

## Studi Pengaruh Heat Input Terhadap Kekuatan Lengkung Dan Kekerasan Vickers Sambungan Las Smaw Pada Baja Karbon Rendah

Mukhlis Adam<sup>1</sup>, Wartono<sup>2,\*</sup>, Y. Agus Jayatun<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
Jl. Babarsari Caturtunggal Depok Sleman, Yogyakarta, 55281

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

### Abstract

*Low carbon steel can be joined by all welding methods available in practice and the results will be good if the preparation is perfect and the requirements are met. Basically low carbon steel is steel that can be easily welded. This study aims to analyze the effect of variations in heat input on SMAW welded joints on the microstructure, bending strength and vickers hardness of low carbon steel. This study uses a strip of medium carbon steel plate measuring 300 mm × 100 mm × 6 mm which is coated with "V" at an angle of 45° and welded using SMAW welding, the metal material used is low carbon steel with a carbon content of 0.127% with a size of 300 mm. x 100mm x 6mm. The materials used for welding and testing are steel plate (strip plate), electrode E 7016 with a diameter of 3.2 mm. The results of the chemical composition test, strip plate carbon steel on raw material contains levels of carbon (C) 0.127%, ferrous (Fe) 98.67%, silicon (Si) 0.140%, manganese (Mn) 0.542%. This shows that the raw material is classified as low carbon steel. The microstructures formed are acicular ferrite, grain boundary ferrite, ferrite and pearlite. The results of the Vickers hardness test show that the highest Vickers hardness is found in specimens with a variation of HI 858 J/mm, which is 224.30 kgf/mm<sup>2</sup> because at HI 858 J/mm and the lowest hardness values are at HI 783 J/mm and 820 J/mm, namely have the same value of 220.45 kgf/mm<sup>2</sup>. The bending test results show that HI 783 J/mm has the highest bending strength with a comparative test value of 560 MPa and the lowest bending strength with HI 858 J/mm with a value of 508 MPa.*

**Keywords:** Heat input, SMAW, Low carbon steel, bending strength test, Vickers hardness test.

### Abstrak

Baja karbon rendah dapat di sambung dengan semua cara pengelasan yang ada didalam praktek dan hasilnya akan baik bilamana persiapannya sempurna dan persyaratannya dipenuhi. Pada dasarnya baja dengan karbon rendah adalah baja yang dapat dengan mudah dilas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi heat input terhadap sambungan las SMAW terhadap struktur mikro, kekuatan lengkung dan kekerasan vickers pada baja karbon rendah. Penelitian ini menggunakan strip plat baja karbon sedang berukuran 300 mm × 100 mm × 6 mm yang diberi kampuh "V" dengan sudut 45° dan dilas menggunakan pengelasan SMAW, material logam yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,127% dengan ukuran 300 mm x 100 mm x 6 mm. Bahan yang digunakan untuk pengelasan dan pengujian adalah plat baja (strip plat), elektroda E 7016 berdiameter 3,2 mm. Hasil uji komposisi kimia, strip plate baja karbon pada raw material mengandung kadar karbon (C) 0,127%, ferro (Fe) 98,67%, silicon (Si) 0,140%, mangan (Mn) 0,542%. Hal ini menunjukkan bahwa raw material termasuk klasifikasi baja karbon rendah. Struktur mikro yang terbentuk adalah acicular ferrite, grain boundary ferrite, ferrite dan pearlite. Hasil pengujian

kekerasan Vickers menunjukkan kekerasan Vickers tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi HI 858 J/mm yaitu sebesar 224,30 kgf/mm<sup>2</sup> di karenakan pada HI 858 J/mm dan nilai kekerasan terendah pada HI 783 J/mm dan 820 J/mm yaitu memiliki nilai yang sama sebesar 220,45 kgf/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian bending menunjukkan bahwa HI 783 J/mm memiliki kekuatan lengkung tertinggi dengan nilai uji banding sebesar 560 MPa dan untuk kekuatan lengkung terendah dengan HI 858 J/mm dengan nilai sebesar 508 MPa.

**Kata kunci:** Heat input, SMAW, Baja karbon rendah, Uji kekuatan lengkung, Uji kekerasan vickers.

---

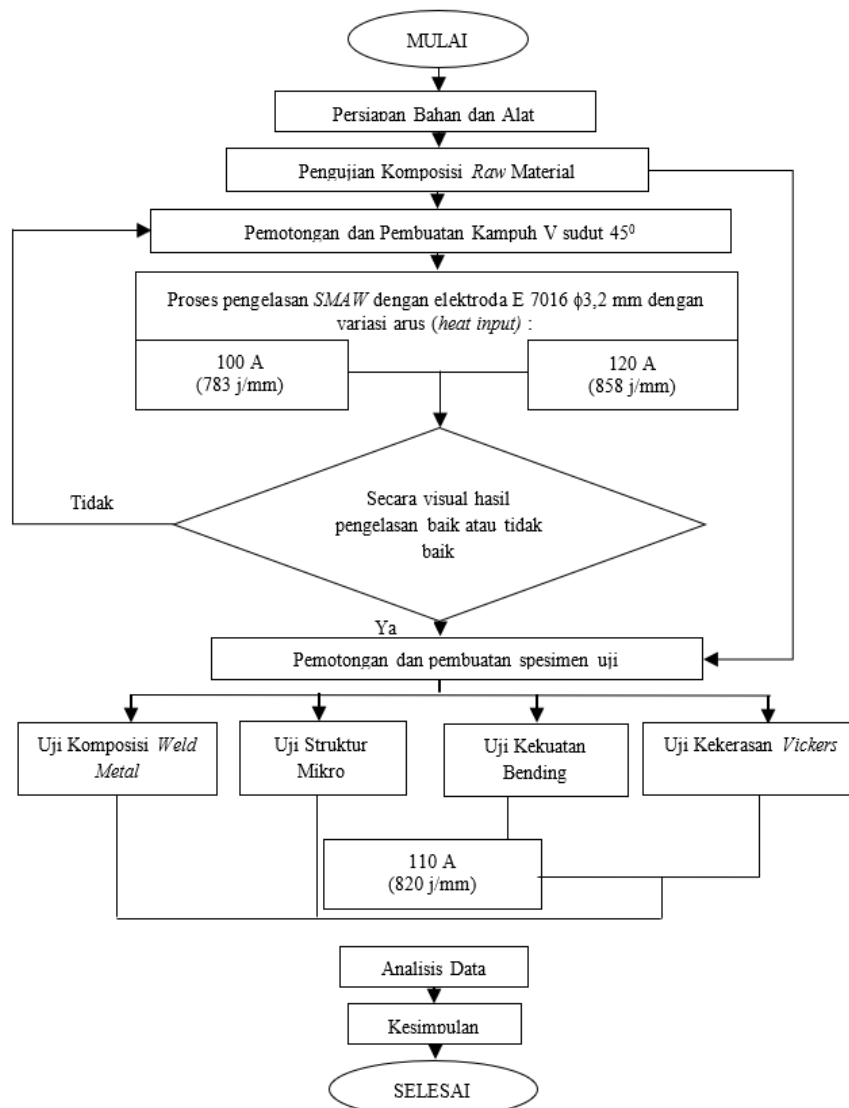
## PENDAHULUAN

Baja merupakan jenis logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai paduan utama. Baja dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu, baja karbon biasa (*plain carbon steel*), dan baja paduan (*alloy steel*). Baja karbon biasa (*plain carbon steel*) adalah jenis baja dengan satu unsur paduan dasar yaitu karbon. Sedangkan pada baja paduan (*alloy steel*), selain unsur karbon, ditambahkan pula elemen paduan lainnya untuk menghasilkan sifat dan karakteristik tertentu pada baja. Baja karbon digolongkan dari kandungan karbon yang terkandung di dalamnya diantaranya baja karbon tinggi, karbon sedang dan baja karbon rendah. Wiryosumanto, (2000) pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan. Definisi pengelasan menurut *DIN (Deutsche Industrie Normen)* adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan pada keadaan lumer atau cair. Las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Masukan panas (*Heat Input*) merupakan energi panas yang terjadi saat proses pengelasan berlangsung. Saat proses pengelasan berlangsung elektroda akan mencair bersamaan dengan logam induk akibat energi panas, energi panas tersebut akan terus bertambah sesuai dengan lamanya proses pengelasan yaitu dari kecepatan pengelasan dan Panjang bahan yang dilas. Sehingga masukan panas terjadi akibat proses pengelasan setiap satuan Panjang pengelasan dan kecepatan pengelasan. Sifat-sifat logam sangat dipengaruhi oleh struktur mikro, tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh gambaran suatu benda uji tentang sifat-sifatnya, bentuk struktur atau karakteristik tertentu guna penganalisaan terhadap sifat-sifat lain yang dimiliki benda uji, misalnya dengan variasi struktur mikro seperti jumlah, ukuran, bentuk, warna dan distribusi fase.

Kekakuan adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi elastis. Modulus Elastisitas (E) adalah harga kekakuan suatu material pada daerah elastis. Modulus elastis juga berarti perbandingan tegangan dengan regangan pada daerah elastis. Material yang lentur (tidak kaku) adalah material yang dapat mengalami regangan bila diberi tegangan atau beban tertentu. Tegangan atau beban yang diberikan pada specimen uji haruslah dibawah harga beban maksimum agar specimen tidak mengalami deformasi plastis. Uji kekerasan *vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136°. Karena bentuk penumbuknya piramida, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan. Angka kekerasan *vickers* (VHN) didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak.

## METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir

Proses pengujian dilakukan setelah hasil pengelasan pada spesimen dilihat secara visual baik, pengujian yang dilakukan diantaranya adalah pengujian komposisi, pengujian struktur mikro, pengujian *vickers* dan pengujian *bending*. Pada pengujian komposisi spesimen yang diuji adalah spesimen *Raw Material* dan *Weld Material*, selanjutnya pada pengujian struktur mikro spesimen yang diuji adalah spesimen *Raw Material* dan spesimen yang sudah dilas. Untuk pengujian *bending* dan pengujian *vickers*, pengujian dilakukan pada spesimen *Raw Material* dan spesimen yang sudah melewati proses pengelasan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Heat Input

Sumber masukan panas atau *heat input* yang digunakan untuk melakukan sambungan las berasal dari busur listrik, *heat input* sangat berpengaruh pada struktur mikro logam las. Hal ini disebabkan nyala busur listrik dari kuat arus yang besar akan meningkatkan masukan panas saat proses pengelasan, sehingga memperlambat laju pendinginan pada logam yang dilas.

**Tabel 1.** Masukan Heat Input

Sampel	Parameter Las			Heat Input
	Arus (A)	Voltase (V)	Kecepatan las (mm/s)	
1	100	20	1,67	783,13
2	110	21	1,84	820,49
3	120	22	2,1	858

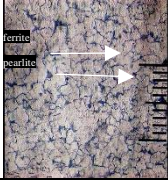
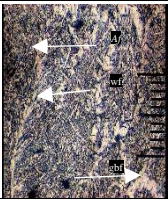
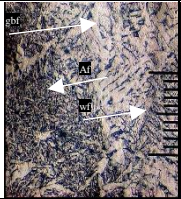
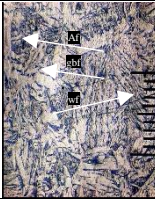
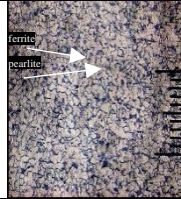
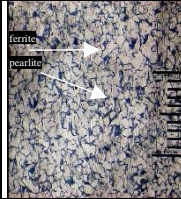
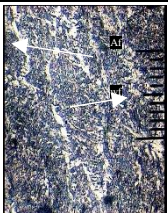
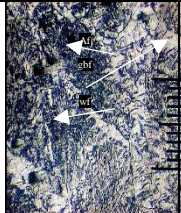
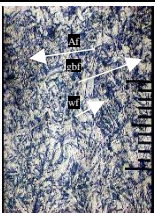
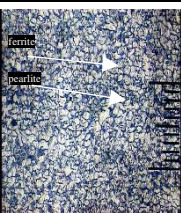
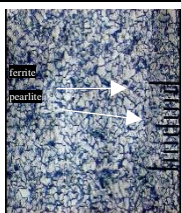
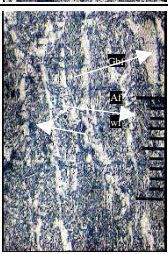
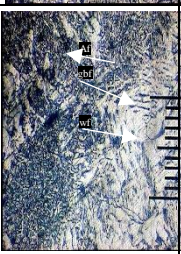
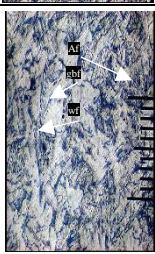
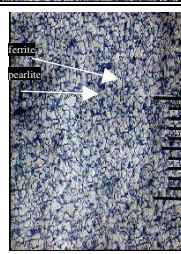
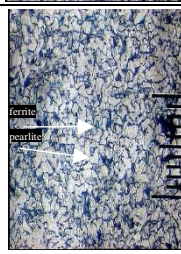
**Analisis uji komposisi kimia****Tabel 1** Hasil Uji Komposisi Kimia

Unsur	Kadar (%)		Kandungan elektroda E7016 (%)
	<i>Raw</i>	<i>Weld Metal</i>	
<b>C</b>	<b>0.127</b>	<b>0.143</b>	<b>0.016</b>
<b>Si</b>	<b>0.14</b>	<b>0.308</b>	<b>0.168</b>
<b>Mn</b>	<b>0.542</b>	<b>1.084</b>	<b>0.542</b>
<b>Fe</b>	<b>98.67</b>	<b>98.32</b>	
S	0.013	<0.010	
Cr	0.115	0.037	
Mo	0.032	<0.010	
Ni	0.085	0.024	
Cu	0.182	0.03	
Al	0.028	<0.005	
Co	<0.005	<0.005	
Mg	<0.005	<0.005	
Nb	0.013	0.005	
Ti	<0.003	0.01	
V	<0.005	0.0079	
W	<0.100	<0.100	
P	0.03	0.02	

Table 4.2. menunjukkan bahwa *raw material* mengandung unsur utama yaitu Fe (besi) sebesar 98,67%, Mn (mangan) sebesar 0,542%, Si (silikon) sebesar 0.140%. Kadar karbon (C) sebesar 0,127% pada *raw material* menunjukkan bahwa *raw material* digolongkan ke dalam baja karbon rendah. Karbon dalam baja meningkatkan kekuatan dan kekerasaan tetapi jika berlebihan akan menurunkan ketangguhan. Unsur Mn dalam baja dapat menaikkan kekuatan tarik tanpa mengurangi atau sedikit mengurangi regangan, sehingga baja dengan penambahan mangan memiliki sifat kuat dan ulet.

## Analisis Uji Struktur Mikro

Tabel 2 Foto struktur mikro pada spesimen raw material dan weld metal

spesimen	Jarak(mm) dari jalur las				
	0	3	4,5	6	7,5
Raw					
783 j/mm					
820 j/mm					
858 j/mm					

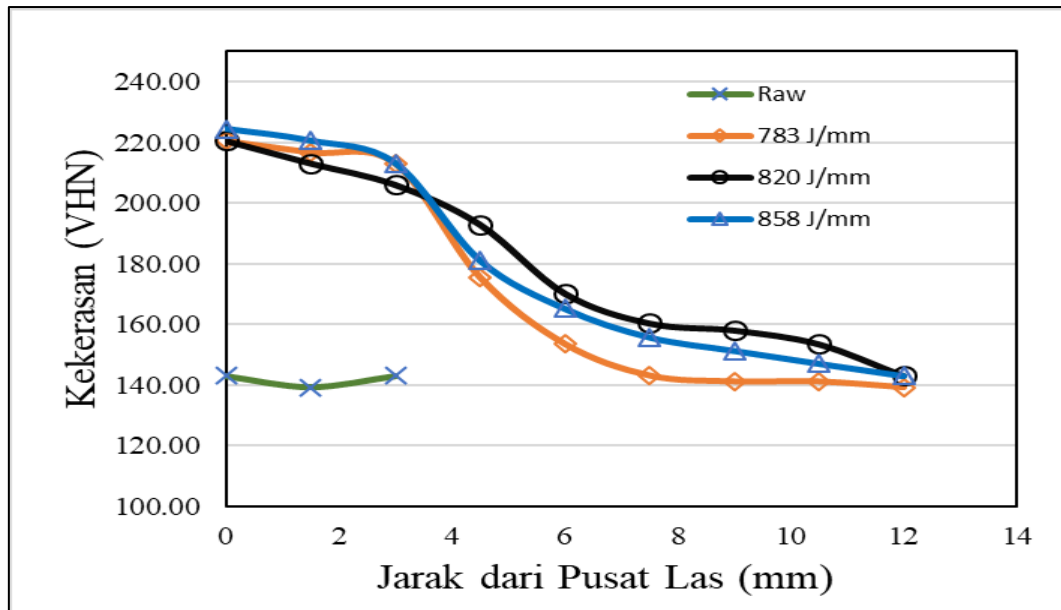
Pada tabel 4.3. Hasil dari foto struktur mikro disetiap masing-masing spesimen dengan variasi *heat input* yang berbeda. Struktur yang terbentuk yaitu *ferit*, *perlit*, *widmanstatten ferrit*, *grain boundary ferrite*, dan *acicular ferrite*. Pada setiap spesimen dengan arus yang berbeda mempunyai struktur yang sama akan tetapi jumlah butir yang berbeda pada tiap kenaikan *HI* yang terjadi, misalkan pada *HI* 783 J/mm memiliki struktur mikro yang tidak jauh berbeda dengan *HI* 820 J/mm dan *HI* 858 J/mm yaitu *acicular ferrite*, *grain boundary ferrite*, dan *widmanstatten ferrite*. Dengan ukuran dan jumlah yang berbeda-beda pula disetiap masukan *heat input* pada saat pengelasan.

## Analisis Uji Kekerasan Vickers

Tabel 3 Uji Kekerasan Vickers

<i>Heat input</i> (J/mm)	Jarak dari Pusat Las (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)
Raw	Acak	0.71	0.73	0.720	143.056
	Acak	0.73	0.73	0.730	139.163
	Acak	0.72	0.72	0.720	143.056
783 J/mm	0	0.58	0.58	0.580	220.452

<i>Heat input (J/mm)</i>	<b>Jarak dari Pusat Las (mm)</b>	<b>D1 (mm)</b>	<b>D2 (mm)</b>	<b>D rata-rata (mm)</b>	<b>Kekerasan (VHN)</b>
	1.5	0.58	0.59	0.585	216.700
	3	0.59	0.59	0.590	213.042
	4.5	0.65	0.65	0.650	175.527
	6	0.69	0.7	0.695	153.532
	7.5	0.71	0.73	0.720	143.056
	9	0.73	0.72	0.725	141.089
	10.5	0.72	0.73	0.725	141.089
	12	0.73	0.73	0.730	139.163
820 J/mm	0	0.58	0.58	0.580	220.452
	1.5	0.58	0.6	0.590	213.042
	3	0.6	0.6	0.600	206.000
	4.5	0.62	0.62	0.620	192.924
	6	0.66	0.66	0.660	170.248
	7.5	0.67	0.69	0.680	160.381
	9	0.69	0.68	0.685	158.048
	10.5	0.69	0.7	0.695	153.532
	12	0.72	0.72	0.720	143.056
858 J/mm	0	0.57	0.58	0.575	224.302
	1.5	0.58	0.58	0.580	220.452
	3	0.59	0.59	0.590	213.042
	4.5	0.64	0.64	0.640	181.055
	6	0.67	0.67	0.670	165.204
	7.5	0.68	0.7	0.690	155.766
	9	0.7	0.7	0.700	151.347
	10.5	0.72	0.7	0.710	147.114
	12	0.72	0.72	0.720	143.056



**Gambar 2.** Grafik Uji kekerasan Vickers

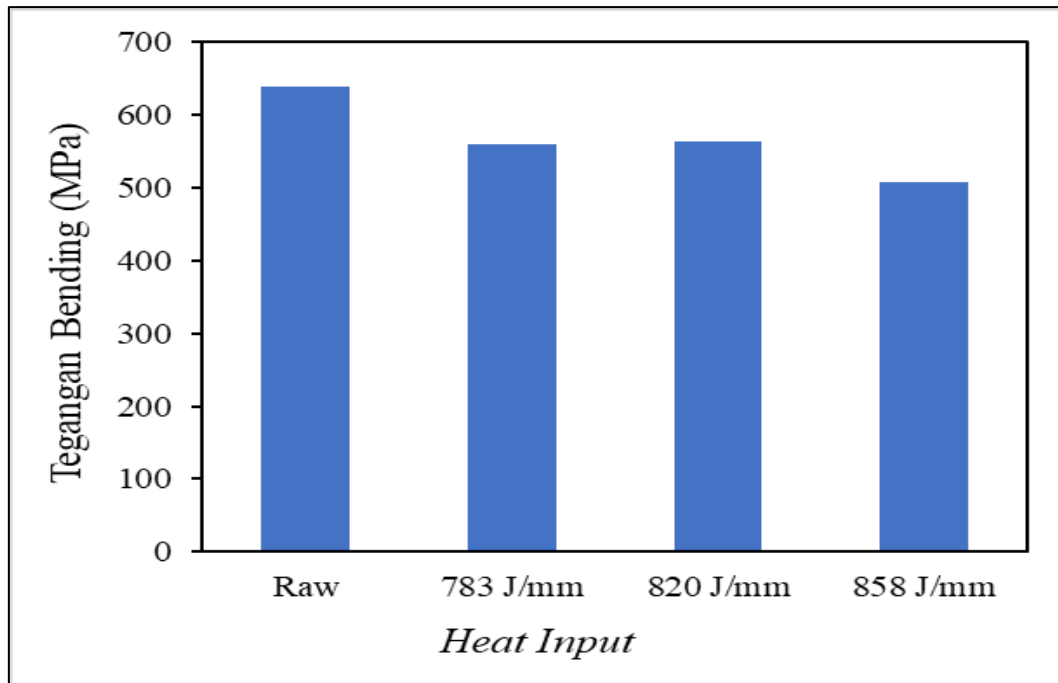
Pada gambar diatas merupakan grafik pengujian kekerasan *raw material* dan HI 783 J/mm, 820 J/mm serta 858 J/mm. Pada *raw material* pengujian dilakukan secara acak 3 titik dan mendapatkan nilai kekerasan rata-rata 141,79 kgf/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pada HI 783 J/mm kekerasan paling tinggi berada di *weld metal* yaitu 220,452 kgf/mm<sup>2</sup>, HI 820 J/mm dan 858 J/mm kekerasan tertinggi juga berada di *weld metal* yaitu sebesar 220,452 kgf/mm<sup>2</sup> dan 224,302 kgf/mm<sup>2</sup>. Peningkatan ini terjadi karena perubahan struktur mikro pada *weld metal*.

#### Analisis Uji Lengkung

**Tabel 4** Hasil pengujian Lengkung

No.	Heat Input (J/mm)	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	Tegangan Bending (Mpa)	Tegangan Bending rata-rata (MPa)
1	Raw_1	6.2	24.98	11.92	651.72	639.25
2	Raw_2	6.20	24.95	11.45	626.77	
3	783_1	6.15	24.26	10.49	600.20	559.76
4	783_2	6.27	25.31	10.15	535.55	
5	783_3	6.02	25.32	9.50	543.53	
6	820_1	6.26	25.18	10.16	540.57	563.26
7	820_2	5.93	25.19	9.79	580.24	
8	820_3	6.21	25.29	10.57	568.99	
9	858_1	6.41	24.91	9.25	474.47	507.65
10	858_2	6.19	25.07	9.71	530.69	
11	858_3	6.25	25.10	9.67	517.79	

Pada spesimen pertama *raw material* menunjukkan hasil 651,72 MPa dan pada spesimen *raw material* kedua menunjukkan hasil pegujian 626,77 MPa terdapat penurunan kekuatan lengkung antara spesimen pertama dan kedua. Pada *HI* 783 J/mm memiliki nilai rata-rata tegangan lengkung 560 MPa, *HI* 820 J/mm memiliki nilai rata-rata 563 J/mm dan 858 J/mm memiliki rata-rata tegangan lengkung 508 J/mm.



**Gambar 3.** Grafik Uji Kekuatan Lengkung

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan tentang pengelasan pada baja karbon rendah dengan menggunakan pengelasan *SMAW* dengan variasi *heat input* dan dilakukan pengujian komposisi, uji struktur mikro, uji *bending*, dan uji *Vickers* maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil uji komposisi kimia, *strip plate* baja karbon pada *raw material* mengandung kadar karbon (C) 0,127%, *ferro* (Fe) 98,67%, *silicon* (Si) 0,140%, *mangan* (Mn) 0,542%. Hal ini menunjukkan bahwa *raw material* termasuk klasifikasi baja karbon rendah.
2. Struktur mikro yang terbentuk adalah *acicular ferrite*, *grain boundary ferrite*, *ferrite* dan *pearlite*. Variasi *heat input* 783 j/mm, 820 J/mm dan 858 J/mm akan mempengaruhi ukuran dan bentuk butir struktur mikro pada setiap kenaikan *heat input*nya pada daerah *weld metal*, *HAZ* dan *base metal*. Semakin tinggi arus maka akan semakin halus ukuran butir yang terbentuk pada materialnya.
3. Hasil pengujian kekerasan *Vickers* menunjukkan kekerasan *Vickers* tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi *HI* 858 J/mm yaitu sebesar 224,30 kgf/mm<sup>2</sup> dikarenakan pada *HI* 858 J/mm dan nilai kekerasan terendah pada *HI* 783 J/mm dan 820 J/mm yaitu memiliki nilai yang sama sebesar 220,45 kgf/mm<sup>2</sup>.
4. Hasil pengujian *bending* menunjukkan bahwa *HI* 783 J/mm memiliki kekuatan lengkung tertinggi dengan nilai uji *bending* sebesar 560 MPa dan untuk kekuatan lengkung terendah dengan *HI* 858 J/mm dengan nilai sebesar 508 MPa.



## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Prodi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi nasional Yogyakarta, keluarga tercinta, dan teman-teman semuanya yang telah memberikan dukungan hingga terselesainya karya penelitian ini.

## **REFERENSI**

- Alip, M., 1989, Teori Dan Praktik Las. Jakarta: Proyek pengembangan lembaga pendidikan tenaga kependidikan Jakarta.
- Sonawan, Hery. dan Suratman, Rochim. 2006. Pengantar untuk memahami proses teknologi pengelasan logam. Cetakan kedua. Alfabeta. Bandung.
- Surdia, Tata. Dan Saito, S. 1999. Pengetahuan Bahan Teknik. Cetakan Keempat. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Van Vlack, L.H. 1981. Ilmu dan Teknologi Bahan. Edisi Kelima. Erlangga. Jakarta.
- Wirjosumarto, Harsono. dan Okumura, T. 2000. Teknologi Pengelasan Logam. Cetakan Kedelapan. pradnya pramita. Jakarta