

ANALISIS PENGARUH ARUS PENGELASAN PADA SUDUT ELEKTRODA 70 ° TERHADAP SIFAT KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON RENDAH MENGGUNAKAN JIG WELDING

Ridway Balaka, Abd. Kadir, Dedi Saputra Tolantomo

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo, Kendari
Kampus Hijau Bumi Tridarma Anduonohu Kendari 93232
Email: jurnal.enthalpy.uho@gmail.com

Abstrak

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas yang menyebabkan logam disekitar lasan mengalami sirkulasi thermal, sehingga logam disekitar lasan mengalami perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan thermal. *Welding jig* merupakan perkakas bantu yang digunakan sebagai pemegang atau penjepit benda kerja pada proses pengelasan agar hasil pengelasan yang dilakukan memiliki hasil yang lebih baik. Tujuan penelitian untuk mengetahui besar kekerasan dan struktur mikro yang terbentuk pada pengelasan SMAW dengan arus dan sudut elektroda 70° menggunakan *welding jig*, dengan besar arus yang digunakan 110 dan 130 amper dengan diameter elektroda las 3,2 mm. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro terhadap hasil pengelasan baja karbon rendah St 40 menggunakan las SMAW. Hasil penelitian yang didapatkan Besarnya arus pengelasan yang digunakan dengan *welding jig* mempengaruhi nilai kekerasan yang dihasilkan baik pada logam lasan maupun pada daerah HAZ yakni pada arus 130 amper yakni sebesar 133.88 Kg/mm² dan pada sebesar 121.65 Kg/mm². Distribusi panas yang masuk pada material menyebabkan meningkatnya perlit pada logam lasan disebabkan karena logam lasan mengalami proses pendinginan yang lebih cepat karena panas yang didapat pada logam lasan diserap dengan cepat oleh daerah HAZ masukan panas yang terdistribusi pada material akan menyebabkan luasan daerah HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro dari material menjadi butir-butir yang kasar.

Kata Kunci : *Pengelasan, Welding Jig, Kekerasan, Struktur Mikro*

Abstract

ANALYSIS OF FLOW IN CORNER WELDING ELECTRODE 70° NATURE OF VIOLENCE AND THE LOW CARBON STEEL MICROSTRUCTURES OF WELDING JIG. Welding is the process of switching between two or more metal parts by using thermal energy which causes the metal around the weld undergo thermal circulation, so that the metal around the weld to change the metallurgical complex deformations and thermal stresses. Welding jig is used as an auxiliary tool holder or clamp the workpiece in the welding process so that the weld is done to have better results. The purpose of this study was to determine the great hardness and microstructure formed on SMAW welding electrode with the flow and angle of 70° using a welding jig, with a large current used 110 and 130 ampere welding electrodes with a diameter of 3.2 mm. The method used in this research is the method of testing hardness and microstructure observation to weld mild steel ST 40 using the SMAW. Research results obtained magnitude of the welding current used by the welding jig affect the hardness value is generated both in the weld metal and in the HAZ at 130 amperes flows, amounting to 133.88 Kg / mm² and in at 121.65 kg / mm². Distribution of heat entering the material causes increased pearlite at the weld metal caused by weld metal cools faster because of the heat gained in the weld metal is absorbed quickly by the region HAZ heat input which is distributed in the material will cause the extent of HAZ became larger and change microstructure of material into coarse grains

Keywords : *Welding, Welding Jig, Hardness, Microstructure*

1. Pendahuluan

Faktor yang mempengaruhi proses dan kualitas suatu pengelasan adalah prosedur pengelasan itu sendiri, yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi Las dan sambungan yang sesuai dengan rencana dan spesifikasi.

Dalam proses pengelasan terdapat berbagai permasalahan yang terjadi, karena banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan. Menentukan prosedur pengelasan yang benar adalah langkah yang harus dilakukan agar hasil yang di dapatkan akan optimal dan mencegah terjadinya cacat.

Welding jig merupakan perkakas bantu yang digunakan sebagai pemegang atau penjepit benda kerja pada proses pengelasan agar hasil pengelasan yang dilakukan memiliki hasil yang lebih baik, yakni salah satunya mengurangi terjadinya distorsi pada benda kerja hasil pengelasan. Tujuan penggunaan *Welding jig* memudahkan para operator pengelasan dalam melakukan proses perakitan komponen – komponen yang akan dilas agar proses pengelasan lebih cepat dan memiliki ketelitian yang tinggi.

2. Tinjauan Pustaka

Yong, 2011, mengembangkan jig pengelasan yang dapat menjepit atau memegang benda kerja dan mengurangi defleksi akibat tegangan sisa. Pada hasil penelitian, jig las yang digunakan mampu menjepit benda kerja dengan ketebalan sampai 8 mm dan lebar 80 mm. Desain dan bahan yang digunakan pada jig las bertujuan untuk menghasilkan kosep desain pengelasan MIG jig.

Tulus Swasono dan Emon Azriadi 2013 mendapatkan nilai kekerasan didaerah *weld metal* lebih tinggi dibandingkan didaerah HAZ dan *base metal*. Dan arus yang baik digunakan pada pengelasan plat baja karbon S45C adalah arus 80 A.

Isratun.Ld. 2015, mengatakan bahwa Distorsi sudut kampuh V pada proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) Dapat diminimalisir dengan menggunakan jig, hal ini dapat dilihat dari nilai distorsi terkecil dari pengelasan ini adalah pengelasan dengan menggunakan jig.

Dasar Teori (Daryanto, 2011)

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas yang menyebabkan logam disekitar lasan mengalami sirkulasi thermal, sehingga logam disekitar lasan mengalami perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan thermal. Hal ini erat hubungannya dengan ketangguhan, cacat las dan retak serta mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dari kontruksi yang di las.

Parameter Las

a. Tegangan Busur Las

Tegangan yang diperlukan untuk mengelas dengan elektroda bergaris tengah 3-6 mm, kira-kira antara 20-30 Volt untuk posisi datar, sedangkan untuk posisi tegak atau atas kepala biasanya dikurangi lagi dengan 2-5 Volt.

b. Penggunaan Arus Las

Besarnya arus las yang diperlukan tergantung dari bahan dan ukuran dari bahan lasan. Geometri sambungan, posisi pengelasan, jenis elektroda dan diameter inti elektroda.

c. Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pengelasan tergantung dari bahan induk, jenis elektroda, geometris sambungan dan ketelitian sambungan

d. Besar Penembusan atau Penetrasi

Untuk mendapatkan kekuatan sambungan yang tinggi diperlukan penembusan atau penetrasi yang cukup.

Sambungan Las

Sambungan las diklasifikasikan menurut konstruksi lasnya seperti *butt joint*, *T-joint*, *corner joint*, *split joint*, *lap joint*, *edge joint* dan *flange joint*.

Struktur Mikro Daerah Las-Lasan

Daerah las-lasan terdiri dari tiga bagian yaitu: daerah logam las, daerah pengaruh panas atau heat affected zone disingkat menjadi HAZ dan logam induk yang tak terpengaruhi panas.

Baja

Baja adalah besi karbon campuran logam yang dapat berisi kosentrasi dari element campuran lainnya, ada ribuan campuran logam lainnya yang mempunyai perlakuan bahan dan komposisi berbeda. Sebagian dari baja umum digolongkan menurut kosentarsi karbon, yakni kedalam rendah, medium dan jenis karbon tinggi. Baja merupakan paduan besi (Fe) dengan karbon (C), dimana kandungan karbon tidak lebih dari 2%. Baja banyak digunakan karena baja mempunyai sifat mekanis lebih baik daripada besi.

Jig

Menurut (Kharmizan ,2007) *Jig & Fixture* merupakan alat bantu produksi yang digunakan pada proses manufaktur sehingga dihasilkan duplikasi part yang akurat. Jig adalah peralatan khusus yang berfungsi untuk menahan dan menopang benda kerja yang akan mengalami proses permesinan baik untuk pengerjaan yang sulit sekalipun. Peningkatan kualitas produk dapat dicapai salah satunya dengan penggunaan alat bantu terhadap suatu proses produksi, diantaranya adalah: *jig and fixture*, *mold*, dan *dies*.

Uji Kekerasan Brinell

Cara uji *Brinell* dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja *chrom* yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu, oleh suatu gaya tekan secara statis kedalam permukaan logam yang diuji tanpa sentakan.

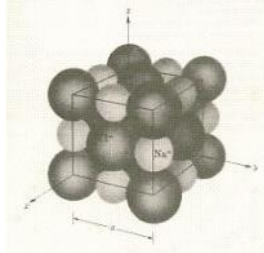
$$BHN = \frac{2P}{\pi D \left[\left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right) \right]}$$

Dimana :

- P = Beban yang diberikan (KP dan Kgf)
- D = Diameter indentor yang digunakan
- d = Diameter bekas lekukan

Struktur Mikro Logam

Semua logam, sebagian besar keramik dan beberapa polimer membentuk kristal ketika bahan tersebut membeku. Dengan ini dimaksudkan bahwa atom-atom mengatur diri secara teratur dan berulang dalam pola 3 dimensi. Struktur semacam ini disebut *Kristal*



Gambar Struktur Kristal

Sistem	Sumbu	Sudut sumbu
Kubik	$a_1 = a_2 = a_3$	semua sudut = 90^0
Tetragonal	$a_1 = a_2 \neq a_3$	semua sudut = 90^0
Ortorombik	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$	semua sudut = 90^0
Monoklinik	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$	dua sudut = 90^0 satunya $\neq 90^0$
Triklinik	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$	semua sudut berbeda; tidak ada yang = 90^0
Heksagonal	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$	semua sudut 90^0 dan 120^0
Rombohedral	$a_1 = a_2 = a_3$	semua sudut sama, tetapi tidak = 90^0

3. Metologi Penelitian

Waktu, Tempat dan Bahan Penelitian

Penelitian dilakukan bulan Maret sampai Juni 2016 di Laboratorium Teknologi Mekanik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unuversitas Halu Oleo.

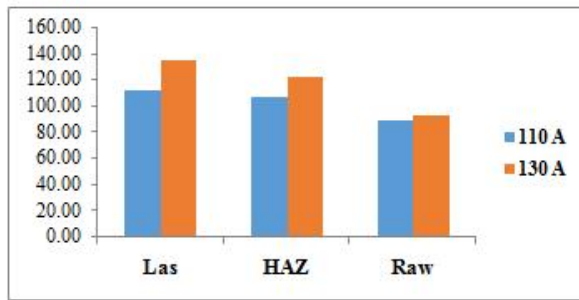
Peralatan yang digunakan dalam penelitian, antara lain gergaji mesin, gergaji tangan, kikir, jangka sorong mesin las busur listrik, tang, ragum, amplas kamera digital dan *welding jig*. Sedangkan bahan yang digunakan yakni plat baja karbon rendah, elektroda atau kawat las seri AWSE6013 dengan diameter 3,2 mm, spektrometer Emisi (X-Ray Oxford MDX 1000) untuk uji komposisi dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia. Prosedur penelitian dimulai pembuatan kampuh V dengan menggunakan gergaji besi manual. Bahan yang telah dipersiapkan dipotong dengan mesin gergaji, dengan ukuran panjang 100 mm x lebar 50 mm x tebal 10 mm sebanyak 9 sampel untuk specimen dengan arus 110 amper dan 9 sampel untuk specimen dengan arus 130 amper. Kemudian pembuatan *welding jig*, selanjutnya dilakukan proses pengelasan sesuai dengan standar yang sudah ditentukan (kemiringan elektroda 70^0). Pengujian kekerasan *Brinell* menggunakan *Universal Hardness Tester*, pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop dengan lensa obyektif sesuai standar yang digunakan yaitu SNI 07-3622-1994 pada pembesaran 400X.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada table pengujian dibawah ini menunjukkan hasil pengujian material pada proses pengelas baja karbon rendah menggunakan perkakas bantu yakni *welding jig*.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekerasan

Spesimen	Load (Kg)	D (mm)	Diameter Jejak (mm)	Brinel HB (Kg/mm ²)	HB Rata-rata			
Raw Material	1 60	1.588	0.882	89.90	86.24			
	2 60	1.588	0.912	83.61				
	3 60	1.588	0.882	89.90				
	4 60	1.588	0.882	89.90				
	5 60	1.588	0.941	77.89				
110 Amper	Las	1 60	1.588	0.794	113.08	111.37		
		2 60	1.588	0.824	104.53			
		3 60	1.588	0.794	113.08			
		4 60	1.588	0.794	113.08			
		5 60	1.588	0.794	113.08			
	Haz	1 60	1.588	0.824	104.53	106.41		
		2 60	1.588	0.794	113.08			
		3 60	1.588	0.794	113.08			
		4 60	1.588	0.853	96.84			
		5 60	1.588	0.824	104.53			
130 Amper	Row	1 60	1.588	0.824	104.53	88.77		
		2 60	1.588	0.882	89.90			
		3 60	1.588	0.853	96.84			
		4 60	1.588	0.912	83.61			
		5 60	1.588	0.912	83.61			
	Las	1 60	1.588	0.765	122.63	133.88		
		2 60	1.588	0.706	145.40			
		3 60	1.588	0.706	145.40			
		4 60	1.588	0.735	133.34			
		5 60	1.588	0.765	122.63			
		Haz	1 60	1.588	0.765		122.63	121.65
			2 60	1.588	0.765		122.63	
			3 60	1.588	0.794		113.08	
			4 60	1.588	0.706		145.40	
			5 60	1.588	0.824		104.53	
	Row	1 60	1.588	0.882	89.90	91.57		
		2 60	1.588	0.912	83.61			
		3 60	1.588	0.882	89.90			
		4 60	1.588	0.824	104.53			
		5 60	1.588	0.882	89.90			



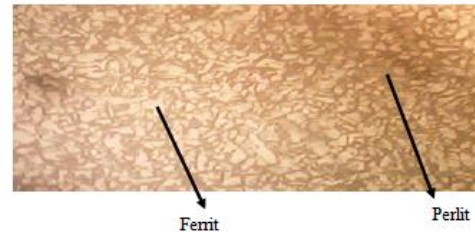
Gambar 4.1. Grafik Nilai Kekerasan

Dari grafik dan tabel di atas dapat diamati bahwa untuk nilai kekerasan pada base metal cenderung sama. Seperti yang terlihat pada grafik, pada base metal tidak terjadi perubahan kekerasan karena *base metal* tidak terkena pengaruh panas saat pengelasan berlangsung. Walaupun dari hasil pengujian terlihat harga kekerasan *base metal* mengalami peningkatan, tetapi peningkatan yang terjadi tidak signifikan. Proses pengelasan baja karbon rendah menggunakan *welding jig* pada daerah yang menerima input panas besar yaitu pada daerah HAZ dan weld metal. Oleh karena itu semakin besar arus pengelasan maka nilai kekerasan pada HAZ semakin meningkat, dengan arus 130 ampere yakni sebesar 121.65 Kg/mm^2 . Selain itu naiknya kekerasan dipengaruhi oleh perubahan struktur yang terjadi pada daerah tersebut. Pada daerah *weld metal* harga kekerasan juga dipengaruhi oleh arus yang digunakan, semakin besar arus pengelasan semakin besar pula nilai kekerasannya. dan nilai kekerasan tertinggi pada daerah las terdapat pada arus 130 ampere yakni sebesar 133.88 Kg/mm^2 . Jadi dapat diketahui bahwa kekerasan dengan variasi arus pada base metal tidak berpengaruh signifikan dengan menggunakan *welding jig*, dimana proses distribusi panas yang diberikan oleh las pada material lasan terdistribusi juga pada elemen – elemen *welding jig*. pada *base metal* diasumsikan tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap peningkatan nilai kekerasan. Pada HAZ, semakin tinggi arus yang digunakan nilai kekerasannya cenderung mengalami peningkatan begitupun juga pada *weld metal*, semakin besar arus yang digunakan nilai kekerasan cenderung mengalami kenaikan. Tingginya nilai kekerasan yang dihasilkan pada HAZ dan *weld metal* disebabkan karena arus pengelasan yang digunakan ketika proses pengelasan, sehingga penyebaran panas pada HAZ dan *weld metal* akan semakin besar penyebarannya. Sedangkan fungsi dari *welding jig* disini ialah membagi atau membantu penerimaan panas yang menyebar kedalam material lasan, sehingga panas yang terdistribusi tersebut tidak diterima semua oleh material lasan. Secara teoritis dapat dikatakan bahwa pengelasan identik dengan siklus pemanasan dan pendinginan. Dan dengan variabel arus yang berbeda maka dapat dikatakan bahwa semakin tinggi arus pengelasan maka temperature yang dicapai juga akan semakin tinggi.

Struktur Mikro

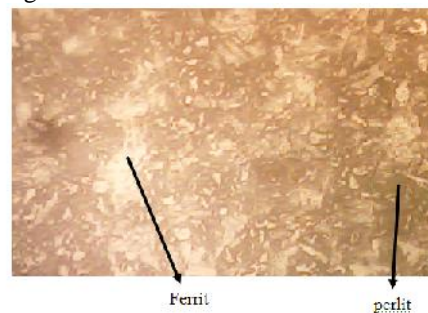
Struktur Mikro Base Metal

Pada gambar struktur mikro dibawah ini merupakan pengamatan struktur Mikro pada arus 110 dan 130 ampere dengan pembesaran 400X.



Gambar 4.2 Struktur Mikro Base Metal Arus 110 A Pembesaran 400X

Pada gambar diatas dapat dilihat struktur mikro yang terbentuk pada daerah base dengan arus 110 ampere yakni fasa ferrit dan perlit. Ukuran butir yang terbentuk pada kedua fasa ini cenderung tidak perubahan yang signifikan karena distribusi panas yang masuk pada daerah *base metal* tidak berpengaruh sangat besar terhadap pembentukan struktur mikro. (Karohika 2009, dalam Tulus Swasono dan Emon Azriadi. Jurnal Sawit Indonesia, Vol. 3. No. 1, 2013) pada daerah base metal relative tidak ada perubahan yang berarti karena perlakuan yang di dapatkan tidak sampai merubah sifat kekerasannya secara signifikan.

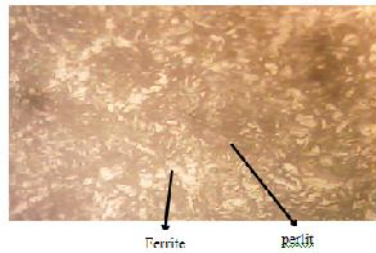


Gambar 4.3 Struktur Mikro Base Metal Arus 130 A Pembesaran 400X

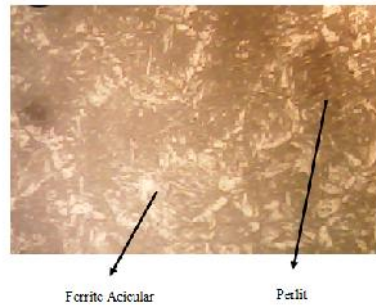
Sedangkan pada *base metal* dengan arus 130 ampere ukuran butir perlit cenderung lebih besar, terbentuknya ukuran butir perlit ini mempengaruhi tingkat kekerasan material pengelasan yang dapat dilihat pada tabel hasil pengujian kekerasan. Terjadinya perubahan ukuran butir pada perlit disebabkan karena distribusi panas yang masuk semakin besar yang disebabkan oleh arus pengelasan yang digunakan, yakni dari 110 ampere menjadi 130 ampere. Besarnya masukan panas pada pengelasan salah satunya disebabkan oleh arus pengelasan, dimana semakin besar arus pengelasan maka jumlah panas yang masuk semakin besar pula.

Struktur Mikro Weld Metal

Pada gambar dibawah ini merupakan gambar struktur mikro Weld metal pada proses pengelasan.



Gambar 4.4 Struktur Mikro Daerah Las 110 A Pembesaran 400X



Gambar 4.5 Struktur Mikro Daerah Las 130 A Pembesaran 400X

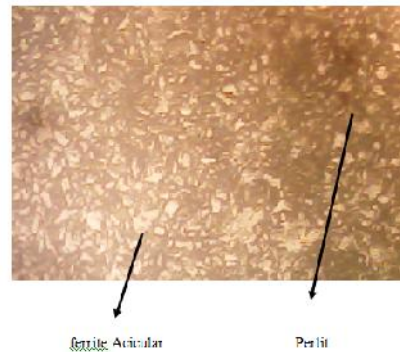
Pada gambar diatas menunjukkan bahwa *weld metal* memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi dibandingkan dengan HAZ dan *base metal* seperti yang terlihat pada table pengujian kekerasan yakni pada arus 130 amper dibandingkan 110 amper. Tingginya nilai kekerasan tersebut disebabkan karena adanya distribusi panas yang banyak terdapat pada *weld metal*. Nilai kekerasan yang meningkat tersebut juga dapat dilihat dari struktur mikro yang terbentuk pada masing masing daerah. Pada *weld metal* jumlah dari fase ferit, perlit, dan distribusinya sangat mempengaruhi nilai kekerasan. Diagram Fe-C menunjukkan transformasi fase baja yang dilas (disambungkan) dan elektroda yang melebur menjadi *weld metal* adalah ferit dan perlit (ferit dan sementit). Kawat elektroda yang mencair pada suhu las 1250 °C akan membentuk austenit, namun akan bertransformasi lagi menjadi ferit dan perlit pada pendinginan normal menjadi suhu kamar (Adi Kurniawan Yusim, Dr.rer.nat.Triwikantoro Jurusan Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.)

Meningkatnya butiran perlit pada *weld metal* disebabkan karena *weld metal* mengalami proses pendinginan yang lebih cepat karena panas yang didapat pada *weld metal* diserap dengan cepat oleh daerah HAZ. Karena seperti diketahui bahwa saat logam besi mencair pada suhu tinggi maka akan terbentuk fase austenit, fase austenit ini akan berubah menjadi ferit-perlit.

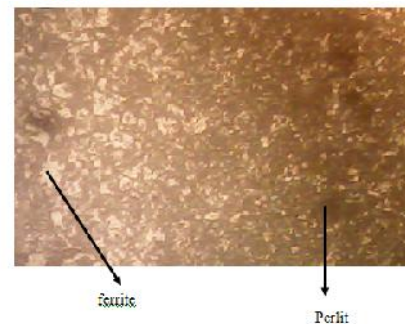
Struktur Mikro HAZ

Ukuran butir perlit HAZ pada gambar dibawah ini lebih kasar dibandingkan dengan *weld metal*. Fungsi fase ferit dan perlit adalah sebagai penghalang gerak dislokasi sehingga kekerasannya meningkat. Fase perlit lebih keras dibandingkan dengan ferit karena fase perlit adalah gabungan antara fase ferit dan

sementit (Fe₃C). Jadi, dalam fase perlit terdapat banyak sisipan (interstisi) atom C, sehingga kekerasannya meningkat (faktor densitas).



Gambar 4.6 Struktur Mikro Daerah HAZ 110 A Pembesaran 400X



Gambar 4.7 Struktur Mikro Daerah HAZ 130 A Pembesaran 400X

Seperti yang telah dijelaskan pada *weld metal* meningkatnya perlit pada *weld metal* disebabkan karena *weld metal* mengalami proses pendinginan yang lebih cepat karena panas yang didapat pada *weld metal* diserap dengan cepat oleh daerah HAZ.

Bentuk dan ukuran butir serta kandungan ferrite dan perlit pada daerah HAZ ini mempunyai nilai yang berbeda jika dibandingkan dengan bentuk dan ukuran butir pada daerah *base metal*. Hal ini dikarenakan daerah HAZ mengalami siklus termal pengelasan. Semakin besar masukan panas yang terdistribusi pada material akan menyebabkan luasan HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro dari material menjadi butir-butir yang kasar. Oleh karena panas yang diterima oleh daerah HAZ diserap oleh daerah *base metal*, menyebabkan daerah ini mengalami proses pendinginan cepat. Karena proses pendinginan cepat ini, maka material akan mengalami reaksi eutektoid dimana austenite tidak ada yang bertransformasi allotropik menjadi ferrit terlebih dahulu tetapi langsung berubah menjadi perlit.

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu Besarnya arus pengelasan yang digunakan dengan *welding jig* mempengaruhi nilai kekerasan yang dihasilkan baik pada *weld metal* maupun pada HAZ yakni pada arus 130 amper yakni sebesar 133.88 Kg/mm² dan pada sebesar 121.65 Kg/mm². Distribusi panas yang masuk pada material menyebabkan meningkatnya perlit pada *weld metal* disebabkan

karena *weld metal* mengalami proses pendinginan yang lebih cepat karena panas yang didapat pada *weld metal* diserap dengan cepat oleh daerah HAZ masukan panas yang terdistribusi pada material akan menyebabkan luasan HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro dari material menjadi butir-butir yang kasar.

6. Daftar Pustaka

- (Adi Kurniawan Yusim, Dr.rer.nat.Triwikantoro Jurusan Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.)
- Aksar .P, 2014 Optimasi Desain Jig Trebgate Bed Untuk Proses Perakitan Komponen Pengangkat Matras Menggunakan Metode Studi Empiris, Tesis Universitas Pancasila Jurusan MTM-UP : Jakarta
- Anggaretno. G., Rochani. I, Spomo. H, 2012., Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Laju Korosi Pada Pengelasan Baja Karbon Rendah, Jurnal Teknik ITS Vol. 1, No. 1 ISSN: 2301-9271, Surabaya.
- Artikel Studi Pengaruh Magnetic Arc Blow Pada Hasil Las TIG Baja AISI 1021 (Anggono) April 1999.
- AWS D1.1/D1.1M:2014 (*Amerikan Welding Society*).
Struktural Welding code steel, 550 N.W. Lejeune Road, Miami, Florida 33126
- Daryanto, 2011, Teknik Mengelas Logam, Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, Bandung.
- ESAB Welding Hand Book, Hal 15, Cosumables . For Manual And Automatic Welding : Sweden.
- Hofman. E.G, *Jig And Fixture Design, Delmar Learning Drafting series*
- Huda. Saiful dan Kawan-kawan, 2003, *Analisa Pengaruh Variasi Arus dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan SMAW Terhadap Distorsi Sudut dan Kekuatan Tarik Sambungan BUTT-JOIN Baja AISI 4140, Jurnal Insitut Sains dan Teknologi Akprid Fakultas Teknologi Industri, Yogyakarta.*
- Ing.Schonmetz. A dan Gruber, K, *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaaan Logam, Angkasa : Bandung.*
- Isratun. Ld, 2015 *Studi Eksperimen Penggunaan JIG Pada Proses SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Untuk Mnimalisir Distorsi Sudut Kampuh V Baja Karbon Rendah (Alloy Steel) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo kendari*
- .Jumalin, 2015 *Analisis Pengaruh Waktu (Lama) Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Pada baja Karbon Rendah Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo kendari.*
- Karohika, 2009 dalam Tulus Swasono dan Emon Azriadi.Jurnal Sawit Indonesia.
- Kharmizan Binti jafar, 2007 “*Design Jig And Fixture For Surface Grinding Long Part*” Faculty of Manufacturing Engineering, Malacca Technical University of Malaysia.
- Sabarudin. Ld, 2016 *Pengaruh Sudut Elektroda Pada Proses Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Pada Baja Karbon Rendah, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo kendari.*
- Siswanto, 2011 *Konsep Dasar Teknik Las Untuk SMK (Teori Dan Praktek).* Jakarta
- Wong Fei Yong., 2011 “ *Design and Fabrication of Mig Welding Jig* “ Faculty of Mechanical Engineering, University of Malasya Fahang.