

Studi Analisis *Heat Input* Terhadap Kekuatan Lengkung (*Bending*) Dan Kekuatan Tarik Sambungan *Activated – Tig (A-Tig)* Pada Baja Karbon Rendah

Faris Arifin¹, Wartono^{2,*}, Angger Bagus Prasetyo³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Perancangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Jl. Barbarsari Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

*Corresponding author: wartono@itny.ac.id.

Abstract

This research aims to determine the influence of heat input on the bending strength and tensile strength of activated-TIG (A-TIG) weld joints in low-carbon steel. A-TIG welding was performed on low-carbon steel plate material with dimensions of 300 mm x 100 mm x 5.8 mm. The active flux oxide powder used was Titanium oxide (TiO₂), dissolved in acetone, with welding heat input variations of 978.2 J/mm, 1,282.05 J/mm, and 1,436.59 J/mm. The tests conducted in this research include composition testing, microstructure testing, bending testing, and tensile testing. Composition test results revealed that the raw material contained 98.81% iron (Fe), 0.162% carbon (C), 0.025% silicon (Si), and 0.839% manganese (Mn). The composition testing results indicate that the material used falls into the classification of low-carbon steel. Microstructure testing results showed that the weld metal consists of acicular ferrite, Widmanstätten ferrite, and grain boundary ferrite. In bending testing of the weld metal, the highest bending stress was observed in the specimen with a heat input variation of 978.2 J/mm, reaching 115.51 kgf/mm². Tensile testing results showed that the best tensile stress was found in the specimen with a heat input variation of 978.2 J/mm, measuring 48.80 kgf/mm², and the best elongation value was obtained in the same heat input variation, measuring 25.57%.

Keywords: A-TIG welding, low carbon steel, titanium oxide, bending testing, tensile testing.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *heat input* terhadap kekuatan *bending* dan kekuatan tarik sambungan *Activated-TIG (A-TIG)* pada baja karbon rendah. Pada penelitian ini dilakukan pengelasan A-TIG pada bahan plat baja karbon rendah dengan ukuran 300 mm x 100 mm x 5,8 mm. Serbuk oksida *active flux* yang digunakan adalah *Titanium oksida (TiO₂)* yang dilarutkan dengan *aseton*, yang menggunakan variasi *heat input* pengelasan 978,2 J/mm, 1.282,05 J/mm, dan 1.436,59 J/mm. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, pengujian komposisi, pengujian struktur mikro, pengujian *bending*, dan pengujian tarik. Dari hasil uji komposisi diperoleh bahan baku mengandung besi (Fe) sebesar 98,81%, *carbon (C)* 0,162%, *silicon (Si)* 0,025%, dan *mangan (Mn)* sebesar 0,839%. Hasil pengujian komposisi menunjukkan bahwa material yang digunakan dalam klasifikasi baja karbon rendah. Dari hasil uji *mikrostruktur* diketahui bahwa logam las tersusun atas *ferit acicular*, *ferit Widmanstätten*, dan *grain boundary ferrite*. Hasil pengujian *bending* pada *weld metal*, tegangan *bending* terbesar terdapat pada spesimen dengan variasi *HI* 978,2 J/mm yaitu 115,51 kgf/mm². Dari hasil uji tarik, nilai tegangan tarik terbaik terdapat pada spesimen variasi *heat input* 978,2 J/mm sebesar 48,80 kgf/mm², dan nilai regangan tarik terbaik terdapat pada variasi *HI* 978,2 J/mm, sebesar 25,57 %.

Kata Kunci : Pengelasan *A-TIG*, baja karbon rendah, *titanium oksida*, pengujian *bending*, pengujian tarik.

PENDAHULUAN

Pengelasan adalah proses penyambungan secara permanen satu atau lebih material logam dengan ikatan metalurgi yang dilaksanakan pada waktu logam dalam keadaan meleleh atau cair. Guna memperoleh hasil yang maksimal diperlukan pengetahuan yang mendalam baik pengetahuan tentang material maupun pengetahuan tentang proses pengelasan. Banyak parameter yang harus diperhatikan. Penetapan nilai-nilai parameter yang tidak tepat berdampak pada hasil las yang tidak optimal [1].

Pengelasan *TIG (Tungsten Inert Gas)* adalah pengelasan dengan memakai busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap terbuat dari tungsten. Sedangkan sebagai bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari pistol las (*welding gun*), untuk mencegah oksidasi digunakan gas mulia dan *CO₂ (carbon dioxide)* sebagai gas pelindung.[2].

Teknik pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)* memiliki keterbatasan utama yaitu penetrasi pengelasannya dangkal, sehingga untuk pengelasan pelat yang memiliki ketebalan lebih dari 3 mm menjadi tidak efektif, untuk meningkatkan penetrasi pengelasannya dapat dilakukan dengan cara meningkatkan arus pengelasan, namun dampak dari terlalu besarnya arus pada pengelasan dapat mengakibatkan semakin besarnya *Heat Affected Zone (HAZ)*. Selain itu diperlukan persiapan sambungan berupa *machining* dan *filler metal*, yang menyebabkan produktivitasnya rendah [3]. Pengelasan *Active Flux - Tungsten Inert Gas (A-TIG)* telah dipublikasikan oleh *Paton Welding Institute (PWI)* Ukraina pertama kali tahun 1960. *PWI* telah mengumumkan bahwa melalui proses *A-TIG* tanpa bevel dan *filler metal* dapat dihasilkan pengelasan *single pass* dengan *complete joint penetration (CJP)* atau penetrasi penuh pada baja C-Mn pada tebal pelat 12 mm tanpa bevel dan logam pengisi (*filler metal*). Selain itu dinyatakan pula bahwa sifat mekanis *weld metal* tidak signifikan dibandingkan dengan logam induknya [4].

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini diperlukan urutan proses, berikut ini adalah diagram alir dari beberapa tahapan yang dilakukan.

Alat dan Bahan

A. Alat Penelitian

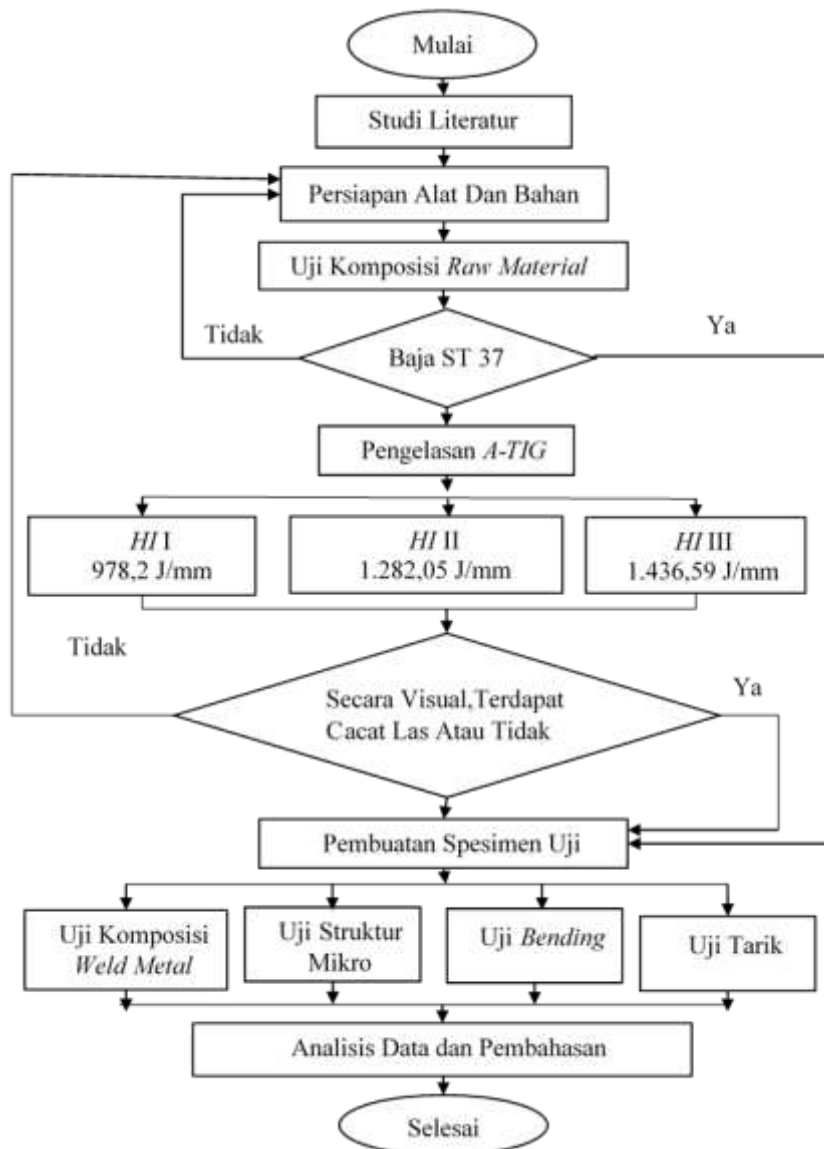
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. *Cutting Torch* / blender potong
2. Gerinda Amplas
3. Mesin *Milling*
4. Mesin Las TIG
5. Gelas Ukur
6. Mangkok Kecil
7. Kuas
8. Penggaris
9. Mesin Bubut CNC
10. Alat Uji Komposisi .
11. Alat Uji Struktur Mikro
12. Alat Uji Tarik
13. Alat Uji *Bending*

B. Bahan penelitian :

Bahan yang digunakan :

1. Plat Baja Karbon Rendah
2. *Titanium Oxside*
3. *Aseton*
4. Mata Gerinda
5. Lakban Kertas



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Komposisi

Uji komposisi ini dilakukan untuk mengetahui persentase unsur-unsur yang terkandung didalam plat baja karbon rendah yang dijadikan sebagai benda uji. Hasil dari pengujian komposisi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi *Raw Material* dan *Weld Metal*.

UNSUR	Presentase (%)		
	Keterangan	<i>RAW Material</i>	<i>Weld Material</i>
C	Karbon	0,162	1,187
Si	Silikon	0,025	0,252
Mn	Mangan	0,839	1,610
P	Phospor	0,023	0,025

Studi analisis heat input terhadap kekuatan lengkung (bending) dan kekuatan tarik sambungan Activated – TIG (A-TIG) pada baja karbon rendah

S	Sulfur	0,011	0,197
Cr	Kromium	0,022	0,056
Mo	Vanadium	<0,0100	0,246
Ni	Nikel	0,019	0,156
Cu	Tembaga	0,016	0,045
Al	Alumunium	0,019	0,118
Co	Kobalt	<0,0050	0,115
Mg	Magnesium	<0,0050	0,082
Nb	Niobium	0,014	0,018
Ti	Titanium	<0,0030	0,076
V	Vanadium	<0,0050	<0,0050
W	Wolfram	<0,100	0,523
Fe	Besi	98,81	95,29

Hasil uji komposisi menunjukkan bahwa pada plat baja karbon rendah yang digunakan sebagai bahan uji pengelasan mengandung unsur-unsur utama besi (*Fe*) 98,81 % dan unsur-unsur paduan lainnya yang lebih dominan seperti *Mangan (Mn)* 0,839 %, *Carbon (C)* 0,162 % dan *Silikon (Si)* 0,025 %, hal ini menunjukkan bahwasannya plat baja karbon yang digunakan untuk bahan uji pengelasan mempunyai sifat mampu las yang baik. Dengan demikian persentase unsur-unsur yang terkandung dalam plat baja yang digunakan untuk uji pengelasan bisa diklasifikasikan sebagai baja karbon rendah (*low carbon steel*). Sedangkan berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia pada (Tabel 4.1). pada *weld metal* mengandung unsur-unsur utama besi (*Fe*) sebesar 95,29%, *carbon (C)* sebesar 1,187%, *silicon (Si)* sebesar 0,252 % dan *mangan (Mn)* sebesar 1,610%. Terkandungnya kadar *carbon (C)* sebesar 1,187% pada *weld metal* menunjukkan bahwa *weld metal* digolongkan kedalam baja karbon tinggi dengan kadar karbon 0,45-1,7%.

Heat Input

Masukan panas (*heat input*) adalah besarnya energi panas tiap satuan panjang ketika sumber panas bergerak, Contoh perhitungan besaran *heat input* salah satu spesimen pada arus 125 ampere, tegangan 18 V, kecepatan pengelasan 1,15 mm/s, dan efisiensi proses pengelasan TIG 0,5. Diperoleh *heat input* sebagai berikut :

$$HI = \eta \frac{E \cdot I}{V}$$

$$= 0,5 \frac{18 \text{ V} \cdot 125}{1,15 \text{ mm/s}} = 978,2 \text{ J/mm}$$

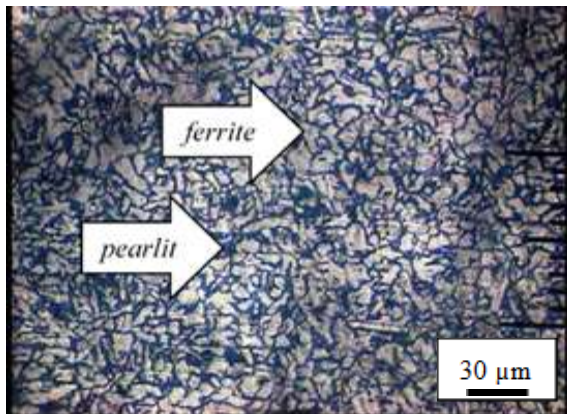
Tabel 2. Data Proses Pengelasan

Sampel	Parameter Las				<i>Heat input</i> (J/mm)
	Arus (I) (A)	Voltase (E) (V)	Waktu (t) (s)	Kecepatan Las (mm/s)	
Las 1	125	18 V	259	1,15	978,2
Las 2	150	20 V	255	1,17	1.282,05
Las 3	175	22 V	223	1,34	1.436,59

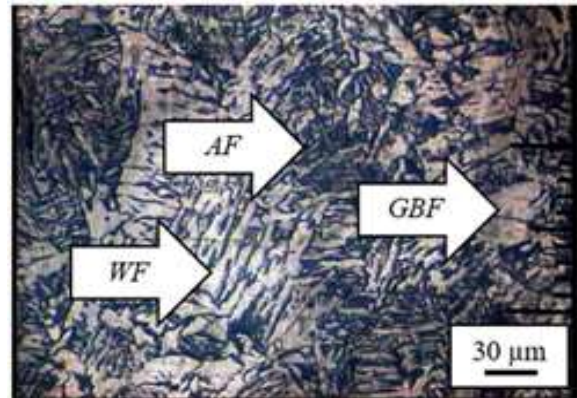
Hasil Foto Struktur Mikro

Proses pengelasan yang dilakukan pada spesimen benda uji plat baja akan menyebabkan terjadinya sifat pemanasan yang dapat merubah struktur mikro pada benda uji dari suatu logam. Pada proses pengelasan benda uji, struktur mikro akan terbentuk pada daerah las, *Heat Affect Zone (HAZ)* dan logam induk (*base metal*). [5]. Pengujian struktur mikro dilakukan pada daerah

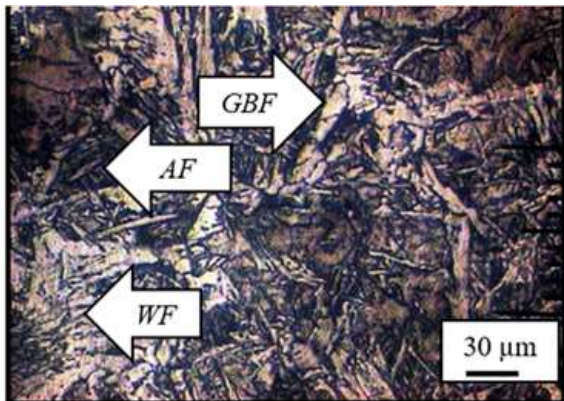
daerah las (*weld pool*). Hasil dari pengujian struktur mikro bisa kita analisis melalui foto atau gambar dari benda uji yang sudah dipotret dengan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran (*zoom in*) 100x.



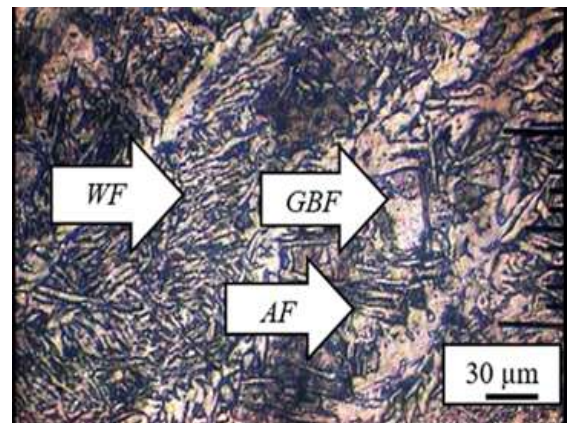
Gambar 2. Raw Material



Gambar 3. Weld Metal HI 978,2 J/mm



Gambar 4. Weld Metal HI 1.282,05 J/mm



Gambar 5. Weld Metal HI 1.436,59 J/mm

Pembahasan Struktur Mikro

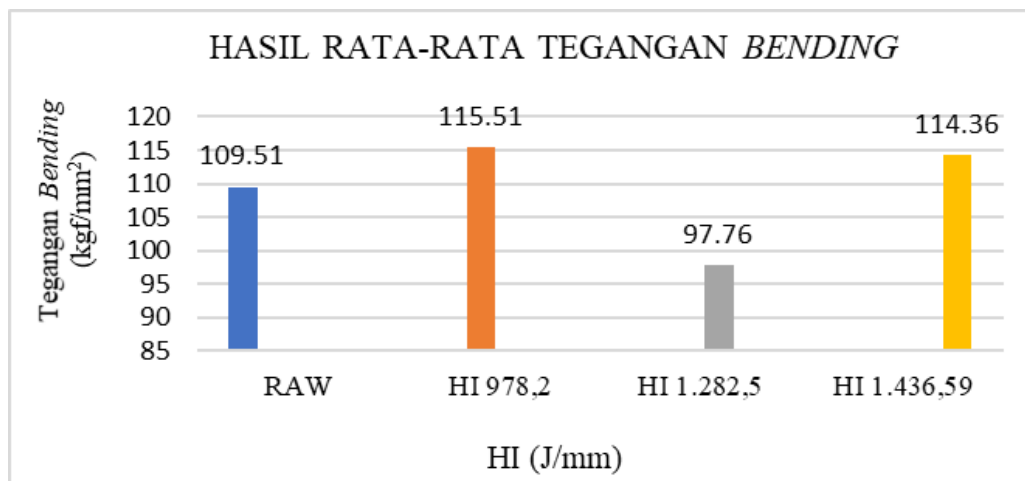
Pengaruh masukan panas (*heat input*) terhadap struktur mikro logam las terlihat pada (Gambar 3), pada gambar ini tampak bahwa struktur yang terbentuk didominasi *acicular ferrite* dan *widmanstatten ferrite* sedangkan *grain boundary ferrite* lebih sedikit. Pada (Gambar 4), pada gambar ini terjadi penurunan struktur *acicular ferrite* sehingga didominasi oleh struktur *grain boundary ferrite* dan *widmanstatten ferrite*: Terbentuknya struktur seperti ini karena disebabkan besarnya masukan panas dan waktu pendinginan yang relative lebih lambat [7-10]. Pada (Gambar 5), struktur yang terbentuk hampir sama dengan (Gambar 3), dimana struktur yang terbentuk didominasi oleh *acicular ferrite* dan *widmanstatten ferrite* sedangkan *grain boundary ferrite* struktur terbentuk lebih sedikit [11-14].

Pengujian Bending

Pengujian *bending* dilakukan dengan mesin *Universal Testing Machine (UTM)* menggunakan metode *three point bending* pada permukaan las (*face bending*). dimana spesimen uji ditekan dengan beban pada satu titik tepat pada bagian tengah spesimen benda uji.

Tabel 3. Data hasil pengujian *bending*

Spc	Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Beban Max (kgf)	Jarak point (mm)	Tegangan <i>Bending</i> (kgf/mm ²)	Rata - rata Tegangan <i>Bending</i> (kgf/mm ²)
1	RM	6,11	25,38	424,28	150	100,75	109,51
2	RM	6,09	25	487,43	150	118,28	
3	RM	6,12	26,12	464,94	150	106,93	
1	HI 978,2	6,08	25,04	464,11	150	112,81	115,51
2	HI 978,2	6,04	25,03	479,78	150	118,22	
3	HI 978,2	5,80	26,46	279,83	150	70,73	
1	HI 1.282,05	6,10	25,11	363,03	150	87,42	97,76
2	HI 1.282,05	6,1	25,06	448,06	150	108,11	
3	HI 1.282,05	5,79	26,46	266,50	150	67,60	
1	HI 1.436,59	6,11	25,13	470,77	150	112,91	114,36
2	HI 1.436,59	6,11	24,99	480,23	150	115,82	
3	HI 1.436,59	5,78	27,30	280,51	150	69,20	



Gambar 6. Grafik hasil uji tegangan lengkung.

Pembahasan Pengujian Kelengkungan (*bending*)

Pada spesimen pengujian kelengkungan (*bending*) dengan variasi *heat input* dan pengujian menggunakan metode *three point bending*, hasil pengujian berdasarkan tabel 3 didapatkan nilai tegangan *bending* pada spesimen *raw material* yaitu dengan nilai sebesar 109,51 kgf/mm², sedangkan pada spesimen *weld metal* dengan variasi *heat input* dengan nilai HI 978,2 J/mm mendapatkan nilai tegangan *bending* sebesar 115,51 kgf/mm², pada HI 1.282,05 J/mm mendapatkan nilai tegangan *bending* sebesar 97,76 kgf/mm², dan HI 1.436,59 J/mm mendapatkan nilai tegangan *bending* sebesar 114,36 kgf/mm².

Pengujian Tarik

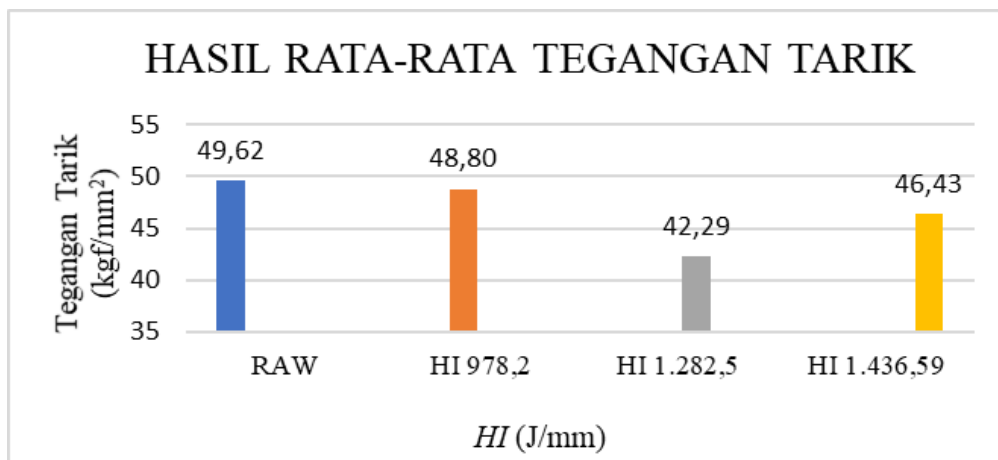
Pengujian tarik menggunakan *Universal Testing Machine*. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik pada suatu logam, pengujian tarik dilakukan terhadap spesimen dengan memberikan beban tarik secara perlahan-lahan [6]. Spesimen pengujian tarik mengacu pada standart *ASTM E8M*.

Tabel 4. Tegangan uji tarik

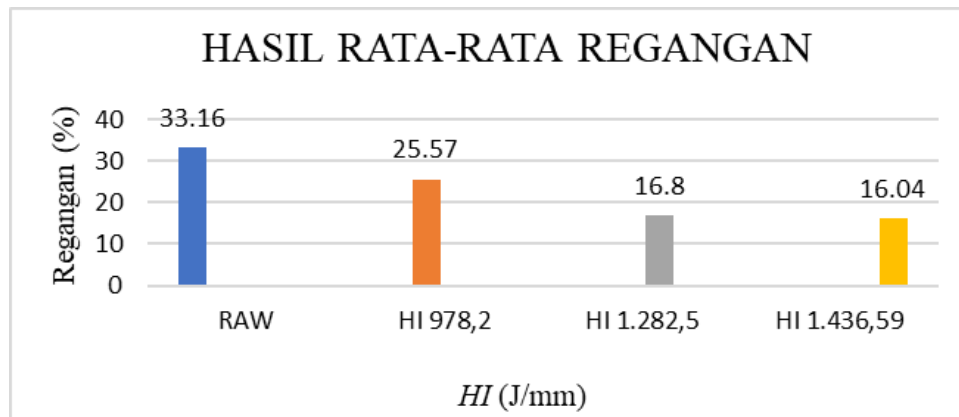
Spc	Heat Input (J/mm)	Tebal (mm)	Lebar (mm)	ΔL (mm)	Pmaks (kgf)	Tegangan (kgf/mm ²)	Regangan %
1	RM	6,16	5,97	9,14	1.693,26	46,04	36,56
2		5,82	5,91	8,08	1.786,45	51,94	32,32
3		5,81	5,75	7,65	1.700,30	50,90	30,6
1	978,2	5,97	6,01	6,02	1.673,65	46,65	24,08
2		6,07	6,04	7,2	1.870,64	51,02	28,8
3		6,08	6,02	5,96	1.784,41	48,75	23,84
1	1.282,05	5,94	6,09	7,85	1.825,75	50,47	31,4
2		6,03	6,13	2,9	1.537,67	41,60	11,6
3		5,95	6,17	1,85	1.278,37	34,82	7,4
1	1.436,59	6,04	6,00	6,74	1.821,74	50,27	26,96
2		6,00	5,99	3,49	1.618,76	45,04	13,96
3		6,00	6,00	1,8	1.583,55	43,99	7,2

Tabel 5. Rata-rata hasil pengujian tarik

Spesimen	Heat Input (J/mm)	Tegangan (kgf/mm ²)	Rata-Rata (kgf/mm ²)	Regangan %	Rata-Rata %
1	RM	46,04	49,62	36,56	33,16
2		51,94		32,32	
3		50,90		30,6	
1	978,2	46,65	48,80	24,08	25,57
2		51,02		28,8	
3		48,75		23,84	
1	1.282,05	50,47	42,29	31,4	16,8
2		41,60		11,6	
3		34,82		7,4	
1	1.436,59	50,27	46,43	26,96	16,04
2		45,04		13,96	
3		43,99		7,2	



Gambar 7. Grafik nilai rata-rata tegangan tarik



Gambar 8. Grafik nilai rata-rata regangan

Pembahasan Pengujian Tegangan Tarik

Hasil pengujian tegangan tarik *Raw material* mempunyai nilai sebesar 49,62 kgf/mm², untuk variasi *heat input* 978,2 J/mm mempunyai nilai tegangan tarik sebesar 48,80 kgf/mm², *heat input* 1.282,05 J/mm mempunyai tegangan tarik 42,29 kgf/mm², dan untuk *heat input* 1.436,59 J/mm memiliki tegangan tarik sebesar 46,43 kgf/mm². Terjadi penurunan tegangan tarik pada *HI* 1.282,5 J/mm sebesar 6,51 kgf/mm² terhadap *HI* 978,2 J/mm, kemudian nilai tegangan tarik mengalami peningkatan sebesar 4,14 kgf/mm² pada *HI* 1.436,59 J/mm terhadap *HI* 1.282,5 J/mm.

Pembahasan Regangan

Raw material mempunyai nilai regangan sebesar 33,16 % untuk variasi *HI* 978,2 mm sebesar 25,57 %, nilai regangan *HI* 1.282,5 sebesar 16,8 % dan nilai regangan *HI* 1.436,59 mm sebesar 16,04 %. Hal ini dikarenakan pada saat proses pengelasan terjadi siklus termal yang dapat mempengaruhi sifat mekanis pada material.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan pengelasan *TIG (Tungsten Inert Gas)* yang menggunakan *flux* sebagai pengganti *filler metal* yang berbahan *titanium oxide* dan *aseton* pada baja karbon rendah menggunakan variasi *heat input* 978,2 J/mm, 1.282,05 J/mm, dan 1.436,59 J/mm dapat meningkatkan penetrasi yang semakin dalam dibandingkan las *TIG* konvensional. Variasi *heat input* yang memiliki hasil lasan terbaik yaitu variasi *HI* 978,2 J/mm dengan kecepatan las 1,15 mm/s, dimana variasi ini menghasilkan tegangan *bending* dengan rata-rata 115,51 kgf/mm² dan tegangan tarik dengan rata-rata 48,80 kgf/mm².

REFERENSI

- [1] Prasetyo, 2014. "Pengaruh hasil pengelasan las *TIG* terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan pada material pada baja karbon rendah". *JTM*. Volume 02 No, 21-28.
- [2] Wartono, Raifan, 2018, "Pengaruh arus proses las *TIG* terhadap kekuatan *impak* dan ketahanan korosi aluminium paduan".
- [3] Huang HY, Shyu SW, Tseng KH, Chou CP. "Study of the Performance of Stainless Steel ATIG Welds". *Journal of Material Engineering and Performance*. 2007
- [4] Khanna, O.P. "A Text Book of Advance Welding Technology". Dhanpat Rai Publication (P) Ltd., 1999.
- [5] Hera Setiawan, 2013, "Pengujian kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro produk cor kuning". *Jurnal SIMETRIS*, Vol 3 No ISSN: 2252-4983.

- [6] Farkhan, M.F., Sutrisna and Bagus Prasetyo, A. 2023. Analisis Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Tahan Karat Austenitik Terhadap Variasi Temperatur Temper. *Cendekia Mekanika*. 3, 1 (Sep. 2023), 41-50.
- [7] Aziz, M.A.A., Kartikasari, R. and Bagus Prasetyo, A. 2022. Pengaruh Temperatur Temper Pada Paduan Fe-1,2al-4,8c Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik. *Cendekia Mekanika*. 3, 1 (Mar. 2022), 51-64.
- [8] Muhammad Arief Reynaldy, Ratna Kartikasari and Angger Bagus Prasetyo 2023. Pengaruh Temperatur Proses Austemper Besi Tuang Paduan Al (2,17%) Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Keausan. *Cendekia Mekanika*. 4, 2 (Sep. 2023), 175-184.
- [9] Woko, S., Kartikasari, R. dan Prasetyo, A. B., (2023). Analisis Proses Deep Cryogenic Treatment – Temper Pada Paduan Fe-14,6cr-10mn Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketahanan Korosi. *Cendekia Mekanika*. 4, 2 (Sep. 2023), 159-165.
- [10] Sepryanto, J., Kartikasari, R. and Bagus Prasetyo, A. 2023. Pengaruh Temperatur Anil Pada Paduan Fe-Al-Mn Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Dan Ketahanan Aus. *Cendekia Mekanika*. 4, 1 (Mar. 2023), 1-9.
- [11] Pue Wea, J., Kartikasari, R. and Bagus Prasetyo, A. 2023. Pengaruh Waktu Proses Dct Pada Baja Mangan Dengan Penambahan 17,4 Cr Dan 18,4 Cr Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Keausan. *Cendekia Mekanika*. 4, 2 (Sep. 2023), 166-174.
- [12] Maruwas Nainggolan, D., Kartikasari, R. and Prasetyo, A.B. 2022. Pengaruh Waktu Proses Austemper Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketahanan Aus Paduan Fe-1, 8al-6,5c. *Cendekia Mekanika*. 3, 2 (Sep. 2022), 119-127.
- [13] Wahyu Nugroho, A., Kartikasari, R. and Bagus Prasetyo, A. 2022. Pengaruh Penambahan Unsur Cu Pada Ingot Bahan Wajan Produk Ikm Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Keausan, Dan Ketahanan Korosi . *Cendekia Mekanika*. 3, 2 (Sep. 2022), 149-157.
- [14] Nico Pratama, F., Sutrisna and Bagus Prasetyo, A. 2022. Pengaruh Waktu Temper Terhadap Mikro Struktur Dan Sifat Mekanis Pada Baja Karbon. *Cendekia Mekanika*. 3, 2 (Sep. 2022), 92-112.