

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Baja tahan karat *Austenitic stainless steel* (seri 300) merupakan kelompok material teknik yang sangat penting yang telah digunakan luas dalam berbagai lingkungan industri, khususnya baja tahan karat *austenitic stainless steel* 316L<sup>[24]</sup>, contohnya dalam aplikasi pembangkit tenaga, industri kimia, elektronik, termal, nuklir dan kertas, dan banyak produk kimia, seperti peralatan dapur dan *automobile*. Selain itu, baja tahan karat tersebut juga digunakan untuk aplikasi *purity* dan *sanitary* dalam industri farmasi, *dairy*, *water heat treatment* dan pengolahan makanan. Hal ini dikarenakan baja tahan karat jenis ini memiliki sifat-sifat non-magnetik, sifat mekanik yang baik, mudah difabrikasi dengan mampu las (*weldability*) yang baik, mudah dibersihkan dan mempunyai ketahanan korosi yang lebih baik dari pada baja tahan karat martensitik dan baja tahan karat feritik, sehingga pemakaiannya lebih banyak pada lingkungan korosi berat.

Ketahanan korosi baja tahan karat ini sangat baik disebabkan oleh adanya ketebalan lapisan pelindung pasif yang terdiri dari  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Namun, baja ini mempunyai kepekaan terhadap beberapa korosi, diantaranya adalah korosi *pitting* (sumuran). Selain itu baja tahan karat ini juga mempunyai temperatur *sensitization* (500 – 800 °C) sesuai dengan beberapa kondisi, diantaranya adalah pada saat operasi pengelasan (*weld decay*/endapan lasan yang muncul di daerah HAZ).

Dalam sektor industri, dibutuhkan proses penggunaan baja tahan karat seperti *manufacturing engineering* (teknik pembuatan) khususnya di bidang pemesinan (*machining*) atau pabrikan (*fabrication*). Salah satu kegiatan pemesinan yang sangat banyak dilakukan adalah proses pengelasan.

Pengelasan dari *austenitic stainless steel* 316L dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode, diantaranya *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)

Universitas Indonesia

dan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Pengelasan pada baja menghasilkan perubahan struktur mikro pada logam lasan dan HAZ relatif dibandingkan dengan logam dasarnya. Perubahan tersebut merupakan suatu perubahan dalam keseimbangan fasa yang diinginkan, pembentukan unsur intermetalik, pertumbuhan butir, segregasi paduan dan elemen pengotor, dan reaksi lainnya. Pada umumnya, hal-hal tersebut akan mendorong terjadinya perubahan sifat-sifat khususnya sifat korosi baik di daerah logam lasan maupun *Heat Affected Zone* (HAZ).

Dalam lingkungan dan kondisi tertentu, meskipun termasuk dalam kelompok baja tahan korosi, *austenitic stainless steel* rentan terhadap kerusakan akibat korosi, seperti *pitting corrosion*. Suatu proses yang telah dirancang untuk 25 tahun operasi dapat 15 tahun sudah harus diganti, *shutdown* beroperasi, dan akibat lainnya karena kegagalan material, salah satunya korosi. Dalam kondisi operasi, korosi dapat menyebabkan pelarutan lapisan permukaan pada material konstruksi, meningkatkan kekasaran dan porositas permukaan, dan distribusi tidak merata pada elemen paduan. Korosi dapat mengakibatkan kebocoran-kebocoran pada instalasi di berbagai industri sehingga sangat merugikan.

Kegagalan korosi yang terjadi pada logam lasan antara lain dapat disebabkan oleh pemilihan *base metal* dan filler metal yang dapat menimbulkan oksidasi permukaan, penggunaan *gas back shielding/purging* dan juga adanya pengaruh laju pendinginan atau transfer panas karena perbedaan ketebalan material. Selain itu, faktor metalurgi akibat pengelasan juga dapat mempengaruhi sifat korosi seperti adanya *precipitations of secondary phases* dan fenomena sensitisasi.

Baja tahan karat austenitik memiliki ketahanan oksidasi yang baik, bahkan pada temperatur tinggi, sehingga sering disebut *heat-resisting alloys*. Ketahanan terhadap oksidasi temperatur tinggi merupakan fungsi utama dari kadar kromium, dan beberapa paduan kromium yang tinggi (25-30%) dapat digunakan pada temperatur sampai 1000 °C.

Selama proses pengelasan, dihasilkan oksida-oksida temperatur tinggi

**Universitas Indonesia**

yang berasal dari filler di seluruh permukaan daerah lasan dan daerah yang berdekatan dengan HAZ. Ketebalan dan komposisi kimia oksida ini bergantung pada temperatur, waktu dan lingkungan pengelasan (gas pelindung inert) yang berbeda dari oksida alami. Variasi oksidasi akan menghasilkan tingkat penurunan kadar kromium pada logam lasan. Perilaku ini akan menyebabkan kecenderungan untuk terjadinya korosi lokal seperti korosi sumuran (*pitting corrosion*).

Ketahanan korosi bergantung pada keseragaman kehalusan permukaan teroksidasi yang bebas dari partikel-partikel asing dan ketidakteraturan. Deposit-deposit bervariasi tergantung pada tingkat kekasaran dan spatter pengelasan yang dapat dikurangi dengan melalui proses penggerindaan. Selain itu, dengan pemilihan *welding consumable* yang tepat, flux yang tepat, dan pembersihan permukaan lasan dapat meningkatkan ketahanan korosi. Untuk menghilangkan oksida-oksida diperlukan suatu perlakuan seperti *grinding* yang juga dapat menghilangkan lapisan oksida permukaan.

*Pitting* terjadi 1-3 mm dari garis fusi, dalam *base metal* daripada HAZ temperatur tinggi. Sehingga perlu dilakukan pengontrolan *heat-tint*, dan efek dari sisa oksida pengelasan terhadap ketahanan *pitting*. Von Moltke et al. menghubungkan kehilangan kromium dalam *heat tint* pada temperatur tertinggi dengan penguapan kromium oksida,  $Cr_2O_3$ . Serangan *pitting* secara normal terlokalisasi beberapa milimeter dari garis fusi dimana fraksi  $Cr/(Cr+Fe)$  memiliki nilai terendah pada oksida yang ada. Von Moltke et al. menyimpulkan bahwa oksida pengelasan yang kaya akan besi adalah sangat merusak, dimana material dengan oksida yang kaya akan kromium lebih tahan terhadap serangan korosi. Disimpulkan bahwa oksida yang kaya akan besi berperan sebagai ion membran selektif yang mengabsorb klorida, tetapi mencegahnya dari pembebasan difusi.

Ketahanan meningkat dengan permukaan yang semakin halus. Oksida pengelasan menyebabkan beberapa kegagalan pada baja seperti serangan lokal *pitting* pada sisi *root*, yang diawali oleh pembersihan setelah pengelasan (*post-weld cleaning*) yang tidak tepat. Hal ini merupakan kasus khusus untuk produk-

**Universitas Indonesia**

produk *tubular* yang dilas dimana *pickling* dapat dimulai pada permukaan luar, tetapi *backing gas* harus digunakan pada sisi *root* untuk menekan pembentukan oksida<sup>[32]</sup>.

Oleh karena itu, pencegahan oksidasi lebih baik dilakukan yaitu dengan melakukan *gas back purging* yang dilakukan pada metoda pengelasan GTAW, untuk melindungi bagian *root-pass* pada daerah sambungan dari oksidasi selama pengelasan. Hal ini telah didukung oleh penelitian sebelumnya yang menjelaskan tentang beberapa tingkat oksidasi lasan selama pengelasan dan metoda untuk mengontrol laju oksidasi dengan *gas back-purging* serta penggunaannya di dalam pipa<sup>[20 & 28]</sup>.

Dalam penelitian-penelitian sebelumnya telah dilakukan berbagai studi tentang perilaku oksidasi pada metoda-metoda pengelasan tertentu pada jenis material yang berbeda. Salah satu penelitian sebelumnya yang telah menjadi petunjuk adanya hubungan antara oksidasi dengan korosi adalah penelitian yang dilakukan oleh salah satu mahasiswa fisika Universitas Indonesia yang mengatakan bahwa kemungkinan adanya reaksi gabungan yaitu proses oksidasi suhu tinggi sewaktu di PWHT yang lebih mempercepat sensitisasi sewaktu dikorosikan pada metoda SMAW<sup>[27]</sup>.

Selain itu penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sumaryono mengatakan bahwa baja tahan karat austenit tipe 316 banyak digunakan untuk pembuatan bejana tekan, tangki, pipa dan lain-lain yang memerlukan penyambungan dengan pengelasan<sup>[27]</sup>. Akibat panas pengelasan tersebut baja tahan karat tersebut mudah mengalami sensitisasi, dimana ketahanan korosi baja menurun. Hal ini disebabkan karena pada daerah sambungan las khususnya di daerah pengaruh panas (HAZ) terbentuk karbida krom. Dalam penelitian ini telah dipelajari pengaruh proses pengelasan terhadap terjadinya sensitisasi. Proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan teknik las busur listrik elektroda terbungkus (SMAW). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju korosi dalam bentuk sensitisasi meningkat setelah benda uji mendapatkan perlakuan.

Dalam hal ini, perlu kiranya ditinjau hubungan antara oksidasi dan korosi,

**Universitas Indonesia**

pengaruh oksidasi dalam pengelasan terhadap sifat korosi serta pemilihan proses metoda pengelasan yang efektif dan efisien dalam *Austenitic Stainless Steel 316L* dalam kaitannya dengan ketahanan terhadap korosi.



Gambar 1.1. Pitting Corrosion Pipa Boiler & Cooling Water <sup>[22]</sup>

## 1.2. Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

1. Mencari hubungan oksidasi permukaan akibat pengelasan pada *austenitic stainless steel 316L* dan pengaruhnya terhadap perilaku korosi dengan memvariasikan metoda pengelasan, jenis filler, gas pelindung dan ketebalan material.
2. Mengetahui jenis-jenis oksida pengelasan.
3. Mencari metoda proses pengelasan yang efektif dan efisien dengan tetap mempertahankan sifat ketahanan korosi yang baik.
4. Mengetahui hubungan oksidasi permukaan dengan proses sensitisasi dan pembentukan *precipitations of secondary phases* serta pengaruhnya terhadap perilaku korosi.

### 1.3. Perumusan Masalah

Proses pengelasan merupakan suatu proses dengan temperatur tinggi yang dapat mempengaruhi bentuk struktur mikro, sifat mekanik dan juga perilaku korosi. Hasil pengelasan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah filler, metoda pengelasan, ketebalan material dan gas pelindung. Faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan terjadinya proses oksidasi permukaan terutama yang terjadi pada daerah lasan dan HAZ.

Masalah yang dihadapi dalam pengelasan austenitik SS 316 L bahwa material ini sangat reaktif terhadap atmosfer (oksigen) dan unsur karbon, pada rentang suhu antara 600 – 850 °C, akan dapat membentuk senyawa khrom karbida karena adanya fenomena sensitisasi.

Bertitik tolak dari uraian di atas, dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi adalah apakah diperlukan perlakuan pembersihan setelah pengelasan untuk menghilangkan oksidasi permukaan dan diharapkan dapat dirumuskan metoda pengelasan yang lebih baik untuk mengurangi korosi khususnya korosi *pitting*.

### 1.4. Pembatasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada kegiatan mencari hubungan oksidasi permukaan yang terjadi dalam pengelasan baja *austenitic* SS 316 L dan pengaruhnya terhadap perilaku korosi dengan memvariasikan metoda proses pengelasan, ketebalan material dan filler dengan beberapa batasan-batasan.

Bertitik tolak dari latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana perlakuan yang diterapkan agar dapat mempertahankan ketahanan korosi dengan pemilihan metoda yang tepat pada material *austenitic stainless steel* 316L tersebut.

Adapun batasan-batasan lain yang berkenaan dengan penelitian ini adalah :

1. Material logam induk yang digunakan : Pelat baja tahan karat dengan tipe *austenitic stainless steel* 316L yang memiliki ketebalan 1,5 mm dan 3 mm

2. Proses pengelasan yang digunakan:
  - *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)
  - *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW), dengan variasi filler dan penggunaan *gas back purging*
3. Kawat las yang digunakan :
  - SMAW : Spesifikasi AWS A5.4 E316L-16 (18Cr-13Ni) diameter 2 mm
  - GTAW : Spesifikasi AWS A5.9 ER316L, diameter 1,6 mm  
Filler TGX : TGX 316L (R316LT1-5), diameter 2,2 mm
4. Gas Pelindung (*shielding gas*) yang digunakan : 100% argon (Ar)
5. Pemeriksaan-pemeriksaan yang dilakukan :
  - Pengamatan Visual
  - Pengamatan struktur mikro : Mikroskop optik secara makro dan mikro
  - Distribusi kekerasan pada daerah logam induk, HAZ dan logam las
  - Pengamatan fraktografi : SEM
  - Pengamatan unsur : EDS
  - Pengukuran kedalaman *pitting* : *Surface Roughness Meter*
  - Penghitungan fasa : *Software Picsara*