

## Studi Pengaruh *Heat Input* Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan *Vickers* Sambungan SMAW Pada Baja Karbon Rendah

Risky Kurniawan<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, 55281

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

### Abstract

*This study aims to determine the effect of Heat Input which has the most effect on the tensile test and vickers hardness of SMAW welding on low carbon steel. This study used a strip of low carbon steel plate measuring 300 mm × 100 mm × 6 mm which was given a "V" seam with an angle of 60° SMAW welding using 2 layers with electrode diameters of 2.6 mm and 3.2 with a variation of current 50 A for the layer. first and 80 A, 90 A, 100 A for the second layer. The tests carried out were testing the microstructure, Vickers hardness and tensile strength. The results of the chemical composition test on the raw material containing 0.1930% carbon content showed that it was classified as low carbon steel. The microstructures formed after welding are acicular ferrite, grain boundary ferrite, widmanstatten ferrite, ferrite and perlite. The highest vickers hardness test results were found in the HI 762 Joule/mm variation of 174.2 kgf/mm. The results of the tensile test showed that the highest yield strength value was in the raw material of 31.53 kgf/mm<sup>2</sup>, the highest tensile strength in the raw material was 47.46 kgf/mm<sup>2</sup>, The highest elongation in the raw material is 34.74%.*

**Keywords:** Heat input, SMAW, low carbon steel, vickers hardness test, tensile strength test.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *Heat Input* yang paling berpengaruh terhadap uji tarik dan kekerasan *vickers* las SMAW pada baja karbon rendah. Penelitian ini menggunakan *strip plat* baja karbon rendah berukuran 300 mm × 100 mm × 6 mm yang diberi kampuh "V" dengan sudut 60° pengelasan SMAW menggunakan 2 layer dengan diameter elektroda 2,6 mm dan 3,2 dengan variasi arus 50 A untuk layer pertama dan 80 A, 90 A, 100 A untuk layer kedua. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro, kekerasan *Vickers* dan kekuatan tarik. Hasil uji komposisi kimia pada *raw material* mengandung kadar Carbon 0,1930 % menunjukkan masuk klasifikasi baja karbon rendah. Struktur mikro yang terbentuk setelah pengelasan adalah *acicular ferrite*, *grain boundary ferrite*, *widmanstatten ferrite*, *ferrite* dan *perlite*. Hasil pengujian kekerasan *vickers* tertinggi terdapat pada variasi HI 762 Joule/mm sebesar 174,2 kgf/mm. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa nilai *yield strength* paling tinggi pada *raw material* sebesar 31,53 kgf/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* tertinggi pada *raw material* sebesar 47,46 kgf/mm<sup>2</sup>, *elongation* tertinggi pada *raw material* sebesar 34,74 %.

**Kata Kunci:** Heat input, SMAW, baja karbon rendah, uji kekerasan *vickers*, uji kekuatan tarik.

### PENDAHULUAN

Perkembangan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dicapai sampai saat ini berpengaruh juga pada industri logam yang semakin berkembang. Begitu pula dengan teknologi penyambungan logam yang semakin modern dan bervariasi macam dan caranya. Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan yang paling tepat pada konstruksi

bangunan dan mesin yang berbahan baku logam seperti aluminium, besi cor, baja karbon, dan sebagainya. Las elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada masa ini. Dalam cara pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Pada proses pengelasan jenis ini, logam induk akan mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Selama proses pengelasan, elektroda mengalami pencairan bersamaan dengan logam induk dan akan mengisi kampuh. Menghasilkan sambungan yang baik dan kuat adalah tujuan mengapa pengelasan dipilih sebagai metode penyambungan logam sampai saat ini [1]. Tidak mudah untuk menghasilkan sambungan yang baik dari proses pengelasan, dikarenakan sambungan yang terlihat baik secara visual belum tentu baik secara struktural. Oleh karena itu, untuk mengetahui hasil sambungan pengelasan yang baik secara struktural harus melalui berbagai macam pengujian seperti uji komposisi, uji struktur mikro, uji kekuatan tarik, uji *impact*, uji *bending*, uji kekerasan, dan lain sebagainya.

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Analisa Besar Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Sambungan Plat Baja Karbon ST 40 dengan Menggunakan Pengelasan SMAW” dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil penelitian kekuatan tarik terlihat bahwa pengelasan kuat arus 80A lebih tinggi nilai kekuatan tariknya sebesar 340,87 N/mm<sup>2</sup> dibandingkan dengan arus 100A sebesar 340,804 N/mm<sup>2</sup> dan 120A sebesar 330,48 N/mm<sup>2</sup> yang nilai kekuatan tariknya lebih rendah hal ini terjadi karena hubungan arus dengan kecepatan berbanding terbalik semakin besar arus yang digunakan maka semakin rendah nilai kekuatan tariknya. Jadi, arus pengelasan yang rendah akan menghasilkan pengelasan yang baik. Regangan tarik maksimum tertinggi terdapat pada arus 120A sebesar 20% sedangkan arus 80A hanya 12% dan arus 100A hanya 11% . Hasil dari penelitian uji kekerasan *rockwell* terlihat bahwa spesimen dengan variasi arus 100A nilai kekerasannya lebih tinggi dibandingkan dengan arus-arus lainnya. Nilai kekerasan *rockwell* yang tertinggi terjadi di daerah HAZ karena pada bagian HAZ umumnya akan lebih keras akibat mengalami pendinginan yang lebih cepat karena adanya faktor pendinginan konduksi dari bagian besi yang panas disekitar daerah pengelasan ke bagian besi yang dingin [2].

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Analisis Pengaruh Variasi *Heat Input* dan Bentuk Kampuh pada Pengelasan SMAW Weld Joint Pelat Baja A 36 Terhadap Sifat Mekanik” dapat dihasilkan beberapa kesimpulan bahwa pada uji tarik dilakukan pengujian 2 spesimen di tiap variasi nya. *Heat input* 34 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* menjadi variasi yang memiliki *ultimate strenght* tertinggi yaitu 527,48 MPa. Sedangkan *heat input* 25 kJ/mm dengan kampuh berbentuk U menjadi variasi yang memiliki *ultimate strenght* terendah yaitu 474,2 MPa. *Heat input* 25 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *single V* menjadi variasi yang memiliki *yield strenght* tertinggi yaitu 405,97 MPa. Sedangkan *heat input* 57 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* menjadi variasi yang memiliki *yield strenght* terendah yaitu 362,56 MPa. Uji *Vickers Hardness* dilakukan penembakan 3 titik pada masing-masing daerah, daerah tersebut meliputi logam induk (*base metal*), HAZ, logam las (*weld metal*). Kekerasan pada logam induk memiliki nilai yang tidak jauh berbeda pada tiap variasi nya dengan rata-rata 150,7 HVN. *Heat input* 34 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* menjadi spesimen yang terkeras dengan nilai kekerasan pada logam las sebesar 192,33 HVN, hal ini sebanding lurus dengan nilai *ultimate strenght* yang tinggi pula. Sedangkan *heat input* 57 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* menjadi variasi yang memiliki nilai kekerasan pada daerah logam las dan HAZ terendah yaitu 149,67 HVN dan 141,33 HVN [3].

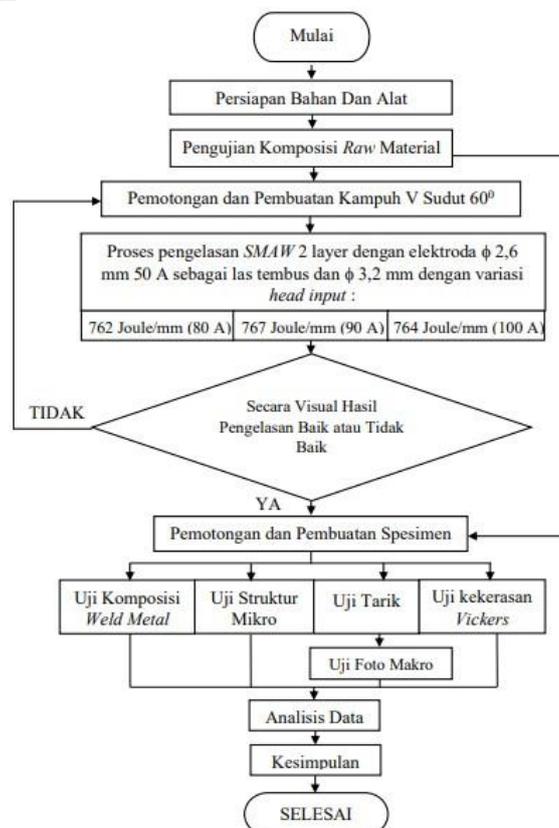
Dari data hasil penelitian tentang “Pengaruh Kuat Arus Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Sambungan Las SMAW Baja SA 516 GR.70” dapat diambil kesimpulan yaitu peningkatan kuat arus pada Sambungan Las SMAW Baja SA 516 GR.70 menyebabkan menurunnya kekuatan tarik dan ketangguhan pada daerah las. Nilai kekerasan pada daerah *base metal* untuk masing masing kuat terlihat seragam sedangkan pada daerah terpengaruh panas (*heat affected zone*) terlihat mengalami peningkatan nilai kekerasan untuk masing-masing kuat

arus. Pada daerah las khusus bagian *top bed* tidak mengalami perubahan nilai kekerasan secara signifikan. Jumlah struktur *acicular ferrite* mendominasi bila dibandingkan dengan ferit batas butir dan *Widmanstatten ferrite* pada daerah logam las [4].

Penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Sambungan Las *Plate Carbon Sreel ASTM 36*” dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu variasi kuat arus pengelasan *Shiled Metal Arc Welding* pada penyambungan *plate carbon steel ASTM A36* mempengaruhi kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las. Pengaruh yang di timbulkan variasi kuat arus pengelasan terhadap kekutatan tarik berada pada kategori kuat, sedangkan pengaruh variasai arus pengelasan terhadap kekerasan berada pada kategori sangat kuat. Besar kuat arus pengelasan optimum untuk mendapatkan tingkat kekuatan sambungan las yang memenuhi kriteria standar AWS. D1.1 sebesar 110 Amper [5].

## METODE PENELITIAN

### Diagram Alir Penelitian



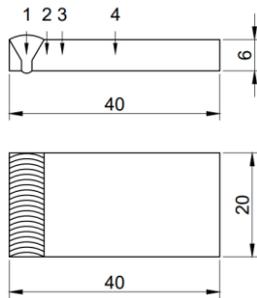
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### Bahan

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.

### Pengujian Struktur Mikro

Pengujian mikro adalah suatu pengujian mengenai struktur bahan melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus yaitu mikroskop logam. Dengan pengujian mikro struktur, dapat diamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi.



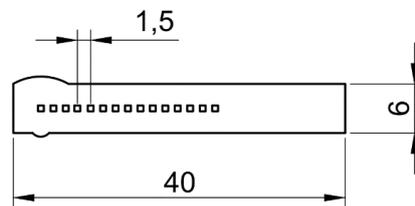
Keterangan:

1. Weld Metal
2. HAZ kasar
3. HAZ halus
4. RAW Metal

**Gambar 2.** Spesimen uji struktur mikro.

### Pengujian Kekerasan *Vickers*

Kekerasan *Vickers* (Schonmetz, 1977) ditunjukkan oleh bekas injakkan penetrator yang terbuat dari piramida intan. Besarnya diagonal bekas (permukaan) diukur dengan mikroskopis. Sudut antara dua bidang sisi dari piramida  $136^\circ$ .



**Gambar 3.** Spesimen uji kekerasan *vickers*.

$$\text{VHN} = 1,8544 \frac{P}{D^2} \quad (1)$$

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

Keterangan:

*VHN* = Angka Kekerasan *Vickers* (kgf/mm<sup>2</sup>)

*P* = Beban yang ditetapkan (kgf)

*D* = Panjang diagonal rata-rata (mm)

*d*<sub>1</sub> = Panjang diagonal injakan sata (mm)

*d*<sub>2</sub> = Panjang diagonal injakan dua (mm)

### Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik pada logam sebagai acuan untuk mengklasifikasikan logam tersebut tergolong jenis yang dikehendaki sesuai standar *ASTM*. Pengujian tarik biasanya dilakukan pada spesimen berbentuk batangan silinder atau plat. Pengujian terhadap spesimen dilakukan dengan memberikan beban secara perlahan-lahan sehingga spesimen akan mengalami deformasi berupa pergerakan penampang dan pertambahan panjang pada spesimen uji.

$$(\sigma_y) = \frac{F_{\text{yield}}}{A_o} \quad (3)$$

Dimana:

$\sigma_y$  = tegangan *yield* (kg/mm<sup>2</sup>)

*F* *yield* = Beban *yield* (Kg)

*A*<sub>o</sub> = Luas penampang awal benda uji (mm<sup>2</sup>)

$$A_o = T \times W \quad (4)$$

Dimana:

*T* = Tebal awal benda uji (mm)

*W* = Lebar awal benda uji (mm)

$$(\sigma_t) = \frac{P_{\text{maks}}}{A_o} \quad (5)$$

Dimana:

$\sigma_t$  = Tegangan tarik (kg/mm<sup>3</sup>)  
 F = Pmaks = Beban maksimal (Kg)  
 A<sub>0</sub> = Luas penampang awal benda uji (mm<sup>2</sup>)

Sedangkan regangan tariknya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\epsilon_{\text{maks}} = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana:

$\epsilon_{\text{maks}}$  = Regangan tarik (%).  
 L<sub>f</sub> = Panjang benda saat putus (mm).  
 L<sub>0</sub> = Panjang benda uji mula-mula (mm).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Hasil Pengujian Komposisi Kimia

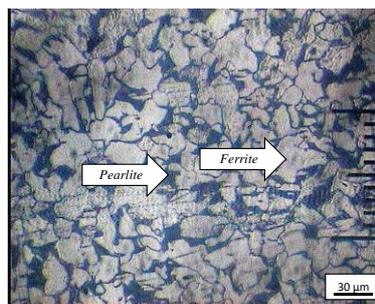
Tabel 1. Komposisi Kimia

Unsur	Kadar		Kandungan Elektroda E6013(%)
	Raw Material	Weld Metal	
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

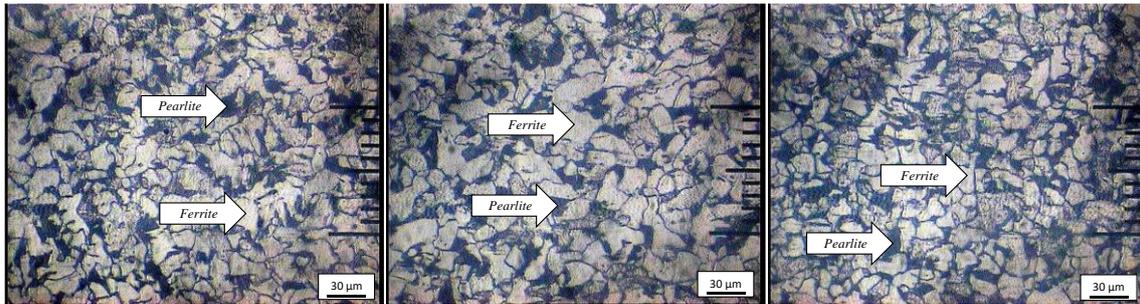
Pengujian komposisi kimia dilakukan bertujuan untuk mengetahui prosentase unsur-unsur yang terkandung dalam *raw material* maupun *weld metal*, sehingga dapat diketahui perbandingan kadar kandungan unsur-unsur kimia dari kedua spesimen tersebut. Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia pada tabel 1. pada *raw material* mengandung kadar *ferro* (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

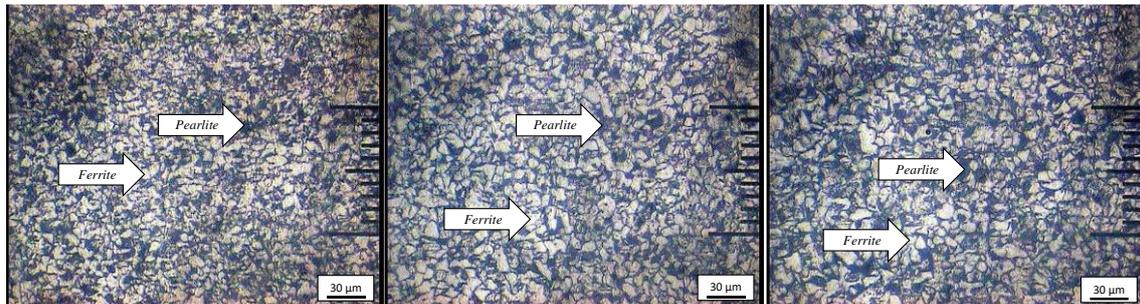
Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik. Foto struktur mikro dengan perbesaran 100x. Spesimen berjumlah 13 buah yang terdiri dari *raw material*, *base metal*, *HAZ* halus, *HAZ* kasar dan *weld metal*, dengan variasi *heat input* 762 J/mm, 767 J/mm, dan 764 J/mm.



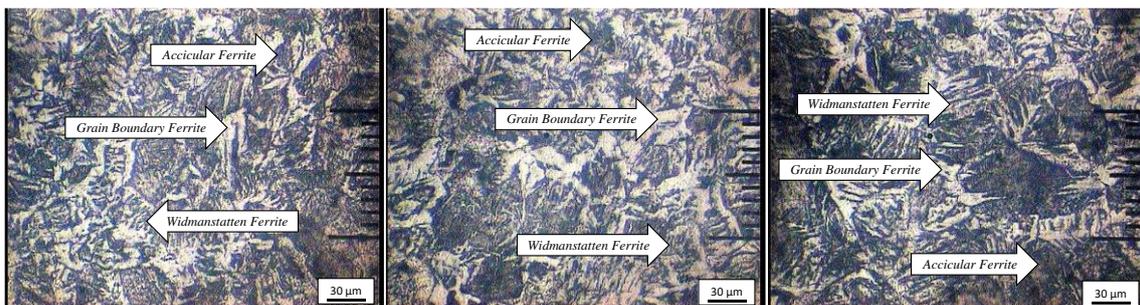
Gambar 4. Struktur mikro *raw material* (Perbesaran 100x).



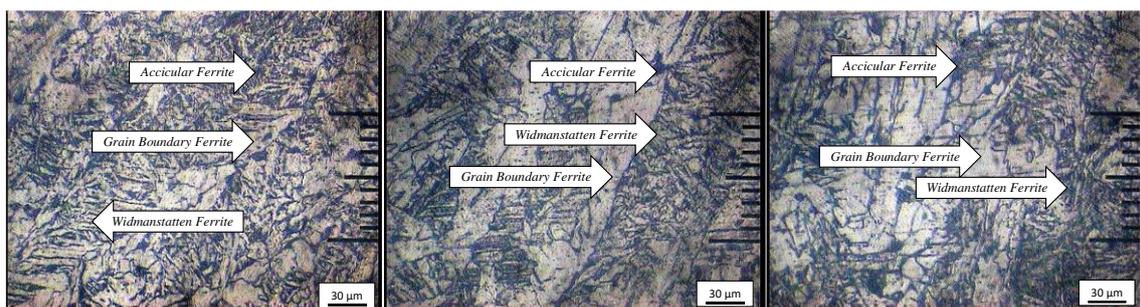
**Gambar 5.** Struktur mikro daerah *base metal* variasi HI 762 J/mm, 767 J/mm, dan 764 J/mm (Perbesaran 100x).



**Gambar 6.** Struktur mikro daerah HAZ halus variasi HI 762, 767 J/mm, dan 764 J/mm Joule/mm (Perbesaran 100x).



**Gambar 7.** Struktur mikro daerah HAZ kasar variasi HI 762, 767 J/mm, dan 764 J/mm Joule/mm (Perbesaran 100x).



**Gambar 8.** Struktur mikro daerah *Weld Metal* variasi HI 762, 767 J/mm, dan 764 J/mm Joule/mm (Perbesaran 100x).

Berdasarkan hasil foto struktur mikro pada *raw material* pada struktur yang terbentuk pada *raw material* baja karbon sedang 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 Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui *yield strength*, *tensile strength*, dan *elongation* pada logam. Spesimen uji tarik mengacu pada standar *ASTM E8M*.

**Tabel 2.** Hasil pengujian tarik

No.	Heat Input (Joule/mm)	Luas penampang awal (mm <sup>2</sup> )	Lo (mm)	Lf (mm)	Yield (kgf)	Yield Strength (kgf/mm <sup>2</sup> )	Tensile Strength (kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)
1	RAW	33,24	25	34,94	1060,62	31,91	47,73	39,76
2		33,68	25	32,23	1064,18	31,59	48,30	33,77
3		33,57	25	31,76	1043,97	31,10	46,36	30,69
1	762	93,22	50	59,58	2384,33	25,58	36,10	22,38
2		83,31	50	57,56	2385,77	28,64	39,34	16,08
3		87,76	50	57,99	2355,26	26,84	38,51	17,52
1	767	85,04	50	60,22	2400,84	28,23	39,03	22,66
2		81,35	50	57,02	2348,37	28,87	40,43	14,73
3		83,87	50	58,07	2427,49	28,94	39,62	17,28
1	764	91,58	50	59,96	2380,25	25,99	36,51	21,45
2		84,18	50	60,89	2358,21	28,01	39,80	24,13
3		90,19	50	59,62	2215,65	24,56	36,84	21,68

**Tabel 3.** Nilai rata-rata *Yield Strength*

<i>Yield Strength (kgf/mm<sup>2</sup>)</i>				
Nilai rata-rata	Raw Material	HI 762 J/mm	HI 767 J/mm	HI 764 J/mm
	31,53	27,02	28,64	26,18

*Raw material* mempunyai nilai *Yield Strength* sebesar 31,53 kgf/mm<sup>2</sup> dengan spesimen variasi yang mempunyai nilai kekuatan luluh sebesar 27,02 kgf/mm<sup>2</sup> untuk *heat input* 762 J/mm sebesar 28,64 kgf/mm<sup>2</sup> untuk *heat input* 767 J/mm, dan 26,18 kgf/mm<sup>2</sup> untuk *heat input* 764 J/mm. Hal ini dikarenakan pada saat proses pengelasan terjadi siklus *thermal* yang dapat mempengaruhi sifat mekanis pada material.

**Tabel 4.** Nilai rata-rata *Tensile Strength*

<i>Tensile Strength (kgf/mm<sup>2</sup>)</i>				
Nilai rata-rata	Raw Material	HI 762 J/mm	HI 767 J/mm	HI 764 J/mm
	47,46	37,98	39,69	37,71

*Raw material* mempunyai nilai *Tensile Strength* sebesar 47,46 kgf/mm<sup>2</sup> berbeda dengan spesimen variasi *heat input* yang mempunyai nilai kekuatan tarik sebesar, 37,98 kgf/mm<sup>2</sup> untuk *heat input* 762 J/mm, 39,69 kgf/mm<sup>2</sup> untuk *heat input* 767 J/mm dan 37,71 kgf/mm<sup>2</sup> untuk *heat input* 764 J/mm.

**Tabel 5.** Nilai rata-rata *Elongation*

<i>Elongation (%)</i>				
Nilai rata-rata	Raw Material	HI 762 J/mm	HI 767 J/mm	HI 764 J/mm
	34,74	37,98	39,69	37,71

*Raw material* mempunyai nilai regangan sebesar 34,79 % berbeda dengan spesimen

variasi *heat input* yang mengalami penurunan regangan terhadap spesimen *raw material*. Dimana nilai regangan spesimen *heat input* 762 J/mm sebesar 37,98 %, nilai regangan spesimen *heat input* 767 J/mm sebesar 39,69 %, dan nilai regangan pada spesimen *heat input* 764 J/mm sebesar 37,71 %. Hal ini dikarenakan pada saat proses pengelasan terjadi siklus *thermal* yang dapat mempengaruhi sifat mekanis pada material.

### Analisis Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

Pengujian kekerasan menggunakan metode uji *vickers macro* dengan pembebanan 30 kgf, jarak antara titik 1.5 mm, dan banyak titik sebanyak 15 titik. Hasil uji kekerasan dengan variabel *raw material*, *Heat Input* 762 Joule/mm, 767 Joule/mm dan 764 Joule/mm.

**Tabel 6.** Hasil kekerasan *vickers raw material*

No.	Spesimen	Posisi Titik Uji	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)
1	Raw Material	Acak	0,63	140,1
2		Acak	0,64	135,8
3		Acak	0,64	135,8

**Tabel 8.** Hasil kekerasan *vickers HI 767 J/mm*

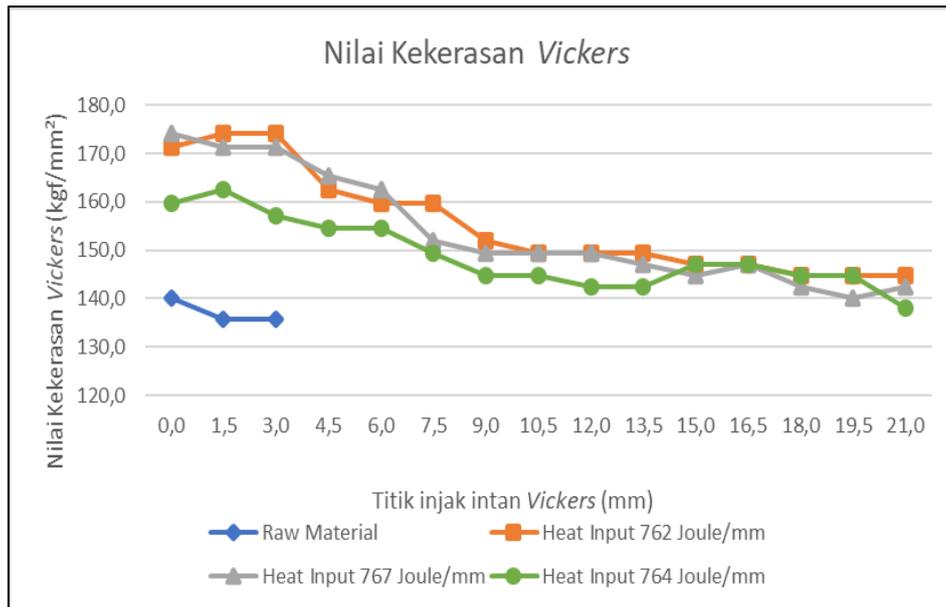
No.	Spesimen	Posisi Titik Uji	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)
1	HI 767 Joule/mm	0,0	0,57	174,2
2		1,5	0,57	171,2
3		3,0	0,57	171,2
4		4,5	0,58	165,3
5		6,0	0,59	162,5
6		7,5	0,61	152,0
7		9,0	0,61	149,5
8		10,5	0,61	149,5
9		12,0	0,61	149,5
10		13,5	0,62	147,1
11		15,0	0,62	144,7
12		16,5	0,62	147,1
13		18,0	0,63	142,4
14		19,5	0,63	140,1
15		21,0	0,63	142,4

**Tabel 7.** Hasil kekerasan *vickers HI 762 J/mm*

No.	Spesimen	Posisi Titik Uji	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)
1	HI 762 Joule/mm	0,0	0,57	171,2
2		1,5	0,57	174,2
3		3,0	0,57	174,2
4		4,5	0,59	162,5
5		6,0	0,59	159,8
6		7,5	0,59	159,8
7		9,0	0,61	152,0
8		10,5	0,61	149,5
9		12,0	0,61	149,5
10		13,5	0,61	149,5
11		15,0	0,62	147,1
12		16,5	0,62	147,1
13		18,0	0,62	144,7
14		19,5	0,62	144,7
15		21,0	0,62	144,7

**Tabel 9.** Hasil kekerasan *vickers HI 764 J/mm*

No.	Spesimen	Posisi Titik Uji	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)
1	HI 764 Joule/mm	0,0	0,59	159,8
2		1,5	0,59	162,5
3		3,0	0,60	157,1
4		4,5	0,60	154,5
5		6,0	0,60	154,5
6		7,5	0,61	149,5
7		9,0	0,62	144,7
8		10,5	0,62	144,7
9		12,0	0,63	142,4
10		13,5	0,63	142,4
11		15,0	0,62	147,1
12		16,5	0,62	147,1
13		18,0	0,62	144,7
14		19,5	0,62	144,7
15		21,0	0,64	137,9



**Gambar 9.** Grafik gabungan nilai kekerasan *vickers*.

Hasil pengujian kekerasan pada *raw material*, didapatkan hasil nilai kekerasan rata-rata sebesar 137,23 kgf/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian kekerasan pada *HI 762 Joule/mm*, didapatkan nilai kekerasan yang bervariasi disetiap titiknya. Pada daerah *weld metal* nilai kekerasan dari titik 1 - 3 memiliki nilai kekerasan yang berbeda beda. Kemudian terjadi penurunan nilai kekerasan dari titik ke 4 sampai titik ke 7. pada titik ke 8 sampai titik ke 15 nilai kekerasan mulai stabil, itu menunjukkan pada titik ke 4 sampai titik ke 7 merupakan daerah yang terpengaruh panas (*HAZ*) dimana nilai kekerasan tertinggi daerah *weld metal* yaitu sebesar 174,2 kgf/mm<sup>2</sup>.

Hasil pengujian kekerasan pada *HI 767 Joule/mm*. didapatkan hasil seperti *weld metal* nilai kekerasan tertinggi pada titik 1 karena memiliki nilai kekerasan yang bervariasi disetiap titiknya. Pada daerah yaitu sebesar 174,2 kgf/mm<sup>2</sup>. Terjadi ketidakstabilan nilai kekerasan dari titik ke 4 sampai titik ke 6 dan titik ke 7 sampai titik ke 15 nilai kekerasan mulai stabil, menunjukkan pada titik ke 4 sampai titik ke 6 merupakan daerah yang terpengaruh panas (*HAZ*). Daerah *weld metal HI 767 Joule/mm* memiliki daerah yang terpengaruh masukan panas (*heat input*) pada proses pengelasan lebih besar daerah yang terpengaruh panas akan melebar. Pada titik ke 7 sampai sehingga titik ke 15 sudah masuk daerah logam induk (*base metal*) dengan nilai kekerasan terendah sebesar 140,1 kgf/mm<sup>2</sup>.

Hasil pengujian kekerasan pada *HI 764 Joule/mm*, didapatkan hasil nilai kekerasan yang bervariasi disetiap titiknya. Pada daerah *weld metal* nilai kekerasan tertinggi pada titik 2 karena memiliki nilai kekerasan yaitu sebesar 162,5 kgf/mm<sup>2</sup>. Terjadi ketidakstabilan nilai kekerasan dari titik ke 5 sampai titik ke 7 dan titik ke 8 sampai titik ke 15 nilai kekerasan mulai stabil. itu menunjukkan pada titik ke 5 sampai titik ke 7 merupakan daerah yang terpengaruh panas (*HAZ*). Daerah *weld metal HI 764 Joule/mm* memiliki daerah yang terpengaruh masukan panas (*heat input*) pada proses pengelasan lebih besar sehingga daerah yang terpengaruh panas akan melebar. Pada titik ke 8 sampai titik ke 15 sudah masuk daerah logam induk (*base metal*) dengan nilai kekerasan terendah sebesar 137,9 kgf/mm<sup>2</sup>.

Dari hasil pengujian kekerasan dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian kekerasan *vickers* pada spesimen baja karbon sedang cukup baik, hal ini dikarenakan nilai tertinggi dari hasil pengujian didapatkan pada daerah *weld metal* pada spesimen uji kekerasan *vickers*. Dalam pengujian kekerasan *vickers* ini juga dapat diambil kesimpulan bahwa nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada hasil pengelasan *SMAW* pada *Heat Input 762 Joule/mm*.

## KESIMPULAN

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

1. Berdasarkan hasil uji komposisi kimia, *strip plate* baja karbon pada *raw material* mengandung kadar carbon (C) 0,1930 % Ferro (Fe) 98,8645 %) Silicon (Si) 0,1446 % Mangan (Mn) 0,3984 %. Hal ini menunjukkan bahwa *raw material* masuk kedalam klasifikasi baja karbon rendah.
2. Struktur mikro yang terbentuk adalah *acicular ferrite*, *grain boundary ferrite*, *widmanstatten ferrite*, *ferrite* dan *pearlite*. Variasi *heat input* 762 Joule/mm, 767 Joule/mm, dan 764 Joule/mm akan mempengaruhi ukuran dan bentuk butir struktur mikro pada daerah *weld metal*, *HAZ* dan *base metal*. Semakin tinggi *heat input* akan semakin memperhalus ukuran butir pada material.
3. Hasil pengujian kekerasan *vickers* menunjukkan bahwa nilai kekerasan *vickers* tertinggi terdapat pada spesimen variasi *HI* 762 Joule/mm yaitu sebesar 174,2 kgf/mm<sup>2</sup> dan untuk nilai kekerasan *vickers* terendah terdapat pada variasi *HI* 764 Joule/mm yaitu sebesar 137,9 kgf/mm<sup>2</sup>.
4. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa nilai *yield strength* paling tinggi terdapat pada spesimen *raw material* yaitu sebesar 31,53 kgf/mm<sup>2</sup> dan terendah pada spesimen variasi *HI* 764 Joule/mm sebesar 26,18 kgf/mm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai *tensile strength* tertinggi pada *raw material* sebesar 47,46 kgf/mm<sup>2</sup> dan terendah terdapat pada variasi *HI* 764 Joule/mm yaitu sebesar 37,71 kgf/mm<sup>2</sup>. Nilai *elongation* tertinggi terdapat pada *raw material* yaitu sebesar 34,74 % dan yang terendah pada pengelasan variasi variasi *HI* 767 Joule/mm sebesar 18,22 %, karena pada *raw material* tidak ada siklus *thermal* yang akan mempengaruhi sifat mekanis pada material. Sehingga dari uji tarik dapat diambil kesimpulan semakin tinggi arus maka akan semakin rendah kekuatan tariknya.

## 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.

## REFERENSI

- Wirjosumarto, Harsono, and Toshie Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta.
- Reza, Agustiawan, and Imran. 2018. "Analisa Besar Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Sambungan Plat Baja Karbon ST 40 Dengan Menggunakan Pengelasan SMAW Politeknik Negeri Bengkalis." : 141–50.
- Robby Nur, Fridayan, Pratikno Herman, and Ikhwan Hasan. 2017. "Analisis Pengaruh Variasi Heat Input Dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan Smaw Weld Joint Pelat Baja a 36 Terhadap Sifat Mekanik." *Jurnal Teknik ITS* 6(2).
- Suherman, D Muliadi, S Ridho, M, and P Marpaung, C. 2019. "Pengaruh Kuat Arus Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro." *Ilmiah Mekanik* 4(2): 64–69.
- Adi, Nugroho, and Setiawan Eko. 2018. "PENGARUH VARIASI KUAT ARUS PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN SAMBUNGAN LAS PLATE CARBON STEEL ASTM 36." 3(2): 134–42.