80	4590	13,5	4300,0	17,5	57,36	0,05	905,6	53,75	0,21	255,95
250	80	4	20	80	3390	5,95	2940,0	7,05	42,37	0,06	662,5	36,75	0,08	459,37
	80	4	20	80	3766,	7,55	3310,	5,8	47,07	0,06	754,6	39,37	0,05	562,42
	80	4	20	80	3778,	5,3	3310,	5,8	47,22	0,04	1,14	41,37	0,07	591,00
	<b>Rata-Rata</b>						<b>45,55</b>	<b>0,05</b>	<b>472,74</b>	<b>39,16</b>	<b>0,06</b>	<b>537,59</b>		
300	80	4	20	80	2290,	5,4	2630,	5,8	28,62	0,04	522,5	32,87	0,07	469,57
	80	4	20	80	3771,	6,00	3240,	7,00	47,13	0,05	834,2	40,5	0,08	506,25
	80	4	20	80	2617,	2,4	2290,	3,00	32,71	0,02	1,53	28,62	0,03	1,43
	<b>Rata-Rata</b>						<b>36,15</b>	<b>0,03</b>	<b>452,74</b>	<b>32,99</b>	<b>0,06</b>	<b>325,75</b>		
350	80	4	20	80	3490,	5,4	3040,	6,00	43,62	0,05	828,00	38,00	0,08	292,30
	80	4	20	80	4042,	5,2	3500,	6,8	50,51	0,02	1,96	43,75	0,09	514,70
	80	4	20	80	4010,		3520,	10,5	50,12	0,06	69,38	44,00	0,13	335,87
	<b>Rata-Rata</b>						<b>48,08</b>	<b>0,04</b>	<b>299,78</b>	<b>41,91</b>	<b>0,09</b>	<b>380,95</b>		

#### Pengujian Tumbukan (Impact)

**Tabel 2.** Uji Tumbukan (*Impact*)

No.	SPESIMEN	DIMENSI SPESIMEN			HASIL PENGUJIAN		HASIL PERHITUNGAN					
		b (mm)	t <sub>c</sub> (mm)	A <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )	α (°)	β (°)	h <sub>1</sub> (m)	U <sub>1</sub> (Joule)	h <sub>2</sub> (m)	U <sub>2</sub> (Joule)	U (Joule)	H <sub>i</sub> (Joule/m <sup>2</sup> )
1	Normal	8	4	32	135	106	1,19	84,05	0,88	62,15	21,9	0,68 x 10 <sup>6</sup>
2		8	4	32	135	106	1,19	84,05	0,88	62,15	21,9	0,68 x 10 <sup>6</sup>
3		8	4	32	135	105	1,19	84,05	0,87	61,44	21,61	0,70 x 10 <sup>6</sup>
<b>Rata-rata</b>												<b>0,68 x 10<sup>6</sup></b>
1	250	8	4	32	135	107	1,19	84,05	0,9	63,56	20,49	0,64 x 10 <sup>6</sup>
2		8	4	32	135	103	1,19	84,05	0,85	60,03	24,02	0,75 x 10 <sup>6</sup>
3		8	4	32	135	112	1,19	84,05	0,95	67,1	16,95	0,52 x 10 <sup>6</sup>
<b>Rata-rata</b>												<b>0,63 x 10<sup>6</sup></b>
1	300	8	4	32	135	111	1,19	84,05	0,94	66,39	17,66	0,55 x 10 <sup>6</sup>
2		8	4	32	135	114	1,19	84,05	0,98	69,21	14,84	0,46 x 10 <sup>6</sup>
3		8	4	32	135	113	1,19	84,05	0,97	68,51	15,54	0,48 x 10 <sup>6</sup>
<b>Rata-rata</b>												<b>0,496 x 10<sup>6</sup></b>
4	350	8	4	32	135	116	1,19	84,05	1,0	61,83	22,22	0,41 x 10 <sup>6</sup>
5		8	4	32	135	121	1,19	84,05	0,89	62,86	21,19	0,66 x 10 <sup>6</sup>
6		8	4	32	135	118	1,19	84,05	0,02	72,04	12,04	0,40 x 10 <sup>6</sup>
<b>Rata-rata</b>												<b>0,49 x 10<sup>6</sup></b>

pada posisi nol ketika godam tergantung bebas. Spesimen yang akan diuji ditempatkan di atas penopang dengan posisi yang memastikan bahwa godam akan memukul tepat di tengah takikan spesimen. Godam kemudian diangkat perlahan hingga mencapai posisi awal yang ditentukan, di mana ia akan terkunci secara otomatis. Setelah itu, tombol pembebaskan kunci ditekan, dan godam dilepaskan untuk mengayun ke bawah, memukul, dan mematahkan spesimen. Energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen diukur untuk menentukan ketangguhan material.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data hasil pengujian, maka dilakukan proses perhitungan dan analisa data sebagai berikut:

Untuk menghitung data hasil pengujian tarik diketahui data awal spesimen sebagai berikut:

- Panjang awal spesimen (L<sub>0</sub>) = 80 mm
- Lebar spesimen (W<sub>0</sub>) = 40 mm
- Tebal spesimen (t<sub>0</sub>) = 4 mm

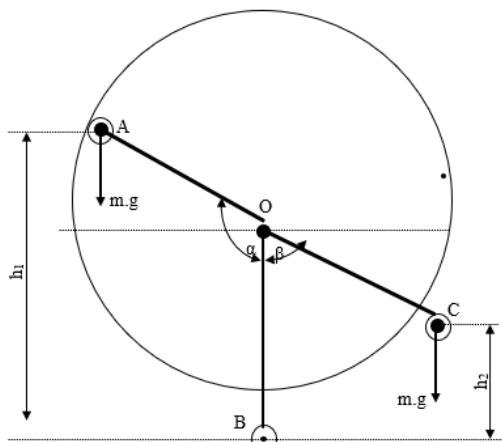
Dari persamaan-persamaan yang ada, maka salah satu spesimen yang akan digunakan sebagai informasi dari hasil pengujian tarik yang telah dilakukan adalah spesimen tanpa bentuk kampuh (spesimen normal) dengan data hasil pengujian sebagai berikut:

#### D. Hasil

##### Uji Kekuatan Tarik

Perhitungan dilakukan pada salah satu data hasil pengujian spesimen dengan pengelasan cepat, dengan data sebagai berikut:

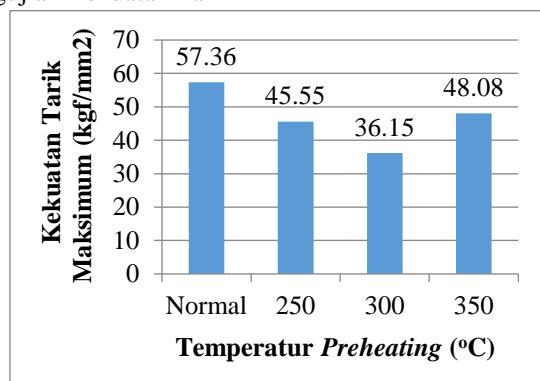
- Massa bandul (m) = 7,2 kg
  - Panjang bandul (R) = 0,7 m
  - Sudut tumbuk ( $\alpha$ ) =  $135^\circ$
  - Sudut setelah mematahkan spesimen ( $\beta$ ) =  $107^\circ$



### **Gambar 3.** Skema Hasil Pengujian Tumbukan Spesimen

## E. Pembahasan

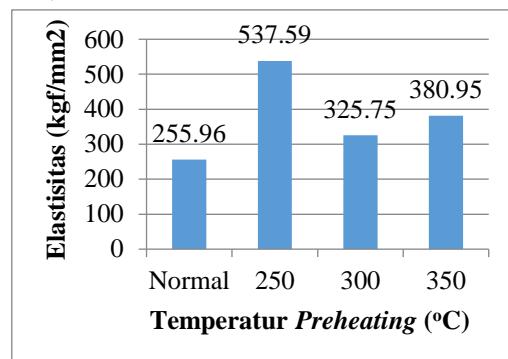
### Pengujian Kekuatan Tarik



**Gambar 4.** Grafik antara Temperatur Preheating vs Kekuatan Tarik Maksimum

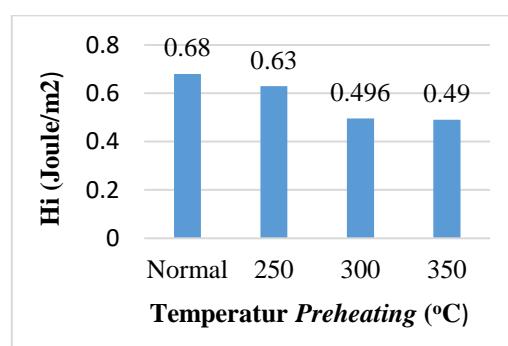
Berdasarkan gambar 4. hasil pengujian, spesimen normal memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar  $57,36/\text{mm}^2$  kgf. Pada spesimen dengan perlakuan panas sebesar  $250\text{ }^\circ\text{C}$  memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar  $45,55\text{ kgf}/\text{mm}^2$ , untuk spesimen dengan perlakuan panas  $300\text{ }^\circ\text{C}$  memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar  $36,15\text{ kgf}/\text{mm}^2$ . Dan untuk spesimen dengan perlakuan panas  $350\text{ }^\circ\text{C}$  memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar  $48,08\text{ kgf}/\text{mm}^2$ . Berdasarkan gambar 4.2 dengan nilai kekuatan tarik maksimum tertinggi terjadi pada spesimen normal  $57,36\text{ kgf}/\text{mm}^2$  dan nilai kekuatan tarik maksimum terendah terjadi pada spesimen

dengan perlakuan panas 300 °C dengan nilai 36,15 kgf/mm<sup>2</sup>.



**Gambar 5.** Grafik antara Temperatur *Preheat* vs Elastisitas

Berdasarkan gambar 5. dengan spesimen normal memiliki nilai elastisitas 225,96 kgf, spesimen dengan perlakuan panas 250 °C memiliki nilai 537,59 kgf/mm<sup>2</sup>, spesimen dengan perlakuan panas 300 °C memiliki nilai 325,75 kgf/mm<sup>2</sup> dan spesimen dengan perlakuan panas 350 °C memiliki nilai 380,95 kgf/mm<sup>2</sup>. Dari data yang dihasilkan nilai elastisitas tertinggi terjadi pada spesimen 250 °C dengan nilai 537,59 kgf/mm<sup>2</sup> dan nilai elastisitas terendah terjadi pada spesimen normal dengan nilai 225,96 kgf.



**Gambar 6.** Grafik antara Harga *Impact* vs Temperatur *Preheating*

Berdasarkan gambar 5. pada gambar spesimen normal dengan nilai harga *impact* yaitu 0,68 Joule/mm<sup>2</sup>. Pada spesimen kedua dengan di berikan pemanasan awal 250 derajat mempunyai harga *impact* yaitu 0,63 Joule/mm<sup>2</sup>. Pada spesimen ketiga dengan diberikan *preheating* 300 derajat mempunyai harga *impact* yaitu 0,496 Joule/mm<sup>2</sup>. Dan untuk spesimen ke empat mempunyai harga *impact* yaitu 0,49 Joule/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil penelitian nilai harga *impact* tertinggi terjadi pada spesimen normal dengan nilai 0,68 Joule/mm<sup>2</sup> dan nilai harga *impact* terendah terjadi pada spesimen ke empat dengan nilai 0,49 Joule/mm<sup>2</sup>.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi temperatur pemanasan awal terhadap kekuatan tarik dan kekuatan tumbukan pada sambungan las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) menggunakan material baja ST 57. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi temperatur pemanasan awal mempengaruhi kekuatan tarik baja ST 57 yang mengalami pengelasan SMAW. Nilai kekuatan tarik maksimum tertinggi ditemukan pada spesimen tanpa perlakuan panas dengan nilai 57,36 kgf/mm<sup>2</sup>, sementara nilai kekuatan tarik maksimum terendah ditemukan pada spesimen yang dipanaskan pada suhu 300°C, dengan nilai 36,15 kgf/mm<sup>2</sup>. Elastisitas tertinggi tercatat pada spesimen dengan pemanasan pada suhu 250°C sebesar 537,59 kgf/mm<sup>2</sup>, sedangkan elastisitas terendah ditemukan pada spesimen normal dengan nilai 225,96 kgf.

Selain itu, variasi temperatur pemanasan awal juga mempengaruhi kekuatan tumbukan (*impact*) baja ST 57. Nilai *impact* tertinggi ditemukan pada spesimen tanpa perlakuan panas, dengan nilai 0,68 Joule/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai *impact* terendah ditemukan pada spesimen dengan perlakuan panas tertentu, yaitu 0,49 Joule/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan memvariasikan temperatur pemanasan awal yang berbeda untuk lebih memahami pengaruhnya terhadap sifat mekanis baja ST 57 yang dilas menggunakan metode SMAW. Selain itu, perbandingan antara material yang diberikan perlakuan panas dan material tanpa perlakuan panas juga dapat menjadi fokus penelitian di masa mendatang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bakhori, A. (2017). Perbaikan Metode Pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil di Kota Medan. *Buletin Utama Teknik*, 13(1), 14-20.
- [2] Budiman, H. (2016). Analisis pengujian tarik (tensile test) pada baja st37 dengan alat bantu ukur load cell. *J-ENSITEC*, 3(01).
- [3] Lestari, N., Sidharta, B. W., & Purnomo, A. (2020). Pengaruh Arus Pengelasan SS 304 Menggunakan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap Kekuatan Mekanisnya. *Jurnal Teknik Mesin UNESA*, 16(01).
- [4] Ma'ruf, M. Pengaruh Arus Terhadap Kekerasan Hasil Pengelasan Baja St 60 Menggunakan Pengelasan Smaw. *Infoteknik*, 14(2), 211-218.
- [5] Mulyatno, I. P., & Jokosisworo, S. Analisis Kekuatan Sambungan Las Smaw (Shielded Metal Arc Welding) Pada Marine Plate St 42 Akibat Faktor Cacat Porositas Dan Incomplete Penetration. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 5(2), 102-113.
- [6] Pangaribowo, B. H., & Putra, W. H. A. (2019). Studi Pengaruh Pemanasan Awal pada Pengelasan Ulang Baja ASTM A36 akibat Reparasi terhadap Sifat Mekanis menggunakan Proses Las FCAW. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), G150-G155.
- [7] Pratowo, B. (2018). Analisa Keuletan Baja Karbon Rendah Setelah Dilakukan Perlakuan Panas Austempering. *PENELITIAN MANDIRI UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG*.
- [8] Prayogi, A. (2019). Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah. *Jurnal Polimesin*, 17(2), 83-90.
- [9] Rizaldy, S. M. (2019). Analisa Kekuatan Sambungan Las SMAW Vertical Horizontal Down Hand Pada Plate Baja JIS 3131 SPHC dan Stainless Steel 201 Dengan Aplikasi Piles Transfer di Mesin Thermoforming (Stacking Unit). *Malang: Institut Teknologi Malang*.
- [10] Salindeho, R. D., Soukotta, J., & Poeng, R. (2013). Pemodelan pengujian tarik untuk menganalisis sifat mekanik material. *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, 2(2).
- [11] Santoso, T. B., Solichin, S., & Trihutomo, P. (2016). Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E7016. *Jurnal Teknik Mesin*, 23(1).
- [12] Sutrisno, S., Azmal, A., & Handoko, D. (2021). Analisa pengaruh temperatur pemanasan pada proses normalizing dan hardening quenching terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro baut ST-60. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(2).
- [13] Wibowo, P. (2015). Analisis Pengaruh Preheat Atau Pemanasan Awal Terhadap Hasil Pengelasan Ulang Aluminium 5083 Di Tinjau Dari Sifat Mekanik Dan Metalurgi Pada Lambung Kapal (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).