

## Studi Pengaruh *Heat Input* Terhadap Kekerasan *Brinell* Dan Ketahanan Korosi Sambungan *Smaw* Pada Baja Karbon Rendah

Ismail<sup>1</sup>, Wartono<sup>2,\*</sup>, Didit Setyo Pamuji<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
JL. Babarsari Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, 5528, Telp : (0274) 487249

\*Corresponding author: [wartono@itny.ac.id](mailto:wartono@itny.ac.id)

### Abstract

*Electric welding is a metal joining process using electricity as a heat source and electrodes as added materials. Welding with electric welding using Shielded Metal Arc Welding (SMAW). This study aims to determine the effect of the amount of heat input on the Brinell hardness test and corrosion resistance in welded joints, with current magnitudes of 80 A, 90 A, and 100 A in low carbon steel welding. This study used a low carbon steel plate measuring 300 mm × 100 mm × 6 mm which was given a "V" seam with an angle of 60° and welded using SMAW welding with the AOTAI ARC500 brand, carbon steel plate in the raw material contains a carbon content (C) of 0,1930 %. This shows that the raw material is included in the low carbon steel classification. The highest test results for the brinell hardness of welded joints were HI 762 J/mm, HI 767 j/mm, HI 764 j/mm, namely 142.136 kgf/mm<sup>2</sup> and 146.705 kgf/mm<sup>2</sup>. The results of the corrosion test after being averaged on the welded joint were the HI 762 J/mm variation of 0.129 mpy, HI 767 j/mm of 0.071 mpy and HI 764 j/mm of 0.036 j/mm. This proves that the higher the heat input, the lower the corrosion rate.*

**Keywords:** low carbon steel, Heat Input, brinell hardness, SMAW, corrosion test.

### Abstrak

Las listrik merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dan elektroda sebagai bahan tambahannya. Pengelasan dengan las listrik menggunakan las *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh besarnya *Heat Input* terhadap uji kekerasan *Brinell* dan ketahanan korosi pada sambungan las, dengan besar arus 80 A, 90 A, dan 100 A pada pengelasan baja karbon rendah. Penelitian ini menggunakan plat baja karbon rendah berukuran 300 mm × 100 mm × 6 mm yang diberi kampuh "V" dengan sudut 60° dan dilas menggunakan pengelasan *SMAW* dengan merk AOTAI ARC500, plat baja karbon pada *raw material* mengandung kadar carbon (C) 0,1930 %. Hal ini menunjukkan bahwa *raw material* masuk kedalam klasifikasi baja karbon rendah. Hasil pengujian kekerasan *brinell* sambungan las tertinggi pada variasi HI 762 J/mm, HI 767 j/mm, HI 764 j/mm yaitu sebesar 142,136 kgf/mm<sup>2</sup> dan 146,705 kgf/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian korosi setelah dirata-ratakan pada sambungan las yaitu pada variasi HI 762 J/mm sebesar 0,129 mpy, HI 767 j/mm sebesar 0,071 mpy dan HI 764 j/mm sebesar 0,036 j/mm. Hal ini membuktikan semakin tinggi *heat input* maka tingkat laju korosi semakin rendah.

**Kata Kunci:** baja karbon rendah, *Heat Input*, kekerasan *brinell*, *SMAW*, uji korosi.

### PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan Perkembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju dan

pesat, tidak dapat dipisahkan dari proses penyambungan logam, atau yang sering disebut dengan pengelasan. Hal ini mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi atau perbaikan logam. Las listrik merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dan elektroda sebagai bahan tambahannya. Pengelasan dengan las listrik menggunakan las *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* banyak digunakan, karena proses pengelasan dengan cara demikian disamping menghasilkan sambungan las yang baik dan kuat juga mudah untuk digunakan [1].

Analisa Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Laju Korosi pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65 dengan Media Korosi FeCl<sub>3</sub>. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi elektroda dengan spesifikasi *American Welding Society (AWS)* yaitu E7018, E6010 dan E6013 terhadap laju korosi pada pipa API 5L Grade X65. Metode pengujian korosi ini menggunakan bantuan sel tiga elektroda dengan media korosi FeCl<sub>3</sub> yang mengacu pada *ASTM G48*. Dari pengujian ini hasil laju korosi pada pengelasan pipa dengan elektroda E7018 adalah 0,53 mmpy, untuk elektroda E6013 adalah 0,69 mmpy, dan untuk E6010 adalah 0,62 mmpy. Perbedaan laju korosi tersebut dipengaruhi oleh *tensile strength* pada elektroda dan baja yang dilas. Selisih kandungan unsur *Mangan (Mn)* pada pipa dan elektroda las juga mempengaruhi perbedaan laju korosi pada pipa. Berdasarkan hasil foto *Scanning Electron Microscope (SEM)*, secara morfologi permukaan *weld metal* dengan nilai laju korosi paling tinggi, permukaannya terlihat lebih kasar. Akan tetapi laju korosi hasil las dengan elektroda-elektroda tersebut masih berada pada level yang diijinkan [2].

Penelitian pengaruh variasi arus las terhadap laju korosi dan kekuatan tarik baja ST 40. Metode penelitian yang digunakan ialah metode eksperimen, variasi pada kuat arus las *SMAW* dengan arus 80 *Ampere*, 90 *Ampere*, 100 *Ampere* dan 110 *Ampere* untuk kemudian dilakukan uji laju korosi dan uji kekuatan tarik. Laju korosi terbesar terjadi pada spesimen dengan arus 80 *Ampere* dengan nilai 0,11450 mm/year (*good*), dan nilai laju korosi terkecil pada arus 110 *Ampere* dengan nilai 0,07852 mm/year (*excellent*). Pada pengujian ini diperoleh hasil uji terbaik pada spesimen dengan variasi arus 100 *Ampere* dengan nilai 470,11 Mpa dan nilai laju korosi dalam kategori *excellent*. Dapat disimpulkan pada penelitian ini yaitu arus pengelasan paling baik bagi baja ST 40 pada arus 100 *Ampere* dengan kekuatan tarik yang tinggi dan laju korosi yang baik [3].

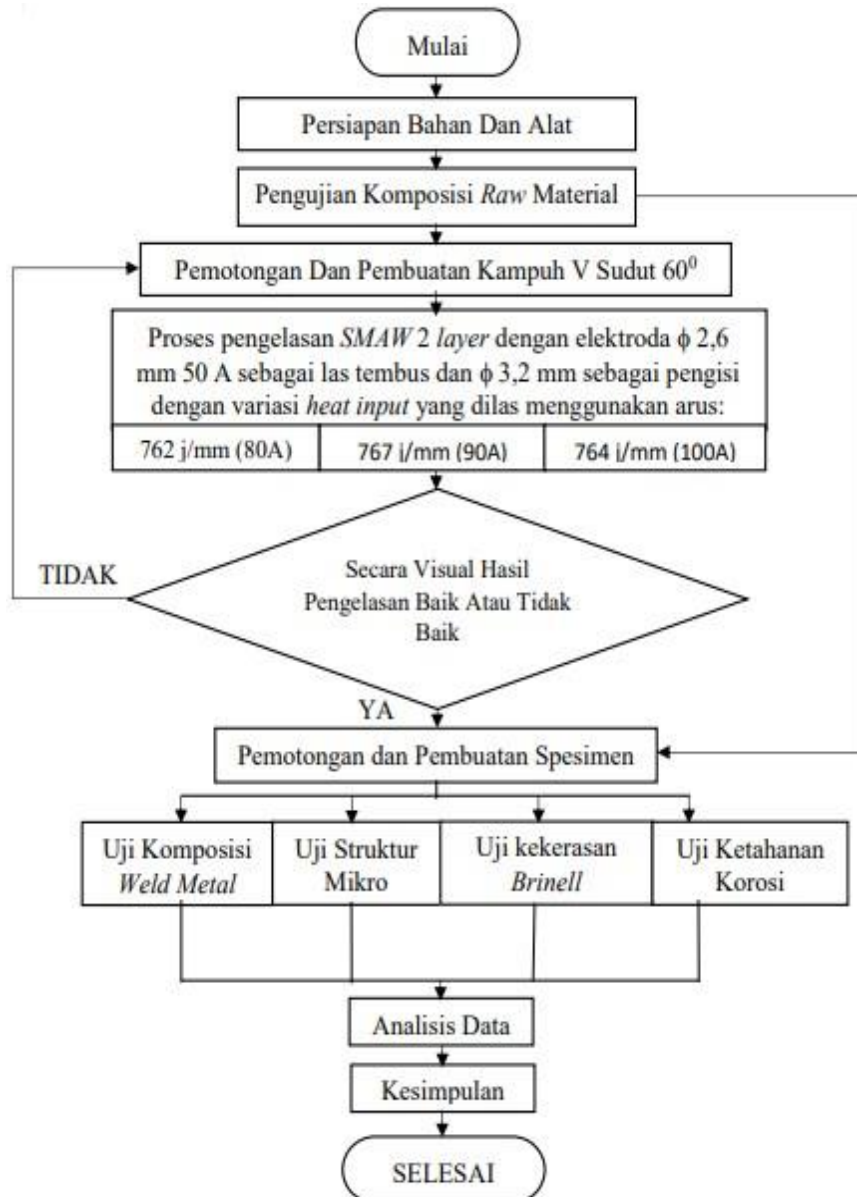
Penelitian dengan judul Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Pengelasan *SMAW* Dari Pipa Baja Diameter 2,5 Inchi. Dari penelitian dan analisa data yang telah diambil dari beberapa kesimpulan yaitu, Secara umum masukan panas mempengaruhi nilai ketangguhan dan struktur mikro daerah *Weld Metal* dan *HAZ*. Ukuran butiran *Weld Metal* pada pengelasan arus 120 *Ampere* lebih besar dibandingkan ukuran *Weld Metal* pada pengelasan arus 100 *Ampere* [4].

Analisis Laju Korosi pada Baja Karbon dengan Menggunakan Air Laut dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Hasil pengujian laju Korosi yang terjadi pada material baja karbon dan paduan tembaga aluminium didalam larutan air laut dan asam sulfat terjadi secara merata atau *uniform*. Kehilangan berat akibat korosi yang terjadi pada material baja karbon dan paduan tembaga aluminium berhubungan erat dengan waktu pencelupan semakin besar pula kehilangan berat yang terjadi. Semakin meningkatnya waktu pencelupan, semakin besar laju korosi baja karbon dan paduan tembaga. Laju korosi baja karbon rata-rata per tahun pada larutan asam sulfat dengan waktu 1 jam adalah 0,162 *mils*/tahun, pada larutan air laut laju korosi baja karbon dengan waktu 1 jam nilai rata-ratanya adalah 0,105 *mils*/tahun. Untuk material paduan tembaga-aluminium, laju korosi rata-rata yang terjadi selama 1 jam pada larutan asam sulfat dan larutan air laut adalah 0,162 *mils*/tahun dan 0 *mils*/tahun. Sedangkan pencelupan material baja karbon dengan waktu 3 jam pada larutan air laut dan asam sulfat laju korosi rata-rata adalah 1,350 *mils*/tahun, 1,400 *mils*/tahun. Pencelupan untuk material paduan tembaga-

aluminium dengan waktu 3 jam pada larutan air laut dan asam sulfat laju korosi rata-rata adalah 0,015 *mils*/tahun dan 1,306 *mils*/tahun [5].

## METODE PENELITIAN

### Diagram Alir Penelitian



**Gambar 1.** Diagram penelitian

Bahan penelitian ini berupa plat baja (*strip plate*) dengan kandungan karbon 0,19 % termasuk dalam kategori baja karbon rendah. Bahan ini diperoleh dari Toko Besi Sekawan Jl. Magelang dengan ukuran 6000 mm x 100 mm x 6 mm. Kemudian bahan dipotong dengan ukuran 300 mm x 100 mm x 6 mm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan bertujuan untuk mengetahui presentase unsur-unsur yang terkandung dalam raw material maupun *weld* metal, sehingga dapat diketahui perbandingan kadar kandungan unsur – unsur kimia dari kedua spesimen tersebut.

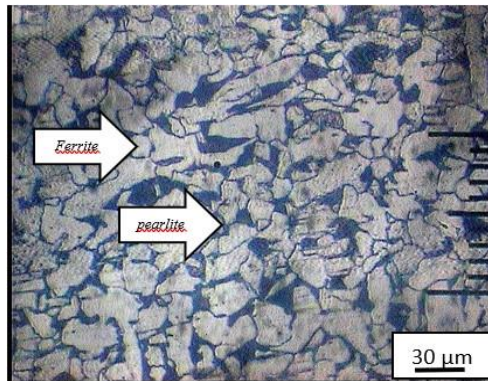
**Tabel 1.** Komposisi Kimia

Unsur	Kadar		Kandungan Elektroda E6013(%)
	<i>Raw Material</i>	<i>Weld Metal</i>	
Fe	98,8645	98,9447	
C	0,1930	0,1846	0,15
Si	0,1446	0,1464	1
Cr	0,1525	0,1232	
Mn	0,3984	0,3749	1,6

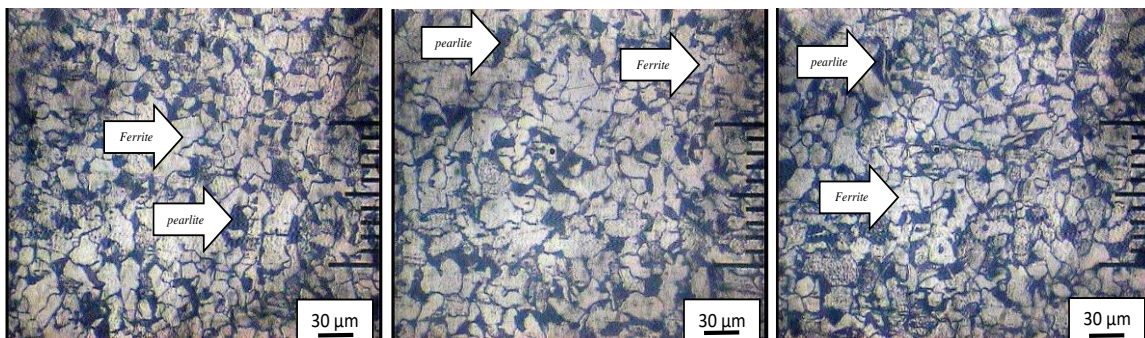
Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia pada tabel 1. pada *raw material* mengandung kadar besi (Fe) sebesar 98,8645 %, *carbon* (C) sebesar 0.1930 %, *silicon* (Si) sebesar 0.1446 %, *mangan* (Mn) sebesar 0.3984 %. Terkandungnya kadar *carbon* (C) sebesar 0.1930 % pada *raw material* menunjukkan 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 tabel 1. pada *weld metal* mengandung kadar *ferro* (Fe) sebesar 98,9447 %, *carbon* (C) sebesar 0.1846 %, *silicon* (Si) sebesar 0.1464 %, *mangan* (Mn) sebesar 0,3749 %.

### Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro

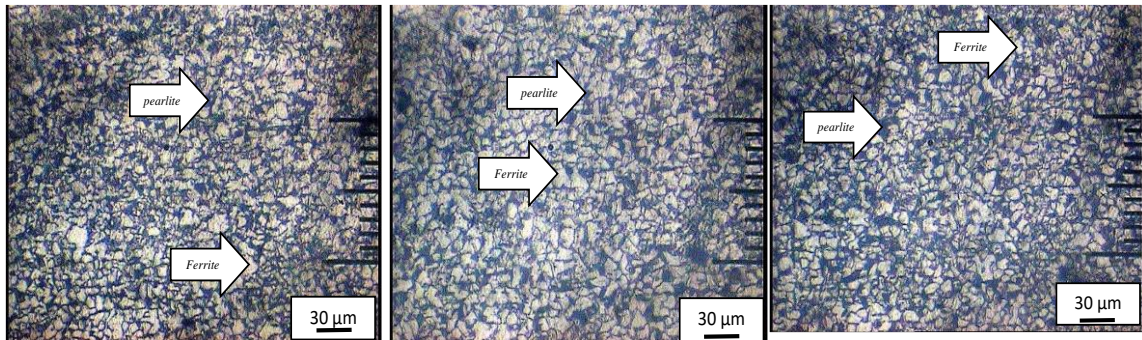
Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik. Foto struktur mikro dengan perbesaran 100x. Spesimen berjumlah 13 buah yang terdiri dari *raw material*, *base metal*, *HAZ* halus, *HAZ* kasar dan *weld metal*, dengan variasi *heat input* 762 J/mm, 767 J/mm, dan 764 J/mm.



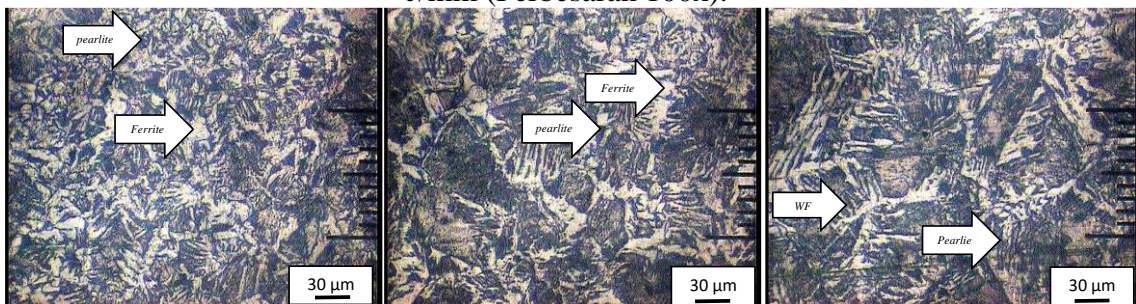
**Gambar 1.** Struktur mikro *raw material* (Perbesaran 100x).



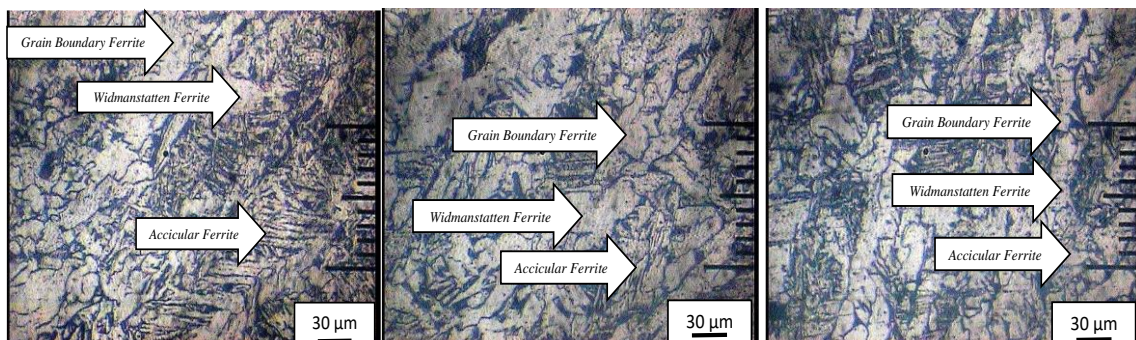
**Gambar 2.** Struktur mikro daerah *base metal* variasi *HI* 762 J/mm, 767 J/mm, dan 764 J/mm (Perbesaran 100x).



**Gambar 3.** Struktur mikro daerah *HAZ* halus variasi *HI* 762 j/mm, 767 J/mm, dan 764 J/mm (Perbesaran 100x).



**Gambar 4.** Struktur mikro daerah *HAZ* kasar variasi *HI* 762 j/mm, 767 J/mm, dan 764 J/mm (Perbesaran 100x).

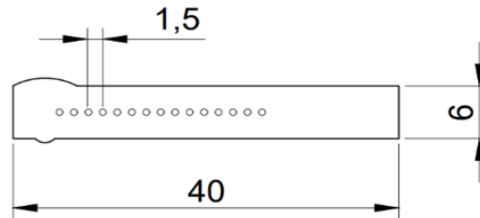


**Gambar 5.** Struktur mikro daerah *Weld Metal* variasi *HI* 762 j/mm, 767 J/mm, dan 764 J/mm (Perbesaran 100x).

Berdasarkan hasil foto struktur mikro pada *raw material* pada struktur yang terbentuk pada *raw material* baja karbon rendah didominasi oleh struktur *ferrite* yang berwarna putih (terang) dibandingkan struktur *pearlite* yang lebih sedikit (berwarna gelap). Butir *ferrite* cenderung lunak, sedangkan butir *pearlite* cenderung keras karena mengandung karbon. Hal ini menunjukkan *base metal* mempunyai sifat lunak dan juga ulet yang diperoleh dari struktur *ferrite* dan sifat kuat dan cukup keras yang diperoleh dari struktur *pearlite*. Struktur *widmanstatten ferrite* berbentuk plat-plat sejajar, sedangkan struktur *accicular ferrite* berbentuk plat-plat kecil yang saling menyilang seolah-olah membentuk anyaman. Hasil pengamatan yang dilakukan pada struktur mikro daerah *HAZ*, struktur mikro pada daerah *HAZ* terdiri dari *pearlite* dan *ferrite*. Karena pengaruh masukan panas (*heat input*) proses pengelasan relatif lebih rendah sehingga hanya mengalami proses *rekristalisasi* dan pada saat pendinginan berubah menjadi *ferrite* halus. Struktur mikro daerah *HAZ* terdapat perbedaan ukuran butirnya

disetiap variasi arus atau masukan panas (*heat input*), sehingga ini menyebabkan kekerasan dan kekuatan luluh yang berbeda-beda.

### Analisis Hasil Pengujian Kekerasan *Brinell*



**Gambar 6.** Spesimen uji kekerasan *brinell*.

Pengujian kekerasan *brinell*, harga ditunjukkan oleh penetrator yang terbentuk dari bola dengan diameter bola 2,5 mm dan beban penekan ( $P$ ) = 62,5 kgf, dengan jarak antar titik 1,5 mm, Pengambilan jejak dilakukan sebanyak 15 kali pada spesimen, pengambilan jejak meliputi logam induk, daerah *HAZ* dan daerah logam las. Kekerasan *brinell* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$BHN = \frac{P}{\pi D} = \frac{2 P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

Keterangan:

- BHN = Angka kekerasan *brinell*
- P = Beban yang ditetapkan (kg)
- D = Diameter bola (mm)
- d = Diameter lekukan (mm)

$$BHN = \frac{P}{\pi D} = \frac{2 \times 62,5}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 0,80^2})} \quad (2)$$

$$= 121,132 \text{ kgf/mm}^2$$

**Tabel 2.** Hasil kekerasan *Brinell raw material*

No	Spesimen	Posisi titik uji (mm)	Diameter lekukan (mm)	Kekerasan <i>Brinell</i> (kgf/mm <sup>2</sup> )
1	<i>Raw Material</i>	Acak	0,80	121,132
2			0,81	118,077
3			0,81	118,077

**Tabel 3.** Hasil kekerasan *Brinell HI 762 J/mm*

No	Variasi Arus	<i>Heat Input</i> (j/mm)	Posisi titik uji (mm)	Diameter lekukan (mm)	Kekerasan <i>Brinell</i> (kgf/mm <sup>2</sup> )
1	80 A	762,667 j/mm	0,0 mm	0,73 mm	146,149 kgf/mm <sup>2</sup>
2			1,5 mm	0,73 mm	146,149 kgf/mm <sup>2</sup>
3			3,0 mm	0,74 mm	142,136 kgf/mm <sup>2</sup>
4			4,5 mm	0,74 mm	142,136 kgf/mm <sup>2</sup>
5			6,0 mm	0,75 mm	138,283 kgf/mm <sup>2</sup>

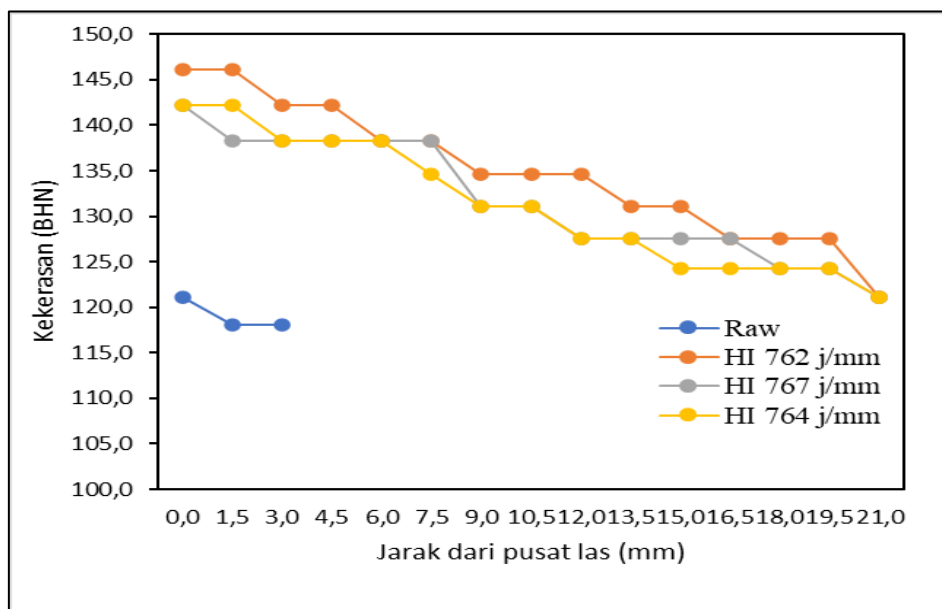
No	Variasi Arus	Heat Input (j/mm)	Posisi titik uji (mm)	Diameter lekukan (mm)	Kekerasan Brinell (kgf/mm <sup>2</sup> )
6			7,5 mm	0,75 mm	138,283 kgf/mm <sup>2</sup>
7			9,0 mm	0,76 mm	134,581 kgf/mm <sup>2</sup>
8			10,5 mm	0,76 mm	134,581 kgf/mm <sup>2</sup>
9			12,0 mm	0,76 mm	134,581 kgf/mm <sup>2</sup>
10			13,5 mm	0,77 mm	131,021 kgf/mm <sup>2</sup>
11			15,0 mm	0,77 mm	131,021 kgf/mm <sup>2</sup>
12			16,5 mm	0,78 mm	127,598 kgf/mm <sup>2</sup>
13			18,0 mm	0,78 mm	127,598 kgf/mm <sup>2</sup>
14			19,5 mm	0,78 mm	127,598 kgf/mm <sup>2</sup>
15			21,0 mm	0,80 mm	121,132 kgf/mm <sup>2</sup>

**Tabel 4.** Hasil kekerasan *Brinell HI 767 J/mm*

No	Variasi Arus	Heat Input (j/mm)	Posisi titik uji (mm)	Diameter lekukan (mm)	Kekerasan Brinell (kgf/mm <sup>2</sup> )
1			0,0 mm	0,74 mm	142,136 kgf/mm <sup>2</sup>
2			1,5 mm	0,75 mm	138,283 kgf/mm <sup>2</sup>
3			3,0 mm	0,75 mm	138,283 kgf/mm <sup>2</sup>
4			4,5 mm	0,75 mm	138,283 kgf/mm <sup>2</sup>
5			6,0 mm	0,75 mm	138,283 kgf/mm <sup>2</sup>
6			7,5 mm	0,75 mm	138,283 kgf/mm <sup>2</sup>
7			9,0 mm	0,77 mm	131,021 kgf/mm <sup>2</sup>
8	90 A	767,812 j/mm	10,5 mm	0,77 mm	131,021 kgf/mm <sup>2</sup>
9			12,0 mm	0,78 mm	127,598 kgf/mm <sup>2</sup>
10			13,5 mm	0,78 mm	127,598 kgf/mm <sup>2</sup>
11			15,0 mm	0,78 mm	127,598 kgf/mm <sup>2</sup>
12			16,5 mm	0,78 mm	127,598 kgf/mm <sup>2</sup>
13			18,0 mm	0,79 mm	124,304 kgf/mm <sup>2</sup>
14			19,5 mm	0,79 mm	124,304 kgf/mm <sup>2</sup>
15			21,0 mm	0,80 mm	121,132 kgf/mm <sup>2</sup>

**Tabel 5.** Hasil kekerasan *Brinell HI 764 J/mm*

No	Variasi Arus	Heat Input (j/mm)	Posisi titik uji (mm)	Diameter lekukan (mm)	Kekerasan Brinell (kgf/mm <sup>2</sup> )
1	100 A	764,705 j/mm	0,0 mm	0,74 mm	142,136 kgf/mm <sup>2</sup>
2			1,5 mm	0,74 mm	142,136 kgf/mm <sup>2</sup>
3			3,0 mm	0,75 mm	138,283 kgf/mm <sup>2</sup>
4			4,5 mm	0,75 mm	138,283 kgf/mm <sup>2</sup>
5			6,0 mm	0,75 mm	138,283 kgf/mm <sup>2</sup>
6			7,5 mm	0,76 mm	134,581 kgf/mm <sup>2</sup>
7			9,0 mm	0,77 mm	131,021 kgf/mm <sup>2</sup>
8			10,5 mm	0,77 mm	131,021 kgf/mm <sup>2</sup>
9			12,0 mm	0,78 mm	127,598 kgf/mm <sup>2</sup>
10			13,5 mm	0,78 mm	127,598 kgf/mm <sup>2</sup>
11			15,0 mm	0,79 mm	124,304 kgf/mm <sup>2</sup>
12			16,5 mm	0,79 mm	124,304 kgf/mm <sup>2</sup>
13			18,0 mm	0,79 mm	124,304 kgf/mm <sup>2</sup>
14			19,5 mm	0,79 mm	124,304 kgf/mm <sup>2</sup>
15			21,0 mm	0,80 mm	121,132 kgf/mm <sup>2</sup>



**Gambar 7.** Grafik gabungan nilai kekerasan *brinell*.

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pada *raw material*, didapatkan hasil 3 titik secara acak dengan nilai kekerasan *brinell* dirata-rata sebesar 119,095 kgf/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pada spesimen arus *heat input* 762,667 J/mm, didapatkan hasil dengan nilai kekerasan *brinell* yang bervariasi di setiap titiknya. Terjadi penurunan nilai kekerasan dari



titik ke-3 sampai titik ke-11 dan pada titik ke-12 sampai titik ke-15 nilai kekerasan mulai stabil, itu menunjukkan pada titik ke-3 sampai titik ke-11 merupakan daerah yang terpengaruh panas *HAZ* dan pada titik ke-12 sampai titik ke-15 sudah masuk daerah logam induk (*base metal*). Nilai kekerasan tertinggi berada pada daerah *weld metal* yaitu sebesar 146,149 kgf/mm<sup>2</sup> dan nilai kekerasan terendah berada pada daerah logam induk sebesar 121,132 kgf/mm<sup>2</sup>.

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan *brinell* pada spesimen *heat input* 767,812 j/mm, didapatkan hasil dengan nilai kekerasan *brinell* yang bervariasi disetiap titiknya. Terjadi penurunan nilai kekerasan dari titik ke-2 sampai titik ke-8 dan pada titik ke-9 sampai titik ke-15 nilai kekerasan mulai stabil, itu menunjukkan pada titik ke-2 sampai titik ke-8 merupakan daerah yang terpengaruh panas *HAZ* dan pada titik ke-9 sampai titik ke-15 sudah masuk daerah logam induk (*base metal*). Nilai kekerasan tertinggi berada pada daerah *weld metal* yaitu sebesar 142,136 kgf/mm<sup>2</sup>, dan nilai kekerasan terendah berada pada daerah logam induk sebesar 121,132 kgf/mm<sup>2</sup>.

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan *brinell* pada spesimen *heat input* 764,705 j/mm, didapatkan hasil dengan nilai kekerasan *brinell* yang bervariasi disetiap titiknya. Terjadi penurunan nilai kekerasan dari titik ke-3 sampai titik ke-8 dan pada titik ke-9 sampai titik ke-15 nilai kekerasan mulai stabil, itu menunjukkan pada titik ke-3 sampai titik ke-8 merupakan daerah yang terpengaruh panas *HAZ* dan pada titik ke-9 sampai titik ke-15 sudah masuk daerah logam induk (*base metal*). Nilai kekerasan tertinggi berada pada daerah *weld metal* yaitu sebesar 142,136 kgf/mm<sup>2</sup> dan nilai kekerasan terendah berada pada daerah logam induk sebesar 121,132 kgf/mm<sup>2</sup>.

Dari grafik gabungan nilai kekerasan *brinell* menunjukkan nilai kekerasan paling tinggi berada pada bagian *weld metal*. Hal ini ditunjukkan oleh nilai kekerasan *brinell weld metal* spesimen HI 762,667 j/mm, HI 767,812 j/mm, HI 764,705 j/mm yaitu 142,136 kgf/mm<sup>2</sup> - 146,149 kgf/mm<sup>2</sup>. Dari hasil ini membuktikan bahwa masukan panas (*heat input*) mempengaruhi kekerasan pada *weld metal*.

### Analisis Hasil Pengujian Korosi

Pengujian korosi dilakukan dengan metode kehilangan berat mengamati laju korosi pada *base metal* mengamati selisih berat sebelum dan sesudah perendaman kedalam wadah plastik uji korosi yang berisi larutan NaCl 3,5 %. Lama perendaman 100 jam dan dari hasil penimbangan berat daerah *base metal* diperoleh data sebagai berikut:

$$CR = \frac{K \times W}{D \times A \times T} \quad (3)$$

Keterangan:

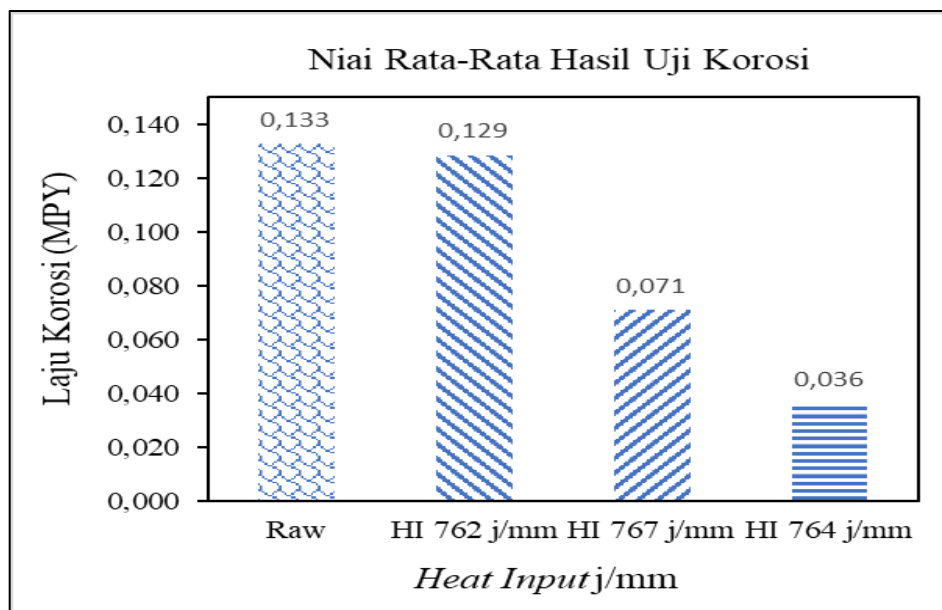
- K = Konstanta faktor
- W = Massa yang hilang akibat korosi (mg)
- W<sub>1</sub> = Sebelum perendaman (gr)
- W<sub>2</sub> = Sesudah perendaman (gr)
- D = Massa jenis benda uji (gr/cm<sup>3</sup>)
- A = Luas permukaan benda uji (in<sup>2</sup>)
- T = Lama perendaman (jam)

$$\text{Sehingga harga MPY} = \frac{534 \times 0,015}{7,83 \times 54 \times 100} = 0,1222 \text{ mpy} \quad (4)$$

**Tabel 6.** Hasil Uji Korosi

No	Heat Input j/mm	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Luas Korosi (mm <sup>2</sup> )	Laju Korosi (MPY)
----	--------------------	-----------------------	---------------------	--------------------------	-----------------------------------	-------------------------

1	Raw	10,372	10,357	0,015	54,00	0,1222
2		12,075	12,056	0,019	51,00	0,1639
3		11,021	11,008	0,013	51,00	0,1122
4	762 j/mm	10,873	10,845	0,028	65,00	0,1895
5		12,860	12,845	0,015	67,00	0,0985
6		12,524	12,508	0,016	72,00	0,0978
7	767 j/mm	12,761	12,752	0,009	78,00	0,0508
8		12,495	12,484	0,011	76,00	0,0637
9		14,996	14,977	0,019	85,00	0,0984
10	764 j/mm	12,780	12,773	0,007	90,00	0,0342
11		12,038	12,033	0,005	61,00	0,0361
12		11,993	11,987	0,006	68,00	0,0388



**Gambar 9.** Grafik hasil uji korosi baja karbon rendah

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasannya, maka dapat disimpulkan seperti berikut ini:

1. Berdasarkan hasil uji komposisi kimia, *strip plate* baja karbon pada *raw material* mengandung kadar karbon (C) 0,1930 wt% Ferro (Fe) 98,8645 wt% Silikon (Si) 0,1446 wt% Mangan (Mn) 0,3984 wt%. Hal ini menunjukkan bahwa *raw material* masuk kedalam klasifikasi baja karbon rendah.
2. Struktur mikro yang terbentuk dari pengelasan posisi dibawah tangan (IG) las SMAW dengan model kampuh V 60°. Pada daerah HAZ dengan variasi *heat input* pengelasan dengan HI 762 j/mm terlihat bentuk strukturnya lebih halus dibanding dengan variasi HI 767 j/mm dan HI 764 j/mm. Semakin tinggi arus pengelasan bentuk strukturnya menjadi lebih kasar sehingga kekuatannya menurun. Struktur mikro yang terbentuk didaerah

lasan membentuk *Grain boundary ferrite*, *widmanstatten ferrite*, dan *acicular ferrite* sehingga didaerah las didominasi *acicular ferrite* tersebar merata disemua daerah las. Sehingga struktur *acicular ferrite* inilah yang diharapkan dari setiap proses pengelasan, karena mampu menghambat terjadinya retak. Apabila dilihat dari bentuk struktur mikro daerah las kekuatan terlemah yaitu pada variasi HI 762 j/mm karena struktur mikro yang terbentuk paling banyak yaitu *widmanstatten ferrite* dibanding *accicular ferrite*. Apabila struktur yang paling dominan adalah *widmanstatten ferrite* mengakibatkan daerah las lebih rentan terhadap perambatan retak, hal tersebut dipengaruhi *heat input* dan laju pendinginan.

3. Hasil pengujian kekerasan *Brinell* menunjukkan bahwa nilai kekerasan *Brinell weld metal* dengan variasi HI 762 *Joule/mm* adalah 146,149 kgf/mm<sup>2</sup>, nilai kekerasan pada variasi HI 767 *Joule/mm* adalah 142,136 kgf/mm<sup>2</sup>, dan nilai kekerasan pada variasi HI 764 *Joule/mm* adalah 142,136 kgf/mm<sup>2</sup>. Dari hasil ini membuktikan bahwa masukan panas (*heat input*) tidak mempengaruhi kekerasan pada *weld metal*.
4. Hasil perhitungan pengujian korosi setelah dirata-ratakan pada spesimen uji, dapat diketahui bahwa laju korosi spesimen *weld metal* HI 762 j/mm sebesar 0,129 mpy, HI 767 j/mm sebesar 0,071 mpy, dan HI 764 j/mm sebesar 0.036 mpy. Laju korosi tertinggi terdapat pada *weld metal* HI 762 j/mm sebesar 0.129 mpy. Hal ini menunjukkan laju korosi pada spesimen variasi HI 762 j/mm lebih cepat terkoroosi dibandingkan dengan variasi HI 767 j/mm dan HI 764 j/mm. Hal ini membuktikan semakin tingginya *heat input* pada *weld metal* maka tingkat laju korosi semakin rendah.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian maka saran yang dapat diajukan agar penelitian selanjutnya lebih baik dan menyempurnakan penelitian ini adalah :

1. Penelitian lebih lanjut dengan *heat input* yang lain dan ditambahkan metode *heat treatment* tertentu pada spesimen.
2. Pengujian mekanik yang lain, untuk melengkapi data.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Peneliti banyak menerima bimbingan, petunjuk dan nasehat agar terus semangat terutama Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah mendukung dalam penelitian saya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Putri, F. (2010). Analisa pengaruh variasi kuat arus dan jarak pengelasan terhadap kekuatan tarik, sambungan las baja karbon rendah dengan elektroda 6013. *AUSTENIT*, 2(02).
- Gita Anggaretno, Imam Rochani & Heri supomo (2012). Analisa pengaruh jenis elektroda terhadap laju korosi pada pengelasan pipa API 5L grade X65 dengan media korosi FeCl3. *Jurnal teknik ITS*, 1(1), G123-G128.
- Naufal, S. A. M. I., Budiarto, U., & Sisworo, S. J. (2021). Pengaruh Variasi Arus Las SMAW Terhadap Laju Korosi dan Kekuatan Tarik Baja ST 40. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 9(2), 191-198.
- Susri Mizhar, Ivan Hamonangan Pandiangan. (2014). Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Pengelasan Shield Metal Arc Welding (Smaw) Dari Pipa Baja Diameter 2,5 Inchi. *Jurnal Dinamis Vol.Ii, No.1, Januari 2014, Ii*, 16-22.
- Pattireuw, K. J., Rauf, F. A., & Lumintang, R. C. A. (2013). Analisis laju korosi pada baja karbon dengan Menggunakan air laut dan H2SO4. *JURNAL POROS TEKNIK MESIN UNSRAT*, 2(1).