

Analisa Pengaruh Luasan *Scratch* Permukaan Terhadap Laju Korosi Pada Pelat Baja A36 dengan Variasi Sistem Pengelasan

Fedriansyah Priyantoro, Budie Santosa, Heri Supomo

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: budies@na.its.ac.id

Abstrak— Pada umumnya jenis pengelasan yang dilakukan di galangan kapal adalah jenis pengelasan SMAW, FCAW, dan GMAW. Masalah yang sering terjadi di lapangan adalah timbulnya goresan pada pelat saat peluncuran kapal secara memanjang (*End Launching*). Goresan tersebut sangat mempengaruhi lapisan cat pada pelat yang tergores khususnya di sambungan las serta dapat mempercepat laju korosi yang terjadi pada daerah lasan tersebut yaitu *weld metal*, HAZ, dan *base metal*. Dan dalam penelitian ini, akan dilakukan pengujian untuk mengetahui laju korosi terhadap material BKI Grade A36 yang telah diberikan perlakuan pengelasan SMAW, GMAW dan FCAW dengan variasi letak dan luasan *scratch* pada pelat karena dengan luasan *scratch* yang berbeda – beda akan menghasilkan nilai laju korosi yang berbeda juga. Dari data hasil perhitungan laju korosi tersebut didapat kesimpulan bahwa semakin besar luasan yang dibuat maka laju korosi akan semakin besar. Pengelasan FCAW lebih baik dibandingkan dengan pengelasan lainnya ditinjau dari nilai laju korosi (mmpy). Daerah pengelasan yang terjadi korosi paling besar terletak di HAZ.

Kata Kunci— daerah lasan, jenis pengelasan, luasan *scratch*, laju korosi.

I. PENDAHULUAN

PROSES pengelasan banyak dilakukan dalam bidang perkapalan dan bangunan laut. Penyambungan pelat-pelat sebagai konstruksi utama kapal baja yang dilakukan dengan cara proses pengelasan. Pada umumnya jenis pengelasan yang dilakukan di galangan kapal adalah jenis pengelasan SMAW, FCAW, dan GMAW. Masalah yang sering terjadi di lapangan adalah timbulnya goresan pada pelat saat peluncuran kapal secara memanjang (*End Launching*). Goresan tersebut sangat mempengaruhi lapisan cat pada pelat yang tergores khususnya di sambungan las serta dapat mempercepat laju korosi yang terjadi pada daerah las tersebut.

Untuk konstruksi [1] mensyaratkan bahwa pengurangan tebal pelat lambung dibatasi sebesar 20% dari ketebalan pelat awal. Jika pelat mengalami pengurangan tebal sebesar 20% dari tebal pelat awal maka pelat tersebut harus di ganti. Jika kapal mengalami goresan (*Scratch*) kapal akan semakin cepat terjadi korosi yang dapat mengurangi tebal pelat lebih cepat. Goresan akan memberikan kedalaman yang dapat mengurangi tebal pelat ditambah dengan korosi yang terjadi. Maka akan sangat dapat dimungkinkan bahwa persyaratan 20% tersebut akan semakin cepat terjadi.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian material dengan jenis pengelasan yakni SMAW, FCAW, dan GMAW dimana diberikan goresan pada daerah atau letak HAZ, *Weld metal* dan *Base metal* dengan variasi luasan pada tiap letak serta mensimulasikan material las pada media uji yang mempunyai kesamaan karakteristik dengan lingkungan dimana struktur tersebut bekerja ($FeCl_3$) sesuai dengan standard ASTM [2]. Pengujian laju korosi dilakukan dengan metode elektrokimia dengan menggunakan peralatan yaitu sel tiga elektroda.

Ketika beroperasi logam yang telah dilas akan mengalami korosi dalam waktu yang cepat atau lambat tergantung dari lingkungan pengoperasiannya. Korosi menimbulkan banyak kerugian karena mengurangi umur pakai barang. Korosi dapat juga diartikan sebagai serangan yang merusak logam karena logam bereaksi secara kimia atau elektrokimia dengan lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Korosi

Korosi adalah problem teknologi yang disebabkan oleh lingkungan alam dengan ditandai oleh perubahan energi dan mengakibatkan kerugian material sebagai bahan konstruksi. Lingkungan alam suatu benda merupakan media yang cenderung untuk berinteraksi dengan benda tersebut dalam hal pertukaran energi. Energi ini diturunkan dari energi tersimpan akibat ikatan kimia dari zat-zat pembentuk benda tersebut, biasa disebut *INTERNAL ENERGY*. Pertukaran energi akan terjadi antara internal energy dengan energi yang tersedia disekeliling benda yang lazim disebut *FREE ENERGY* atau *EKSTERNAL ENERGY*. [3]

Korosi diartikan sebagai degradasi dari sifat suatu bahan atau hilangnya suatu massa dari waktu ke waktu karena efek dari suatu lingkungan. Hal ini merupakan sifat alami dari material tersebut dimana komposisi element cenderung kembali menjadi ketidak seimbangan sesuai dengan hukum termodinamika. [4]

Korosi juga menjadi masalah ekonomi karena menyangkut umur, penyusutan dan efisiensi pemakaian suatu bahan maupun peralatan dalam kegiatan industri. Aspek yang mempengaruhi terjadinya korosi yaitu sifat dari logam itu sendiri dan lingkungannya.

Dalam proses korosi logam berlaku sebagai subyek reaksi,

maka dengan sendirinya mempelajari karakteristik dari logam baik secara makro maupun mikro sangatlah penting supaya mendapatkan jenis logam yang cenderung tahan terhadap lingkungan tertentu. Logam dan paduannya terbentuk dari berbagai Kristal atom. Kristal-kristal atom logam tersusun dalam suatu bentuk yang teratur dengan ikatan yang sangat kuat. Ketika suatu logam mengalami pembekuan dan pendinginan kristal-kristal atom secara acak terdistribusi di dalam logam cair dan nantinya akan terbentuk butiran-butiran, pada saat itu juga ada daerah yang mempunyai tingkat energi yang lebih tinggi dan lebih reaktif dibandingkan daerah butiran yang lain. Oleh sebab itu daerah batas butir akan mengalami kerusakan yang lebih cepat pada saat terjadinya proses korosi.

Aspek lingkungan merupakan suatu media korosi yang dapat mempercepat terjadinya korosi. Aspek lingkungan ini berada pada area atau sekitar bahan logam tersebut. Adapun faktor yang mempengaruhi korosi dari aspek lingkungan ini, yaitu : adanya oksigen, kecepatan media, garam terlarut, konsentrasi gas, aksi dari bakteri *Anaerobik*, temperature, kadar keasaman, kecepatan aliran, dan pengotoran *biologis*.

Jenis korosi yaitu *Pitting corrosion* menyerang bagian permukaan logam yang selaput pelindungnya tergores atau retak akibat perlakuan mekanik. *Pitting corrosion* juga menyerang bentuk yang mempunyai tonjolan akibat dislokasi atau slip yang disebabkan oleh tegangan tarik yang dialami atau presipitasi.[5]

B. Laju korosi

Laju korosi adalah peristiwa merambatnya proses korosi

TABEL 1 Nilai tingkat ketahanan berdasarkan laju korosi

Relative Corrosion Resistance	Approximate Metric Equivalent				
	mpy	mm/year	µm/yr	nm/yr	pm/sec
Outstanding	< 1	< 0.02	< 25	< 2	< 1
Excellent	1 – 5	0.02 – 0.1	25- 100	2 – 10	1 – 5
Good	5 – 20	0.1 – 0.5	100 – 500	10 – 50	5 – 20
Fair	20 – 50	0.5 – 1	500 – 1000	50 – 100	20 – 50
Poor	50 – 200	1 – 5	1000 – 5000	150 – 500	50 – 200
Unacceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

yang terjadi pada suatu material. Pada beberapa pengujian korosi sebagian besar yang dilakukan adalah laju korosi. Hal ini disebabkan laju korosi berkaitan erat dengan nilai ekonomis dan teknis material. Laju korosi merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur ketahanan terhadap korosi pada material sehingga nantinya dapat diperkirakan kapan material tersebut dinyatakan layak dan kapan tidak layak. Satuan yang digunakan adalah mpy (*mils per year*).

Ketahanan terhadap korosi umumnya nilai laju korosi antara 1 – 200 mpy. Dapat dilihat pada tabel di bawah yang menggolongkan tingkat ketahanan material berdasarkan laju

korosinya [6].

Menghitung laju korosi pada umumnya menggunakan dua cara yaitu: metode kehilangan berat dan metode elektrokimia.

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus berdasar pada [7] sebagai berikut :

$$mpy = \frac{534 w}{DAT}$$

- dengan mpy = mils per year
- W = berat yang hilang (mg)
- D = massa jenis spesimen ($\frac{g}{cm^3}$)
- A = luas specimen (in²)
- T = waktu yang diperlukan (hour)

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi, metode ini mengukur laju korosi pada saat diukur saja dimana memperkirakan laju tersebut dengan waktu yang panjang (memperkirakan walaupun hasil yang terjadi antara satu waktu dengan waktu lainnya berbeda).

Metode elektrokimia ini menggunakan rumus yang didasari pada Hukum Faraday [7] yaitu menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Laju\ Korosi = k \frac{ai}{nD}$$

dimana :

Laju korosi dengan satuan mm/year atau mmpy

a = berat atom logam yang terkorosi (gram / mol)

i = i_{korr} = kerapatan arus ($\mu A / cm^2$)

k = konstanta (0.129 untuk satuan mpy dan 0.00327 untuk satuan mmpy)

n = jumlah elektron yang dilepas pada logam terkorosi

D = massa jenis logam terkorosi (gram / cm³)

Konversi :

$$1\ mpy = 0.0254\ mm/yr = 25.4\ \mu m/yr = 2.90\ nm/yr = 0.805\ pm/SG$$

C. Pengelasan

Berdasarkan definisi dari Deutche Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pada waktu ini telah digunakan lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan hanya menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom atau molekul-molekul dari logam yang disambungkan. [8].

SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah proses pengelasan dengan menggunakan elektroda logam yang

dibungkus oleh fluks. Las busur ini terbentuk diantara logam induk dan ujung elektrode. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektrode tersebut mencair dan membeku bersama [8].

GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) atau sering juga disebut Metal Inert Gas atau MIG Welding. Proses pengelasan ini dikenal sebagai pengelasan dengan elektroda tak terputus dimana kawat elektrodanya bersifat consumable elektroda yang artinya selain berfungsi sebagai pembangkit busur listrik dan pada GMAW juga berfungsi sebagai Logam pengisi.

FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) adalah suatu proses pengelasan busur antara elektroda *filler metal* yang diumpamakan terus menerus dengan bidang material yang dilas. Ditinjau dari segi penggunaan, menggunakan kawat las yang sekaligus berfungsi sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Kecepatan gerakan elektroda dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Tangkai las dilengkapi dengan *nozzle* logam untuk menyemburkan gas. Gas yang dipakai adalah karbondioksida (CO₂) atau Argon (Ar) untuk pengelasan baja dari baja lunak atau campuran keduanya maupun campuran gas mulia Argon (Ar) dan Helium (He) untuk pengelasan aluminium dan baja tahan karat.[8].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan penelitian

Material yang akan dilakukan pengujian adalah material baja karbon rendah grade A type A36 dengan ukuran 300 x 150 x 10 mm sebanyak 6 buah. Baja karbon type ini mempunyai kandungan C = 0.16; Si = 0.21; Mn = 0.7; P = 0.023; S = 0.022. Kemudian material dipotong dengan ukuran tersebut di atas menjadi ukuran 300 mm x 75 mm x 10 mm dengan bevel 30° sebanyak 12 buah.

B. Proses pengelasan

Dalam penelitian ini dilakukan proses pengelasan material dengan tiga metode, yaitu metode *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Jenis sambungan yang digunakan adalah *butt joint*. Sedangkan elektroda yang digunakan adalah elektroda E7016. Dalam hal ini bentuk kampuh yang digunakan adalah *single vee groove* dan posisi pengelasan 1G.

Metode *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Jenis sambungan yang digunakan adalah *butt joint*. Sedangkan elektroda yang digunakan adalah elektroda ER70S-6. Dalam hal ini bentuk kampuh yang digunakan adalah *single vee groove* dan posisi pengelasan 1G.

Metode *Flux Cored Arc Welding* (FCAW). Jenis sambungan yang digunakan adalah *butt joint*. Sedangkan elektroda yang digunakan adalah elektroda E71T-1C. Dalam hal ini bentuk kampuh yang digunakan adalah *single vee groove* dan posisi pengelasan 1G.

Tiga sistem/metode pengelasan tersebut telah disesuaikan dengan *Welding Procedure Specification* (WPS) dari pihak galangan kapal.

C. Proses pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi uji makroetsa, uji blasting dan coating, uji goresan (*scratch*) dan uji laju korosi dengan sel tiga elektrode yang terhubung dengan software NOVA. Untuk uji makroetsa, jumlah spesimen adalah 6 test coupon. Pada pengujian blasting dan coating, pengujian *scratch*, dan uji laju korosi dengan sel tiga elektrode diambil 27 spesimen uji.

1) Uji makroetsa

Setelah dilakukan pengelasan SMAW, GMAW, dan FCAW terhadap material uji yang telah disesuaikan dengan WPS di galangan maka akan dilakukan pengujian makroetsa. Tujuan dari pengujian makroetsa pada penelitian ini, adalah : mengetahui kualitas hasil lasan fillet dengan mendeteksi adanya cacat las melalui analisa penampang melintang permukaan specimen uji, dan mengetahui *weld profile* sehingga dapat diketahui dimensi *leg length*, *size of weld*, dan *throat of weld* (baik *throat effective* maupun *throat actual*) serta luasan HAZ (*Heat Affected Zone*), *weld metal*, dan *base metal*.

2) Blasting dan coating

Pada tahap pengujian material uji dengan pemberian lapisan coating atau diberikan pengecatan. Maka diperlukan persiapan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

- a) Menghaluskan permukaan logam termasuk pinggiran-pinggiran pada logam dengan tujuan



Gambar 1. Sudut atau pinggiran material yang telah ditiruskan mengurangi tegangan permukaan yang selalu cenderung mengurangi ketebalan cat pada sudut-sudut yang tajam dengan cara dibundarkan/ditiruskan.

- b) Pembersihan dengan penyemprotan partikel padat (*Blast Cleaning*, misalnya dengan pasir (*sand blast*), serbuk besi (*shot blast*) dan dengan butir-butir besi (*grit blast*) - SSPC -SP10. Kadar kebersihan dari material uji sesuai dengan ISO 8501-1 : 2007 yakni Sa 2_{1/2}.

Setelah material di sand blast, maka akan dilakukan pengecekan suhu sebelum pengecatan guna memenuhi syarat dari paint maker dan kerekatan cat tersebut pada material pengujian. Setelah dilakukan pengecekan maka akan dilakukan pengecatan dengan merk cat "HEMPADUR QUANTRO 17634" sebesar 150 µm.

3) Uji scratch

Pada tahap pengujian *scratch*, material uji di gambar terlebih dahulu, dan dihitung luasan yang akan di *scratch*. Untuk penelitian ini, luasan goresan dibuat berdasarkan

prosentase luasan goresan terhadap luasan total pada permukann, yakni : 3%, 6% dan 10%.

4) Uji laju korosi

Inti dari pengerjaan penelitian ini adalah pengujian korosi terhadap specimen – specimen uji yang telah diberikan perlakuan pengelasan SMAW, GMAW, dan FCAW dengan variasi scratch terhadap letak pengelasan yaitu : weld metal, HAZ, dan base metal. Adapun tahap – tahap pengujian ini adalah sebagai berikut :

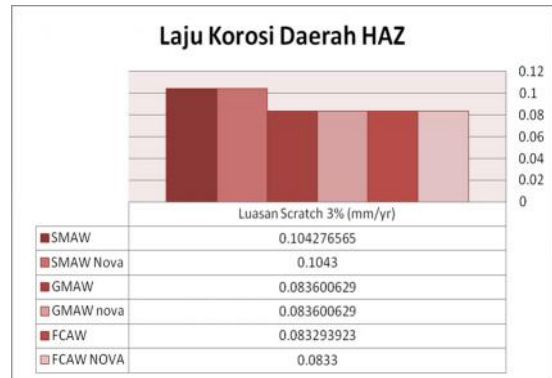
- a) Meletakkan *working electrode*, *counter electrode* dan *reference electrode* ke dalam tabung reaksi dengan menggunakan tang penjepit sehingga rangkaian siap diuji. Dari beberapa macam electrode tersebut, diberikan kabel-kabel dan dihubungkan dengan sumber potensial yakni AUTOLAB.
- b) Seperangkat Autolab Potential Stat yang berfungsi sebagai sumber potensial diatur pada -0,01 V dengan arus stabil. Di berikan -0.01 V yakni dengan maksud memberikan arus yang stabil pada material uji.
- c) Klik tanda “Start” pada bagian kiri bawah untuk memulai perhitungan laju korosi. Software NOVA mulai melakukan perhitungan dengan menampilkan waktu hingga memunculkan nilai laju korosi (± 5 menit) yang ditunjukkan.
- d) Setelah nilai laju korosi dapat ditentukan, software mulai menampilkan pembuatan grafik yang dibuat secara bertahap.
- e) Setelah grafik bertemu pada satu titik dari kedua arah, secara otomatis software akan menunjukkan massa jenis material yang diuji (g/cm^3) dan berat atom logamnya (g/mol). Sehingga, perlu memasukkan luas permukaan material uji (cm^2).
- f) Nilai – nilai penting yang dibutuhkan untuk mengetahui besarnya laju korosi material tersebut, yaitu laju korosi (*corrosion rate*), kuat arus korosi (I corrosion), beda potensial korosi (E corrosion). Untuk mengetahui nilai – nilai ini, dilakukan pengeplotan terhadap grafik pada satu titik puncak kemudian klik tanda “Start” di bagian kiri bawah.

IV. ANALISA HASIL PENELITIAN

Setelah dilakukan pengujian korosi, didapatkan data – data hasil analisa polarisasi linier dari seperangkat peralatan Potensiostat Autolab (PGSTAT30) dan software NOVA. Data – data tersebut meliputi nilai kerapatan arus, potensial arus, hambatan dan laju korosi. Nilai kerapatan arus ada dua macam, yaitu nilai rapat arus dan nilai rapat arus per luasan specimen uji. Nilai – nilai laju korosi dari masing – masing specimen ini didapatkan secara otomatis.

Dari nilai laju korosi yang telah dihitung, dapat dilihat bahwa nilainya semakin meningkat sebanding dengan perlakuan luasan goresan. Laju korosi juga akan bertambah apabila laju korosi tersebut berada di daerah lasan seperti HAZ, *weld metal* dan *base metal*.

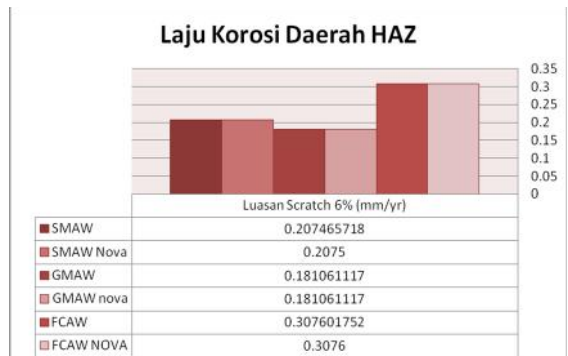
Berikut grafik perbandingan dari perhitungan laju korosi



Gambar 2. Grafik perbandingan perhitungan laju korosi dengan Hukum Faraday dengan software NOVA dengan luasan 3%

manual menggunakan rumus Faraday dengan software Nova :

Terlihat pada Gambar 2. spesimen pengelasan SMAW, GMAW, dan FCAW dengan luasan goresan (*scratch*) 3% pada daerah HAZ menunjukkan bahwa pengelasan SMAW dengan software NOVA memiliki nilai 0.1043 mm/yr. Pada pengelasan SMAW dengan hitungan Hukum Faraday memiliki nilai 0.10427 mm/yr. Hasil perbandingan nilai laju korosi antara hitungan Rumus Faraday dengan software NOVA memiliki selisih perbandingan 0.000024 terhadap software NOVA. Pada pengelasan GMAW dengan Hukum Faraday memiliki nilai 0.0836 mm/yr. Pada pengelasan GMAW dengan software NOVA memiliki nilai 0.0836 mm/yr. Pada pengelasan FCAW dengan software NOVA memiliki nilai 0.0833 mm/yr. Pada pengelasan FCAW dengan hitungan Hukum Faraday memiliki nilai 0.08329 mm/yr. Hasil perbandingan nilai laju korosi antara hitungan



Gambar 3. Grafik perbandingan perhitungan laju korosi dengan Hukum Faraday dengan software NOVA dengan luasan 6%

Rumus Faraday dengan software NOVA memiliki selisih perbandingan 0.00001 terhadap terhadap software NOVA.

Terlihat pada Gambar 3. spesimen pengelasan SMAW, GMAW, dan FCAW dengan luasan goresan (*scratch*) 6% pada daerah HAZ menunjukkan bahwa pengelasan SMAW dengan software NOVA memiliki nilai 0.2075 mm/yr. Pada pengelasan SMAW dengan hitungan Hukum Faraday memiliki nilai 0.20746 mm/yr. Hasil perbandingan nilai laju korosi antara hitungan Rumus Faraday dengan software NOVA memiliki selisih perbandingan 0.00004 terhadap terhadap software NOVA. Pada pengelasan GMAW dengan

software NOVA memiliki nilai 0.18106 mm/yr. Pada pengelasan GMAW dengan Rumus Faraday memiliki nilai 0.18106 mm/yr. Pada pengelasan FCAW dengan software NOVA memiliki nilai 0.307601 mm/yr. Pada pengelasan FCAW dengan hitungan Hukum Faraday memiliki nilai 0.3076 mm/yr. Hasil perbandingan nilai laju korosi antara hitungan Rumus Faraday dengan software NOVA memiliki

korosi sebesar 0.3122 mmpy. Pengelasan FCAW spesimen dengan luasan goresan 10% memiliki laju korosi sebesar 0.3076 mmpy. Dari data hasil perhitungan laju korosi tersebut didapat kesimpulan bahwa pengelasan FCAW dengan lebih baik dibandingkan dengan pengelasan GMAW dan SMAW. Pengelasan SMAW laju korosinya lebih besar dibandingkan dengan pengelasan lainnya.

3. Semakin besar nilai rapat arus (I_{corr}), semakin besar juga nilai laju korosi, begitu juga sebaliknya.



Gambar 2. Grafik perbandingan perhitungan laju korosi dengan Hukum Faraday dengan software NOVA dengan luasan 10%

selisih perbandingan 0.000001 terhadap terhadap software NOVA.

Terlihat pada Gambar 4. spesimen pengelasan SMAW, GMAW, dan FCAW dengan luasan goresan (scratch) 10% pada daerah HAZ menunjukkan bahwa pengelasan SMAW dengan software NOVA memiliki nilai 0.3785 mm/yr. Pada pengelasan SMAW dengan hitungan Hukum Faraday memiliki nilai 0.378528 mm/yr. Hasil perbandingan nilai laju korosi antara hitungan Rumus Faraday dengan software NOVA memiliki selisih perbandingan 0.000028 terhadap terhadap software NOVA. Pada pengelasan GMAW dengan software NOVA memiliki nilai 0.31220 mm/yr. Pada pengelasan GMAW dengan Rumus Faraday memiliki nilai 0.31220 mm/yr. Pada pengelasan FCAW dengan hitungan Hukum Faraday memiliki nilai 0.3076 mm/yr. Pada pengelasan FCAW dengan software NOVA memiliki nilai 0.307601 mm/yr. Hasil perbandingan nilai laju korosi antara hitungan Rumus Faraday dengan software NOVA memiliki selisih perbandingan 0.00001 terhadap terhadap software NOVA.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari data hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar luasan yang dibuat maka laju korosi akan semakin besar. Nilai laju korosi yang paling besar pada daerah atau letak pengelasan terletak didaerah HAZ dibandingkan dengan yang lainnya yaitu *weld metal* dan *base metal*.
2. Laju korosi didapatkan hasil tertinggi pada daerah HAZ dengan macam variasi pengelasan sebagai berikut :
 Pengelasan SMAW spesimen dengan luasan goresan 10% memiliki laju korosi sebesar 0.3785 mmpy. Pengelasan GMAW spesimen dengan luasan goresan 10% memiliki laju

UCAPAN TERIMA KASIH

“Penulis Fedriansyah Priyantoro mengucapkan terima kasih kepada Bapak Budie Santosa sebagai pembimbing pertama dalam pengujian ini, dan Bapak Heri Supomo sebagai pembimbing kedua dalam pengujian ini”.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biro Klasifikasi Indonesia. *Rules for The Classification and Construction of Sea Going Steel Ship, Volume V, Rules for Materials*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia (2006).
- [2] ASTM (American Society for Testing and Materials). *Standard Test Methods for Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use Ferric Chloride Solution, G 48*. 2003. Amerika: ASTM International (2003).
- [3] Supomo, Heri. *Buku Ajar Korosi*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS (2003).
- [4] Schweitzer, Philip A. *Encyclopedia of Corrosion Technology*. New York: Marcel Dekker, Inc. (2004).
- [5] Widharto, Sri, "Karat dan Pencegahannya." *Pradnya Paramita*, Jakarta (1999).
- [6] Fontana, Mars G. *Corrosion Engineer*. McGraw-Hill, Inc., Singapore (1987).
- [7] ASTM (American Society for Testing and Materials). *Solution Recommended for Cleaning of Corrosion Products Formed on Iron and Steels, G 1-90 vol 3.2*. 2002. Amerika: ASTM International (2002).
- [8] Wiryosumarto, W. and Toshie Okumora. "Teknologi Pengelasan Logam," cetakan keenam. *Pradnya Paramita*, Jakarta (1994).