

Studi Pengaruh Heat Input Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Vickers Sambungan Tig Pada Baja Karbon Rendah

M. Fadhiil Pangestu¹, Wartono^{2,*}, Joko Pitoyo³

^{1,2,3} Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, 55281

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

Abstract

This study aims to determine the effect of heat input on the tensile strength and hardness of TIG welding vickers on low carbon steel. The material used is low carbon steel with a size of 300 mm x 100 mm x 4.5 mm. Treated with TIG welding with heat input variations of 819.6 J/mm, 901.6 J/mm, 983.6 J/mm with shielding gas argon, filler metal ER 70S-6, and tungsten EWTh-2. The tests carried out were composition tests on raw materials and weld metal, microstructure tests, tensile tests, and Vickers hardness tests. The results of the composition test showed that the carbon content of the raw material was 0.1734% and the weld metal was 0.0861%, indicating that both of them are low carbon steels. The results of microstructure testing of weld metal consist of acicular ferrite, grain boundary ferrite, and widmanstatten ferrite, while the raw material consists of pearlite and ferrite. The results of the Vickers hardness test showed that the highest hardness value was on the HI specimen 983.6 J/mm with a value of 187.26 kg/mm², while the lowest Vickers hardness was in the raw material specimen with an average value of 139.40 kg/mm². The results of the tensile test obtained the highest tensile stress value in the raw material specimen with an average tensile stress value of 447.88 MPa, while the smallest tensile stress was found in the HI specimen 819.6 J/mm with an average value of 394.96 MPa. Meanwhile, the strain test showed that the highest strain value was found in the raw material specimen with an average strain value of 23.98%, while the HI specimen 983.6 J/mm² had the lowest average strain value of 17.43%.

Keywords: TIG welding, heat input, low carbon steel, Vickers hardness, tensile strength.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh heat input pada kekuatan tarik dan kekerasan vickers las TIG pada baja karbon rendah. Bahan yang digunakan berupa baja karbon rendah ukuran 300 mm x 100 mm x 4,5 mm. Diberi perlakuan pengelasan TIG variasi heat input 819,6 J/mm, 901,6 J/mm, 983,6 J/mm dengan gas pelindung argon, logam pengisi ER 70S-6, dan tungsten EWTh-2. Pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi pada raw material dan weld metal, uji struktur mikro, pengujian tarik, dan pengujian kekerasan vickers. Hasil penelitian uji komposisi diperoleh kadar karbon pada raw material 0,1734 % dan weld metal sebesar 0,0861 % menunjukkan bahwa keduanya termasuk baja karbon rendah. Hasil dari pengujian struktur mikro weld metal terdiri dari acicular ferrite, grain boundary ferrite, dan widmanstatten ferrite, sedangkan pada raw material terdiri dari pearlite dan ferrite. Hasil dari uji kekerasan vickers didapatkan nilai kekerasan tertinggi pada spesimen HI 983,6 J/mm dengan nilai sebesar 187,26 kg/mm², sedangkan kekerasan vickers terendah ada pada spesimen raw material dengan nilai rata-rata sebesar 139,40 kg/mm². Hasil dari pengujian tarik didapatkan nilai tegangan tarik tertinggi pada spesimen raw material dengan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 447,88 MPa, sedangkan tegangan tarik terkecil ada pada spesimen HI 819,6 J/mm dengan nilai rata-rata sebesar 394,96 MPa. Sedangkan pada pengujian regangan menunjukkan hasil bahwa nilai regangan

tertinggi terdapat pada spesimen raw material dengan nilai rata-rata regangan sebesar 23,98 %, sedangkan spesimen HI 983,6 J/mm² memiliki nilai rata-rata regangan terendah sebesar 17,43 %.

Kata kunci: Las TIG, heat input, baja karbon rendah, kekerasan vickers, kekuatan tarik.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) di berbagai bidang terutama pada aktivitas rekayasa dan rancang bangun yang menggunakan bahan baku logam hampir selalu melibatkan teknologi pengelasan sebagai metode penyambungan logam. Pengelasan memberikan hasil sambungan logam yang ringan namun memiliki kekuatan sambungan yang cukup tinggi, sehingga penggunaan metode ini dirasakan lebih efektif dan efisien.

Pembuatan sambungan dengan cara pengelasan secara teknis memerlukan keterampilan dan pengetahuan yang tinggi bagi juru las agar memperoleh hasil las yang baik. Adapun penggunaan teknik pengelasan yang bergerak di bidang konstruksi, seperti pada pengerjaan rangka baja, jembatan, pipa saluran, peralatan perindustrian, perkapalan dan otomotif dan sebagainya. Arti pengelasan itu sendiri adalah suatu penyambungan dua logam atau paduan logam dengan memanaskan diatas batas cair atau dibawah batas cair disertai penetrasi maupun tanpa penetrasi serta diberi logam pengisi atau tanpa logam pengisi sehingga terbentuk menjadi suatu sambungan (Howard, 1989).

Penelitian dengan judul “ Pengaruh hasil pengelasan las *TIG* terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan pada material baja karbon rendah”. Menjelaskan bahwa spesimen yang digunakan sebanyak 18 spesimen yang akan dikenai perlakuan yang berbeda dalam proses pengerjaannya, variasi arus listrik yang digunakan yaitu 80 A, 100 A dan 120 A. Hasil kekuatan tarik tertinggi sebesar 26,92 kg/mm² yang diperoleh dari hasil pengelasan dengan arus 120 A, sedangkan nilai kuat bending tertinggisebesar 81.50 kg/mm² yang diperoleh dari hasil pengelasan dengan arus 80 A (Eko prasetyo, 2014).

Tungsten Inert Gas (TIG) adalah suatu proses pengelasan dengan menggunakan busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari *tungsten* sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang akan dilas dan terpisah dari pistol las, sekeliling elektroda *tungsten* disalurkan gas lindung argon yang berfungsi sebagai pelindung terhadap kontaminasi udara luar yang dapat menyebabkan porositas atau cacat pada las. Penggunaan las *TIG* mempunyai 2 keuntungan, yaitu kecepatan pengumpanan logam pengisi tidak tergantung pada besarnya arus listrik sehingga pengaturan penetrasi ke logam induk lebih fleksibel. Cara pengaturan ini memungkinkan las *TIG* dapat digunakan dengan memuaskan baik untuk pelat tipis maupun pelat baja tebal. Kedua adalah kualitas daerah las yang lebih baik (Wirjosumarto, 2000).

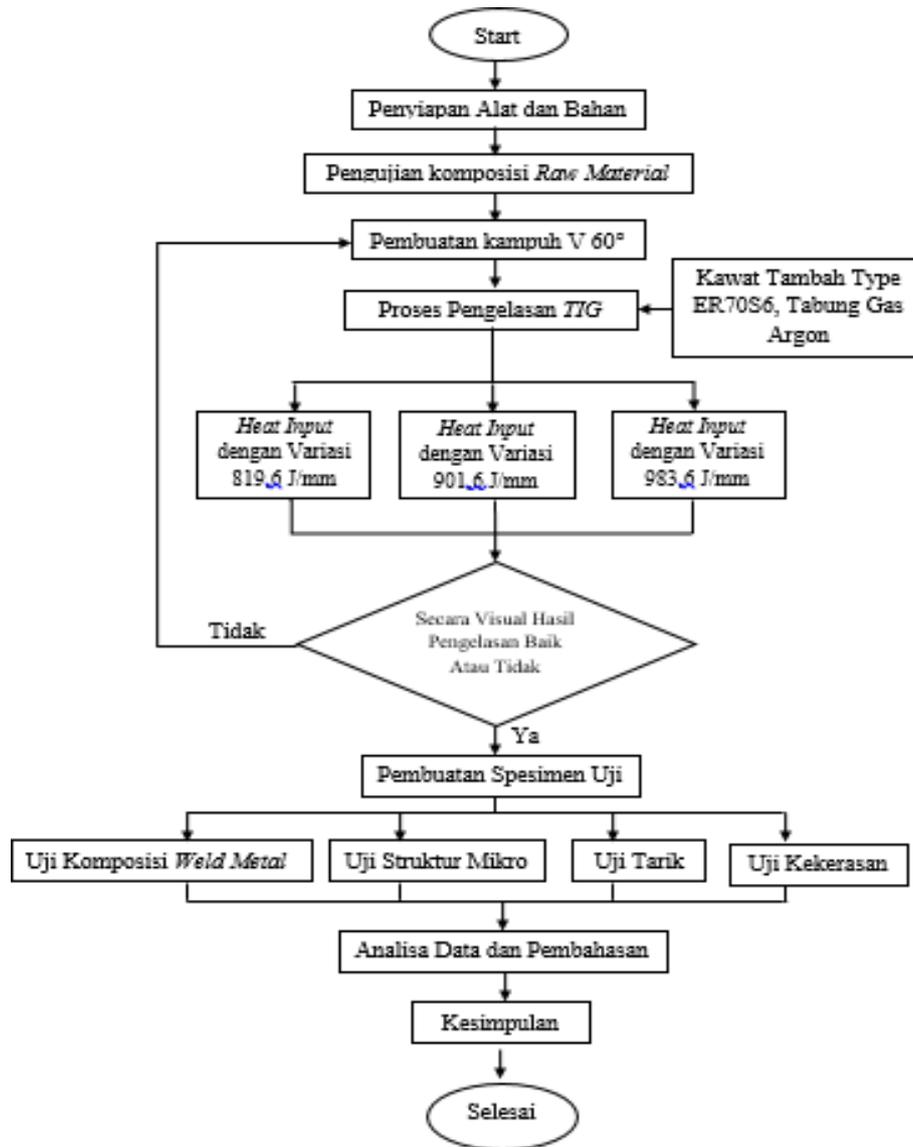
Besarnya arus pengelasan yang terlalu tinggi menyebabkan ujung elektroda ikut mencair sehingga mempengaruhi komposisi logam yang dihasilkan sehingga polaritas balik memungkinkan penetrasi logam induk menjadi lebih dangkal dan lebar, oleh karena itu variasi arus yang digunakan dalam pengelasan akan memberikan hasil las yang berbeda-beda.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *heat input* pengelasan *TIG (Tungsten Inert Gas)* terhadap kekuatan tarik, kekerasan *vickers*, struktur mikro dan pengujian komposisi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan proses pengelasan *TIG (Tungsten Inert Gas)* dengan variasi *heat input* 819,6 J/mm, 901,6 J/mm, 983,6 J/mm. Bahan yang digunakan berupa baja karbon rendah dengan ukuran 300 mm x 100 mm x 4,5 mm. Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 21 spesimen, dengan rincian 2 spesimen untuk uji komposisi (*weld metal, raw material*), 4 spesimen untuk uji struktur mikro, 4 spesimen untuk uji kekerasan *vickers*, 11 spesimen untuk uji kekuatan tarik. Standart ukuran spesimen uji kekuatan tarik

ASTM E8M dan uji kekerasan *vickers* ASTM E92. Foto struktur mikro yang diambil daerah *raw material*, *weld metal*, batas *weld metal*-HAZ, HAZ kasar, HAZ halus, *base metal*.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Komposisi

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

Tabel 1. Hasil uji komposisi kimia *raw material* dan *weld metal*

No	Unsur	Keterangan	Presentase (%)	
			<i>Raw Material</i>	<i>Weld Metal</i>
1	Fe	Besi	99,2619	98,0113
2	S	Sulfur	0,0104	0,0147
3	Al	Alumunium	0,0260	-0,0015

No	Unsur	Keterangan	Presentase (%)	
			Raw Material	Weld Metal
4	C	Karbon	0,1734	0,0861
5	Ni	Nikel	0,0078	0,0102
6	Nb	Niobium	-0,0001	0,0009
7	Si	Silikon	0,0110	0,6055
8	Cr	Kromium	0,0128	0,0241
9	V	Vanadium	0,0003	0,0004
10	Mn	Mangan	0,4287	1,1252
11	Mo	Molybdenum	-0,0020	0,0009
12	W	Wolfram	0,0001	0,0005
13	P	Phosphor	0,0151	0,0171
14	Cu	Tembaga	0,0176	0,0651
15	Ti	Titanium	0,0010	0,0021
16	N	Nitrogen	0,0227	0,0264
17	B	Boron	0,0001	0,0008
18	Pb	Plumbum	0,0001	0,0001
19	Sb	Stibium	0,0016	0,0004
20	Ca	Kalsium	0,0005	0,0001
21	Mg	Magnesium	0,0001	0,0001
22	Zn	Seng	0,0028	0,0008
23	Co	Kobalt	0,0024	0,0031

Hasil uji komposisi menunjukkan bahwa pada pelat baja karbon rendah yang digunakan sebagai bahan uji pengelasan mengandung unsur-unsur utama besi (Fe) 99,2619 % dan unsur-unsur paduan lainnya seperti mangan (Mn) 0,4287 %, karbon (C) 0,1734 %, dan silikon (Si) 0,0110 %. Hal ini menunjukkan bahwasannya pelat baja karbon yang digunakan untuk bahan uji pengelasan mempunyai sifat mampu las yang baik. Unsur mangan yang terdapat dalam baja dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan serta dapat meningkatkan ketahanan akan terjadinya korosi. Kadar silikon yang terkandung dalam baja dapat meningkatkan sifat ketangguhan dan kekuatan. Dengan demikian, persentase unsur-unsur yang terkandung dalam pelat baja yang digunakan untuk uji pengelasan bisa diklarifikasikan sebagai baja karbon rendah (low carbon steel). Hasil uji komposisi pada weld metal tidak jauh beda dengan raw material, komposisi yang menonjol pada weld metal adalah unsur utama besi Fe = 98,0113 %, dan unsur paduan lainnya seperti : Si = 0,6055 %, Mn = 1,1252 % dan C = 0,0861 %. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengelasan pada pelat baja karbon rendah termasuk cukup baik.

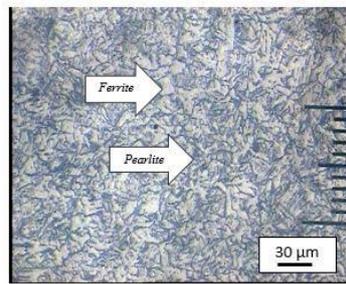
Tabel 2. Data Proses Pengelasan

Sample	Parameter Las			Heat Input (J/mm)
	Arus (A)	Voltase (V)	Kecepatan (mm/s)	
las 1	100	20	1,22	819,6
las 2	110	20	1,22	901,6
las 3	120	20	1,22	983,6

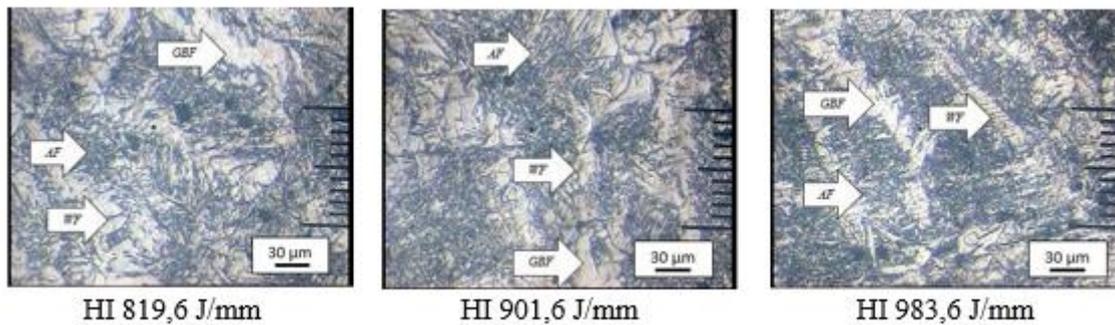
Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan pada 5 daerah, yaitu pada daerah *weld metal*, batas *weld metal-HAZ* (*heat affected zone*), *HAZ* kasar, *HAZ* halus, *base metal*. Hasil pengujian struktur

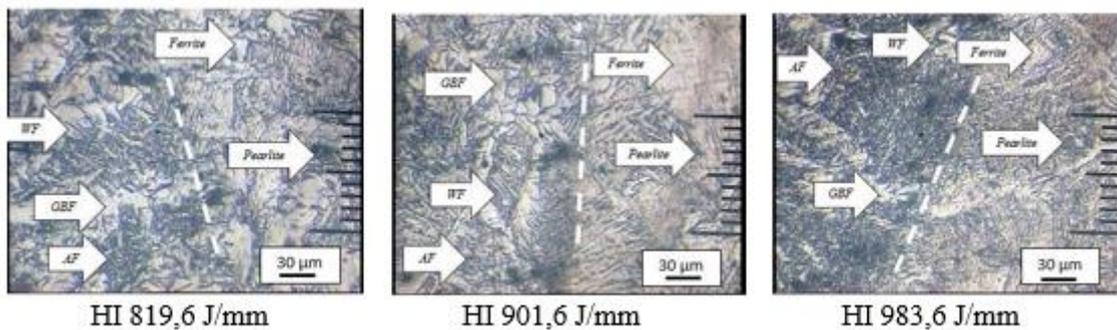
mikro dapat dianalisis melalui foto atau gambar dari benda uji yang sudah dipotret menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran (*zoom in*) 100x.



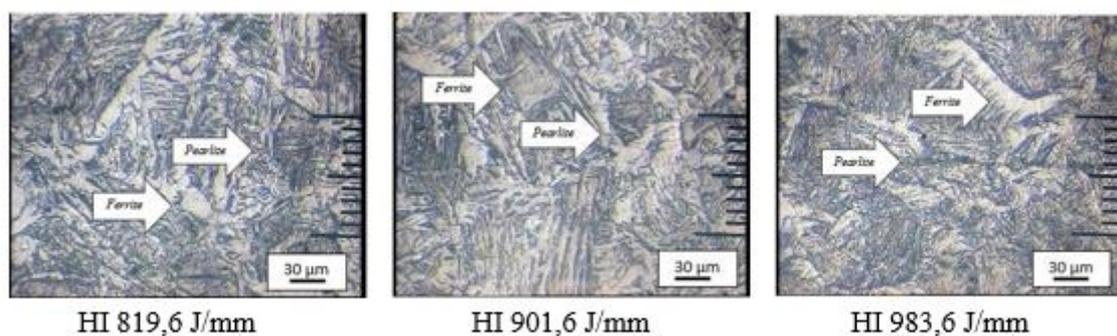
Gambar 2. Foto mikro raw material



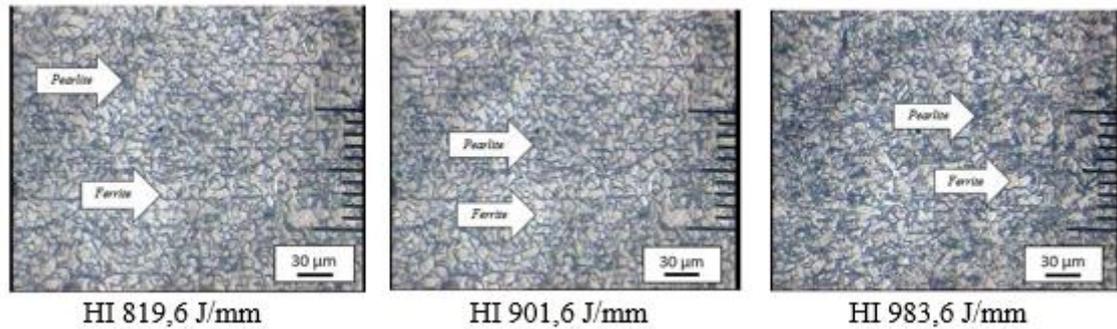
Gambar 3. Foto mikro *weld metal*



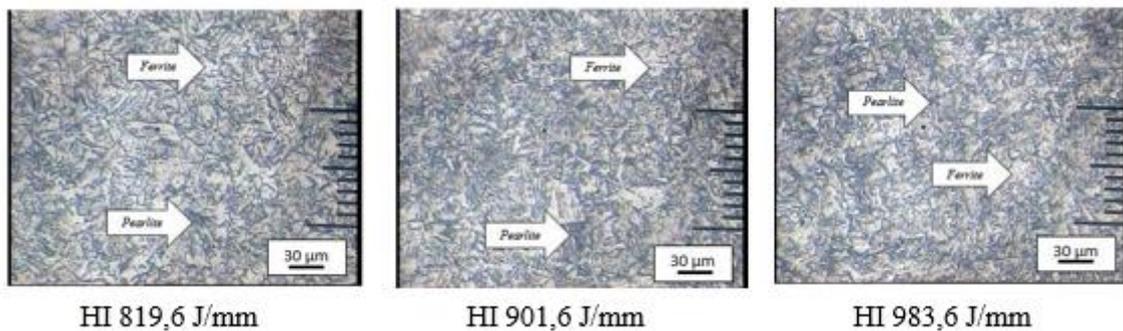
Gambar 4. Foto mikro Batas Las – *HAZ*



Gambar 5. Foto mikro *HAZ kasar*



Gambar 6. Foto mikro HAZ halus



Gambar 7. Foto mikro base metal

Pengujian struktur mikro pada raw material mempunyai struktur mikro berupa struktur ferrite dan pearlite, dapat dilihat pada gambar 2. ferrite terlihat berwarna putih sedangkan pearlite berwarna hitam. Adanya unsur ini disebabkan oleh unsur-unsur yang terkandung pada baja karbon rendah. Hasil dari pengujian struktur mikro pada raw material didominasi oleh butir ferrite dan sedikit dari butir pearlite. Menandakan bahwa raw material memiliki sifat ulet dan kuat. Pengamatan struktur mikro pada weld metal pada gambar 3. terlihat susunan struktur mikronya terdiri dari grain boundary ferrite, widmanstatten ferrite, dan acicular ferrite. Widmanstatten ferrite pada daerah weld metal berbentuk seperti berbentuk plat-plat sejajar. Sedangkan bentuk dari acicular ferrite berbentuk seperti plat-plat kecil yang saling menyilang seolah berbentuk seperti anyaman.

Bentuk seperti ini yang biasa disebut dengan interlocking structure (dapat memperlambat laju perambatan retak). Untuk menaikan tegangan tarik dan ketangguhan las acicular ferrite sangat dibutuhkan pada weld metal. Karena acicular ferrite memiliki ketangguhan yang tinggi dibandingkan dengan struktur yang lain. Analisa struktur mikro pada weld metal proses pengelasan menggunakan heat input 983,6 J/mm struktur mikro acicular ferrite terlihat lebih banyak dari pada perlakuan heat input 819,6 J/mm dan 901,6 J/mm, sehingga nilai kekerasan lebih tinggi dari pada hasil las yang lain. Pengamatan struktur mikro batas las – HAZ pada gambar 4. terlihat jelas perbedaannya. Perbedaan yang sangat jelas terletak pada komposisi struktur mikronya. Pada daerah weld metal terlihat susunan struktur mikronya terdiri dari AF = Acicular Ferrite, WF = Widmanstatten Ferrite, dan GBF = Grain Boundary Ferrite, sedangkan pada daerah HAZ (heat affected zone) terdiri dari ferrite dan pearlite.

Pada gambar 5. pengujian struktur mikro daerah HAZ kasar, struktur mikro yang terbentuk adalah perlite dan ferrite. Karena pengaruh masukan panas (heat input) proses pengelasan lebih rendah sehingga hanya mengalami proses rekristalisasi dan pada saat pendinginan berubah menjadi ferrite halus. Struktur mikro daerah HAZ kasar terdapat perbedaan ukuran butirnya disetiap masukan panas (heat input) didominasi ukuran butir 20 µm, sehingga menyebabkan kekerasan dan kekuatan luluh yang berbeda-beda disetiap spesimen. Pada gambar 6. pengujian struktur mikro daerah HAZ halus, struktur mikro yang terbentuk

berbeda pada daerah HAZ kasar, hal ini ditunjukkan pada daerah HAZ halus struktur yang terbentuk adalah ferrite dan perlite dengan ukuran dan bentuk butir yang semakin kecil dengan ukuran butir 10 μm . Gambar 7. dari pengamatan hasil foto struktur mikro pada base metal disetiap masing-masing spesimen dengan heat input yang berbeda-beda, struktur yang terbentuk didominasi oleh ferrite dibandingkan dengan struktur pearlite sehingga struktur mikro yang ada pada base metal sama dengan struktur yang ada pada raw material. Hal ini dikarenakan struktur mikro pada daerah base metal tidak terpengaruh oleh panas yang dihasilkan selama proses pengelasan, seperti pada daerah HAZ yang memiliki struktur mikro yang berbeda dengan struktur mikro yang terbentuk pada raw material maupun daerah base metal.

Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

Pengujian kekerasan menggunakan metode uji *macro* dengan pembebanan 30 kgf, jarak antara titik 1,5 mm dan titiknya sebanyak 20 titik. Hasil uji kekerasan dengan *raw material*, *heat input* 819,6 J/mm, *heat input* 901,6 J/mm, *heat input* 983,6 J/mm seperti berikut

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Kekerasan *Raw Material*

No	Pusat Titik Uji (mm)	Diameter Injakan (mm)	Kekerasan <i>Vickers</i> (kg/mm ²)
1	0,0	0,635	137,94
2	1,5	0,630	140,14
3	3,0	0,630	140,14

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Kekerasan *vickers*

No	Pusat Titik Uji (mm)	Diameter Injakan (mm)			Kekerasan <i>Vickers</i> (kg/mm ²)		
		HI 819,6 J/mm	HI 901,6 J/mm	HI 983,6 J/mm	HI 819,6 J/mm	HI 901,6 J/mm	HI 983,6 J/mm
1	0	0,560	0,565	0,545	177,6	174,3	187,6
2	1,5	0,565	0,565	0,545	174,23	174,23	187,26
3	3,0	0,615	0,565	0,545	147,6	174,3	187,6
4	4,5	0,625	0,575	0,550	142,9	168,3	183,7
5	6,0	0,635	0,620	0,550	137,4	144,9	183,7
6	7,5	0,645	0,635	0,560	133,9	137,4	177,6
7	9,0	0,640	0,650	0,625	135,9	131,4	142,9
8	10,5	0,645	0,660	0,630	133,9	127,9	140,4
9	12,0	0,645	0,650	0,630	133,9	131,4	140,4
10	13,5	0,645	0,650	0,630	133,9	131,4	140,4
11	15,0	0,650	0,660	0,635	131,4	127,9	137,4
12	16,5	0,630	0,660	0,635	140,4	127,9	137,4
13	18,0	0,635	0,670	0,635	137,4	123,0	137,4
14	19,5	0,645	0,670	0,625	140,4	123,0	142,9
15	21,0	0,625	0,675	0,640	142,9	122,7	135,9
16	22,5	0,625	0,675	0,640	142,9	122,7	135,9
17	24,0	0,620	0,680	0,645	144,9	120,9	133,9

No	Pusat Titik Uji (mm)	Diameter Injakan (mm)			Kekerasan Vickers (kg/mm ²)		
		HI 819,6 J/mm	HI 901,6 J/mm	HI 983,6 J/mm	HI 819,6 J/mm	HI 901,6 J/mm	HI 983,6 J/mm
18	25,5	0,630	0,680	0,635	140,4	120,9	137,4
19	27,0	0,625	0,675	0,645	142,9	122,7	133,6
20	28,5	0,630	0,685	0,645	140,4	118,4	133,9

Keterangan :  = weld metal  = HAZ  = base metal

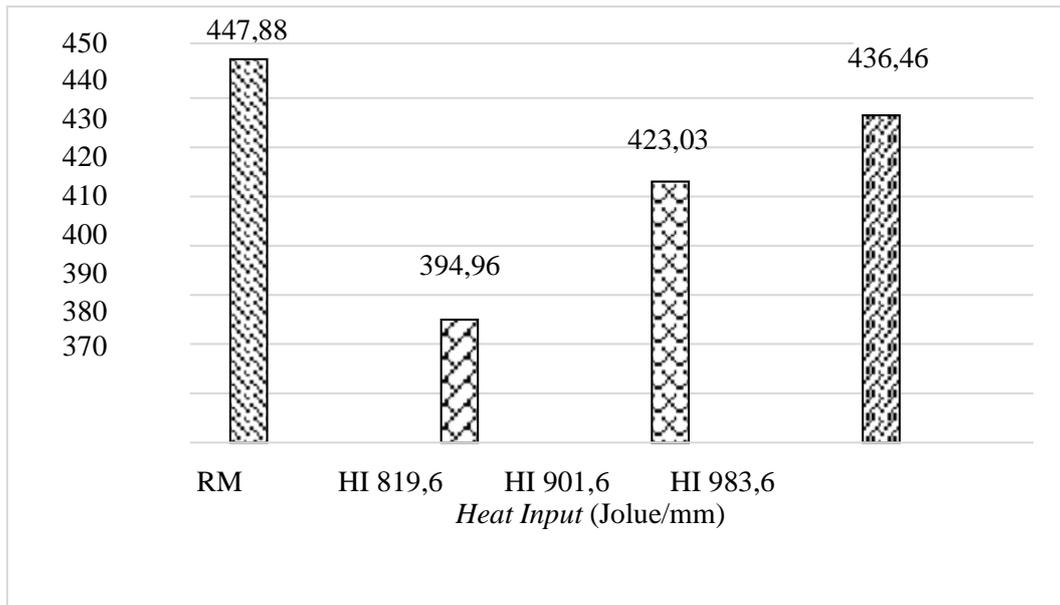
Dari hasil pengujian kekerasan vickers menunjukkan nilai kekerasan paling tinggi berada pada bagian weld metal. Hal ini ditunjukkan oleh nilai kekerasan vickers pada weld metal spesimen HI 819,6 J/mm, HI 901,6 J/mm dan HI 983,6 J/mm yaitu sebesar 174,23 – 187,26 kg/mm². Dari hasil ini membuktikan bahwa semakin tinggi masukan panas (heat input) mempengaruhi kekerasan pada weld metal.

Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

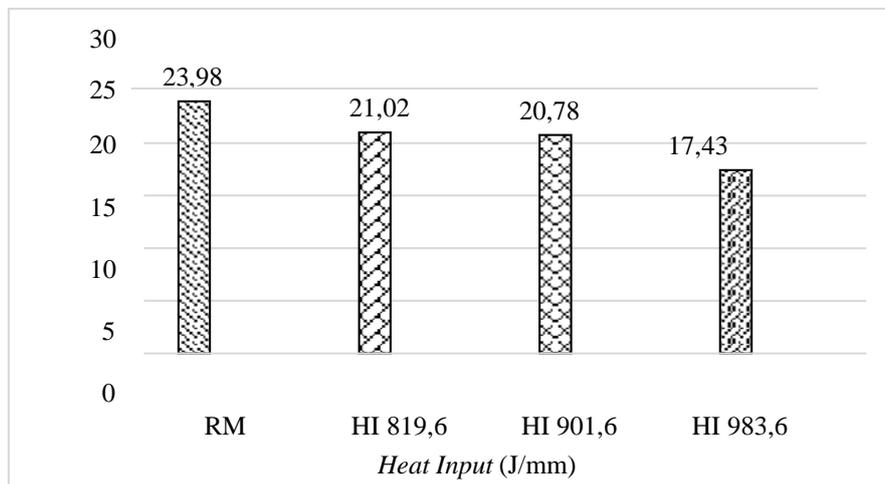
Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik pada suatu logam. Pengujian ini dilakukan dengan mesin *Universal Testing Machine (UTM)* dimana dengan memberikan beban tarik secara perlahan-lahan pada spesimen. Jika logam ditarik dengan beban maka akan terjadi deformasi yang berupa pengecilan penampang atau penambahan panjang, spesimen pengujian tarik mengacu pada standart ASTM E8M.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Tarik

Spc	Heat Input (J/mm)	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (kN)	ΔL (mm)	Tegangan (MPa)	Rata-Rata	Regangan (%)	Rata - Rata
1	Raw 1	4,58	9,34	19,50	12,50	455,85	477,88	25,00	23,98
2	Raw 2	4,58	9,48	19,10	11,48	439,91		22,96	
1	819,6	5,18	10,30	20,54	10,22	384,98	394,96	20,44	21,02
2		4,98	10,40	21,04	10,42	406,24		20,84	
3		5,14	10,22	20,68	10,90	393,67		21,80	
1	901,6	4,78	10,04	20,10	10,58	418,83	423,03	21,16	20,78
2		4,72	10,04	20,07	11,22	423,52		22,44	
3		4,74	9,24	18,69	9,38	426,74		18,76	
1	983,6	4,56	8,04	16,60	8,45	452,78	436,46	16,90	17,43
2		4,58	8,76	17,00	7,80	423,72		15,60	
3		4,62	8,56	17,12	9,90	432,90		19,80	



Gambar 9. Grafik nilai rata-rata tegangan tarik



Gambar 10. Grafik nilai rata-rata regangan tarik

Setelah dilakukan pengujian tarik spesimen uji pengelasan TIG dengan variasi heat input, mendapatkan hasil pada uji tegangan tarik nilai raw material sebesar 477,88 MPa, HI 819,6 J/mm sebesar 394,96 MPa, HI 901,6 J/mm sebesar 423,03 MPa dan HI 983,6 J/mm sebesar 436,46 MPa. Sedangkan pada uji regangan tarik mendapatkan hasil nilai raw material sebesar 23,98 %, nilai HI 819,6 J/mm sebesar 21,02 %, nilai HI 901,6 J/mm sebesar 20,78 % dan nilai HI 983,6 J/mm sebesar 17,43 %. Menunjukkan bahwa semakin tinggi masukan panas (heat input) yang diberikan pada proses pengelasan TIG (tungsten inert gas) maka nilai tegangan tarik dan regangan tarik akan menurun terhadap raw material.

Hasil Pengujian Foto Makro Kekerasan *Vickers*



Gambar 11. Foto makro uji kekerasan

Hasil pengamatan pada foto makro dapat terlihat jelas batas-batas daerah *weld metal*, *HAZ*, dan *base metal*. Pada Gambar 4.11 menunjukkan titik hasil penetrasi dari uji kekerasan dengan bentuk belahketupat. Pengujian kekerasan *vickers* dengan menggunakan mesin *macro vickers hardness* milik Laboraturium Bahan Teknik UGM. Pengujian ini dilakukan pada bagian sisi spesimen dengan jarak antartitik 1,5 mm sebanyak 20 titik yang dimulai penitikan pada daerah las sampai daerah *base metal*.



Gambar 12. Foto Makro Raw Material



Gambar 13. Foto Makro HI 819,6 J/mm



Gambar 14. Foto Makro HI 901,6 J/mm



Gambar 15. Foto Makro HI 983,6 J/mm

Hasil foto makro dapat terlihat pada *raw material* daerah putus yang tidak bisa ditebak, dikarenakan pada *raw material* belum menerima pengaruh apapun yang dapat mempengaruhi struktur mikro serta sifat fisiknya dan jenis patahan dari spesimen *raw material* adalah patah ulet dimana ditandaidengan terjadinya proses *necking* yang merupakan salah satu ciri dari putus ulet. Sedangkan pada spesimen variasi *heat input* setelah dilakukan pengujian tarik dapat terlihat pada **gambar 13. Gambar 14. gambar 15.** daerah yang mengalami putus pada daerah yang terpengaruh panas atau *HAZ*, karena pada daerah ini telah terbentuk struktur *perlite-ferrite* dengan ukuran butir yang kecil, sehingga nilai kekerasannya lebih tinggi dibanding dengan nilai kekerasan pada *base metal* dan jenis patahan dari spesimen variasi *heat input* adalah patah ulet.

KESIMPULAN

1. Hasil uji komposisi menunjukkan bahwa raw material mengandung unsur utama besi (Fe) sebesar 99,2619 % dan unsur paduan lainnya seperti silikon (Si) sebesar 0,0110 %, mangan (Mn) sebesar 0,4287 %, dan karbon (C) sebesar 0,1734. Berdasarkan hasil uji komposisi menandakan bahwa bahan yang digunakan untuk pengujian termasuk kedalam klasifikasi baja karbon rendah. Sedangkan pada daerah *weld metal* hasil uji komposisinya menunjukkan kadar besi (Fe) sebesar 98,0113 %, silikon (Si) sebesar 0,6055 %, mangan (Mn) sebesar 1,1252 % dan karbon (C) sebesar 0,0861 % dapat disimpulkan bahwa filler rod yang digunakan sesuai dengan raw material (baja karbon rendah) dikarenakan kadar karbon pada *weld metal* masih termasuk baja karbon rendah.
2. Dari pengujian struktur mikro didapatkan kesimpulan bahwa pada *weld metal* terdiri dari acicular ferrite, widmanstatten ferrite, dan grain boundary ferrite. Berbeda sekali dengan struktur mikro pada daerah *HAZ* (*heat affected zone*) dan raw material yang terdiri dari ferrite dan pearlite. Namun, ada perbedaan antara daerah *HAZ* dan raw material yaitu

pada ukuran butir struktur mikronya, yang dimana struktur mikro pada daerah HAZ lebih halus dibandingkan dengan raw material. Perbedaan struktur mikro pada setiap daerah seperti weld metal, HAZ kasar-HAZ halus, dan base metal dapat mempengaruhi kekuatan mekanik. Acicular ferrite pada weld metal mempunyai sifat ketangguhan yang lebih tinggi dari struktur yang lain karena bentuk dari acicular ferrite berbentuk anyaman yang dapat memperlambat laju retak. Dan dapat menaikkan tegangan tarik dan ketangguhan pada weld metal tersebut.

3. Dilihat dari hasil pengujian kekerasan vickers menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi ada pada spesimen heat input 983,6 J/mm dengan nilai kekerasan sebesar 187,26 kg/mm². Sedangkan nilai kekerasan terendah pada spesimen pengelasan dengan heat input 901,6 J/mm dengan nilai kekerasan sebesar 118,54 kg/mm².
4. Dari hasil pengujian tarik spesimen yang dilakukan pengelasan TIG mengalami penurunan kekuatan tariknya terhadap raw material. Dapat dilihat dari hasil pengujian tarik yang memiliki kekuatan tarik tertinggi, yaitu spesimen raw material dengan nilai sebesar 447,88 MPa, dibandingkan spesimen pengelasan HI 819,6 J/mm sebesar 394,96 MPa, spesimen pengelasan HI 901,6 J/mm sebesar 423,03 MPa dan spesimen HI 983,6 J/mm sebesar 436,46 MPa. Berdasarkan hasil pengujian regangan tarik spesimen yang dilakukan proses pengelasan TIG dengan variasi HI 819,6 J/mm, HI 901,6 J/mm dan 983,6 J/mm mengalami penurunan nilai regangan terhadap raw material, diperoleh nilai regangan tertinggi pada raw material sebesar 23,98 %, sedangkan nilai regangan terendah pada spesimen HI 983,6 J/mm 17,43 %. Menunjukkan bahwa spesimen yang dilakukan proses pengelasan dengan variasi heat input mengalami penurunan nilai kekuatan tarik dan regangan, dibandingkan spesimen yang tidak dilakukan proses pengelasan memiliki kekuatan tarik dan regangan yang tinggi.

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

- Cary, B. Howard. (1989). *Modern Welding Technology*, second edition, PrenticeHall International, Inc. Engewood, New Jersey.
- Prasetyo, Eko dan Djoko Suwito. (2014). Pengaruh pengelasan TIG terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan pada material baja karbon rendah. *JTM*. Volume 02, 21-28.
- Widharto, Sri. (2006). *Petunjuk Kerja Las*. Jakarta: PT. Pradya Paramita.
- Wirjosumarto, H dan T. Okumura. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta:PT. Pradnya Paramita. Sumber : PT. Itokoh Ceperindo, Klaten.