

Analisis Radiografi Sinar-X Terhadap Sambungan Pelat Baja Tahan Karat Aisi 304 Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas Dengan Arus 40–60 Ampere

Ahmad Zayadi¹⁾ Sungkono²⁾ Cahyono HP³⁾

^{1, 3} Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional Jakarta
². Badan Tenaga Atom Indonesia (BATAN)
Korespondensi : zayadahmad43@gmail.com

Abstract - *X-Ray Radiographic Analysis of Aisi 304 Stainless Steel Plate Joints From Inert Gas Tungsten Welding Results with 40 – 60 Ampere Current. Metal welding process is one of the main processes in machine construction. The quality of welded joints determines the strength and toughness of a machine construction. The quality of welded joints of installed construction can be determined by the non-destructive test method using X-ray radiography equipment. This study aims to obtain a butt joint obtained from TIG welding of AISI 304 stainless steel plate with a current of 40 - 60 A, identification of defects in the 1G butt joint, and analysis of the quality of the weld joint. The research method used is testing of welded joints using X-ray radiography which refers to the ASME V article II standard and the connection quality refers to ASME section IX. The results showed that TIG welding with a current of 60 Ampere produced a butt joint butt joint that was penetrated and there was no gap between the plates, whereas with a current of 40 A and 50 A the weld joint was not see-through but there was still a gap between the plates. Incomplete penetration weld defects were found in the welded SS 304 plate joints with a current of 40 A. Welded porosity defects were found in the welded SS 304 plate joints with a current of 50 A. Weld defects were not found in the SS 304 plate joints with a current of 60 A. Butt joint connections TIG welded SS 304 plate with the best current of 60 A compared to the current of 40 A and 50 A.*

Keywords: *X-ray radiography, SS 304, TIG, butt joint, weld defects.*

I. PENDAHULUAN

Pada era industri 4.0 di bidang konstruksi ditandai dengan penggunaan teknologi informasi dalam setiap aspek pekerjaan, termasuk di sektor konstruksi mesin menjadikan keharusan sumber daya manusia konstruksi menyesuaikan diri. Tiga pelaku utama pada industri konstruksi 4.0, yaitu penyedia teknologi, penyedia infrastruktur digital, dan pengguna teknologi dan infrastruktur industri 4.0, dengan tanggung jawab dan kewenangan masing-masing. Penerapan teknologi informasi (internet) sejak dari perencanaan, perancangan, penyelenggaraan, pemeliharaan, sampai pembangunan kembali merupakan suatu sistem yang masuk dalam industri konstruksi 4.0, diharapkan akan menciptakan manajemen proyek yang tepat biaya, tepat waktu dan tepat mutu^[1]. Sehubungan dengan perkembangan zaman tersebut, penguasaan teknologi penyambungan logam dengan teknik pengelasan di bidang konstruksi mesin harus dikuasai dengan benar.

Pengelasan merupakan proses penyambungan logam menjadi satu kesatuan akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan atau yang menghasilkan ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom. Pengelasan adalah menyambung dua bagian atau lebih logam baik sejenis maupun tidak sejenis dengan cara memanaskan sampai temperatur lebur menggunakan bahan pengisi atau tanpa bahan pengisi^[2]. Teknik pengelasan banyak digunakan dalam bidang konstruksi, diantaranya perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa saluran, kendaraan, rel, dan lain sebagainya. Secara teknis, untuk menghasilkan sambungan las dengan kualitas yang baik diperlukan

bahan tambahan (*filler metal*) agar deposit logam lasan terbentuk dengan baik. Elektroda las (*welding rod*) di pasaran terdiri dari banyak ukuran, jenis, dan merek yang beragam. Pemilihan elektroda yang sesuai dapat meningkatkan hasil pengelasan dengan kualitas baik^[2,3]. Kesesuaian antara sifat-sifat las dalam proses pengelasan yaitu kekuatan dari sambungan lasan harus diperhatikan agar hasil dari pengelasan sesuai dengan yang diharapkan. Jenis elektroda dipilih sesuai dengan jenis material logam induk. Selain itu tegangan, arus dan kecepatan saat melakukan pengelasan juga sangat berpengaruh terhadap hasil las tersebut^[4]. Sehubungan hal tersebut, maka rancangan las dan cara pengelasan harus memperhatikan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta keadaan lingkungannya.

Baja tahan karat merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam industri, seperti bejana tekan, wadah limbah radioaktif dan industri manufaktur lainnya. Baja tahan karat mempunyai keunggulan dibandingkan logam lainnya diantaranya ketahanan korosi baik dan sifat mampu lasnya (*weldability*) yang baik sehingga memberikan kemudahan pengelasan untuk menghasilkan sambungan logam lasan yang berkualitas baik^[2]. Baja tahan karat dapat dilas dengan pengelasan listrik, yang sering digunakan di Indonesia saat ini adalah *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) atau lebih dikenal dengan *Tungsten Inert Gas* (TIG). Masukan panas dalam pengelasan TIG merupakan salah satu faktor penting untuk menghasilkan sambungan lasan yang baik. Masukan panas dapat dikendalikan dengan cara pengaturan arus, tegangan, dan kecepatan

pengelasan. Selain masukan panas, jenis elektroda yang digunakan dalam pengelasan juga mempengaruhi hasil las baja tahan karat^[2].

Ardiyansah (2017) melakukan penelitian tentang analisa cacat las pada pengelasan *butt joint* dengan variasi arus dan posisi pengelasan. Pada arus 80 A terdapat 2 (dua) jenis cacat las yaitu *incomplete fusion* dan *slag*. Pada arus 100 A terdapat 2 (dua) jenis cacat las yaitu *slag* dan *incomplete fusion*, sedangkan pada arus 120 A terdapat 1 (satu) jenis cacat las yaitu keretakan (*crack*). Dalam penelitian tersebut mendapatkan 3 (tiga) jenis cacat las, yaitu *incomplete fusion*, *crack* dan *slag*^[5].

Endramawan (2017) melakukan penelitian tentang penerapan *Non Destructive Test Penetrant Testing* (NDT-PT) untuk analisis hasil pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) 3G *butt joint*. Endramawan mendapatkan beberapa porositas dalam sambungan lasan logam tetapi masih dalam batasan kriteria keberterimaan (*accepted criteria*)^[6].

Setiawan dan Imran (2019) melakukan penelitian tentang cacat las pada pengelasan SMAW *butt joint* dengan variasi arus 70 A, 90 A dan 110 A. Mereka mendapatkan pada sambungan *but joint* dari hasil *penetrant test* diketahui adanya cacat las berupa *sparer*, *lack of fussion*, *undercut* dan *cluster porosity*, sedangkan hasil *ultrasonic test* diketahui adanya cacat las yaitu *crack* dan *lack of fussion*. Pada arus 70 A dihasilkan lasan dengan banyak cacat las, sedangkan arus 90 A dan 110 A menghasilkan lasan yang baik pada posisi pengelasan 1G dengan ketebalan plat baja 6 mm^[7].

Cahya dan Ichwan (2013) melakukan penelitian terhadap sambungan las pada

material SS 316 dengan metode pengelasan TIG dan MIG serta ketebalan benda uji 2 – 3 mm. Mereka mendapatkan bahwa sambungan las yang diperoleh dengan metode MIG mempunyai nilai kekerasan, kekuatan tarik dan kekuatan dampak lebih baik dibandingkan dengan metode TIG^[8].

Sambungan lasan logam memiliki fungsi penting pada suatu konstruksi karena sambungan akan menerima beban yang sama apabila benda kerja yang dirangkainya menerima beban eksternal. Oleh karena ukurannya lebih kecil dari benda kerja, maka tegangan eksternal yang diterimanya akan terkonsentrasi pada sambungan lasan sehingga apabila mendapat beban besar kemungkinan patah pertama kali terjadi pada bagian sambungan lasan. Cacat lasan akan mempengaruhi kekuatan sambungan lasan suatu konstruksi baja, Sambungan lasan tidak boleh mempunyai cacat lasan melebihi batas kriteria keberterimaan yang dipersyaratkan *American Welding Society* (AWS). Penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini mempunyai tujuan untuk mendapatkan sambungan lasan tipe *butt joint* pelat baja tahan karat AISI 304. Tujuan penelitian tersebut dapat diperoleh dengan cara: 1. Pengelasan pelat baja tahan karat AISI 304 dengan TIG menghasilkan sambungan las *butt joint*. 2. Identifikasi cacat pada sambungan *butt joint* 1G pelat baja tahan karat AISI 304. 3. Analisis kualitas sambungan *butt joint* 1G pelat baja tahan karat AISI 304. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sambungan las *butt joint* pada pelat baja tahan karat AISI 304 dilakukan dengan metode pengelasan TIG.
2. Pengujian sambungan lasan pada pelat baja tahan karat AISI 304

menggunakan peralatan radiografi sinar-X.

3. Analisis cacat lasan menggunakan standar ASME *section V* artikel II dan ASME *Section IX*.

II. TINJAUAN LITERATUR

2.1. Baja Tahan Karat

Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan *stainless steel* adalah paduan besi (Fe), karbon (C) dan sekitar 10% kromium (Cr) sebagai unsur pemadu utamanya. Adanya unsur Cr dimaksudkan untuk mencegah terjadinya proses korosi logam. Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida khrom yang menghalangi proses oksidasi besi di permukaan baja tahan karat. Jenis baja tahan karat yang banyak di pasaran, seperti SS 201, SS 304, SS 316, SS 316 L dan lain-lain, dimana semakin tinggi serinya maka baja tahan karat akan semakin bagus dan tahan korosi. Perawatan baja tahan karat sangat mudah tidak seperti baja yang harus dicat atau dikhrom^[4]. Baja tahan karat hanya perlu dilap untuk mengembalikan kilapnya seperti baru. Tetapi apabila terjadi penggoresan pada baja tahan karat maka perlu dipoles agar kembali kilap seperti semula.

Klasifikasi baja tahan karat didasarkan pada kandungan khrom (Cr), namun unsur paduan lainnya ditambahkan untuk memperbaiki perilaku baja tahan karat sesuai aplikasinya. Klasifikasi baja tahan karat didasarkan pada struktur metalurginya, yaitu baja tahan karat Austenitik, Feritik, Martensitik, Duplex, dan *Precipitation Hardening*.^[4]

2.2. Baja Tahan Karat Austenitik

Baja tahan karat austenitik mengandung minimal 16 % berat khrom dan 6 % berat nikel (*grade* standar untuk 304), sampai ke *grade super austenitic stainless steel* seperti 904L (dengan kadar khrom dan nikel lebih tinggi serta

unsur tambahan Mo sampai 6 % berat). Molybdenum (Mo), Titanium (Ti) atau Copper (Co) berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap temperatur serta korosi. Baja tahan karat austenitik sesuai untuk aplikasi temperatur rendah disebabkan unsur Ni membuat baja tahan karat tidak menjadi rapuh pada temperatur rendah. Baja tahan karat austenitik banyak digunakan sebagai material baku alat pengatur cahaya *floppy disk* komputer, pegas kunci *keyboard* komputer, bak cuci dapur, alat pemrosesan makanan, aplikasi kearsitekan, alat kimia, dan lain-lain.^[4]

Sifat-sifat dasar baja tahan karat austenitik adalah

- a. Daya tahan korosi yang sangat bagus dalam asam organik, industri, dan lingkungan laut.
- b. Kemampuan mengelas yang sangat bagus.
- c. Kemampuan bentuk, kemampuan pembuatan dan sifat kenyal yang sangat bagus.
- d. Sifat-sifat pada temperatur tinggi bagus dan temperatur rendahnya sangat bagus.
- e. Tidak mengandung magnet apabila baja tahan karat dikuatkan.
- f. Dapat dikeraskan hanya dengan dibentuk profil logam pada temperatur dingin.

2.3. Baja Tahan Karat Feritik.

Baja tahan karat feritik umumnya mengandung 10,5 – 18 % berat khrom seperti *grade* 430 dan 409. Baja tahan karat feritik sedikit kurang mempunyai sifat kenyal dibandingkan baja tahan karat austenitik. Ketahanan korosinya tidak begitu baik dan relatif lebih sulit difabrikasi. Namun, kekurangan baja tahan karat feritik telah diperbaiki pada *grade* 434 dan 444 dan secara khusus pada *grade* 3Cr12. Baja tahan karat

feritik digunakan untuk material baku pusat *floppy disk* komputer, trim otomotif, alat pembuangan uap otomotif, tangki air panas, dan lain-lain.

Sifat-sifat dasar baja tahan karat *feritik* adalah^[4]:

- a. Cukup untuk peningkatan daya tahan korosi yang bagus dengan kandungan khrom
- b. Tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas dan selalu digunakan dalam magnet yang dikuatkan.
- c. Kemampuan mengelasnya rendah.
- d. Kemampuan membentuknya tidak sebagus austenitik.

2.4. Baja Tahan Karat Martensitik

Baja tahan karat *martensitik* memiliki unsur utama khrom (lebih rendah dibandingkan baja tahan karat *feritik*) dan kadar karbon relatif tinggi (0,1 – 1,2%), contoh *grade* 410 dan 416. Baja tahan karat *grade* 431 memiliki khrom sampai 16% berat tetapi mikrostrukturnya masih *martensitik* disebabkan kandungan Ni hanya 2%. Baja tahan karat feritik digunakan sebagai material *cutlery*, mata pisau, peralatan bedah, tangkai, kumparan, peniti, dan lain-lain.

Sifat-sifat dasar baja tahan karat martensitik adalah^[4] :

- a. Daya tahan korosi sedang.
- b. Dapat dikeraskan dengan perlakuan panas dan oleh karena itu tingkat kekerasan.
- c. Kemampuan las kurang.
- d. Bersifat magnetik.

2.5. Karakteristik Baja Tahan Karat AISI 304

Baja tahan karat AISI 304 merupakan salah satu jenis baja tahan karat austenitik dengan kandungan unsur padu utama yang terdiri dari 0.08% karbon, 18% Cr dan 8% Ni. Jenis baja tahan karat 304 ada beberapa macam yaitu 304 (S30400), 304L (S30403), dan

304H (S30409). Baja tahan karat AISI 304 sangat rentan terhadap *Stress Corrosion Cracking* (SCC) dengan adanya ion klorida sebagai perusak lapisan pasifnya, dan korosi temperatur tinggi (*high temperature corrosion*), seperti *oxidation*, *carburizing*, *nitriding*, *sulphizing*, dan lain-lain.^[5]

Baja tahan karat AISI 304 merupakan baja yang paling umum digunakan dalam industri nuklir karena sifat ketahanannya terhadap korosi yang tinggi, formabilitas yang baik, tahan terhadap temperatur tinggi dan bahannya yang mudah diperoleh di pasaran. Sifat nuklir baja tahan karat austenit misalnya luas tampang serapan neutron, absorpsi dan luas tampang *scattering* cepat atau termal sangat tergantung komposisi unsur padu. dalam reaktor daya tipe PWR (*pressurized water reactor*), baja tahan karat tipe 304 dan 304 L dipergunakan sebagai bejana bertekanan dan pipa pendingin reaktor karena sifatnya yang tahan terhadap tekanan dan temperatur tinggi.^[5]

Pengelasan

Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Definisi ini juga dapat diartikan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan adalah cara penyambungan dua benda padat melalui pencairan dan perpaduan dengan menggunakan panas. Berdasarkan terminologi tersebut, maka berlaku 2 (dua) syarat yang menentukan dalam pengelasan, yakni : bahan yang disambung harus dapat mencair oleh panas, bahan yang disambung harus cocok satu dengan lainnya.^[2]

Pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam di mana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan. Pengelasan juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya-tarik menarik antara atom.^[2]

Beberapa keuntungan penggunaan sambungan las sebagai berikut :

- a. Pengelasan menghasilkan sambungan permanen.
- b. Sambungan lasan dapat lebih kuat dibandingkan material awal jika menggunakan logam pengisi dan teknik pengelasan yang tepat.

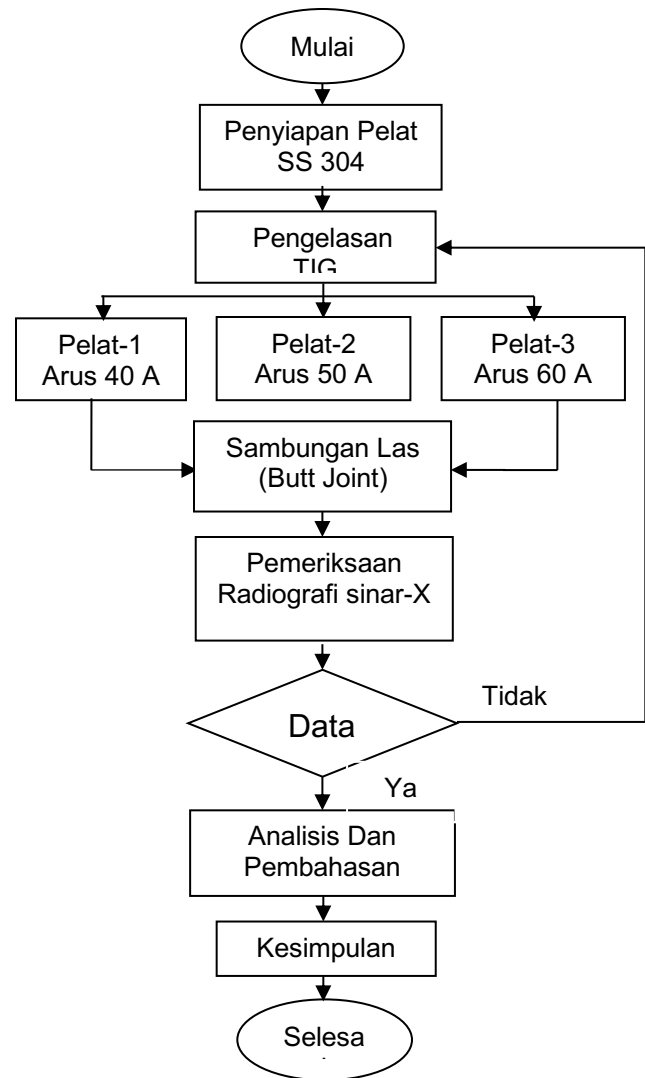
Umumnya pengelasan adalah proses penyambungan yang paling ekonomis ditinjau dari penggunaan material dan biaya fabrikasi. Pengelasan tidak hanya terbatas di lingkungan. Berdasarkan masukan panas (*heat input*) utama yang diberikan kepada logam dasar, proses pengelasan dapat dibagi menjadi 2 (dua) cara, yaitu^[2]:

1. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang berasal dari fusion (nyala api las), contohnya: las busur (*arc welding*), las gas (*gas welding*), las sinar elektron (*electron discharge welding*), dan lain-lain.
2. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang tidak berasal dari nyala api las (*non fusion*), contohnya: *friction stir welding* (proses pengelasan dengan gesekan), las tempa, dan lain-lain.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan dalam penelitian tentang analisis radiografi sinar-X terhadap sambungan pelat baja tahan karat AISI 304 ditunjukkan gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram alir Analisis radiografi sinar-X terhadap sambungan pelat baja tahan karat AISI 304 dengan arus 40 A, 50 A, dan 60 A

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sambungan Lasan

Proses penyambungan 2 (dua) buah pelat baja tahan karat AISI 304 dilakukan dengan pengelasan menggunakan metode TIG. Proses pengelasan tersebut menggunakan 3 (tiga) variasi arus, yaitu 40 A, 50 A, dan 60 A. Tipe sambungan las yang digunakan adalah *butt joint* dengan 2 (dua) pass :

a. Sambungan Pelat Nomor 1

Pada sambungan pelat nomor 1, posisi pengelasan 1G adalah posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand*) dengan posisi benda kerja horizontal. Pada pengelasan ini, posisi elektroda membentuk sudut 60° terhadap benda kerja dan arus yang digunakan sebesar 40 A. Elektroda yang digunakan adalah elektroda type AWS A5.12-80. Sambungan lasan yang dihasilkan pada pelat baja tahan karat AISI 304 adalah:

Pass 1	Pass 2
Arus : 40 A	Arus : 40 A
Volt : 9,5 V	Volt : 10,7 V
Timer : 2 menit 25 detik	Timer : 2 menit 10 detik



Gambar 2. Sambungan pelat SS 304 nomor 1

Pada pengelasan pass 1 dihasilkan sambungan pelat dengan panjang lasan 17 cm dengan kecepatan pengelasan 0,1172 cm/detik. (= 7,034 cm/menit). Sambungan lasan yang dihasilkan kurang sempurna ditandai dengan belum tembusnya logam lasan hingga bagian bawah sehingga sambungan antara dua pelat belum tertutup. Hal ini disebabkan arus yang digunakan dalam pengelasan pelat terlalu rendah. Oleh karena itu dilakukan pengelasan pass 2, dengan panjang lasan 17 cm dan kecepatan pengelasan 0,1307 cm/detik (= 7,846 cm/menit). Pada pengelasan pass 2 dihasilkan sambungan las yang telah menutupi celah diantara 2 (dua) pelat.

b. Sambungan Pelat Nomor 2

Pada sambungan pelat nomor 2, posisi pengelasan 1G. Pada pengelasan

ini, posisi elektroda membentuk sudut 60° terhadap benda kerja dan arus yang digunakan sebesar 50 A. Elektroda yang digunakan adalah elektroda type AWS A5.12-80. Sambungan lasan yang dihasilkan pada pelat baja tahan karat AISI 304 adalah:

Pass 1	Pass 2
Arus : 50 A	Arus : 50 A
Volt : 10,2 V	Volt : 9,5 V
Timer : 1 menit 50 detik	Timer : 2 menit 33 detik



Gambar 3 Sambungan pelat SS 304 nomor 2

Pada pengelasan pass 1 dihasilkan sambungan pelat dengan panjang lasan 17 cm dengan kecepatan pengelasan 0,1545 cm/detik. (= 9,27 cm/menit). Sambungan lasan yang dihasilkan kurang sempurna meskipun logam lasan sudah menembus bagian bawah pelat namun sambungan antara dua pelat masih ada celah. Hal ini disebabkan arus yang digunakan dalam pengelasan pelat masih rendah. Oleh karena itu dilakukan pengelasan pass 2, dengan panjang lasan 17 cm dan kecepatan pengelasan 0,111cm/detik (= 6,67 cm/menit). Pada pengelasan pass 2 dihasilkan sambungan las yang telah menutupi dengan jelas diantara 2 (dua) pelat.

c. Sambungan Pelat Nomor 3

Pada sambungan pelat nomor 3, posisi pengelasan 1G. Pada pengelasan ini, posisi elektroda membentuk sudut 60° terhadap benda kerja dan arus yang digunakan sebesar 60 A. Elektroda yang digunakan adalah elektroda type AWS A5.12-80. Sambungan lasan yang

dihasilkan pada pelat baja tahan karat AISI 304 adalah:

Pass 1		Pass 2	
Arus	: 60 A	Arus	: 60 A
Volt	: 12,2 V	Volt	: 10,5 V
Timer	: 1 menit 30 detik	Timer	: 2 menit 10 detik



Gambar 4. Sambungan pelat SS 304 nomor 3.

Pada pengelasan pass 1 dihasilkan sambungan pelat dengan panjang lasan 17 cm dengan kecepatan pengelasan 0,188 cm/detik. (= 11,33 cm/menit). Sambungan lasan yang dihasilkan bagus tidak ada celah namun logam lasan kurang menembus bagian bawah pelat. Pada pengelasan pass 2, dengan panjang lasan 17 cm dan kecepatan pengelasan 0,130 cm/detik (= 7,8 cm/menit) yang menghasilkan sambungan las yang sempurna diantara 2 (dua) pelat. Dengan demikian, pengelasan sambungan 2 (dua) pelat SS 304 yang menggunakan arus 60 A menghasilkan sambungan lasan terbaik dibandingkan dengan arus 40 A dan 50 A.

d. Identifikasi Cacat Lasan

Kualitas sambungan las pada pelat baja tahan karat AISI 304 dapat diketahui dengan cara menguji sambungan tersebut dengan peralatan radiografi sinar-X. Parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi kem Porositas adanya cacat sambungan las adalah sebagai berikut :

Tegangan (Voltage): 150 kV

Kuat Arus (Current) : 2 mA

Waktu (Time) : 1 Menit

(a) Sambungan Pelat SS 304 Nomor 1

Arus 40 A

IQI : ASTM-1A

Density Las : 1,9 (kehitaman lasan)

Hasil Cacat Las : Incomplete Penetration



Gambar 5. Sambungan las pelat SS 304 nomor 1.

Sambungan las pelat SS 304 nomor 1 yang dihasilkan dari pengelasan TIG dengan arus 40 A (Gambar 4.4) mempunyai densitas las sebesar 1,9. Pada sambungan las pelat nomor 1 teridentifikasi adanya cacat lasan tipe *incomplete penetration* . Tipe *incomplete penetration* merupakan sebuah cacat yang terjadi pada daerah root atau akar las tidak tembus , dengan garis lurus berwarna hitam di film radiografi dikarenakan ampere las terlalu rendah, kecepatan las terlalu cepat dan busur las terlalu tinggi.

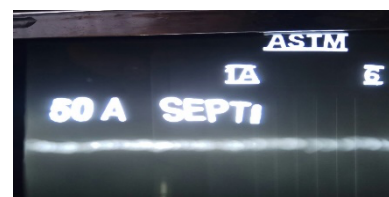
(a) Sambungan Pelat SS 304 Nomor 2

Arus 50 A

IQI : ASTM -1A

Density Lasan : 2,5 (kehitaman Lasan)

Hasil Cacat Lasan : *Porosity* (porositas)



Gambar 6. Sambungan las pelat SS 304 nomor 2

Sambungan las pelat SS 304 nomor 2 yang dihasilkan dari pengelasan TIG dengan arus 50 A (Gambar 4.5) mempunyai densitas las sebesar 2,5. Pada sambungan las pelat nomor 2 teridentifikasi adanya cacat lasan tipe porositas. Cacat lasan porositas merupakan sekelompok gelembung gas yang terjebak di dalam lasan, porosity berupa rongga-rongga kecil berbentuk bola. Pada film radiografi terlihat lubang kecil hitam, dikarenakan kecepatan las terlalu cepat, ampere terlalu tinggi dan benda kerja kotor.

(b) Sambungan Pelat SS 304 Nomor 3

Arus 60 A

IQI ASTM-1A

Density Lasan : 1,9 (kehitaman Lasan)

Hasil Cacat Lasan : *No Defect* (tanpa cacat)



Gambar 7. Sambungan las pelat SS 304 nomor 3.

Sambungan las pelat SS 304 nomor 3 yang dihasilkan dari pengelasan TIG dengan arus 60 A (Gambar 4.6) mempunyai densitas las sebesar 1,9. Pada sambungan las pelat nomor 3 tidak teridentifikasi adanya cacat lasan. Pada sambungan pelat nomor 3 tidak ditemukan adanya cacat dikarenakan sambungan las kompak menutup seluruh bagian kedua pelat yang disambung. Hal berarti parameter pengelasan dengan arus 60 Ampere dapat menghasilkan sambungan butt joint yang sempurna.

Menurut ASME Section IX mengatur batas cacat lasan yang diizinkan dalam suatu sambungan las, yaitu:

1. *Incomplete penetration* tidak diizinkan berapapun besarnya terdapat dalam sambungan las.
2. *Porositas*, batas yang diizinkan:
 - a. Ukuran total porositas maksimum 20% dari ketebalan material di tiap 6 Inchi panjang pengelasan,
 - b. Ukuran total porositas maksimum 1/8 Inchi di tiap 6 Inchi panjang pengelasan.

Berdasarkan ASME Section IX tersebut, maka sambungan las pelat nomor 1 tidak memenuhi syarat karena mempunyai cacat incomplete penetration. Pada sambungan pelat nomor 2 karena ukuran total maksimum porositas kurang dari 20% ketebalan pelat SS 304 di tiap 6 Inchi panjang pengelasan. Sambungan las pelat nomor 3 memenuhi syarat karena tidak ditemukan adanya cacat lasan, dan sambungan ini paling baik kualitasnya dibandingkan sambungan pelat nomor 1 dan sambungan pelat nomor 2.

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan ,maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pada pengelasan TIG dengan arus 60 Ampere menghasilkan sambungan *butt joint* yang lasan tembus dan tidak ada celah diantara pelat, sedangkan dengan arus 40 A dan 50 A menghasilkan sambungan yang lasanya tidak tembus dan masih ada celah diantara pelat.
- b. Cacat las *incomplete penetration* ditemukan pada sambungan pelat SS 304 hasil lasan dengan arus 40 A.

- c. Cacat las *porosity* ditemukan pada sambungan pelat SS 304 hasil lasan dengan arus 50 A.
- d. Cacat las tidak ditemukan pada sambungan pelat SS 304 dengan arus 60 A.
- e. Sambungan las pelat nomor 2 dan sambungan las pelat nomor 3 memenuhi syarat, sedangkan sambungan pelat nomor 1 tidak memenuhi syarat kualitas sesuai *ASME section IX*.
- f. Sambungan *butt joint* pelat SS 304 hasil pengelasan TIG dengan arus 60 A mempunyai kualitas terbaik dibandingkan sambungan dengan arus 40 A dan 50 A.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Prasetyo, H. dan W. Sutopo, 2018. Mohrni, A.S. dan B.H. Kembaren, (2013). Pengaruh Variasi Kecepatan dan Kuat Arus Terhadap Kekerasan, Tegangan Tarik, dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda E6013, *J. Rekayasa Mesin*, Vol. 13, No. 1, hal. 1-8.
- [2]. "Industri 4.0: Telaah Klasifikasi Aspek dan Arah Perkembangan Riset", *J. T. Industri UNDIP*, Vol. 13, No. 1, hal. 17-26.
- [3]. Harsono W. dan T. Okumura, (2010). *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [4]. Cahya dan Ichwan, 2008. "Analisa Pengaruh Pengelasan TIG dan MIG Pada Sambungan Lasan Dengan Material Tipe SS 316 dan 304", *SINTEK Jurnal : Teknik Mesin UMJ*, Vol. 2, No. 1, hal. 46-57
- [5]. Sungkono, J. Setiawan, Isfandi, dan I. Azis, 2019. "Pelapisan Permukaan Baja Tahan Karat AISI 304 Dengan Khrom Oksida Menggunakan Metoda Sputtering", *Urania*, Vol. 25, No. 2, hal. 71-79.
- [6]. Amir Arifin , Tommy Sulistyawan 2017 "Peningkatan Kualitas Sambungan Las Baja Karbon Rendah Dengan Metode Taguchi" *Teknik Mesin Untirta* Vol. III, No. 2, hal. 59 - 63
- [7]. Setiawan, D. dan Imran, (2019). *Analisa Cacat Las Pada Pengelasan SMAW Butt Joint Dengan Variasi Arus*, *J. T. Mesin*, Vol. 2, No. 2, hal. 53-62.
- [8]. Endramawan, T., E. Haris, F. Dionisius, dan Y. Prika, (2017). *Aplikasi Non Destructive Penetrant Testing (NDT-PT) Untuk Analisis Hasil Pengelasan SMAW 3G Butt Joint Joint*, *J. Teknologi Terapan*, Vol. 3, No. 2, hal. 44-48.
- [9]. Anggigi, H. U. Budiarto, dan A. F. Zakki, 2019. "Analisa Pengaruh Temperatur *Normalizing* Pada Sambungan Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Mikrografi Baja Karbon Rendah", *J. T. Perkapalan*, Vol. 7, No. 4, hal. 504-513.
- [10]. Naharuddin, Alimuddin Sam, Candra Nugraha 2015 "Kekuatan Tarik dan Bending Sambungan Las Pada Material SM 490 Dengan Metode Pengelasan SMAW dan SAW "Universitas Tadulako Palu, Indonesia Vol. 6 No. 1.
- [11]. Ardiyansyah, R.T., M. Basuki dan Soejitno. (2017). *Analisa Cacat Las Pada Pengelasan Butt Joint Dengan Variasi Arus & Posisi Pengelasan*. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V*, ITATS, hal. 111-116.
- [12]. ASME V 2019 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section V: *Nondestructive Examination*

- [13]. American Welding Society. (2011). AWS Welding Handbook. Ninth Edition (Vol.4). American Welding Society. Miami.