

# ANALISIS TERJADINYA KOROSI BATAS BUTIR AKIBAT PROSES PENGELASAN GTAW PADA MATERIAL AUSTENITIC STAINLESS STEEL AISI A304

Mudjiyanto Ramadhan Cahya<sup>1</sup>, Wawan<sup>2</sup>, Amri Abdulah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin STT WASTUKANCANA Purwakarta

<sup>1</sup> mudjiyanto.ramadan@gmail.com <sup>2</sup> wawan.st69@gmail.com <sup>3</sup> amri@stt-wastukancana.ac.id

## ABSTRAK

*Austenitic stainless steel* Seri 300, AISI A304 merupakan jenis paling umum digunakan pada berbagai Industri, karena memiliki sifat non magnetik, mampu bentuk, mampu las dan ketahanan korosi lebih baik dibandingkan dengan *ferritic stainless steel* dan *martensitic stainless steel*. Namun pada temperatur 500°C-800°C, rentan terhadap korosi antar butir (*intergranular corrosion*), untuk itu perlu dilakukan analisis korosi. Metode analisis yang dilakukan yaitu dengan pengujian yang meliputi *non destructive test*, *destructive test*, metalografi dan *SEM*, pada material *austenitic stainless steel* AISI A304 dengan variasi kuat arus 75 A, 100 A dan 125 A, menggunakan *filler metal* ER308 terhadap *intergranular corrosion* dengan analisis data menggunakan deskriptif. Hasil pengujian pada kuat arus 100 A dan 125 A terjadi *intergranular corrosion* pada batas butir logam, menyebabkan terbentuknya pengendapan *chromium carbide* ( $Cr_{23}C_6$ ) dalam bentuk presipitat halus pada batas butir dan tidak terbentuk didalam butiran itu sendiri.

Kata kunci : *Austenitic stainless steel*, *intergranular corrosion*, pengelasan.

## 1. Latar Belakang

Baja tahan karat (*Austenitic Stainless Steel*) Seri 300, banyak digunakan di industri, terutama industri kimia, industri pengolahan makanan dan obat-obatan, industri minyak dan gas, dan industri pupuk. Hal ini disebabkan karena baja ini memiliki ketahanan korosi, sifat mampu bentuk dan mampu las yang lebih baik dibandingkan dengan *martensite stainless steel* dan *ferritic stainless steel*. Namun demikian, baja ini dapat mengalami penurunan ketahanan korosi, apabila dilakukan proses pengelasan yang disebabkan oleh adanya fenomena sensitasi.

Sensitasi adalah terbentuknya presipitasi karbida krom ( $Cr_{23}C_6$ ) pada batas butir *austenite* akibat pendinginan lambat (680°C-480°C). Fenomena ini disebut *intergranular corrosion* (IGC), yaitu peristiwa terjadinya *chromium depletion* di area sekitar batas butir sehingga dapat menurunkan *passive protective layer* di area yang mengalami penurunan komposisi krom.

Penanggulangan masalah sensitasi, dapat dilakukan dengan cara menerapkan proses *solution treatment*. Namun aplikasi metode ini sangat sulit dilakukan, terutama untuk *equipment* yang berdimensi besar. Oleh sebab itu, maka dibutuhkan suatu metode penanganan yang *applicable* di lapangan.

## 2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka identifikasi masalah pada penelitian ini yaitu :

- Menghindari terjadinya fenomena sensitasi dengan menentukan material yang sesuai.
- Mengatur parameter proses pengelasan.
- Memilih *filler metal* yang standar.

## 3. Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini, terangkum pada :

Bagaimanakah mengatur parameter proses dan pemilihan *filler metal* pada pengelasan material *Austenitic stainless steel* AISI A

304 agar terhindar dari fenomena *intergranular corrosion* ?

#### 4. Batasan Masalah

Korosi batas butir pada material *Austenitic stainless steel* AISI A 304 setelah proses pengelasan. Fenomena terjadinya korosi, merupakan pembatasan dalam penelitian ini.

#### 5. Literatur

##### a. Karakteristik *Austenitic Stainless Steel*

Salah satu kelompok baja tahan karat yang banyak digunakan adalah *austenitic stainless steel*. Dikenal secara luas dengan nama 18-8 (Cr-Ni), mempunyai ketahanan temperatur > 760 °C, tetapi ketahanan oksidasinya terbatas pada temperatur tinggi, ketahanan korosi dan mampu las yang lebih baik dibandingkan baja tahan karat lainnya. *Austenitic stainless steel* memiliki *single phase, face centered cubic* (FCC). Unsur paduan utama Krom (Cr) dan Nikel (Ni) dengan sedikit unsur paduan lain seperti Molibdenum (Mo), Tembaga (Cu) dan Mangan (Mn). Kandungan kromium merupakan pembentuk *passive protective layer* yang dapat mencegah terjadinya oksidasi dan korosi. Nikel merupakan elemen pendukung yang paling dominan pada pembentukan austenit, yang ditambahkan dalam jumlah lebih dari 8%wt. Elemen pendukung lainnya adalah C, N dan Cu. *Range* komposisi standar dari baja tahan karat jenis ini adalah :

**Cr** (16-25 %wt), **Ni** (8-20 %wt), **Mn** (1-2 %wt), **Si** (0,5-3 %wt), **C** (0,02-0,08 %wt) dan (<0,04 %wt untuk *grade L*), **Mo** (0-2 %wt), **N** (0-0,15 %wt) **Ti** (0-0,2%wt dan **Nb**).<sup>(9)</sup>

##### b. Tinjauan Umum Proses Pengelasan

Menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*) pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan. Dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair yang merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas, dengan atau tanpa tekanan, atau hanya tekanan, dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*).<sup>(3,9)</sup>

Salah satu teknik pengelasan yang dikenal dalam penyambungan baja tahan karat adalah proses pengelasan las busur GTAW (*gas tungsten arc welding*). Dalam proses pengelasan diperlukan alat yang

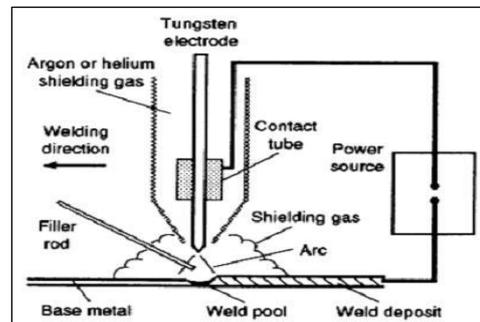
digunakan untuk memanaskan dan atau menekankan kedua bagian logam yang akan disambung.<sup>(9)</sup>

Peralatan ini dapat didasarkan pada penggunaan energi listrik, energi gas atau energi mekanik.<sup>(2)</sup> Proses pengelasan dapat dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu :

1. Pengelasan mencair (*fusion welding*).
2. Pengelasan tidak mencair (*solid state welding*).
3. *Soldering* atau *brazing*.

##### c. Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

*Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) merupakan pengelasan yang dilakukan dengan menggunakan busur las antara elektroda tungsten dan benda kerja yang akan disambung. Sebagian logam induk mencair akibat pemanasan busur listrik yang timbul diantara ujung elektroda dan permukaan benda kerja.. Sementara *filler metal* yang digunakan merupakan penyuplai logam las, oleh karena itu maka material yang digunakan mirip dengan logam induk. Gas pelindung yang bersifat lembam (*inert*) seperti Argon dan Helium diberikan pada saat proses pengelasan untuk melindungi logam las maupun elektrodanya dari kontaminasi atmosferik serta memperpanjang busur.<sup>(2,9)</sup>



Gambar Skema Proses GTAW<sup>(9)</sup>

##### d. Korosi

Korosi didefinisikan sebagai serangan merusak, karena reaksi dengan lingkungan sekitarnya yang merupakan reaksi elektrokimia, bersifat alamiah, berlangsung dengan sendirinya dan biasanya dimulai di permukaan. Proses korosi terjadi jika terdapat faktor-faktor yang terlibat dalam proses, yaitu : anoda, katoda, dan larutan elektrolit. Banyak kasus di mana ketahanan korosi *weld metal* lebih tinggi daripada *base*

*metal*. Namun, ada kalanya juga *weld metal* rentan terhadap korosi.

Terkadang sulit untuk menentukan mengapa *weld metal* mengalami korosi, namun satu atau lebih faktor berikut sering terlibat yaitu : lapisan oksida dan *scale*, pilihan *filler metal* yang tidak tepat, *final surface finish*, dan faktor metalurgi. Siklus pemanasan dan pendinginan yang terjadi selama proses pengelasan akan mempengaruhi struktur mikro dan komposisi permukaan daerah lasan dan daerah HAZ.<sup>(7,8,9)</sup>

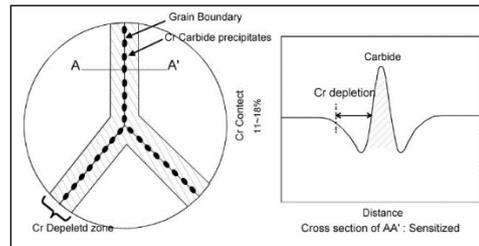
#### e. Sensitisasi

Adalah cacat atau kerusakan las (*weld decay*), terjadi selama proses pengelasan disekitar HAZ. Pada temperatur 482 °C - 760 °C, terbentuklah *chromium carbide* ( $Cr_{23}C_6$ ) sepanjang butiran Austenit, sehingga menurunkan ketahanan korosi dan lapisan pasif (*protective passive film*). Batas butir akan menjadi anodik dan butirnya sendiri akan menjadi lebih katodik, sehingga batas butir akan lebih mudah terkorosi.<sup>(4,9)</sup>

Krom karbida sebagian besar terbentuk pada batas butir dan tidak terbentuk didalam butiran itu sendiri. Hal ini terjadi karena adanya laju difusi (*diffusion rate*) atom-atom *chromium* (Cr) melewati volume butir dan sepanjang batas butir yang jenuh dengan ketidak sempurnaan dari kisi-kisi kristal.<sup>(4,9)</sup>

Perlakuan panas memungkinkan pembentukan partikel presipitat karbida krom kecil di sepanjang batas butir dengan reaksi antara kromium dan karbon dalam *stainless steel*. Baik kromium dan karbon harus berdifusi ke batas butir untuk membentuk presipitat, meninggalkan *chromium depleted zone* yang berdekatan dengan batas butir. Akibatnya, daerah batas butir menjadi sangat rentan terhadap korosi.<sup>(4,9)</sup>

Sensitisasi terjadi karena pembentukan krom karbida sepanjang batas butir, sehingga kadar kromium menipis di daerah yang berdekatan dengan batas butir. Daerah ini menyebabkan perbedaan potensial elektrokimia yang dapat mempromote terjadinya korosi terlokalisasi pada struktur mikro.<sup>(4,9)</sup>

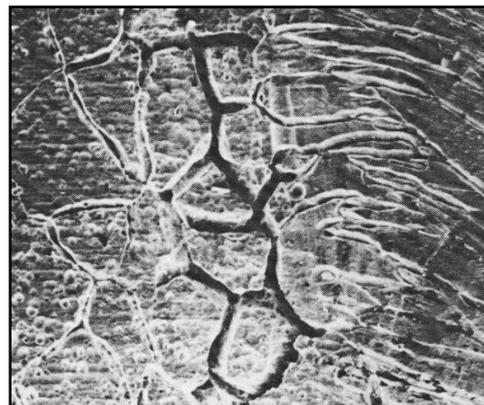


Gambar Daerah *depleted* yang berdekatan dengan presipitat<sup>(3)</sup>

Jika pengurangan ini menurunkan kadar krom sampai di bawah 12 %wt yang diperlukan untuk mempertahankan lapisan pasif protektif, maka akan mengalami sensitisasi dan akhirnya korosi. Fenomena sensitisasi dapat dihindari antara lain dengan memadukan baja tahan karat dengan logam lain seperti niobium atau titanium, yang memiliki kecenderungan yang lebih besar untuk membentuk karbida daripada kromium Cr sehingga tetap dalam larutan padat.<sup>(2)</sup>

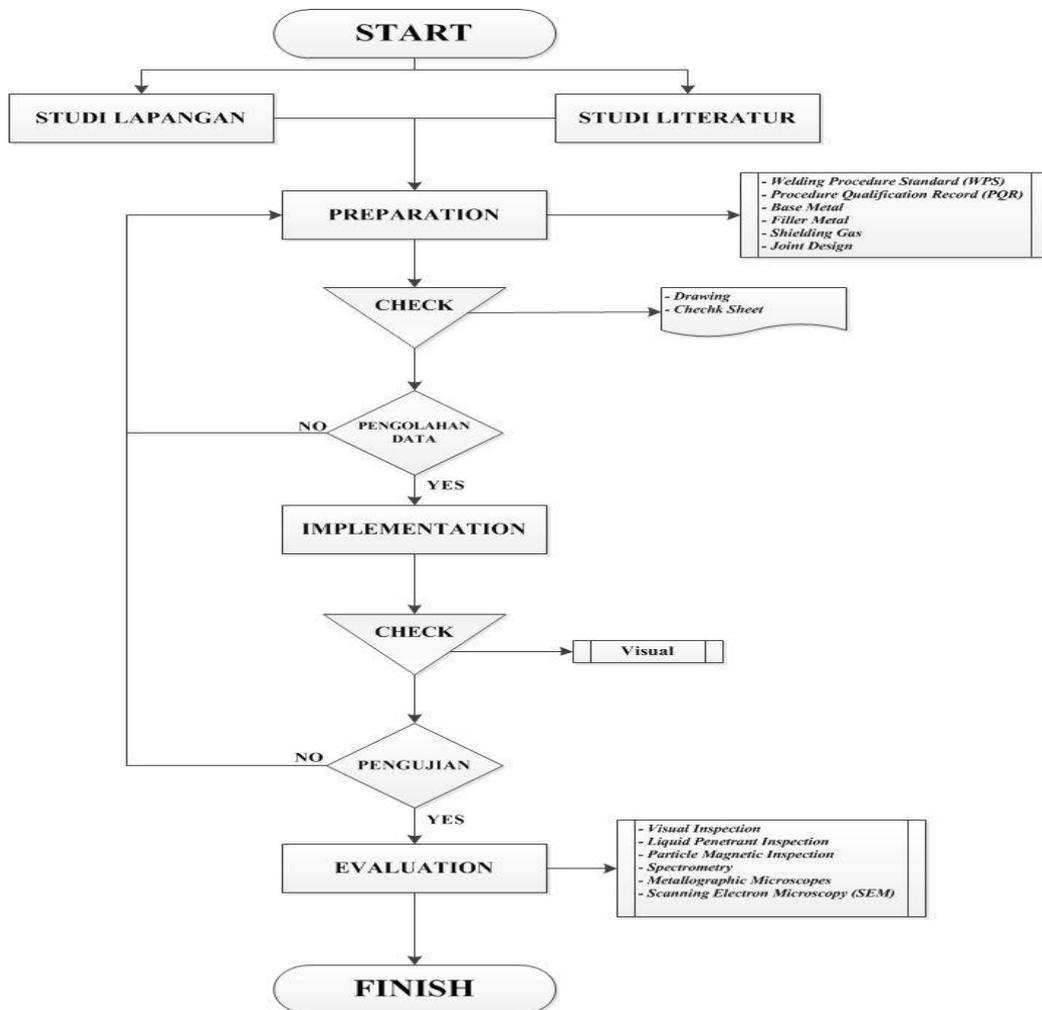
#### f. Intergranular Corrosion (Korosi Batas Butir)

*Intergranular corrosion* merupakan korosi batas butir logam, disebabkan oleh pendinginan perlahan dari temperatur sensitisasi (500 °C-850 °C), menyebabkan terbentuknya pengendapan krom karbida  $Cr_{23}C_6$  dalam bentuk presipitat halus pada batas butir, menghilangkan sifat perlindungan kromium pada daerah tengah butir, sehingga akan mudah terkorosi.<sup>(4,7)</sup>



Gambar Korosi batas butir.<sup>(4)</sup>

## 6. Metodologi Penelitian



## 7. Pembahasan

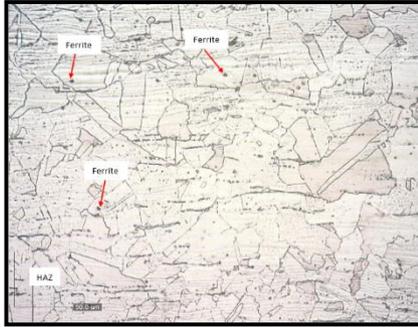
### a. Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan dilakukan di Laboratorium Metalurgi Institut Teknologi Bandung. Spesimen terlebih dahulu melalui proses etsa dengan menggunakan  $\text{HNO}_3$  (10ml),  $\text{HCL}$  (20ml),  $\text{H}_2\text{O}$  (30ml), dilihat menggunakan mikroskop optic dengan pembesaran 200x. Pengamatan dilakukan pada area HAZ, *fusion line*, dan *welding zone*.

### b. Struktur Mikro HAZ pada Kuat Arus 75 Ampere

Pengelasan dengan kuat arus yang rendah mengakibatkan masukan panas tidak terlalu besar, terlihat dari ukuran besar butir. Hal ini menunjukkan karena terjadinya transformasi, rekristalisasi parsial dari pembentukan struktur ferit ( $\alpha$ ) halus dan struktur austenit ( $\gamma$ ) yang lebih kasar dan padat, terjadi karena proses pendinginan secara perlahan dan

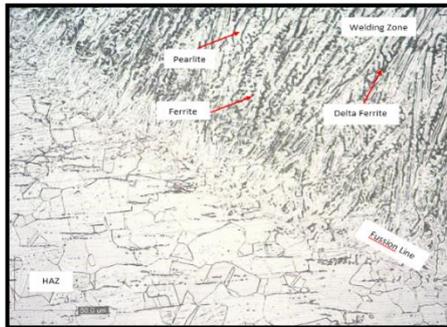
didominasi austenit yang berbentuk memanjang dan terlihat halus.



Gambar Foto mikro pengelasan 75A pada area HAZ

### c. Struktur Mikro *Fusion Line* pada Kuat Arus 75 Ampere

Pada foto mikro *fusion line* terlihat fasa ferit ( $\alpha$ ) (warna hitam) pada matriks austenit ( $\gamma$ ) (warna putih). Memiliki struktur dengan butir-butir yang lebih kasar, hal ini disebabkan *base metal* menerima panas yang lebih. Perubahan struktur mikro yang terjadi disebabkan oleh perilaku panas yang ditimbulkan selama proses pengelasan.



Gambar Foto mikro pengelasan 75A pada area *fusion line*

## 8. Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Dari seluruh rangkaian percobaan dan pengujian yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Terhadap kecacatan material dengan menggunakan *dye penetrant*, diketahui bahwa tidak ditemukan keretakan pada material pengujian tersebut.

2. Terjadi sifat magnetis pada semua area pengelasan.
3. Sensitisasi terjadi karena pembentukan krom karbida sepanjang batas butir, sehingga kandungan kromium menipis disekitarnya. Hal ini dapat mempromote terjadinya korosi terlokalisasi pada struktur mikro.
4. Perlakuan panas memungkinkan pembentukan partikel presipitat karbida krom kecil di sepanjang batas butir dengan reaksi antara kromium dan karbon dalam *stainless steel*.
5. Kromium dan karbon harus berdifusi ke batas butir untuk membentuk presipitat, meninggalkan *chromium depleted zone* yang berdekatan dengan batas butir. Akibatnya, daerah batas butir menjadi sangat rentan terhadap korosi.
6. Proses pengelasan pada material *austenitic stainless steel* AISI A304 dengan menggunakan *filler metal* ER 308 dengan menerapkan kuat arus 75 Ampere tidak menimbulkan fenomena terjadinya serangan *intergranular corrosion*.
7. Proses pengelasan pada material *austenitic stainless steel* AISI A304 dengan menggunakan *filler metal* ER 308 pada kuat arus 100 Ampere dan 125 Ampere, terbukti terjadi serangan *intergranular corrosion*. Hal ini terlihat pada *fusion line* dan *welding zone area*.

### Saran

Penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesempurnaan, sehingga diharapkan dapat dilanjutkan oleh Peneliti lain yang tertarik melakukan penelitian pengelasan terhadap material *austenitic stainless steel* AISI A304.

Keterlanjutan penelitian ini dapat dilakukan pada :

1. Memastikan metode pendinginan pada material setelah proses pengelasan.
2. Pembuktian proses *quenching* terhadap hasil pengelasan, agar tidak terbentuk fenomena *intergranular corrosion*.
3. Melakukan penelitian lanjut untuk pengamatan, sehingga tidak terbentuk sensitisasi apabila pengelasan menggunakan teknik yang berbeda.
4. Menentukan material elektroda atau logam tambahan yang sesuai, agar dihasilkan logam las bebas retak

## Daftar Pustaka

1. Wiryosumarto. H, Okumura.T. 2008, *Teknologi Pengelasan Logam*, cetakan kesepuluh, halaman 1. PT. Balai Pustaka, Jakarta.
2. Sonawan. H, Suratman R. 2003, *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam* halaman 1-16. Alfabeta, Bandung.
3. Murfi. A. 2017, Tesis *Pengaruh Kuat Arus dan Kecepatan Pengelasan Dengan Menggunakan Gas Tungstee Arc Welding (GTAW) Pada Austenitic Stainless Steel AISI A 304 dan AISI A 316L*, Magister Teknik Mesin. Universitas Pasundan Bandung.
4. Budianto. A, Purwantini. K, Sujitno. T. 2009, *Jurnal Pengamatan Struktur Mikro Korosi Antar Butir Dari Mineral Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan*, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN, Yogyakarta.
5. Al Fajri, MH. Aris, M. 2013, *Jurnal Pengelasan GTAW Terhadap Bentuk Hasil Lasan Dan Struktur Mikro SS316L*, Departemen Metalurgi Dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
6. Triyono, Arifin. Z, Sutaryono. 2005, *Jurnal Validasi Diagram Schaeffler, Delong dan WRC 1992 Dalam Memprediksi Struktur Mikro Pada Pengelasan Logam Berbeda Dengan Baja Tahan Karat*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS, Solo.
7. Priyotomo, G. 2008, *Kamus Saku Korosi Material*, volume 1 no 1, Pusat Penelitian Metalurgi-LIPI, Banten.
8. Fontana, M.G. 1986, *Corrosion Engineering*, Third Edition, Mc Graw-Hill Book Company, Singapore.
9. Indraswari, R. 2010, *Jurnal Pengaruh Pengelasan Pada Stainless Steel*, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.