

Pengaruh Heat Input Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Vickers Las Mig Pada Baja Karbon

Rizki Riawan Romadhona^{*}, Wartono^{2*}, Yohanes Agus Jayatun³

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

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta

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

Abstract

This research aims to determine the influence of heat input which has the greatest influence on the tensile test and Vickers hardness of MIG welds on carbon steel. This research uses a carbon steel plate strip measuring 300 mm × 95 mm × 6 mm which is given a "V" seam at an angle of 60°. The material is welded with 2 layers using Metal Inert Gas (MIG) welding, with MIG 200G type welding machine, using added material ER70S-6 with an electrode diameter of 0.8 mm, the material is welded with variations of HI 938.34 J/mm, HI 942.28 J/mm, HI 957.05 J/mm and using CO₂ gas with a pressure of 1000 Lb/in² or 70 kg/cm². The tests carried out were microstructure testing, Vickers hardness and tensile strength. The test results show that the carbon content in the strip plate is 0.1843% and in the weld metal is 0.1347%. The microstructure formed is dominated by acicular ferrite and grain boundary ferrite, while Widmanstatten ferrite is less visible in the weld metal area with the HI 938.34 J/mm specimen. Heat input or heat input affects the area affected by heat or HAZ area, so the greater the heat input, the wider the HAZ area. The Vickers hardness test results showed that the highest Vickers hardness value was in the weld metal area, namely the HI variation of 957.05 J/mm with a Vickers hardness value of 194.32 kg/mm². The tensile strength test results showed that the highest average stress value was in the HI variation 938.34 J/mm, with a value of 405.6 MPa. The highest average strain value in the HI variation is 938.34 J/mm, 20.82%.

Keywords: Heat input, MIG, carbon steel, Tensile test, Vickers hardness.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh heat input yang paling berpengaruh terhadap uji tarik dan kekerasan vickers las MIG pada baja karbon. Penelitian ini menggunakan strip plat baja karbon berukuran 300 mm × 95 mm × 6 mm yang diberi kampuh "V" dengan sudut 60°. Bahan dilas dengan 2 layer menggunakan pengelasan Metal Inert Gas (MIG). dengan mesin las type MIG 200G, menggunakan bahan tambah ER70S-6 diameter elektroda 0,8 mm, bahan dilas dengan variasi HI 938,34 J/mm, HI 942,28 J/mm, HI 957,05 J/mm dan menggunakan gas CO₂ dengan tekanan 1000 Lb/in² atau 70 kg/cm². Pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro, kekerasan Vickers dan kekuatan tarik. Hasil pengujian menunjukkan kandungan karbon pada strip plate 0.1843% dan pada weld metal 0.1347%. Struktur mikro yang terbentuk didominasi accicular ferrite dan grain boundary ferrite sedangkan widmanstatten ferrite lebih sedikit terlihat pada daerah weld metal dengan spesimen HI 938,34 J/mm. Masukan panas atau heat input mempengaruhi luasan daerah yang terpengaruh panas atau daerah HAZ, sehingga masukan panas yang besar maka daerah HAZ akan semakin lebar. Hasil pengujian kekerasan Vickers, nilai kekerasan Vickers tertinggi berada pada daerah weld metal, yaitu

pada variasi HI 957,05 J/mm dengan nilai kekerasan Vickers sebesar 194,32 kg/mm². Hasil pengujian kekuatan tarik, nilai tegangan rata – rata tertinggi pada variasi HI 938,34 J/mm yaitu dengan nilai sebesar 405.6 MPa. Nilai regangan rata – rata tertinggi pada variasi HI 938,34 J/mm yaitu sebesar 20,82 %.

Kata kunci: Heat input, MIG, baja karbon, uji Tarik, kekerasan Vickers.

PENDAHULUAN

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur Besi (Fe) dan Carbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti Silicon (Si), Mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,08% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur pengeras dalam struktur baja [1].

Menurut pendefinisian ASM Handbook, vol.1 (1993), baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yaitu : Baja Karbon Rendah (Low Carbon Steel) kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,30% C, Baja Karbon Sedang (Medium Carbon Steel) kandungan unsur karbon dalam struktur baja sebesar 0,30% C–0, 40% C, Baja Karbon Tinggi (High Carbon Steel) kandungan unsur karbon dalam struktur baja sebesar 0,40% C-0, 80% C [2].

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua atau lebih logam menggunakan energi panas [3]. Elektroda yang digunakan pada pengelasan MIG yaitu elektroda terumpan yang berfungsi sebagai pencipta busur nyala dan juga sebagai logam pengisi [4]. *Weldability* atau mampu las adalah kemampuan suatu logam atau kombinasi logam yang dilas menjadi suatu konstruksi tertentu yang memiliki karakteristik dan sifat tertentu dan sanggup memenuhi persyaratan yang diinginkan [5]. Masukan panas (*Heat Input*) merupakan energi panas yang terjadi saat proses pengelasan berlangsung [6]. Rumus untuk menghitung besaran heat input sebagai berikut:

$$Heat\ Input = \eta \frac{E \cdot I}{V}$$

Kekerasan ditunjukkan oleh bekas penetrator yang terbuat dari piramida intan. Besarnya diagonal bekas injakkan (permukaan) diukur dengan mikroskopis. Sudut antara dua bidang sisi dari piramida 136°. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan kekerasan Vickers adalah [4]:

$$VHN = 1,8544 \frac{P}{\eta^2}$$

$$D = \frac{(d_1 + d_2)}{2}$$

Pengujian kekuatan tarik merupakan jenis pengujian yang dilakukan dengan melakukan penarikan terhadap suatu material sampai material tersebut patah atau putus. Benda uji yang diberi gaya tarik diletakkan secara sejajar dengan garis sumbu dan seranjang terhadap permukaan penampangnya. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan tegangan tarik dan regangan adalah [1]:

$E = \sigma/\varepsilon = \text{konstanta}$, sedangkan

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

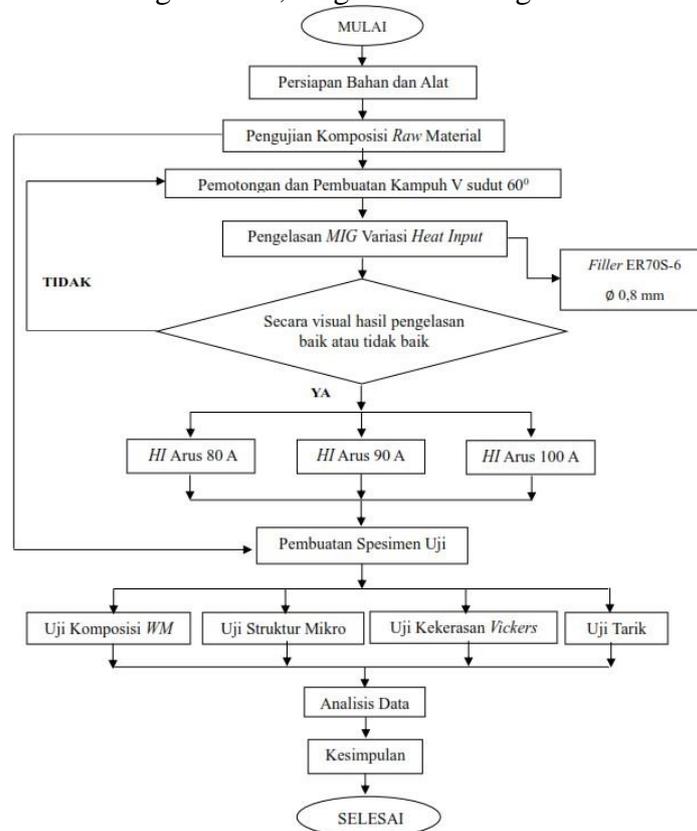
$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\%$$

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh *heat input* terhadap kekuatantarik dan kekerasan *Vickers* sambungan *Butt Joint* las *MIG* pada baja karbon rendah

METODE PENELITIAN

Diagram Alur Penelitian

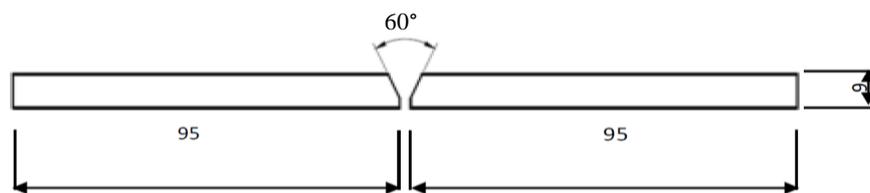
Pelaksanaan penelitian ini menghasilkan, diagram alir sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram alir

Peralatan dan Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan baja plat (*strip plate*) dengan kandungan karbon 0,19 % termasuk dalam kategori baja karbon rendah. Bahan ini diperoleh dari Toko Besi Sekawan Jl. Magelang dengan ukuran 5400 mm x 95 mm x 6 mm. Kemudian bahan dipotong dengan ukuran 300 mm x 95 mm x 6 mm dan jenis kampuh V 60°. Alat penelitian berupa mesin Las AC, Elektrode Las ER70S-6 diameter 0,8 mm, Alat *Spectrometer*, Alat *Inverted Metallurgical Microscope*, Alat *Macro vickers hardness*, Alat *Universal Tensile Machine* dan Mesin Pengamplas *Metal Inert Gas (MIG)*.



Gambar 2. Desain Kampuh V 60°

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Dari hasil pengujian komposisi kimia terhadap *strip plate* baja karbon sebagai berikut :

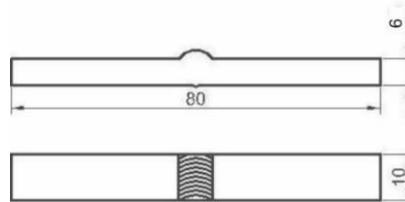
Tabel 1. Hasil pengujian komposisi kimia.

Unsur	Kadar (%)	
	<i>Raw Material</i>	<i>Weld Metal</i>
Fe	98.6358	97.9682
C	0.1843	0.1347
Si	0.1765	0.5701
Mn	0.4721	1.0476
S	0.0173	0.0167
Al	-0.0000	0.0014
Ni	0.0442	0.0113
Nb	0.0011	0.0009
Cr	0.2539	0.0571
V	0.0033	0.0007
Mo	0.0061	0.0002
W	0.0001	0.0001
P	0.0226	0.0231
Cu	0.0831	0.1071
Ti	0.0008	0.0034
N	0.0115	0.0450
B	0.0009	0.0006
Pb	0.0009	0.0001
Sb	0.0014	0.0004
Ca	-0.0001	0.0017
Mg	0.0001	0.0001
Zn	0.0622	0.0022
Co	0.0057	0.0031

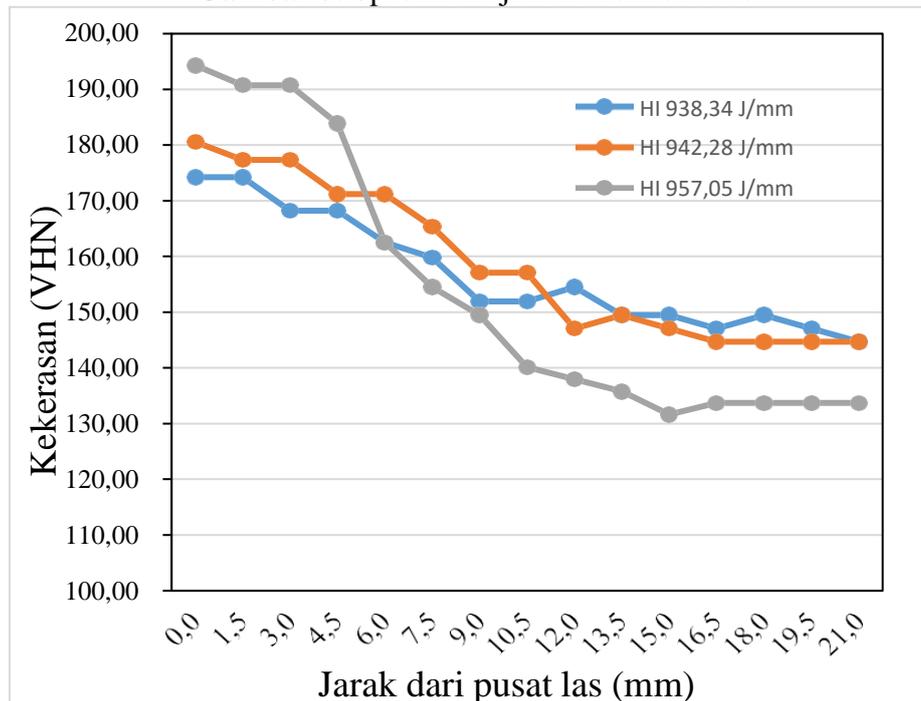
Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia pada raw material mengandung kadar ferro (Fe) sebesar 98.6358 %, carbon (C) sebesar 0.1843 %, silicon (Si) sebesar 0.1765 %, dan mangan (Mn) sebesar 0.4721 %. Terkandungnya kadar carbon (C) sebesar 0.1843 % pada raw material menunjukkan bahwa raw material digolongkan kedalam baja karbon rendah dalam kelas baja lunak dengan kadar karbon 0.12 – 0.20 %. Sedangkan berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia pada weld metal mengandung kadar ferro (Fe) sebesar 97.9682 %, carbon (C) sebesar 0.1347 %, silicon (Si) sebesar 0.5701 %, dan mangan (Mn) sebesar 1.0476 %. Terkandungnya kadar carbon (C) sebesar 0.1347 % pada weld metal menunjukkan bahwa weld metal termasuk golongan baja karbon rendah dalam kelas baja lunak dengan kadar karbon 0.12 – 0.20 %.

Hasil pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan metode uji *vickers macro* dengan pembebanan 30 kgf, jarak antara titik 1,5 mm. Banyak titik pada spesimen variasi *raw material* sebanyak 3 titik (acak) dan pada spesimen variasi *Heat Input* sebanyak 15 titik. Dari pengujian kekerasan *vickers* yang dilakukan diperoleh hasil pengujiannya sebagai berikut :



Gambar 3. Spesimen uji kekerasan *vickers*



Gambar 4. Grafik Gabungan Nilai Kekerasan *Vickers*

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pada spesimen arus *heat input* 938,34 J/mm, didapatkan hasil dengan nilai kekerasan *Vickers* yang bervariasi di setiap titiknya. Terjadi penurunan nilai kekerasan dari titik ke-3 sampai titik ke-9 dan pada titik ke-10 sampai titik ke-15 nilai kekerasan mulai stabil, itu menunjukkan pada titik ke-3 sampai titik ke-9 merupakan daerah yang terpengaruh panas (*HAZ*) dan pada titik ke-10 sampai titik ke-15 sudah masuk daerah logam induk (*base metal*) [8-10]. Nilai kekerasan tertinggi berada pada daerah *weld metal* yaitu sebesar 174,23 kgf/mm² dan nilai kekerasan terendah berada pada daerah logam induk sebesar 144,23 kgf/mm². Berdasarkan hasil pengujian kekerasan *Vickers* pada spesimen *heat input* 942,28 J/mm, didapatkan hasil dengan nilai kekerasan *Vickers* yang bervariasi di setiap titiknya [11]. Terjadi penurunan nilai kekerasan dari titik ke-3 sampai titik ke-10 dan pada titik ke-11 sampai titik ke-15 nilai kekerasan mulai stabil, itu menunjukkan pada titik ke-3 sampai titik ke-10 merupakan daerah yang terpengaruh panas (*HAZ*) dan pada titik ke-11 sampai titik ke-15 sudah masuk daerah logam induk (*base metal*) [12-14]. Nilai kekerasan tertinggi berada pada daerah *weld metal* yaitu sebesar 180,57 kgf/mm² dan nilai kekerasan

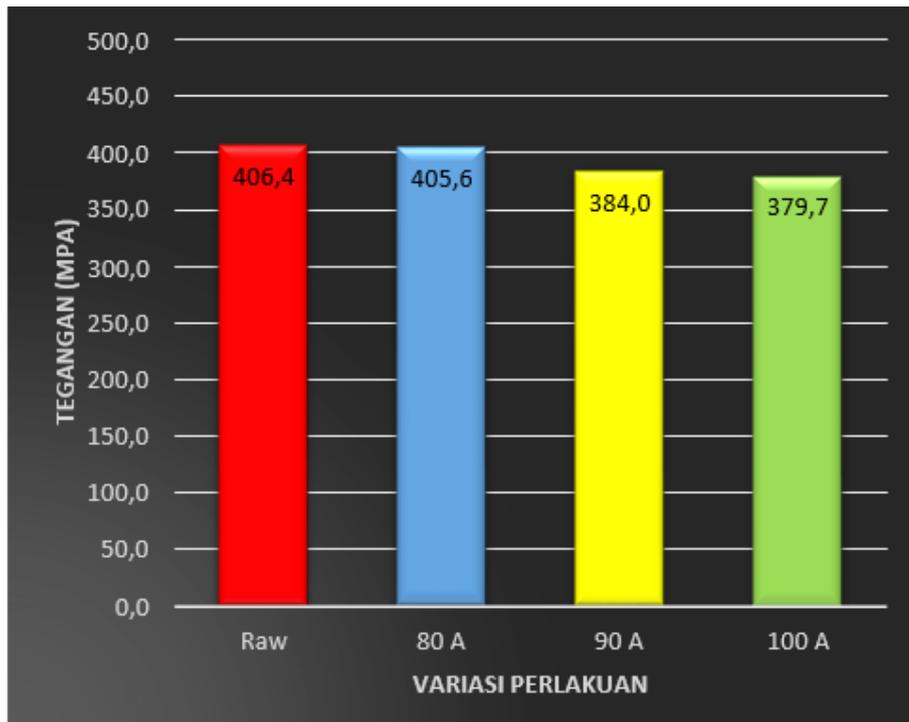
terendah berada pada daerah logam induk sebesar 144,69 kgf/mm². Berdasarkan hasil pengujian kekerasan *Vickers* pada spesimen *heat input* 957,05 J/mm, didapatkan hasil dengan nilai kekerasan *Vickers* yang bervariasi disetiap titiknya. Terjadi penurunan nilai kekerasan dari titik ke-2 sampai titik ke-6 dan pada titik ke-7 sampai titik ke-15 nilai kekerasan mulai stabil, itu menunjukkan pada titik ke-2 sampai titik ke-6 merupakan daerah yang terpengaruh panas (*HAZ*) dan pada titik ke-7 sampai titik ke-15 sudah masuk daerah logam induk (*base metal*). Nilai kekerasan tertinggi berada pada daerah *weld metal* yaitu sebesar 194,32 kgf/mm² dan nilai kekerasan terendah berada pada daerah logam induk sebesar 133,69 kgf/mm²

Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel dibawah, untuk masing - masing spesimen uji dengan variasi raw material, HI 938,34 Joule/mm, HI 942,28 Joule/mm, dan HI 957,05 Joule/mm. Pengujian dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machine*. Spesimen uji tarik mengacu pada ASTM - E8.

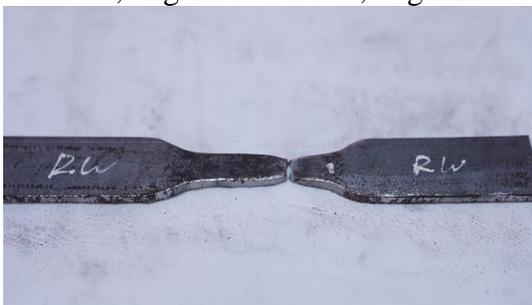
Tabel 2. Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Variasi Perlakuan	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	ΔL (mm)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)
Raw	6,70	11,84	32,24	9,60	406,41	19,20
80 A_1	6,70	13,00	34,73	11,10	398,74	22,20
80 A_2	6,70	13,54	37,14	9,52	409,40	19,04
80 A_3	6,70	12,58	34,45	10,62	408,73	21,24
90 A_1	6,70	13,36	34,65	9,64	387,10	19,28
90 A_2	6,70	13,34	33,38	9,62	373,47	19,24
90 A_3	6,70	12,64	33,14	10,82	391,32	21,64
100 A_1	6,70	13,00	34,10	11,36	391,50	22,72
100 A_2	6,70	13,10	30,86	4,82	351,60	9,64
100 A_3	6,70	13,26	35,17	9,80	395,87	19,60



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Kekuatan Tarik

Pada gambar diatas merupakan grafik pengujian tarik *raw material*, *HI 938,34 Joule/mm*, *HI 942,28 Joule/mm*, dan *HI 957,05 Joule/mm*. Pada *raw material* mendapatkan nilai tegangan tarik rata-rata yaitu sebesar 406,4 kg/mm² Sedangkan pada *weld metal* dengan variasi *HI 938,34 Joule/mm* mendapatkan tegangan tarik rata-rata yaitu sebesar 405,6kg/mm², *HI 942,28 Joule/mm* dan *HI 957,05 Joule/mm* mendapatkan tegangan tarik rata-rata yaitu sebesar 384,0 kg/mm² dan 379,7 kg/mm².



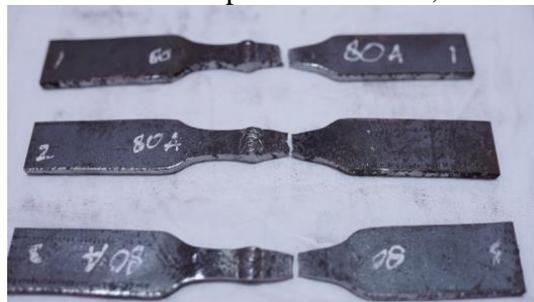
Gambar 7. foto micro spesimen raw metal



Gambar 8. foto micro spesimen HI 957,05 J/mm



Gambar 9. foto micro spesimen HI 942,28 J/mm



Gambar 10. foto micro spesimen HI 938,34 J/mm

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pada spesimen dengan variasi *raw material*, HI 938,34 Joule/mm, HI 942,28 Joule/mm, dan HI 957,05 Joule/mm pada pengelasan gmaw memiliki tegangan tarik yang berbeda dilihat dari patahannya tetapi ada juga yang sama. Memiliki bentuk patahan yang sama yaitu patah ulet yang dimana bentuk patahannya cenderung mengkerucut dan mengecil dibagian ujung [15]. Pada spesimen weld metal patahannya tidak pada daerah las melainkan pada daerah HAZ [16].

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasannya, maka dapat ditarik kesimpulan sepertiberikut ini :

1. Berdasarkan hasil uji komposisi kimia, *strip plate* baja karbon pada *raw material* mengandung kadar Fe 98.6358%, C 0.1043%, Si 0.1765% dan Mn 0.4721%. Hal ini menunjukkan bahwa *raw material* masuk kedalam klasifikasi baja karbon rendah, sedangkan unsur-unsur pada *weld metal* mengalami perubahan akibat bahan dasar (*Raw*) dan bahan tambah (Elektroda) mencair bersama-sama.
2. Struktur mikro yang terbentuk didominasi *accicular ferrite* dan *grain boundary ferrite* sedangkan *widmanstatten ferrite* lebih sedikit terlihat pada daerah *weld metal* dengan spesimen *heat input* 938,34 J/mm. *Ferrite* dan *pearlite* dengan ukuran butir kecil terlihat pada daerah *HAZ* dengan spesimen *heat input* 938,34 J/mm, 942,28 J/mm, dan 957,05 J/mm. Masukan panas atau *heat input* mempengaruhi luasan daerah yang terpengaruh panas atau daerah *HAZ*, sehingga masukan panas yang besar maka daerah *HAZ* akan semakin lebar.
3. Berdasarkan hasil uji kekerasan *vickers* nilai kekerasan mengalami penurunan berturut- turut dari daerah *weld metal* hingga daerah *base metal*. Nilai kekerasan tertinggi berada didaerah *weld metal*. Hal ini ditunjukkan oleh nilai kekerasan *vickers weld metal* spesimen HI 938,34 J/mm, yaitu 159,885 kgf/mm² hal ini menunjukan besarnya *heat input* tidak mempengaruhi kekerasan pada *weld metal*.
4. Hasil pengujian kekuatan tarik, nilai tegangan tarik rata-rata yaitu sebesar 406,4 kg/mm² Sedangkan pada *weld metal* dengan variasi HI 938,34 Joule/mm mendapatkan tegangan tarik rata-rata yaitu sebesar 405,6 kg/mm², HI 942,28 Joule/mm dan HI 957,05 Joule/mm mendapatkan tegangan tarik rata-rata yaitu sebesar 384,0 kg/mm² dan 379,7 kg/mm².
5. Hasil dari foto makro pada pengujian kekuatan tarik dengan variasi *raw material*, HI 938,34 Joule/mm, HI 942,28 Joule/mm, dan HI 957,05 Joule/mm pada pengelasan gmaw memiliki tegangan tarik yang berbeda dilihat dari patahannya tetapi ada juga yang sama. Memiliki bentuk patahan yang sama yaitu patah ulet yang dimana bentuk patahannya cenderung mengkerucut dan mengecil dibagian ujung. Pada spesimen *weld metal* patahannya tidak pada daerah las melainkan pada daerah *HAZ*

REFERENSI (tipe indentasi Hanging 1 cm)

- [1] Ambiyar & Purwanto, (2008). Fabrikasi Logam. UNP Press Padang.
- [2] ASM Handbook. (1993). *Welding Brazing And Soldering*. vol. 1 USA.
- [3] Dimas, Wartono, Joko (2020). Pengaruh *Heat Input* terhadap kekerasan brinell dan korosipada baja karbon. Yogyakarta : Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
- [4] Schonmetz, A., Gruber, K. 1977. Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam,

- Bandung: PT. Angkasa, Bandung.
- [5] Sonawan, Hery. dan Suratman, Rochim. (2006). Pengantar untuk memahami proses teknologi pengelasan logam. Cetakan kedua. Alfabeta. Bandung.
 - [6] Wartono, (2019). Bahan Kuliah Teknologi Pengelasan. Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
 - [7] Wiryosumarto, Harsono. dan Okumura, T. 2000. Teknologi Pengelasan Logam. Cetakan Kedelapan. Pradnya Paramita. Jakarta.
 - [8] Muhammad Arief Reynaldy, Ratna Kartikasari, & Angger Bagus Prasetiyo. (2023). Pengaruh Temperatur Proses Austemper Besi Tuang Paduan Al (2,17%) Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Keausan. *Cendekia Mekanika*, 4(2), 175-184.
 - [9] Pue Wea, J., Kartikasari, R., & Bagus Prasetiyo, 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), 166-174.
 - [10] Woko, S., Kartikasari, R., & Bagus Prasetiyo, A. (2023). Analisis Proses Deep Cryogenic Treatment – Temper Pada Paduan Fe-14,6cr-10mn Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketahanan Korosi. *Cendekia Mekanika*, 4(2), 159-165.
 - [11] Sepryanto, J., Kartikasari, R., & Bagus Prasetiyo, A. (2023). Pengaruh Temperatur Anil Pada Paduan Fe-Al-Mn Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Dan Ketahanan Aus. *Cendekia Mekanika*, 4(1), 1-9.
 - [12] Wahyu Nugroho, A., Kartikasari, R., & Bagus Prasetiyo, A. (2022). Pengaruh Penambahan Unsur Cu Pada Ingot Bahan Wajan Produk Ikm Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Keausan, Dan Ketahanan Korosi . *Cendekia Mekanika*, 3(2), 149-157.
 - [13] Maruasas Nainggolan, D., Kartikasari, R., & Prasetiyo, A. B. (2022). Pengaruh Waktu Proses Austemper Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketahanan Aus Paduan Fe-1, 8al-6,5c. *Cendekia Mekanika*, 3(2), 119-127.
 - [14] Farkhan, M. F., Sutrisna, & Bagus Prasetiyo, A. (2023). Analisis Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Tahan Karat Austenitik Terhadap Variasi Temperatur Temper. *Cendekia Mekanika*, 3(1), 41-50.
 - [15] Arifin, F., Wartono, & Bagus Prasetiyo, A. (2024). Studi Analisis Heat Input Terhadap Kekuatan Lengkung (Bending) Dan Kekuatan Tarik Sambungan Activated – Tig (A-Tig) Pada Baja Karbon Rendah. *Cendekia Mekanika*, 5(1), 54-61.
 - [16] Farkhan, M. F., Sutrisna, & Bagus Prasetiyo, A. (2023). Analisis Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Tahan Karat Austenitik Terhadap Variasi Temperatur Temper. *Cendekia Mekanika*, 3(1), 41-50.