

ANALISIS KOROSI PROSES CLADDING DENGAN ELEKTRODA STAINLESS STEEL PADA BAJA KARBON

Yusril Irwan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional

Jl. PKH. Mustapa. No.23, Bandung 40124

e-mail : yusrilirwan1@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan Baja pada saat ini tidak tergantikan, hal ini dikarenakan baja memiliki keunggulan sifat mekanis dibandingkan dengan material teknik jenis lain, karena sifat mekanis yang dimiliki baja dapat divariasikan sesuai dengan kebutuhan dan penggunaannya. Namun baja karbon sangat mudah terserang korosi. Korosi merupakan suatu proses alamiah yang tidak dapat dihindari melainkan korosi tersebut hanya dapat dikendalikan.

Salah satu cara untuk menghambat laju korosi pada baja karbon adalah dengan penambahan lapisan pada permukaan baja yang dikenal dengan proses Cladding. Namun dewasa ini, proses Cladding dapat dilakukan dengan cara pengelasan atau yang lebih dikenal dengan proses Weld Overlay Cladding, yaitu melapisi kembali suatu material dengan proses pengelasan yang menggunakan elektroda yang memiliki ketahanan terhadap korosi, salah satunya yaitu Elektroda Stainless Steel E 316.

Untuk itu dalam penelitian ini ditelaah pengaruh dari proses Weld Overlay Cladding terhadap ketahanan korosi dengan cara pengujian korosi menggunakan media uap dari larutan H_2SO_4 sehingga berinteraksi dengan lapisan Cladding membentuk kerak (scale) yang disebut juga proses sulfidasi yang bisa menyebabkan terjadinya korosi. Dan untuk mengetahui perubahan yang terjadi maka dilakukan pengujian sifat-sifat mekanik, analisis struktur mikro serta pengujian mikroskopik. Dari hasil pengujian diatas dapat di ketahui pengaruh cladding cukup besar, terutama terhadap laju korosi dan karakteristik mekanik dari baja tersebut.

Kata kunci : baja, Cladding, Sulfidasi.

1. PENDAHULUAN

Hampir semua benda atau material memiliki kecenderungan untuk berubah, baik dalam segi bentuk maupun sifat-sifatnya. Sesungguhnya perubahan ini dapat terjadi akibat ketidakstabilan dari unsur-unsur pembentuk material tersebut. Oleh karena itulah pada material dalam jangka waktu tertentu, akan terjadi interaksi baik antar unsur-unsur pembentuk itu sendiri maupun interaksi dengan unsur-unsur yang berada pada lingkungan sekitarnya.

Mineral-mineral yang diperoleh dari alam didapat dengan menghabiskan sejumlah energi. Oleh karena itu logam berada di dalam kedudukan energi yang tinggi, bersifat temporer dan akan

kembali ke lingkungan alam sebagai mineral yang energinya lebih rendah. Proses kembalinya ke alam itulah yang lebih dikenal dengan proses korosi.

Karena itu, korosi adalah salah satu proses alam yang tidak dapat dicegah, tetapi dengan teknologi maka korosi itu dapat dikendalikan atau dihambat sehingga kerugian-kerugian akibat korosi dapat dikurangi.

Pengaruh temperatur terhadap laju korosi juga cukup besar terutama pada temperatur tinggi. Korosi temperatur tinggi menjadi pokok bahasan yang sangat penting pada konstruksi dari peralatan industri, mulai dari gas turbin sampai dengan cerobong-cerobong asap pembuangan.

Jenis-jenis korosi temperatur tinggi yang biasanya mengakibatkan masalah pada peralatan industri tersebut, diantaranya adalah: Oksidasi, Sulfidasi, Karburasi, Nitridasi, Korosi serangan halogen, Korosi lelehan garam.

Adapun industri-industri yang menghadapi masalah korosi temperature tinggi ini termasuk didalamnya ialah : Industri pesawat terbang dan turbin gas, Industri tungku pemanas, Industri dengan proses kimia, Industri dengan proses metalurgi dan mineral, Industri pertambangan dan pemrosesan minyak bumi, Industri keramik, elektronik dan kaca, Industri otomotif, Pembangkit Listrik, reaktor Nuklir, dll

Sulfidasi merupakan salah satu reaksi korosi pada temperatur tinggi yang sering terjadi, khususnya pada logam atau paduan. Ketika lingkungan memiliki aktivitas sulfur (S) yang relatif tinggi (potensial sulfur), maka reaksi korosi yang terjadi adalah sulfidasi. Umumnya di setiap lingkungan industri, sulfidasi selalu ikut berperan dalam setiap jenis proses terjadinya korosi. Hal tersebut bersifat merusak dan merugikan.

Di kebanyakan situasi praktis serangan korosi ini sulit untuk dicegah, hanya dapat diupayakan dalam bentuk pengendalian, sehingga struktur atau komponen mempunyai masa pakai lebih panjang.

Setiap komponen mengalami tiga tahapan utama : perancangan, pembuatan, dan pemakaian. Pengendalian korosi memainkan peranan penting dalam setiap tahapan tadi. Ketidakstabilan salah satu aspek pengendalian korosi ini bisa menyebabkan komponen mengalami kegagalan prematur. Pengendalian ini bisa dilakukan dengan berbagai cara melalui : modifikasi rancangan, modifikasi lingkungan, pemberian lapisan pelindung, pemilihan bahan, proteksi katodik atau anodik.

Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan adalah pengendalian korosi dengan lapisan penghalang, yaitu pelapisan material dengan logam. Pelapisan yang dilakukan adalah pelapisan dengan penempelan (*Clad Coating*). *Clad Coating* yang dimaksudkan adalah proses dimana kulit logam yang tahan terhadap korosi ditempelkan atau dilapiskan pada logam yang sifat-sifat rekayasannya dibutuhkan untuk struktur tapi tidak mempunyai ketahanan yang cukup terhadap korosi dilingkungan kerjanya. Metoda pelapisan yang digunakan adalah dengan membuat lapisan pengelasan di atas logam dengan cara *Weld Overlay Cladding* dengan menggunakan elektroda *Stainless Steel E 316*. Kemudian baja hasil cladding ini di letakkan dalam lingkungan korosif seperti dipanaskan dengan uap dari larutan H_2SO_4 pada temperatur berkisar antara 250-325°C.

Setelah itu di lihat karakteristik korosi dan karakteristik mekanik dari baja cladding tersebut. Diharapkan dengan metoda cladding ini dapat menjadi rekomendasi untuk memperlambat laju korosi pada baja karbon.

Cladding adalah suatu proses penambahan lapisan material dengan maksud tertentu. Proses *cladding* terdiri dari bermacam-macam jenis, tergantung dari proses pengerjaannya. Proses-proses tersebut antara lain *Roll Cladding* (pelapisan permukaan dengan cara rolling), *Cladding by Explosion Welding (EXW)*, *Furnace Braze-cladding in Vacuum*, *Press-braze Cladding*, *Furnace Braze Cladding with Flux or Atmospheres*, dan *Weld Overlay Cladding*. Dari sekian banyak proses *cladding*, yang paling banyak digunakan adalah proses *Weld Overlay Cladding*.

Weld overlay cladding adalah suatu proses pengelasan dengan cara penambahan lapisan logam atau memadukan material induk dengan logam pelapis. Proses *Weld Overlay Cladding* dapat digunakan untuk menghambat laju korosi dengan menambahkan lapisan logam yang bersifat tahan karat pada permukaan baja karbon dan menambah kekuatan pada baja.

Proses *Weld Overlay Cladding* dilakukan dengan cara pengelasan menggunakan lajur-lajur las secara rapat pada permukaan yang dilapisi. Biasanya proses pengelasan yang digunakan adalah secara manual dengan las listrik busur terlindung (SMAW) atau jenis lainnya seperti GMAW.

2. METODOLOGI

2.1 Base Metal

Base Metal dalam pengujian ini menggunakan baja pelat dengan ketebalan 10 mm, panjang 160 mm dan lebar 55 mm.



Gambar 1. Plat baja karbon sedang.

Sebelum proses *cladding*, baja plat ini dilakukan pengujian spektrometri untuk mengetahui komposisi kimia. Komposisi awal dari base metal perlu di ketahui terlebih dahulu untuk mengetahui perlakuan sebelum dan sesudah pengelasan.

2.2 Persiapan Elektroda

Elektroda yang digunakan pada proses *Weld Overlay Cladding* pada baja karbon rendah ini adalah *Stainless Steel E 316*, merk *Lincoln Electric*. Elektroda E 316 ini termasuk kedalam elektroda *Stainless Steel Austenitik*.

2.3 Proses Pelapisan *Weld Overlay Cladding*

Weld Overlay Cladding adalah proses penambahan lapisan material atau memadukan logam induk dengan logam pelapis menggunakan proses pengelasan. Jenis pengelasan yang digunakan yaitu SMAW, sehingga membentuk lapisan baru pada permukaan baja. Cladding hanya dilakukan pada salah satu permukaan dari plat.



2.4 Pembuatan Spesimen

Untuk setiap jenis p... ini dibagi dan dibentuk sesuai dengan dimensi pengujian yang sesuai dengan standar acuan. Jenis pengujian mekanik yang dilakukan adalah pengujian merusak dengan mengambil sampel atau spesimen dari hasil cladding.

Spesimen Uji Impak

Metode uji impact yang digunakan adalah metode *Charpy* (ASTM E 23). Metode *Charpy* merupakan salah satu metode uji impact. Berdasarkan ASTM E 23. Spesimen uji impact ini masing-masing terdiri dua spesimen untuk base metal, dua spesimen hasil cladding dan dua spesimen setelah korosi, kemudian di rata-ratakan.



Harga impact yang dibawah takikan. spesimen.

menak y

as penampang masing-masing

- $$\text{Harga Impak (HI)} = \frac{\text{Energi Impak}}{\text{Luas penampang dibawah takikan}}$$

Spesimen Uji *Bending*

Uji bending adalah pengujian untuk melihat kemampuan material untuk ditekuk atau dilengkungkan. Dari uji bending ini dapat dilihat ada atau tidaknya retak dan slak (bukaan permukaan lapisan) akibat pelengkungan spesimen.

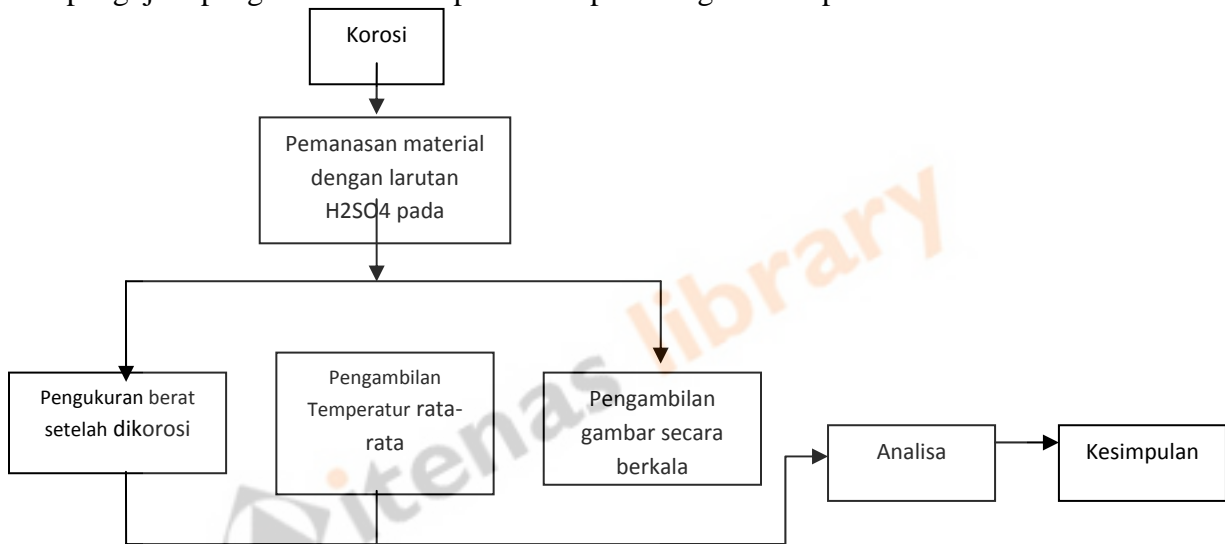
Pembuatan spesimen uji ini dengan melakukan pemotongan pada bagian *base metal* dan pelapis sehingga membentuk sebuah batang uji. Batang uji bending ini, dimensi dan ukuran disesuaikan dengan standar pengujian ASME Sect IX.

Spesimen Analisis Struktur Mikro

Spesimen di potong pada bagian sambungan las, dengan tahapan pembersihan, pengamplasan, pemolesan dan pengetsaan dengan mereaksikan permukaan spesimen larutan kimia etsa yang dipakai adalah *natal* (3 ml HNO_3 + 97 ml Ethanol) dan *picrid acid* (ethanol + HCl).

2.5 Pengkorosian

Metoda pengujian pengkorosian ini dapat dilihat pada diagram alir proses :



Metoda pengujian korosi yang digunakan adalah dengan cara material baja hasil cladding dipanaskan dengan uap dari larutan H_2SO_4 pada temperatur berkisar antara 250-325°C.

Larutan H_2SO_4 di panaskan dengan menggunakan pemanas air listrik. Selama pengujian dilakukan pengambilan data secara berkala setiap minggu. Pada pengujian korosi ini di lakukan pengambilan temperatur rata-rata dan kelembaban udara rata-rata.



Gambar 4. Penguapan Spesimen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Spektrometri

Hasil dari pengujian spektrometri menyatakan bahwa baja yang akan di *cladding* itu adalah baja karbon rendah, komposisi kimia dapat dilihat pada tabel 1. Sehingga pada awal pengelasan tidak di perlukan pemanasan awal karena kecendrungan baja karbon rendah ini setelah pengelasan, tidak akan membentuk fasa keras (martensit). Hanya setelah pengelasan harus dilakukan pemanasan lebih kurang pada temperatur 50⁰C untuk menghilangkan tegangan sisa.

Tabel 1. Komposisi kimia

Komposisi Kimia	Karbon	Mangan	Pospor	Sulfur	Silikon	Copper
Persentase (%)	0,23-0,24	0-0,3	0,04	0,05	0,43-0,52	0,20-0,25

Sifat mekanik

Sifat mekanik base metal sebelum di *cladding* dapat dilihat pada tabel 2.

SIFAT MEKANIK	Kekerasan VHN	Kuat Tarik kgf/mm ²	Yield Point kgf/mm ²	Elongation %
	115	42,8	31,2	23

Hasil Uji Impak

Spesifikasi rata-rata	Base metal	Hasil Cladding	Cladding Hasil Korosi
Tebal spesimen uji	10 mm	10 mm	10 mm
Lebar di bawah takikan	10 mm	10 mm	10 mm
Tebal di bawah takikan	8 mm	8 mm	8 mm
Luas penampang dibawah takikan	80 mm ²	80 mm ²	80 mm ²
Energi impact yang diserap	185,67 Joule	165,17 Joule	147,83 Joule
Harga Impact	2,32 Joule/mm ² .	2,08 Joule/mm ² .	1,84 joule/mm ² .

Dari hasil uji impact ini terlihat penurunan harga ketangguhan baja yang di *cladding* dibandingkan dengan ketangguhan sebelum di *cladding*, karena pada hasil pengelasan akan terjadi perubahan perubahan fasa dan perubahan komposisi kimia, sehingga perubahan ini berdampak pada perubahan sifat mekanik. Harga ketangguhan hasil *cladding* setelah korosi dengan sebelum korosi mengalami penurunan yang cukup besar, hal ini di sebabkan karena terjadi pitting korosi yang cukup tinggi pada bagian permukaan yang tidak di *cladding*, hal ini akan menyebabkan adanya konsentrasi tegangan, sehingga ketangguhan akan menurun.



Gambar 5. Bagian permukaan yang tidak di cladding, terjadi korosi yang sangat tinggi

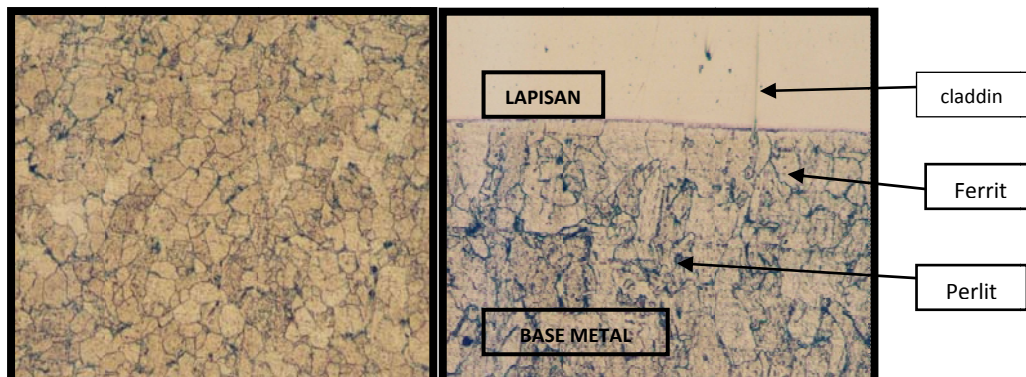
Hasil Uji Bending

Berdasarkan standar ASME Sec. IX, metode uji *bending* yang sesuai dengan proses *weld overlay cladding* adalah metode *side band*, yaitu bagian yang akan dianalisis adalah bagian antara lapisan elektroda dengan *base metal*.

Berdasarkan metode uji *bending* yang terdapat dalam ASME Sec. IX, sudut minimal tekukan batang uji adalah 90° , sudut batas kritis adalah 140° dan sudut maksimal tekukan adalah 180° . Jika pada sudut 140° tidak terjadi *crack* atau tidak terjadi *slack* (permukaan yang terbuka) < 70 mm maka lapisan *weld overlay cladding* dapat dianggap baik. Dari hasil uji bending, pada setiap sudut tekukan, lapisan cladding tidak mengalami bukaan lapisan dan juga tidak terdapat retak. Hal ini dapat di simpulkan bahwa hasil *cladding* telah baik, tanpa terjadi cacat cacat las.

Hasil Analisis Struktur Mikro

Hasil struktur mikro base metal terdiri dari fasa ferit dan perlit dimana ferit yang berwarna terang dan perit berwarna gelap. Dari hasil ASM ini membuktikan base metal adalah baja karbon rendah, karena jumlah ferrit lebih banyak dari perlit. Struktur mikro untuk *cladding*, batas butir dan bentuk butir tidak terlihat jelas, karena etsa yang di gunakan 3 % nital (dengan komposisi 2 ml HCl + 100 ml air), cairan etsa ini hanya untuk baja dan bukan untuk baja tahan karat, seharusnya untuk baja tahan karat, etsa yang di gunakan adalah Picric Acid (Ethanol + HCl). Akibat pelapisan, bentuk butir dan ukuran butir base metal menjadi lebih besar, hal ini juga menyebabkan ketangguhan dari hasil *cladding* menjadi menurun.



Gambar 6. Struktur Mikro Base Metal dan hasil cladding

Foto Hasil pengujian Korosi

Pengambilan gambar ini dilakukan untuk melihat lapisan korosi yang terjadi pada spesimen, dimana pada pengujian ini proses korosi yang terjadi sangat dipengaruhi oleh penguapan dari cairan sulfur H_2SO_4 yang dipanaskan dengan temperatur rata-rata uap sulfur pada $250^{\circ}C$. Lapisan korosi yang terjadi, biasanya berbentuk kerak hasil sulfidasi dan dapat dilihat melalui foto dari spesimen uji.

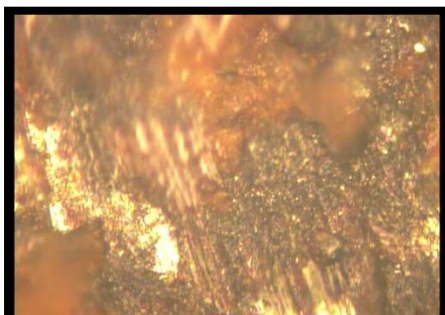


Gambar 7. Hasil korosi setiap minggu, sebelum di korosi, minggu 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan minggu ke 3.

perubahan warna kekuning-kuningan pada salah satu bagian pada merupakan awal terjadinya korosi. Sementara bagian yang lain tidak terkorosi tersebut setelah di bersihkan dengan sikat, ternyata terdapat celah memanjang. Hal ini terjadi karena proses *cladding* yang tidak sempurna. Sehingga pada bagian tersebut sangat mudah di serang oleh korosi. Pada foto dapat juga dilihat, pada minggu selanjutnya, bagian yang terkorosi hanya pada bagian yang bercelah tersebut dan bagian yang lain hanya terjadi penumpukkan lapisan sulfida.



Gambar 8. Bentuk spesimen *cladding* dan bagian yang tidak di *cladding* setelah di bersihkan



Gambar 9. Foto hasil mikroskopik bagian yang tidak di cladding

Lapisan sulfida setelah di bersihkan tidak merusak permukaan *cladding*, arti kata tidak terjadi korosi. Tetapi bagian yang tidak di *cladding* setelah di bersihkan terdapat tingkat korosi yang cukup tinggi yaitu pitting korosi.

4. KESIMPULAN

1. Terjadinya penurunan ketangguhan dari dari baja hasil *cladding*.
2. Penurunan ketangguhan *cladding* yang di korosi diakibatkan terjadinya korosi yang cukup tinggi pada bagian permukaan yang tidak di *cladding*, yaitu pitting korosi.
3. Proses *cladding* sebaiknya dilakukan tidak hanya pada satu sisi saja,namun sebaiknya dilakukan keseluruh lapisan.agar unsur-unsur pembentuk atau penyebab korosi tidak dapat menyerang lapisan material
4. Dari hasil uji bending, dapat di lihat lapisan *cladding* cukup kuat dan tidak mudah terkelupas.
5. Untuk proses *Cladding* yang baik dengan menggunakan elektroda E 316, di buktikan dapat memperlambat laju korosi pada penguapan sulfur untuk baja karbon.
6. Lapisan sulfida yang berwarna putih dapat di bersihkan dan sulfida tersebut tidak merusak permukaan *cladding*.
7. *Cladding* pada pada baja sangat baik untuk memperlambat laju korosi untuk penguapan sulfur, dengan syarat harus selalu dilakukan pembersihan terhadap permukaan *cladding* tersebut dan dilakukan secara berkala agar unsur-unsur penyebab korosi tidak bisa bereaksi dengan material tersebut, contoh penempelan kerak hasil oksidasi dan sulfidasi yang di biarkan terus menerus akan bisa menyebabkan terjadinya korosi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Surahman, T. *Ilmu Bahan dan Metalurgi Las*. Bandung : B4T, 2004.
2. Sriwidharto. *Teknologi Las*. Jakarta : Pradnya Paramita, 2001.
3. Wiryosumanto, H dan Okumura, T. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : Pradnya Paramita, 1981.
4. Sriwidharto. *Karat dan Pencegahannya*. Jakarta : Pradnya Paramita, 2004.
5. *Welding Handbooks Sec. 5. Weld Overlay Cladding*. New York : AWS, 1985.

6. *Deutch Industrie Normen (DIN) 171.55 dan 325.25.*
7. *American Standard Testing of Material (ASTM)*
8. *American Society Mechanical of Engineering Section IX (ASME Sec. IX-QW 214).*
9. Plack, Van, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Jakarta; Erlangga,1999.
10. *American Society Mechanical of Engineering Section 2 (ASME Sec. 2).*
11. www.corrosion-doctors.org
12. www.lincolnelectric.co.id

