

PENGARUH *HEAT INPUT* TERHADAP KETANGGUHAN IMPAK DAN KEKUATAN LENGKUNG (*BENDING*) SAMBUNGAN *BUTT- JOINT LAS TIG* PADA BAJA KARBON RENDAH

Lukman*¹, Wartono², Djoko Suprijanto³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Jl Babarsari No. 1 Depok Sleman, Yogyakarta, Telp (0274) 485390

e-mail : *¹lukman.uman@yahoo.co.id, ²wartono@itny.ac.id, ³djokosupri@itny.ac.id

Abstrak

Dari hasil pengujian struktur mikro weld metal pada setiap spesimen las struktur acicular ferit terdapat pada heat input yang paling besar nilainya yaitu heat input dengan nilai 505,97 J/mm, sehingga nilai ketangguhan serta kekuatan impaknya menjadi lebih baik bila dibandingkan dengan spesimen dengan heat input 475,79 J/mm dan heat input 435,55 J/mm yang strukturnya di dominasi widmanssten ferit, dari hasil perhitungan Nilai ketangguhan dan kekuatan impak tertinggi yaitu spesimen dengan nilai heat input 505,97 J/mm yaitu sebesar 130,136 Joule dan kekuatan impak 3.615 J/mm, nilai heat input 435,55 J/mm adalah 120,984 Joule dan kekuatan impak 3.360 J/mm, nilai heat input 475,79 J/mm adalah 101,971 Joule dan kekuatan impak 2.832 J/mm dan RAW material adalah 39,513 Joule dan kekuatan impak 1.097 J/mm, menunjukkan bahwa spesimen dengan nilai heat input 505,97 J/mm memiliki ketahanan impak paling tinggi sedangkan spesimen RAW material, menjadi yang paling lemah kekuatan ketahanan impaknya. Sedangkan pengujian three point bending dengan spesimen pengelasan dengan nilai heat input 475,79 J/mm memiliki kekuatan bending terbesar yaitu 1,551 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa pada spesimen dengan nilai heat input 475,79 J/mm memiliki kekuatan bending yang lebih baik dibandingkan spesimen yang melakukan pengelasan dengan nilai heat input 435,55 J/mm, dan 505,97 J/mm, dan Raw Material. Spesimen yang memiliki nilai uji bending yang paling rendah bila dirata-ratakan adalah spesimen raw material yaitu sebesar 1,423 MPa.

Kata kunci—Heat Input, TIG Welding, Low Carbon Steel, Impact, Bending

Abstract

From the results of the weld metal microstructure test on each acicular ferrite structure welding specimen found in the heat input which has the highest value, namely the heat input with a value of 505.97 J / mm, so that the value of toughness and impact strength is better when compared to specimens with heat input 475.79 J / mm and heat input 435.55 J / mm whose structure is dominated by ferrite widmanssten, from the calculation results the highest toughness and impact strength are specimens with heat input values of 505.97 J / mm that is 130.136 Joules and impact strength 3,615 J / mm, the heat input value of 435.55 J / mm is 120,984 Joules and the impact strength is 3,360 J / mm, the heat input value is 475.79 J / mm is 101,971 Joules and the impact strength is 2,832 J / mm and the RAW material is 39,513 Joules and impact strength of 1,097 J / mm, showing that specimens with a heat input value of 505.97 J / mm had the highest impact resistance while RAW material specimens were the weakest impact strength. Whereas the three points bending test with welding specimens with heat input values of 475.79 J / mm has the greatest bending strength of 1.551 MPa. This indicates that specimens with heat input values of 475.79 J / mm have better bending strength than specimens that conduct welding with heat input values of 435.55 J / mm, and 505.97 J / mm, and Raw Materials. Specimens that have the lowest bending test values when averaged are raw material specimens in the amount of 1,423 MPa.

Keywords— Heat Input, TIG Welding, Low Carbon Steel, Impact, Bending

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan bahan galian golongan C, khususnya batuan andesit dalam dunia industri maupun sektor konstruksi memegang peranan yang sangat penting guna menunjang suatu proyek pembangunan. Sejalan dengan perkembangan proyek pembangunan di Indonesia yang pesat ini, berbagai bahan tambang seperti batuan andesit dengan kriteria tertentu sangat dibutuhkan untuk menunjang hal tersebut. Pemanfaatan andesit tidak hanya diolah oleh perusahaan besar tetapi juga masyarakat ikut serta dalam penambang secara tradisional. Keterbatasan suatu bahan untuk keperluan bangunan tersebut terus meningkat penggunaannya seiring dengan lajunya proses pembangunan, sehingga sangat diperlukan suatu cadangan potensi bahan galian di suatu daerah.

Pada zaman industri sekarang ini teknologi pengelasan telah banyak digunakan dalam bidang konstruksi dan permesinan, Pada teknologi produksi dengan menggunakan bahan baku logam, pengelasan merupakan proses pengerjaan yang memegang peranan sangat penting. Saat ini hampir tidak ada logam yang tidak dapat dilas, karena telah banyak teknologi baru yang ditemukan dengan cara-cara pengelasan. Pengelasan didefinisikan sebagai penyambungan dua logam atau paduan logam dengan memanaskan diatas batas cair atau dibawah batas cair logam disertai penetrasi maupun tanpa penetrasi, serta diberi logam pengisi atau tanpa logam pengisi (Howard, 1989).

Baja karbon sangat banyak jenisnya, dimana komposisi kimia, sifat mekanis, ukuran, bentuk dan sebagainya dispesifikasikan untuk masing-masing penggunaan. Baja biasanya memiliki unsur didalamnya seperti : *manganese*, *chromium*, *nickel*, dan *molybdenum*, tetapi kadar karbonnya merupakan salah satu yang menentukan besi tersebut menjadi baja. Bahan material baja adalah bahan yang paling banyak digunakan, selain jenisnya bervariasi, dapat diolah atau dibentuk menjadi berbagai macam bentuk yang diinginkan serta kuat. Salah satu jenis baja karbon yang paling banyak digunakan adalah baja karbon rendah. Baja karbon rendah memiliki kadar karbon dibawah 0,30% yang bersifat lebih kuat, keras dan dapat dikeraskan. Penggunaan baja karbon rendah yaitu sebagai baja konstruksi mesin, bahan baut, poros, piston, roda gigi, dan lain-lain.

Hasil dari pengelasan sangat dipengaruhi oleh besaran arus yang digunakan untuk ketebalan plat yang akan dilas, jenis material yang digunakan dan penyetelan aliran gas yang dibutuhkan *TIG* atau disebut juga *GTAW* adalah proses pengelasan, menggunakan panas dari nyala pijar yang terbentuk antara elektroda *Tungsten* yang tidak terumpan dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung terhadap pengaruh luar pada saat proses pengelasan.

Elektroda *tungsten* menggunakan batang, biasa disebut *wolfram* yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa ikut mencair. Pada penggunaan las *TIG* kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga penetrasi ke dalam logam induk. Cara pengaturan ini memungkinkan las *TIG* cocok digunakan untuk plat baja tipis maupun plat baja tebal. Panas yang dibutuhkan untuk las *TIG* dihasilkan oleh busur listrik yang bekerja selama elektroda *Tungsten* digunakan pada benda yang akan dilas benda kerja (Howard, 1989).

Penggunaan *Wolfram* keberadaan *Wolfram* menjadi bahan pokok pada bidang elektronika, terutama sebagai katoda tabung elektron. Dalam hal ini *Wolfram* dibuat menjadi kawat pijar (*filamen*) untuk lampu-lampu pijar elektroda pegas, tabung sinar-x, dan *superalloy*.

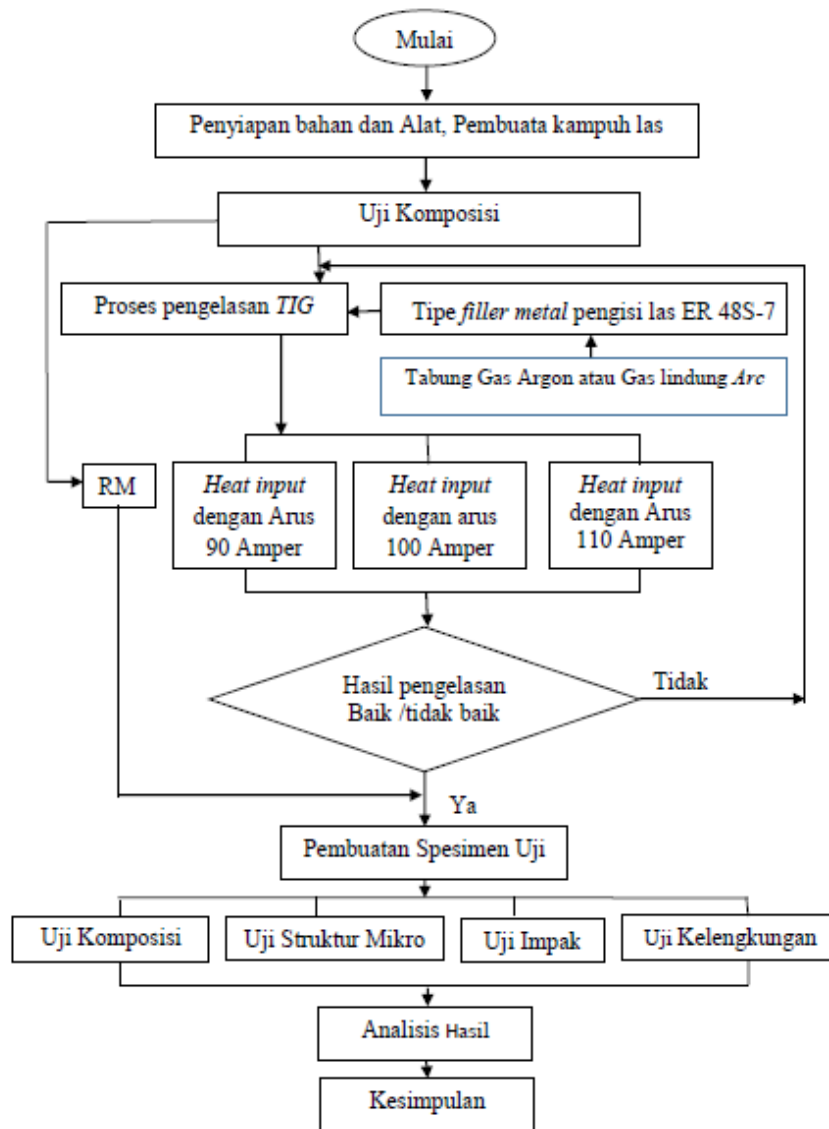
Daerah pemanasan logam yang mencair, adalah bahan tambah biasa disebut dan Elektroda *Tungsten* diselubungi secara penuh oleh gumpalan gas yang berasal dari Gas dalam tabung yang menyuplai *GTAW torch*. Gas dalam tabung merupakan Gas yang tidak aktif, atau tidak bereaksi dengan bahan-bahan kimia. Sehingga saat Gas tersebut berada bebas di udara tidak akan menghasilkan ledakan atau pengaruh apapun. Tidak dapat terbakar dan tidak berpengaruh pada logam. Gas dalam tabung seperti argon dan helium secara kimiawi tidak bereaksi ataupun membentuk senyawa dengan Gas lain. Bersifat tidak berbau dan transparan, dalam beberapa tempat sejumlah kecil Gas reaktif seperti hidrogen ditambahkan untuk meningkatkan kecepatan reaksi sebagai katalis las (Wiriyosumarto, 2000).

Proses *TIG* dapat menghasilkan panas hingga 15.000-20.000°C (35.000)⁰F. Keuntungan pada las *TIG* yaitu kecepatan logam pengisi dapat diatur, cocok untuk pengelasan pada plat baja

tipis maupun tebal, memiliki kualitas hasil pengelasan yang lebih baik dan lebih persisi dibanding proses pengelasan lainnya. Kontrol titik yang baik, tidak adanya flux maupun terak pada hasil pengelasan, tidak berasap ataupun beruap.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan *Las Tungsten Inert Gas (TIG)* atau *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*. Untuk material yang digunakan yaitu baja karbon rendah dengan ketebalan 5 mm sedangkan untuk gas yang digunakan adalah gas Argon dengan 3 variabel *Heat Input* dengan arus 90 A, *Heat Input* dengan arus 100 A, *Heat Input* dengan arus 110 A, 2 spesimen untuk uji komposisi, 12 spesimen untuk uji impak setiap variasi, 12 spesimen uji bending setiap variasi arus dan 2 spesimen uji struktur mikro. Pengujian dilakukan dengan uji impak charpy dan uji bending untuk mengetahui hasil kekuatan tarik dan kekerasan. Hasil sambungan las dengan dimensi spesimen uji sesuai standard *ASTM E-23* untuk uji impak dan *ASTM E-190* untuk uji bending, foto mikro untuk mengetahui struktur mikro pada hasil lasan atau daerah logam las



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Komposisi

Uji komposisi kimia ini dilakukan untuk mengetahui persentase 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 & weld metal*

No	Unsur	AVG (%)	
		Raw Material	Weld Metal
1	Fe	98,8617	98,5983
2	C	0,0768	0,1315
3	Si	0,0170	0,1320
4	Mn	0,8977	0,9583
5	P	0,0118	0,0131
6	S	0,0117	0,0131
7	Cr	0,0152	0,0197
8	Ni	0,0057	0,0092
9	Al	0,0397	0,0269
10	Cu	0,0159	0,0312
11	Nb	0,0007	0,0000
12	Ti	0,0014	0,0012

Sumber : PT. ITOKOH CEPERINDO.

Hasil uji komposisi kimia *weld metal* plat baja menunjukkan bahan plat baja yang digunakan sebagai bahan uji pengelasan mengandung unsur utama besi (Fe) 98,5983% dan unsur – unsur paduan lain yang lebih dominan seperti Mangan (Mn) 0,9583% dan Silikon (Si) 0,1320%, hal ini menunjukkan plat baja ini mempunyai sifat mampu las yang baik. Unsur Mn yang terdapat dalam baja dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan serta meningkatkan ketahanan akan korosi. Kadar silikon yang juga terkandung dalam baja sebesar 0,0623% dapat menaikkan sifat ketangguhan dan kekuatan. Dengan prosentase unsur–unsur yang terkandung dalam plat baja tersebut, maka baja tersebut dapat diklasifikasikan sebagai baja karbon rendah (*low carbon steel*). Dan juga plat baja setelah di lakukan pengelasan juga mengalami kenaikan pada kadar *Carbon* (C) yang awalnya 0,0768 menjadi 0,1315 mempengaruhi nilai kekerasan pada hasil lasan.

3.2. Hasil Perhitungan Heat Input

Kualitas pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. Hubungan antara ketiga parameter ini menghasilkan energi pengelasan yang disebut heat input. Persamaan dari heat input hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut:

1. *Heat input* dengan Arus 90 Amper 1

$$HI (Heat Input) = \frac{0,60 \times 22,6 \text{ V} \times 90 \text{ A}}{2,802 \text{ (mm/s)}}$$

$$HI (Heat Input) = 435,55 \text{ (J/mm)}$$

2. *Heat input* dengan Arus 100 Amper

$$HI (Heat Input) = \frac{0,60 \times 22,6 \text{ V} \times 100 \text{ A}}{2,85 \text{ (mm/s)}}$$

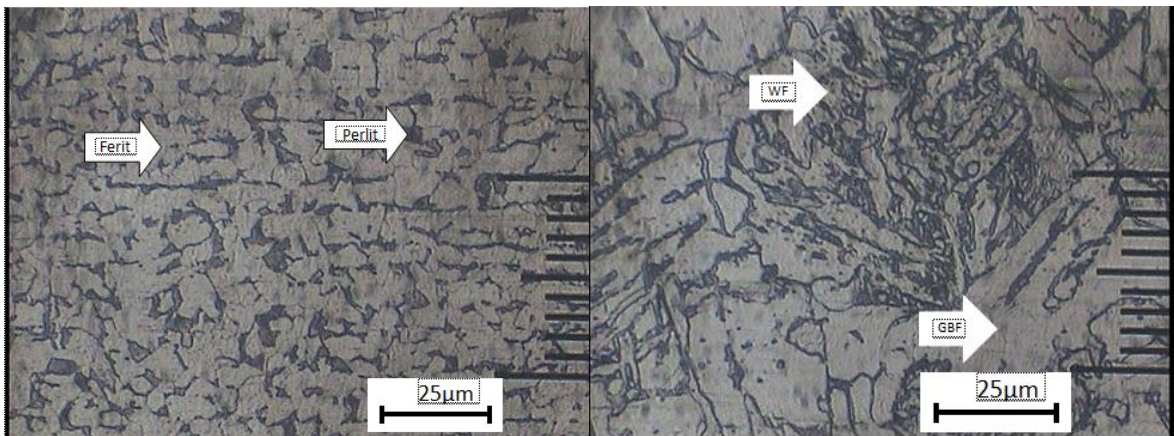
$$HI (Heat Input) = 475,79 \text{ (J/mm)}$$

3. *Heat input* dengan Arus 110 Amper
 $HI (Heat Input) = \frac{0,60 \times 22,6 V \times 110 A}{2,68 (mm/s)}$
 $HI (Heat Input) = 505,97 (J/mm)$

3.3. Hasil Foto Struktur Mikro.

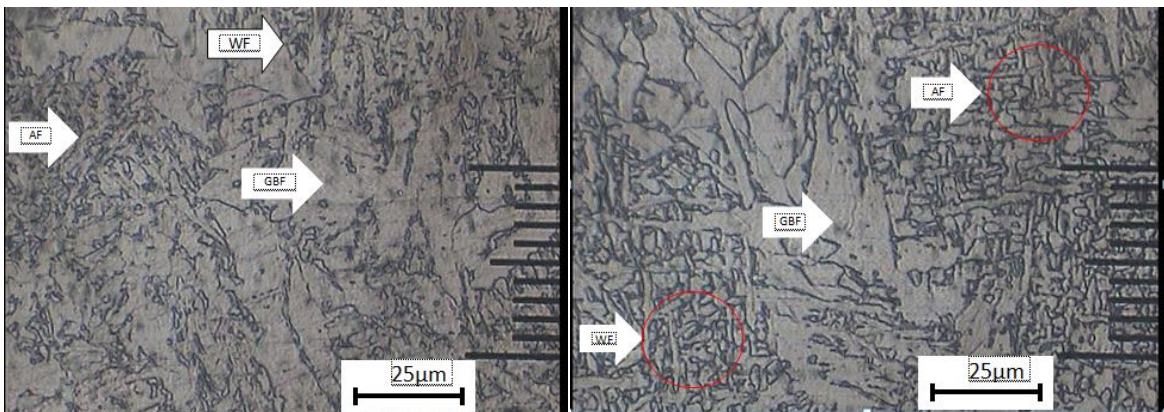
Proses pengelasan yang dilakukan pada benda uji plat baja akan menyebabkan terjadinya sifat pemanasan yang dapat merubah struktur mikro dari suatu logam. Pada tampilan struktur mikro, maka struktur mikro yang terbentuk pada daerah las, Dapat dilihat pada gambar berikut, terlihat dengan jelas perbedaan antara daerah satu dengan daerah yang lain. Perlu diingat proses pembekuan pengelasan berlangsung sangat lambat.

Pengujian struktur mikro hanya pada daerah las saja (*weld metal*). Hasil pengujian struktur mikro dianalisis melalui foto atau gambar dari benda uji hasil pemotretan dengan menggunakan mikroskop optik pada perbesaran 200X



Gambar 2. Base metal

Gambar 3. Weld Metal Heat Input 435,55 J/mm



Gambar 4. Weld Metal Heat Input 475,79 J/mm

Gambar 5. Weld Metal Heat Input 505,97 J/mm

3.3.1. Pembahasan Struktur mikro

Weld Metal Pada Spesimen las dengan nilai *heat input* 435,55 J/mm struktur mikro dapat dilihat bahwa ferit Widmanstten mendominasi pada pengelasan ini. Sifat dari ferit widmanstten yang getas mengakibatkan pada pengelasan ini material menjadi lebih getas.

Pada pengelasan dengan nilai *heat input* 475,79 J/mm, struktur mikro pada daerah las ini terdapat struktur *ferrite Acicular* dan ferit Widmanstten, tetapi pada pengelasan ini didominasi

oleh ferit Widmanstten, karena sifat dari ferit widmanstten yang getas sehingga pada hasil pengujian spesimen ini bisa di lihat bahwa pengelasan ini menjadi sedikit lebih besar nilai ketangguhan impact dan kekuatan bendingnya bila di badingkan dengan specimen las dengan nilai *heat input* 435,55 J/mm.

Pada Spesimen las dengan nilai *heat input* 505,97 J/mm struktur mikro pada daerah las, jumlah struktur ferrite Acicular paling banyak terjadi. Sifat dari struktur ferrite Acicular yang ulet menyebabkan pengelasan ini menjadi lebih baik di banding kan pengelasan dengan nilai *heat input* 475,79 J/mm dan 435,55 J/mm sehingga dapat di simpulkan dengan masukan panas yang besar dan laju pendinginan yang semakin lama Hal ini menyebabkan nilai ketangguhan impact dan kekuatan bending paling tinggi bila di banding masukan panas yang lebih rendah.

3.4. Pengujian Impact

Pada pengujian impact, hanya yang digunakan pengujian dengan metode charpy (USA). Sudut awal penunjukkan jarum analog ialah 150° sesuai dengan sudut awal pendulum ketika berada diatas dengan beban pendulum tersebut 23,87 kg. Beban berat pendulum ini yang akan menghajar spesimen yang diletakkan secara horizontal

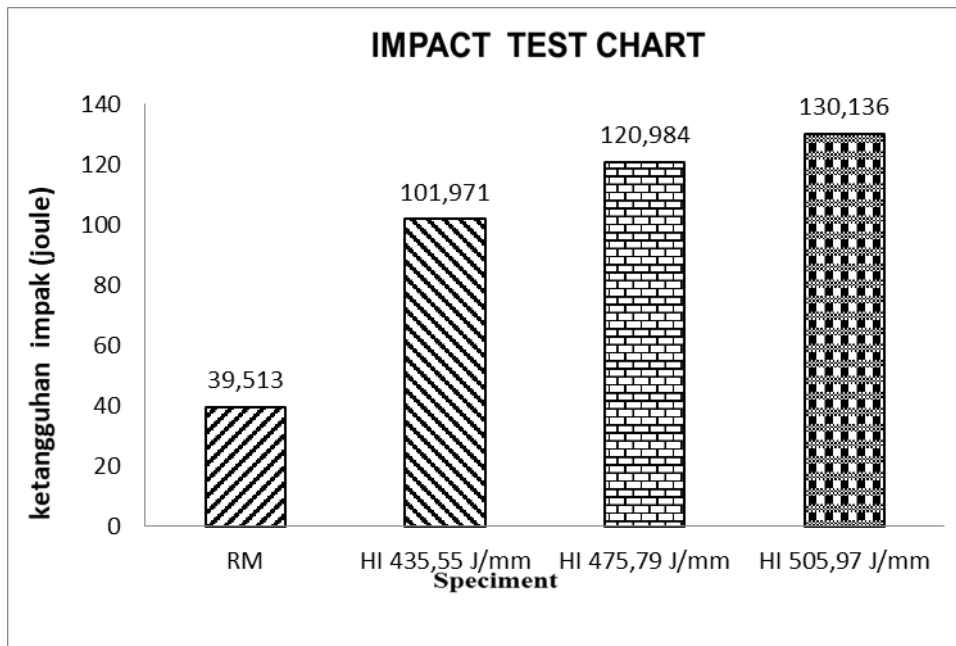
3.4.1 Hasil Pengujian Impact

Pengujian impact dilakukan persis di daerah *weld metal*, dan terlebih dahulu ditakik sedalam 2 mm di bagian tengah *weld metal* menggunakan kikir segitiga, pembuatan takik pada pengujian ini sendiri bertujuan untuk membuat jalur sobekan impact

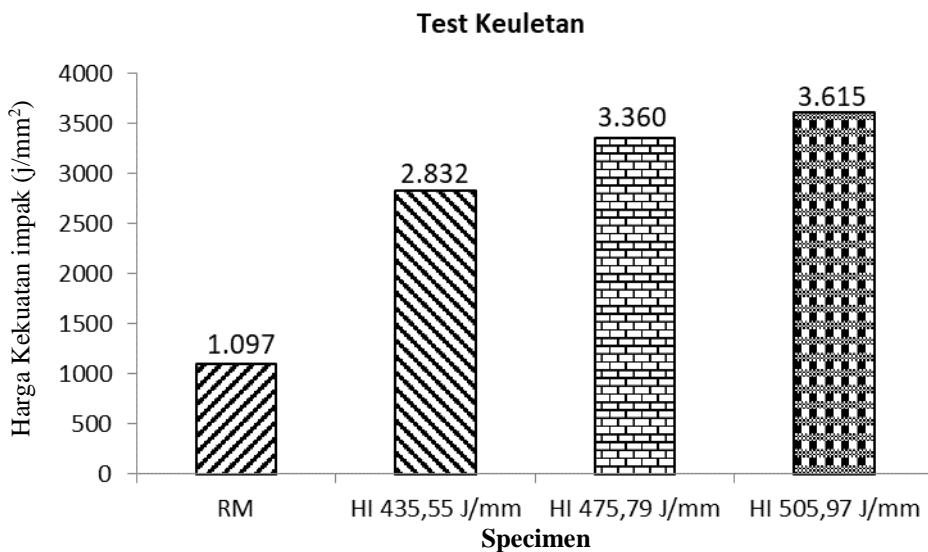
Tabel 2. Data hasil pengujian Impact Charpy

No	Speciment	Heat Input	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	A (mm ²)	G (kg)	R (m)	g (m/s ²)	Hk (J/mm ²)	Hi (J)	
1	raw	1	150	128	36	23.87	0.674	9.8	1.096	39.474	
2		2	150	126	36	23.87	0.674	9.8	1.218	43.869	
3		3	150	130	36	23.87	0.674	9.8	0.978	35.197	
4	HI Arus 90 A	1	435,55	150	103	36	23.87	0.674	9.8	2.807	101.076
5		2	435,55	150	102	36	23.87	0.674	9.8	2.882	103.762
6		3	435,55	150	103	36	23.87	0.674	9.8	2.808	101.076
7	HI Arus 95 A	1	475,79	150	96	36	23.87	0.674	9.8	3.335	120.062
8		2	475,79	150	93	36	23.87	0.674	9.8	3.564	128.291
9		3	475,79	150	98	36	23.87	0.674	9.8	3.183	114.599
10	HI Arus 100 A	1	505,97	150	96	36	23.87	0.674	9.8	3.335	120.062
11		2	505,97	150	96	36	23.87	0.674	9.8	3.335	120.062
12		3	505,97	150	85	36	23.87	0.674	9.8	4.175	150.284

Sumber: Pengujian Di Laboratorium IST. AKPRIND



Gambar 6. Grafik pengujian Impak Charpy.



Gambar 7. Grafik pengujian kekuatan impak charpy

3.4.2 Pembahasan Pengujian Impak

Setelah melakukan pengujian impak dan pencatatan hasilnya terlihat bahwa Raw material bila di dibandingkan dengan material yang di lakukan pengelasan mengalami penurunan ketangguhan dan kekuatan impaknya, adanya perbedaan ketangguhan impak dan kekuatan impak yang cukup signifikan antara spesimen *raw material*, dengan material yang di lakukan pengelasan dengan nilai *heat input* 435,55 J/mm, 475,79 J/mm , dan 505,97 J/mm. Berikut ini merupakan hasil perhitungan energi impak tertinggi dan kekuatan impak tertinggi, spesimen pengelasan dengan nilai *heat input* 505,97 J/mm nilai ketangguhan impak adalah 130,136 Joule dan kekuatan impak 3.615 J/mm², nilai *heat input* 475,79 J/mm nilai ketangguhan impak adalah 120,984 Joule dan kekuatan impak 3.360 J/mm², nilai *heat input* 435,55 J/mm nilai ketangguhan impak adalah 101,971 Joule dan kekuatan impak 2.832 J/mm² dan *raw material*

adalah 39,513 Joule dan kekuatan impak 1.097 J/mm². Dari hasil perhitungan ketangguhan impak dan kekuatan impak, menunjukkan bahwa spesimen yang tidak melakukan pengelasan memiliki ketangguhan impak dan kekuatan impak paling rendah sedangkan specimen yang melakukan pengelasan dengan *heat input* dengan arus menjadi yang paling besar ketangguhan impak dan kekuatan impaknya.

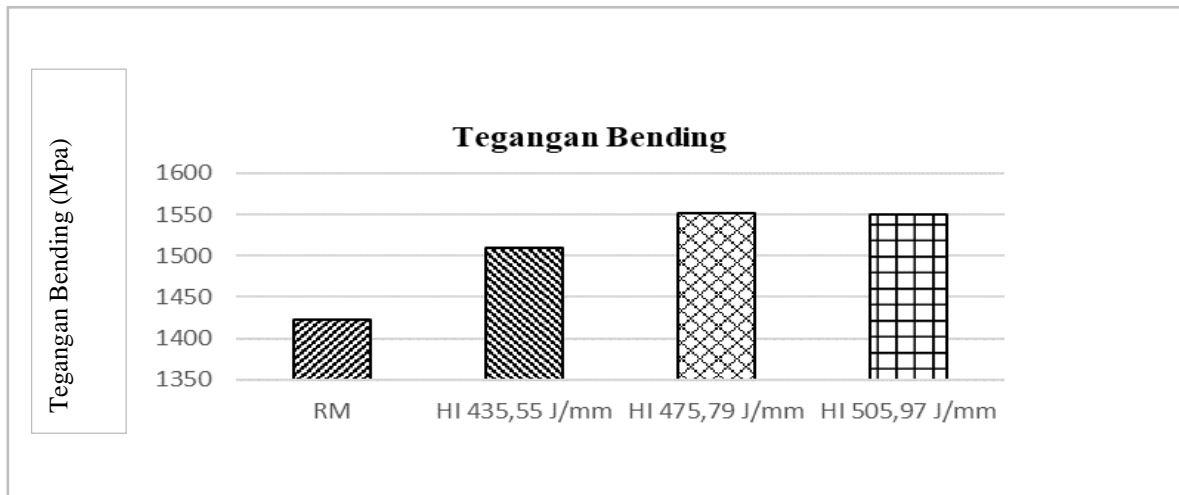
3.5. Pengujian Kelengkungan (*bending*)

Pada pengujian kelengkungan, hanya yang digunakan pengujian dengan metode *three points bending* (USA). dengan kapasitas 30.000 kgf dengan gaya bebannya terlihat ukurannya berbeda-beda, beban berat *bending* ini yang akan menekan spesimen yang diletakkan dibawah, hasil dari pengujian dapat di lihat pada tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian *bending*

No	Kode	Heat Input (J/mm)	Lebar (mm ²)	Jarak point	Tebal (mm)	Gaya (Newton)	Loading nose (mm)	Teg. Bending (Mpa)
1	raw		20,55	70,8	4.60	5,890	39.54	1,438.51
2			20,71	70,8	4.60	5,810	39.77	1,408.01
3	90 A	435,55	20,42	70,8	4.60	6,290	36.24	1,545.98
4		435,55	20,56	70,8	4.60	6,050	38.56	1,476.87
5	100 A	475,79	20,57	70,8	4.60	6,290	38.21	1,534.71
6		475,79	20,13	70,8	4.60	6,290	37.44	1,568.25
7	110 A	505,97	20,48	70,8	4.60	6,250	40.09	1,531.65
8		505,97	20,27	70,8	4.60	6,340	40.25	1,569.80

Sumber: Pengujian Di Laboratorium Bahan Teknik UGM



Gambar 8. Grafik hasil Rata-Rata Tegangan Bending

3.5.1. Pembahasan Pengujian Kelengkunga (*bending*)

Pada spesimen dengan pengelasan dengan nilai *heat input* yang bervariasi ini terlihat bahwa, pengujian *three point bending* dengan spesimen pengelasan dengan nilai *heat input* 475,79 J/mm memiliki kekuatan *bending* terbesar yaitu 1,551 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa pada spesimen dengan nilai *heat input* 475,79 J/mm memiliki kekuatan *bending* yang lebih baik dibandingkan spesimen yang melakukan pengelasan dengan nilai *heat input* 435,55 J/mm, dan 505,97 J/mm, dan Raw Material. Spesimen yang memiliki nilai uji *bending* yang paling rendah bila dirata-ratakan adalah spesimen raw material yaitu sebesar 1,423 Mpa,

kesimpulannya bahwa *weld metal* bila di bandingkan dengan *raw material* mengalami peningkatan terhadap kekuatan bendungnya.

Dari hasil pengujian *bending* dapat terlihat bahwa spesimen tidak mengalami patah getas, hal ini disebabkan karenakan adanya kandungan Mangan yang terdapat dalam plat baja karbon rendah tersebut. Dan juga terjadi *acicular ferrite* pada struktur hasil pengelasan.

3.6. Pembahasan Foto Makro Uji Impak



Gambar 9. Foto makro uji Impak

Pada pengujian dengan heat input yang berbeda-beda maka akan terlihat bahwa pada heat input tinggi material akan bersifat ulet (*ductile*) sedangkan pada heat input rendah material akan bersifat rapuh atau getas (*brittle*). Fenomena ini berkaitan dengan vibrasi atom-atom bahan pada heat input yang berbeda dimana pada heat input rendah vibrasi itu berada dalam kondisi kesetimbangan dan selanjutnya akan menjadi tinggi bila heat input dinaikkan (ingatlah bahwa energi panas merupakan suatu *driving force* terhadap pergerakan partikel atom bahan). Vibrasi atom inilah yang berperan sebagai suatu penghalang (*obstacle*) terhadap pergerakan dislokasi pada saat terjadi deformasi kejut/impak dari luar. Dengan semakin tinggi vibrasi itu maka pergerakan dislokasi mejadi relatif sulit sehingga dibutuhkan energi yang lebih besar untuk mematahkan benda uji.

3.7. Pembahasan Foto Makro Uji Bending



Gambar 10. Foto makro bending raw material



Gambar 11. Foto makro bending HI 435,55 J/mm



Gambar 12. Foto makro *bending* HI 475,79 J/m



Gambar 12. Foto makro *bending* HI 505,97 J/mm

Pada hasil uji foto makro terlihat dengan jelas bahwa pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) dengan variasi Spesimen las dengan nilai *heat input* 435,55 J/mm, *heat input* 475,79 J/mm, dan *heat input* 505,97 J/mm. Memiliki tegangan *bending* yang berbeda terlihat dari tingkat kelengkungannya. Pada pengujian *bending* spesimen *raw material* melengkung tanpa adanya retakan pada bagian HAZ. Ini membuktikan sambungan las tangguh serta memiliki kekuatan tekan yang baik jika melakukan pengelasan dengan 3 layer.

Kemudian spesimen uji *bending* dengan nilai *heat input* 475,79 J/mm juga tidak mengalami keretakan (*defeat*). Seterusnya hingga spesimen uji *bending* dengan nilai *heat input* 435,55 J/mm juga bagus, spesimen uji *bending* dengan nilai *heat input* 475,79 J/mm menjadi spesimen yang paling bagus dengan nilai tegangan *bending* yang paling tinggi yaitu 1,551 Mpa hampir mencapai sudut 45° dimana kondisinya tanpa patah atau bisa dikatakan bahwa spesimen uji *bending* dengan nilai *heat input* 475,79 J/mm adalah ulet (*ductile*).

4. KESIMPULAN

1. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa bahan *raw material* baja karbon yang digunakan merupakan klasifikasi baja karbon rendah yang mempunyai kadar karbon (C) 0,0768% C, mangan (Mn) sebesar 0,8977 %, silikon (Si) sebesar 0,0170 %, dan sulfur (Fe) sebesar 98,8617 %.
2. Hasil foto struktur mikro baja karbon rendah mempunyai struktur perlit dan ferit, munculnya kedua struktur ini disebabkan oleh unsur-unsur yang terkandung dalam baja karbon rendah. Pada logam las struktur ferit *acicular* berfungsi sebagai penstabil unsur karbon (C) struktur terlihat membentuk anyaman sehingga terjadi interlocking sehingga meningkatkan kekuatan dan ketangguhan logam las, sedangkan Mn dan Si sebagai penstabil perlit. Struktur mikro yang terbentuk pada daerah las didominasi *acicular ferrite* yang merata di semua daerah las. Struktur *acicular ferrite* inilah yang diharapkan dari setiap proses pengelasan, karena mampu menghambat terjadinya retak.
3. Hasil uji *impact charpy* menunjukkan bahwa Raw material bila di dibandingkan dengan material yang di lakukan pengelasan mengalami penurunan ketangguhan dan kekuatan impaknya, adanya perbedaan ketangguhan impak dan kekuatan impak yang cukup signifikan antara spesimen *raw material*, dengan material yang di lakukan pengelasan dengan nilai *heat input* 435,55 J/mm, 475,79 J/mm , dan 505,97 J/mm. Berikut ini merupakan hasil perhitungan energi impak tertinggi dan kekuatan impak tertinggi, spesimen pengelasan dengan nilai *heat input* 505,97 J/mm nilai ketangguhan impak adalah 130,136 Joule dan kekuatan impak 3.615 J/mm², nilai *heat input* 475,79 J/mm nilai ketangguhan impak adalah 120,984 Joule dan kekuatan impak 3.360 J/mm², nilai *heat input* 435,55 J/mm nilai ketangguhan impak adalah 101,971 Joule dan kekuatan impak 2.832 J/mm² dan *raw material* adalah 39,513 Joule dan kekuatan impak 1.097 J/mm². Dari hasil perhitungan ketangguhan impak dan kekuatan impak, menunjukkan bahwa spesimen yang tidak melakukan pengelasan memiliki ketangguhan impak dan kekuatan impak paling rendah sedangkan spesimen yang melakukan pengelasan dengan *heat input* dengan arus menjadi yang paling besar ketangguhan impak dan kekuatan impaknya..

4. Pada spesimen pengujian kelengkungan (*bending*), spesimen yang memiliki kekuatan lengkung terbesar adalah spesimen dengan nilai *heat input* 475,79 J/mm, sebesar 1,551 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa pada spesimen dengan variasi nilai *heat input* 475,79 J/mm memiliki kekuatan lengkung yang lebih baik dibandingkan spesimen yang lain dengan nilai *heat input* 505,97 J/mm, 435,55 J/mm dan *raw material*.

5. SARAN

Untuk peneliti selanjutnya penulis menyarankan bahwa untuk mengelas baja karbon rendah dengan ketebalan plat 5 mm dan dengan sudut kampuh V 45⁰ harus dianjurkan menggunakan kawat pengisi (*filler*) dengan ukuran 3,2 mm, lebih baiknya lagi menggunakan kawat pengisi (*filler*) dengan ukuran yang lebih besar agar mendapatkan hasil yang lebih baik dari penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Howard, 1989. Hasil dari pengelasan sangat dipengaruhi oleh besaran arus.
- Wirjosumarto, Harsono Dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jurnal halaman 23. Cetakan Ke VIII. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sumber : PT. ITOKOH CEPERINDO.