

ANALISA VARIASI ARUS LAS GTAW MENGGUNAKAN FILLER ER308L PADA MATERIAL STAINLESS STEEL JIS410J1

Yusup Hendronursito, Tumpal Ojahan R, Ferry Mahardika Putra

Balai Pengolahan Mineral dan Tambang LIPI Lampung

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malahayati,

Jl. Pramuka No. 27 Bandar Lampung, Telp/Fax. (0721) 271112 - 271119

e-mail:

tumpal_ojahan@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh las GTAW pada material *SS JIS410J1* menggunakan *Filler ER308L* terhadap nilai uji tarik dan struktur mikro. Proses penelitian ini menggunakan las GTAW dengan variasi arus 150 A, 200 A, 250 A dan menggunakan kampuh X. Untuk mengetahui hasil penelitian diatas maka perlu dilakukan pengujian antara lain uji penetrasi, uji komposisi kimia, uji tarik serta struktur mikro. Hasil nilai tegangan luluh tertinggi adalah arus 250 Amper dengan nilai 384,105 MPa. Nilai tegangan maksimal tertinggi adalah pada arus 150 Amper dengan nilai 812,871 MPa. Nilai perpanjangan tertinggi setelah dilakukan pengelasan adalah pada arus 150 Amper dengan nilai 45,74 mm. Nilai regangan tertinggi setelah dilakukan pengelasan adalah 150 Amper dengan nilai 43,56%. Struktur mikro pada pengelasan dengan parameter arus menghasilkan struktur yang sama, yaitu terdapatnya fasa *martensite*, *austenite*, *ferrite*, unsur crom, nikel dan karbida crom.

Kata kunci : stainless steel 410J1, sifat mekanik, variasi arus, pengelasan GTAW.

ABSTRACT

Variations Of Welding Current Analysis Gtaw Use Er308l Filler In The Material Of Stainless Steel Jis410j. Research aims to understand the influence of las GTAW in the material the SS JIS410J1 use Filler ER308L on the tensile test and structure micro. The process of las gtaw was used in the study with variations of current 150 A, 200 A, 250 A and use joint X. To know the results of research needs to be done above testing among others penetrant test, test the chemical composition, tensile test and micro structure test. The results of value voltage highest level is the current 250 Ampère with the 384,105 MPa. The highest voltage is the current maximum of 150 Ampere with the 812,871 MPa. Value extra highest after conducted welding is the 150 Ampère with the 45,74 mm. The value of strain predicted highest economic growth of after the event was done welding is 150 Ampere with the 43,56 %. In welding micro structure with the parameters of a current of produce a similar structure, namely the existence of the phase martensite, of austenite, ferrite, crom element, nickel and carbide crom.

Keywords: stainless steel 410J1, mechanical properties, current variation, GTAW welding.

1. LATAR BELAKANG

Pertumbuhan produksi manufaktur khususnya industri mesin, logam dasar serta otomotif memberikan dampak signifikan terhadap peran ilmu dan teknologi pengelasan. Mengingat sebagian besar proses produksi di industri permesinan dan struktur menggunakan teknik pengelasan. Selain di bidang manufaktur teknik pengelasan juga dipergunakan di pengelasan perpipaan, perkapalan, jembatan, bangunan lepas pantai dan juga pannel-pannel bodi pesawat terbang.

Stainless steel paling banyak digunakan sebagai produk akhir seperti perkakas rumah tangga dan industri kimia. Salah satunya adalah 410 yang banyak digunakan sebagai alat-alat

kesehatan dan ketel uap (*boiler*). Kandungan karbon yang tinggi merupakan hal yang baik dalam merespon panas untuk memberikan berbagai kekuatan mekanis, misalnya kekerasan baja. Baja tahan karat klas martensitic menunjukkan kombinasi baik terhadap ketahanan korosi dan sifat mekanis.

Adapun penelitian yang pernah dilakukan menurut P. Corengia, 2004 "Perilaku Mikrostruktur dan Korosi Pada Baja Tahan Karat Dc-Pulsed Nitrided AISI 410 Stainless Steel Martensitik" pada nitrided 623, 723 dan 773 K. Semua sampel nitrida plasma menunjukkan nilai kekerasan permukaan yang lebih tinggi dari 1000 HV; nilai tertinggi diperoleh pada 673 K. Kedalaman kasus kira-kira 30 µm untuk sampel

nitrided pada 673 dan 773 K, sedangkan sampel nitrided pada 623 K menunjukkan 'fase ferit'. Pengukuran elektrokimia menunjukkan penurunan ketahanan terhadap korosi pada sampel nitrided selama 20 jam pada 673 dan 773 K. Sebaliknya, sampel nitrided pada 623 K menghasilkan potensi korosi rendah.

Menurut A.K. Bhaduri, 2000 "Perbaikan Pengelasan Bilah Turbin Uap Retak Dengan Bahan Stainless Steel Austenitik dan Martensit" Prosedur perbaikan las dikembangkan menggunakan kawat ER 316L austenitik dan ER 410 martensitic stainless steel. Setelah berbagai uji coba menggunakan prosedur yang berbeda, prosedur PWHT lokal (dan pemanasan awal saat menggunakan kawat baja tahan karat martensit) dengan pemanasan tahan listrik pada permukaan atas weldment dan pemantauan suhu dengan menempatkan termokopel di bagian bawah lasan. ternyata bisa memberikan hasil yang paling memuaskan.

Menurut A.G. Olabi, 1990 "Pengaruh Perawatan Panas Post Weld Distribusi Stres Residu didaerah Las Yang Diperbaiki Pada Komponen Tinggi Chromium [AISI 410]" Pada perlakuan panas jenis pertama, spesimen disimpan pada suhu 316° C selama 30 menit, kemudian pada suhu 427° C selama 30 menit, dan akhirnya, pada 546° C selama 2 jam. Pada perlakuan panas jenis kedua, spesimen disimpan pada suhu 760° C selama 2 jam. Hasilnya menunjukkan bahwa jenis pertama perlakuan panas mengurangi kekerasan di zona pengelasan sekitar 15% dari kekerasan spesimen las dan meningkatkan kekuatan tarik. Jenis perlakuan panas kedua menurunkan kekerasan di zona pengelasan sekitar 40% namun menurunkan kekuatan tarik sekitar 10%. Pengukuran tegangan sisa menunjukkan bahwa ada tegangan tarik di sekitar zona las, dan nilai terbesar yang tercatat adalah sekitar 72 N/mm.

Menurut A.G. Olabi. 1993." Sifat Mekanis dan Tegangan Sisa Efek Suhu Pemanasan Pelepasan Panas Pasca Las Pada Sifat Mekanis dan Tegangan Sisa Komponen Stainless Steel Laseler Martensit". Pada suhu perendaman 750°C, tegangan sisa benar-benar lega dan bahwa ketangguhan dampak meningkat secara signifikan. Kekerasan di HAZ masih lebih besar dari pada materi induk. Untuk merendam suhu 650 dan 550°C, tegangan residual masing-masing 70 dan 50 persen. Sementara ketangguhan dampak untuk suhu perendaman 550°C benar-benar menurun. Uji metalurgi menunjukkan bahwa ketiga perlakuan panas pasca las ini dilakukan pada struktur mikro yang mengandung martensit temperat dengan ferit dan presipitasi karbida halus.

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah pengelasan GTAW dengan memvariasikan

arus dari penelitian sebelumnya. Arus yang digunakan 150 A, 200 A, 250 A dengan menggunakan kampuh V dan *filler metal* ER308L.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengelasan

Pengelasan adalah sebuah proses penggabungan dua bahan atau lebih (biasanya logam) yang dihasilkan dari kombinasi yang sesuai antara suhu, tekanan dan kondisi metalurgi. M.D. Ibrahim Khan, 2007. Menurut Maman Suratman, 2001. Pengelasan merupakan salah satu cara penyambungan dua bagian logam secara permanen dengan menggunakan tenaga panas. Menurut Sriwidharto, 2008. Las adalah suatu cara untuk menyambung benda padat dengan cara mencairkan melalui proses pemanasan. Dari beberapa pendapat di atas, maka dapat disimpulkan bahwa pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom.

Pada tahap-tahap permulaan dari pengembangan teknologi las, biasanya pengelasan hanya digunakan pada sambungan-sambungan dari reparasi yang kurang penting. Tapi setelah melalui pengalaman dan praktek yang banyak dan waktu yang lama, maka sekarang penggunaan proses-proses pengelasan dan penggunaan konstruksi-konstruksi las merupakan hal yang umum di semua negara didunia. Terwujudnya standar-standar teknik pengelasan akan membantu memperluas ruang lingkup pemakaian sambungan las dan memperbesar ukuran bangunan konstruksi yang dapat dilas. Dengan kemajuan yang dicapai sampai saat ini, teknologi las memegang peranan penting dalam masyarakat industri modern.

Selain itu terdapat berbagai jenis pengelasan yang dapat digunakan, salah satunya adalah pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dengan berbagai kelebihan diantaranya, menghasilkan sambungan bermutu tinggi, bebas dari terbentuknya percikan las (*splatter*), dapat digunakan dengan atau tanpa bahan tambahan (*filler metal*), penetrasi (tembusan) pengelasan akan dapat dikendalikan dengan baik, produksi pengelasan menggunakan sumber tenaga yang relatif murah, hasil pengelasan lebih bersih tanpa adanya terak, memungkinkan untuk mengendalikan variabel atau parameter las secara akurat, dapat digunakan hampir pada semua jenis metal termasuk pengelasan metal berbeda dan memungkinkan pengendalian mandiri sumber panas maupun bahan tambah (Sriwidharto, 2006).

Gas Tungsten Arc Welding (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 menggunakan batang 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 baik untuk pelat baja tipis maupun pelat baja tebal.

Metalogi dalam pengelasan, dalam arti yang sempit dapat dibatasi hanya pada logam las dan daerah yang dipengaruhi panas atau HAZ (*Heat Affected Zone*). Untuk alasan ini secara singkat dan umum, latar belakang prinsip-prinsip metalurgi juga diperlukan sebelum membicarakan sifa-sifat las dan HAZ yang berdekatan. Karena dengan mengetahui metalurgi las, memungkinkan meramalkan sifat-sifat dari logam las. Aspek-aspek yang timbul selama dan sesudah pengelasan harus benar-benar diperhitungkan sebelumnya, karena perencanaan yang kurang tepat dapat mengakibatkan kualitas hasil las yang kurang baik. Dengan demikian pengetahuan metalurgi las dan ditambah dengan keahlian dalam operasi pengelasan dapat ditentukan prosedur pengelasan yang baik untuk menjamin hasil las-lasan yang baik (Suharno, 2008).

a. Logam Lasan (*Weld Metal*)

Logam lasan (*weld metal*) adalah daerah endapan las (*weld deposit*) dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Endapan las (*weld deposit*) berasal dari logam pengisi (*filler metal*).

b. Garis Gabungan (*Fusion Line*)

Garis gabungan (*fusion line*) adalah garis gabungan antara logam lasan dan HAZ, dapat dilihat dengan mengetsa penampang las. Daerah ini adalah batas bagian cair dan padat dari sambungan las.

c. HAZ (*Heat Affected Zone*)

HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah daerah pengaruh panas atau daerah dimana logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama pengelasan mengalami siklus termal atau pemanasan dan pendinginan dengan cepat. Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh temperatur panas dari logam cair dan kecepatan dari pengelasan. Pada batas HAZ dan logam cair temperatur naik sangat cepat sampai batas pencairan logam dan temperatur turun sangat cepat juga setelah proses pengelasan selesai. Hal ini dapat disebut juga sebagai efek *quenching*. Pada daerah ini biasanya terjadi transformasi struktur mikro. Struktur mikro menjadi austenit

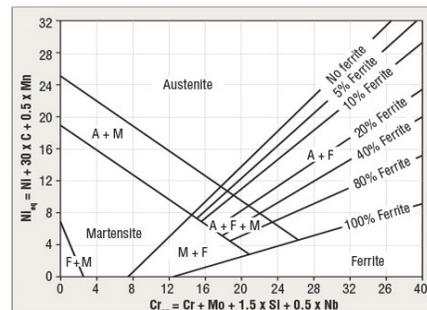
ketika temperatur naik (panas) dan menjadi martensit ketika temperatur turun (dingin). Daerah yang terletak dekat garis fusi ukuran butirnya akan cenderung besar yang disebabkan oleh adanya temperatur tinggi, menyebabkan austenit mempunyai kesempatan besar untuk menjadi homogen. Karena dengan keadaan homogen menyebabkan ukuran butir menjadi lebih besar. Sedangkan daerah yang semakin menjauhi garis fusi ukuran butirnya semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh temperatur yang tidak begitu tinggi menyebabkan austenit tidak mempunyai waktu yang banyak untuk menjadi lebih homogen. Transformasi struktur mikro yang terjadi akibat perubahan temperatur menyebabkan daerah HAZ sangat berpotensi terjadinya retak (*crack*) dan hal ini sangat penting untuk diperhatikan untuk mendapatkan hasil lasan yang baik.

d. Logam Induk (*Parent Metal*)

Logam induk (*parent metal*) adalah bagian logam yang tidak terpengaruh oleh pemanasan karena proses pengelasan dan temperatur yang disebabkan selama proses pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan sifat-sifat dari logam induk. Hal ini disebabkan karena temperatur atau suhu yang terjadi di logam induk belum mencapai temperatur kritis (Suharno, 2008).

Stainless Steel

Sifat mekanik dan sifat tahan karat dari logam las sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia dan struktur. Hubungan antara komposisi kimia dalam bentuk *equivalent Ni* dan *equivalent Cr* serta struktur mikro yang terjadi ditunjukkan dengandiagram *Scaeffler* dalam Gambar 2.1. di bawah ini:



Gambar 1. Diagram Schaeffler (Messler, 1999)

Stainless steel bisa bertahan dari pengaruh oksidasi karena mengandung unsur Chromium paling sedikit 10,5% atau lebih. Unsur chromium ini yang merupakan pelindung utama baja dalam stainless steel terhadap gejala yang di sebabkan kondisi lingkungan.

Stainless steel dibagi dalam empat kelompok utama sesuai jenis dan presentase material sebagai bahan pembuatannya. Dengan mengetahui semua karakteristik dan material bahan pada stainless steel akan menjadi acuan pemilihan jenis untuk pekerjaan tertentu, tentunya dengan pertimbangan lingkungan sekitar, kekuatan dan dana untuk sebuah pekerjaan yang memakai stainless. Kelompok/ klasifikasi stainless steel antara lain adalah sebagai berikut:

a. Kelompok Stainless Steel Ferritic

Ferritic memiliki kandungan crom berkisar antara 11-28% dan karbon antara 0,08-0,2%. Memiliki sifat ketahanan korosi yang meningkat pada suhu tinggi. Namun tidak bisa di lakukan perlakuan panas kepada kelompok stainless steel ini sehingga menggunakan menjadi terbatas, Ketika dilakukan pengelasan akan terjadi pengkasaran pada daerah HAZ sehingga ketangguhan menurun. Adapun jenis stainless yang sering digunakan adalah tipe 430 dengan kandungan Cr sebanyak 16-18%, tipe 405 dengan kandungan Cr 11,5-14,5% sedangkan tipe 407 Cr sebesar 10-12%. Untuk stainless kelompok ini batas *preheat* pada suhu 50-250°C (Suharno, 2008).

b. Kelompok Stainless Steel Austenitic

Austenitic memiliki kandungan crom pada kisaran 16-26% dan Nikel pada kisaran 8-22% dan beberapa unsur/element tambahan dalam upaya mencapai sifat yang diinginkan. Stainless kelompok ini dapat dilakukan proses pengelasan seperti las GTAW, GMAW, SMA dan SAW. Baja ini kurang mampu menerima perlakuan panas (*Non-Hardenable On Cooling*). Stainless steel 304 adalah salah satu jenis material *food grade* dan *marine grade* yang memiliki daya tahan korosi terhadap air garam. Pada kelompok atau klasifikasi *austenitic* di bagi dalam beberapa tipe.

c. Kelompok Stainless Steel Martensitic

Stainless jenis kelompok ini dikategorikan paling keras dan mampu menerima perlakuan panas dibandingkan dengan stainless kelompok austenit dan ferit, dalam proses pengelasannya perlu dilakukan khusus untuk menghindari retak di daerah HAZ terutama untuk logam induk yang cukup tebal dan sambungan yang kaku. *Martensitic* memiliki kandungan Crom sebesar 11,5% sampai maksimal 14% dan Ni 0,6-13% serta Karbon pada kisaran 0,08-2,0%. Kandungan karbon yang tinggi merupakan hal yang baik dalam merespon panas untuk memberikan berbagai kekuatan mekanis, misalnya kekerasan baja. Baja tahan karat kelas martensitic menunjukkan kombinasi baik terhadap ketahanan korosi dan sifat mekanis. Baja tahan karat kelompok ini bersifat

magnetis. Stainless martensic di bagi dalam beberapa tipe yang antara lain tipe 403, tipe 410, tipe 416, tipe 431 dll (Suharno, 2008).

d. Kelompok Stainless Steel Duplex

Merupakan kelompok terbaru yang memiliki keseimbangan Crom 22-26%, Nikel 4-7%, *Molibdenum* 0-3% dan Nitrogen 0.1-0.3% pada campuran yang sama antara kelompok *austenite* dan kelompok *ferit*. Hasilnya adalah sebuah kekuatan yang tinggi, sangat tahan terhadap korosi. Direkomendasikan pada suhu -50 sampai dengan +300°C. Baja tahan karat *Duplex* mudah untuk dilas, jika pengelasan mengikuti prosedur masukan panas dengan benar maka akan diperoleh struktur mikro yang tepat.

3. METODE PENELITIAN

Adapun langkah-langkah dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Memotong stainless steel JIS 410J1 dengan tebal 6 mm menggunakan mesin potong dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 100 mm.
2. Membuat kampuh dengan mesin milling pada sisi bagian Stainless Steel dengan sudut 30°
3. Menyiapkan *filler metal* stainless steel ER308L sebagai bahan tambah pada pengelasan.
4. Melakukan penjepitan pada kedua sisi dan pemberian jarak 1 mm sebelum dilakukan proses pengelasan, sebelum proses pengelasan di lakukan, permukaan benda kerja harus di bersihkan dari oli, kerak, cat dan debu.
5. Melakukan pengujian penetran bertujuan untuk mengetahui cacat pada permukaan pengelasan, jenis cacat dan ukurannya. Uji Penetran ini menggunakan cairan *Cleaner*, *Red Penetrant* dan *Developer*.
6. Melakukan pemotongan sampel untuk masing-masing pengujian.
7. Melakukan pengujian komposisi kimia, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase unsur-unsur penyusun sampel benda uji.
8. Melakukan pengujian tarik untuk memperoleh sifat- sifat mekanis material, yaitu mengenai tegangan maksimum, tegangan luluh dan regangan. Pembuatan sampel uji tarik mengacu pada standar ASTM E8/E8M-9.
9. Melakukan pengujian struktur mikro untuk mengetahui struktur logam yang berukuran mikroskops dan membandingkan sifat-sifat yang dimilikinya. Daerah yang di foto

struktur mikronya adalah daerah lasan, daerah HAZ dan daerah logam induk.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Komposisi Kimia

Berdasarkan hasil uji komposisi kimia pada Tabel 1. setelah dibandingkan dengan Standar JISG4303(2015), spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah stainless steel JIS 410J1.

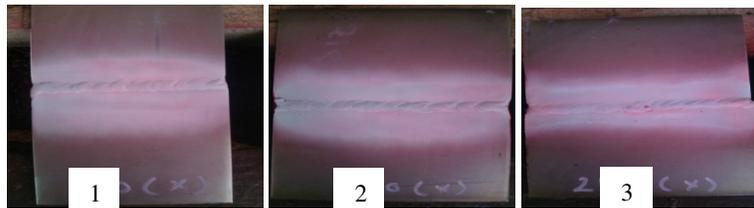
Tabel 1. Komposisi Kimia Material Dasar

Unsur	Lambang	Kadar %
Besi	Fe	73,7
Crom	Cr	13,04
Nikel	Ni	0,438
Mangan	Mn	1,27
Silikon	Si	0,655
Kobalt	Co	0,0509
Vanadium	V	0,0476
Karbon	C	0,17
Tembaga	Cu	1,35
Fospor	P	0,0846
Molibden	Mo	0,0146

Hasil Pengujian Penetran

Tabel 2. Hasil Pengujian Penetran

Nomor Sampel	Arus (Amper)	Jenis Kampuh	Jenis Cacat	Ukuran (mm)			Rekomendasi
				L	P	T	
1	150	X	Stop Star	3,8	7,0	-	Sampel 1 diterima
2	200	X	Stop Star	6,0	11,0	-	Sampel 1 diterima
3	250	X	Stop Star	8,7	11,7	-	Sampel 1 diterima



Gambar 2. Hasil Uji Penetran Lasan

Berdasarkan Tabel 2. Uji penetran test standar ASME IX dapat dilihat sample 1 terdapat cacat pada las (*Stop Start*) L : 3,8 dan P : 7,0. Sampel 2 terdapat cacat pada las (*Stop Start*) L : 6,0 dan P :

11,0. Sampel 3 terdapat cacat pada las (*Stop Start*) L : 8,7 P : 12,7. Dari data diatas menunjukkan bahwa semua sampel diterima karena telah direparasi sesuai standar ASME IX.

Hasil Uji Tarik

Tabel 3. Hasil Pengujian Tarik

No	Arus	Kampuh	Beban	Beban	σ Luluh		σ Maksimal		ΔL	ϵ
			Mulur	Maks	Kgf/mm ²	MPa	Kgf/mm ²	MPa		
			Kgf	Kgf					mm	%
1	150	X	673	1438	38,77	380,179	82,89	812,871	45,74	43,56
2	200	X	638	1349	38,27	375,301	80,93	793,647	40,57	38,64
3	250	X	678	1431	39,17	384,105	82,60	810,085	37,86	36,06
4	Base		624	1401	36,79	360,689	82,50	809,146	50,06	47,67

Berdasarkan hasil pengujian tarik pada Tabel 3. sampel dari parameter pengelasan yang berbeda diperoleh masing-masing hasil berupa data tegangan luluh, kekuatan tarik, perpanjangan dan regangan.

Nilai tegangan luluh pada material dasar adalah 360,689 MPa dan kemudian dibandingkan dengan tegangan luluh terhadap variasi Arus

ditinjau dari grafik tegangan luluh terhadap variasi Arus yang baik adalah 250 Amper dengan nilai 384,105 MPa.

Nilai tegangan maksimal pada material dasar adalah 809,146 MPa selanjutnya digunakan sebagai pembanding dengan sampel yang dilakukan pengelasan dengan berbagai parameter. Tegangan maksimal terhadap Arus diperoleh Arus

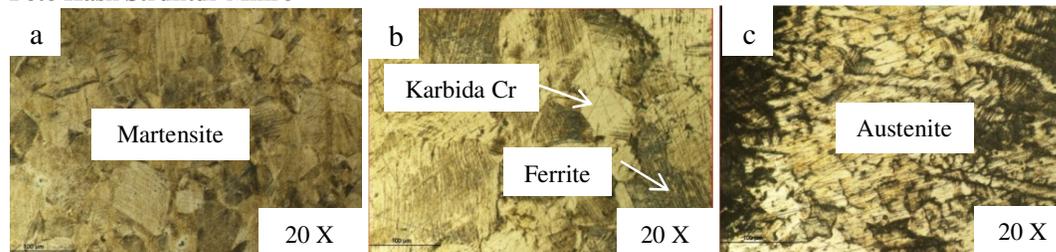
terbaik pada 150 Amper dengan kuat tarik sebesar 812,871 MPa.

Perpanjangan yang terjadi pada material dasar dalam uji tarik sebesar 50,06 mm, sedangkan perpanjangan yang terjadi setelah dilakukan pengelasan dengan variasi arus mengalami penurunan, nilai tertinggi setelah dilakukan

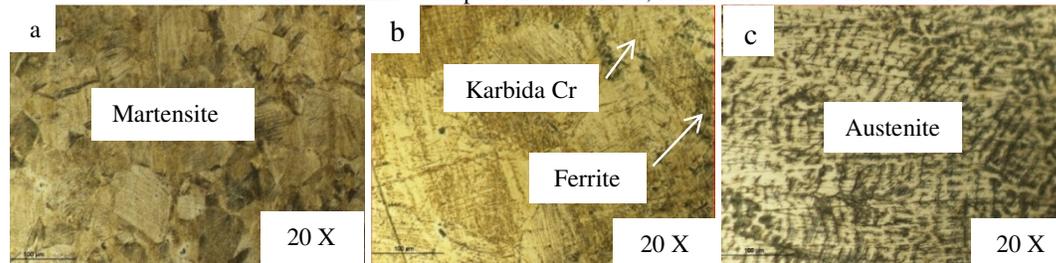
pengelasan adalah pada arus 150 Amper dengan perpanjangan 45,74 mm.

Hubungan regangan antara material dasar dengan variasi parameter pengelasan cenderung menurun. Nilai regangan pada material dasar adalah 47,67 %. Nilai regangan tertinggi setelah dilakukan pengelasan adalah 150 Amper dengan nilai 43,56%.

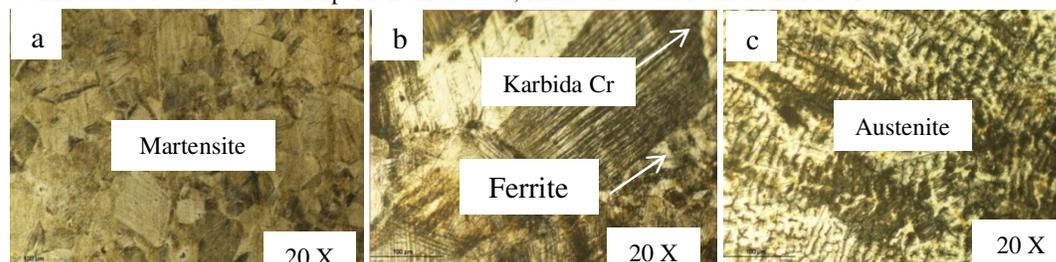
Foto Hasil Struktur Mikro



Gambar 3. Struktur Mikro Sampel 1 Daerah Base, HAZ dan Weld Pembesaran 20 X



Gambar 4. Struktur Mikro Sampel 2 Daerah Base, HAZ dan Weld Pembesaran 20 X



Gambar 5. Struktur Mikro Sampel 3 Daerah Base, HAZ dan Weld Pembesaran 20 X

Hasil pengujian foto struktur mikro menunjukkan bahwa baik pada bagian logam induk dan daerah HAZ memiliki fasa martensite. Hal ini karena sifat dasar logam induk adalah fasa *martensite* yang mengandung magnet. Sedangkan pada *weld metal* memiliki fasa *austenitic*. Pada *stainless steel* JIS 410JI ini juga sudah jelas menunjukkan bahwa fasa yang dimiliki adalah *martensite*.

Daerah Las

Pada daerah las karena panas yang terserap lebih banyak, maka struktur austenite dan nikel tampak lebih dominan dan struktur yang terlihat pada dengan batas butir yang kecil. Hal ini

disebabkan struktur karbida chrom yang terlarut lebih banyak.

Daerah HAZ

Pada daerah ini chrom dan karbida chrom mulai tampak dengan struktur butiran yang besar dan tidak merata disemua bagian sehingga menjadikan pada daerah ini lebih getas dibanding daerah *base metal*.

Daerah Logam Induk

Pada daerah logam induk struktur chrom dan nikel terlihat merata disemua daerah Martensite. Besar struktur butiran relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan daerah HAZ.

5. SIMPULAN

1. Pada pengujian penetrasi hasil pengelasan semua sampel diterima karena telah direparasi sesuai standar ASME IX.
2. Nilai tegangan luluh terhadap variasi Arus ditinjau dari grafik tegangan luluh diperoleh nilai tertinggi pada arus 250 Amper dengan nilai 384,105 MPa. Tegangan maksimal terhadap variasi Arus diperoleh kekuatan tertinggi pada arus 150 Amper dengan kuat tarik sebesar 812,871 MPa. Perpanjangan yang terjadi pada material dasar sebesar 50,06 mm, setelah dilakukan pengelasan dengan variasi arus mengalami penurunan, nilai tertinggi setelah dilakukan pengelasan adalah pada arus 150 Amper dengan perpanjangan 45,74 mm. Nilai regangan antara material dasar dengan variasi parameter pengelasan cenderung menurun. Nilai regangan pada material dasar adalah 47,67 %. Nilai regangan tertinggi setelah dilakukan pengelasan adalah 150 Amper dengan nilai 43,56 %.
3. Struktur mikro pada pengelasan dengan parameter arus menghasilkan struktur yang sama, yaitu terdapatnya fasa *martensite*, *austenite*, *ferrite*, unsur crom, nikel dan karbida crom

DAFTAR PUSTAKA

- A.G. Olabi. 1990. Thesis. “*The Effect Of Post Weld Heat Treatment and Distribution of Residual Stress in Weld Repaired High Chromium Steel [AISI 410] Components*”. Dublin City University. Airmotive Ireland
- A.G. Olabi. 1993. “*The Mechanical Properties and Residual Stresses of a Effects of Post-Weld Heat-Treatment Soaking Temperature on The Mechanical Properties and Residual Stresses of a Martensite Stainless-Steel Welded Component*”. Journal of Materials Processing Technology, 38 (1993) 387-398 Elsevier. Dublin City University. Airmotive Ireland
- A.K. Bhaduri. 2000. “*Repair Welding of Cracked Steam Turbine Blades Using Austenitic and Martensitic Stainless-Steel Consumables*”. Nuclear Engineering and Design 206 (2001) 249-259. India
- A. Momeni. 2010. Vol. 16, No. 5. “*Prediction of Dynamic Recrystallization Kinetics and Grain Size for 410 Martensitic Stainless Steel during Hot Deformation*”. Met. Mater. Int., 10.1007/s12540-010-1024-5. Iran
- Aljufri. 2008. *Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal Dan Kuat Arus Pada Sambungan Logam Aluminium – Mg 5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Tig*.
- Althouse, dkk. 1984. *Modern Welding*. The Goodheart-Willcox Company. Inc. Illinois.
- ASME SECTION IX WELDING AND BRAZING QUALIFICATION
- AWS. 2009. “*Specification for Tungsten and Oxide Dispersed Tungsten Electrodes for Arc Welding and Cutting*”. 7th Edition. American National Standards Institute: USA.
- AWS D1.1/D1.1M. 2010. “*Structural Welding Code-Steel*”. 22th Edition. American National Standards Institute: USA.
- AWS D1.5/D1.5M. 2008. “*Bridge Welding Code*”. 5th Edition. American National Standards Institute: USA.
- Dadang, 2013. *Teknik las GTAW*. Edisi pertama. Jakarta: Kementrian pendidikan dan kebudayaan.
- Eriek Wahyu Restu Widodo. 2016. Vol. 20 No. 2. “*Pengaruh Kuat Arus Istrik Dan Jenis Kampuh Las Terhadap Kekerasan Dan Strukturmakro Pada Pengelasan Stainless Steel Aisi 304*”. Jurnal IPTEK. ISSN: 1411-7010.
- Firmansyah, Ari, 2011. Skripsi, “*Analisis Perbandingan Sifat Mekanik Pengelasan Multilayer Baja Tahan Karat 316 L Pada Pengelasan Gtaw Dan Smaw*”. Universitas Jember
- Messler, R.W, 1999. *Principal of Welding*, John Wiley & Sons Inc, New York, USA.
- Md. Ibrahim Khan. 2007. *Welding Science And Technologi*. New Age International (P) Limited Publishers: New Delhi.
- P. Corengia. 2004. “*Microstructure and Corrosion Behaviour of Dc-Pulsed Plasma Nitrided AISI 410 Martensitic Stainless Steel*”. Surface & Coatings Technology 187 (2004) 63– 69, argentina
- Rahmat Supardi. 1989. “*Pengetahuan Bahan Logam II*”, Bandung: STTIB.
- R. Puli. 2012. “*Wear and Corrosion Performance of Aisi 410 Martensitic Stainless Steel Coatings Produced Using Friction Surfacing and Manual Metal Arc Welding*”. Surface & Coatings Technology 209 (2012) 1–7, india
- Suharno. 2008. *Prinsip-prinsip teknologi dan metalurgi pengelasan logam*. Surakarta: LPP UNS dan UNS Pres.
- Suratman, Maman, 2001. *Teknik Mengelas Asetilin, Brazing dan Las Busur Listrik*. CV Pustaka Grafika. Bandung. ISBN.
- Tim Penyusun, Fakultas Teknik UNY. 2004. *Mengelas Dengan proses Las Gas Tungsten*. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Tri Harya Wijaya. 2010. Tesis, “*Analisa Struktur Paduan Akibat Pengaruh Temperatur Pemanasan Dan Pendinginan Terhadap Sifat*

- Mekanik Dan Ekspansi Thermal Dan Paduan Cu Pe Sn Sebagai Bushing* ". Medan : universitas sumatra utara.
- Vuri Ayu Setyowati. 2016. *Vol. 20 No. 2. " Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan Pada Material Austenitic Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Makro "*. Jurnal IPTEK. ISSN: 1411-7010.
- Widharto, Sri. 2006. *Petunjuk Kerja Las*. Cetakan Ke 6. Pradnya Paramita.Jakarta.
- Widharto, Sri. 2008. *Petunjuk Kerja Las*. Pradnya Paramita.Jakarta.
- Widharto, Sri. 2013. *Welding Inspection*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Wiryo Sumarto, H Dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Ke 8. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wiryo Sumarto, Harsono, Prof, Dr,Ir.Okumura,Toshie,Prof,Dr. 2008. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan-10. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Yunus Yakub. 2013. Vol 01. "*Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanik Mikro Sambungan Las Baja Tahan Karat AISI 304*". E-Journal WIDYA Eksakta. ISSN 2338-8102.