

ANALISIS PENGARUH SALINITAS DAN TEMPERATUR AIR LAUT PADA WET UNDERWATER WELDING TERHADAP LAJU KOROSI

Adrian Dwilaksono, Heri Supomo, Triwilaswandio

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

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

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

Abstrak—Struktur konstruksi badan kapal lambat laut mengalami kerusakan . Apabila kapal mengalami kerusakan pada konisi darurat, pekerjaan las bawah air menjadi hal yang diutamakan. Sedangkan faktor korosi pada pengelasan basah bawah air merupakan masalah yang pasti terjadi. Melalui penelitian ini dikaji perbandingan laju korosi sambungan las material baja karbon rendah yang diberi perlakuan pengelasan basah bawah air dengan salinitas 33‰ , 35‰ dan suhu 20⁰C, 25⁰C. Dari keempat variasi pengelasan tersebut diberikan variasi ketebalan pelat sebagai pembanding. Penelitian laju korosi dilakukan dengan pengujian terhadap material baja A36 yang dilas menggunakan metode SMAW pada pengelasan basah bawah air pada posisi 1G (datar) dengan elektroda AWS E-6013 yang dilapisi isolasi yang bersifat kedap air. Dari data pengujian laju korosi diketahui bahwa pengelasan basah bawah air dengan salinitas 35‰ lebih tinggi di bandingkan dengan pengelasan basah bawah air dengan salinitas 33‰, sedangkan untuk pengujian laju korosi dengan variasi suhu diketahui bahwa dengan suhu 25⁰C cenderung lebih besar, meskipun hasil nya tidak signifikan dibandingkan dengan suhu 20⁰C, dan semakin tebal pelat, laju korosinya juga cenderung lebih tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketebalan yang berkurang pada Salinitas 33‰ dan Suhu 20⁰C yaitu sebesar 0.2124 (mm/year), untuk Suhu 25⁰C yaitu sebesar 0.2139(mm/year) pada plat 10mm, Sedangkan untuk plat 12 mm , suhu 20⁰C yaitu sebesar 0.3203 (mm/year), untuk Suhu 25⁰C yaitu sebesar 0.3205 (mm/year). Untuk Salinitas 35‰ dan Suhu 200C yaitu sebesar 0.4521 (mm/year), untuk Suhu 250C yaitu sebesar 0.4538(mm/year) pada plat 10mm, Sedangkan untuk plat 12 mm , suhu 20⁰C yaitu sebesar 0.5547 (mm/year), untuk Suhu 25⁰C yaitu sebesar 0.5550 (mm/year).

Kata kunci—Laju Korosi, Pengelasan bawah bawah air ,salinitas , Tebal Pelat

I. PENDAHULUAN

Baja menjadi unsur yang sangat penting dalam proses pembangunan sebuah kapal. Hal ini karena pada umumnya, material yang digunakan pada kapal terbuat dari baja

dengan berbagai jenis dan kandungan yang berada di dalamnya. Salah satu baja jenis baja yang sering digunakan pada konstruksi kapal adalah baja karbon rendah ASTM A36 [1].

Hingga saat ini, masih banyak ditemui kegagalan hasil lasan. Salah satu penyebab kegagalan lasan tersebut adalah terjadinya korosi. Pada konstruksi yang terbuat dari logam maupun non logam, korosi dapat menimbulkan kerugian biaya yang sangat besar. Pada baja kapal, kerugian teknis yang akan dialami akibat terjadinya korosi adalah berkurangnya kecepatan kapal, menurunnya fatigue life, tensile strength dan berkurangnya sifat mekanis material lainnya [2].

Baja yang sering digunakan dalam konstruksi kapal adalah mild steel yang merupakan baja low carbon, salah satunya adalah tipe ASTM A36. Sedangkan penyambungan las yang sering dilakukan dalam pengelasan bawah air adalah menggunakan welding machine.

Melalui tugas akhir ini akan dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh salinitas dan temperatur air laut pada wet underwater welding, pada hasil pengelasan baja berkarbon rendah terhadap laju korosinya. Hanya saja, tipe baja yang digunakan berbeda yaitu ASTM A36. Analisa akan dilakukan dengan pengujian elektrolisis sel tiga elektroda menggunakan larutan NaCl (sebagai pengganti air laut) dengan berbagai konsentrasi (sesuai dengan salinitas air laut di dunia) serta pengaruh ketebalan baja ASTM A36 terhadap laju korosi apabila dilakukan pengelasan bawah air.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan studi literatur, pengumpulan data, dan pengujian laboratorium. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian korosi , pengujian tarik , foto makro, foto mikro dan uji kekerasan.

Inti dari pengerjaan tugas akhir ini adalah pengujian korosi terhadap spesimen–spesimen uji yang telah diberikan perlakuan pengelasan SMAW dengan variasi media Pengelasan dan tebal pelat. Adapun tahap – tahap pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Meletakkan working electrode, counter electrode

dan reference electrode ke dalam tabung reaksi dengan menggunakan tang penjepit sehingga rangkaian siap diuji.

2. Kabel yang menghubungkan penjepit working electrode dan reference electrode dihubungkan dengan seperangkat Autolab Potential Stat.
3. Seperangkat Autolab Potential Stat yang berfungsi sebagai sumber potensial diset pada -0,01 V dengan arus stabil.
4. 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
5. Setelah nilai laju korosi dapat ditentukan, software mulai menampilkan pembuatan grafik yang dibuat secara bertahap.
6. 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).
7. 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 [3].

Selanjutnya diperlukan data-data larutan pengganti air laut yang digunakan untuk pengelasan pada salinitas 33‰ dan salinitas 35‰ serta termometer untuk memposisikan suhu pada $20^{\circ}C$ dan $25^{\circ}C$, berikut ini adalah data yang didapatkan :

Tabel 2.1 kondisi salinitas 33 (33‰).

Larutan	Larutan
NaCl	NaCl
MgCl ₂	MgCl ₂
Na ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄
CaCl ₂	CaCl ₂
KCl	KCl
NaHCO ₃	NaHCO ₃
KBr	KBr
H ₃ BO ₃	H ₃ BO ₃
SrCl ₂	SrCl ₂
NaF	NaF
Ba (NO ₃) ₂	Ba (NO ₃) ₂
Cu (NO ₃) ₂	Cu (NO ₃) ₂
Mn (NO ₃) ₂	Mn (NO ₃) ₂
Zn (NO ₃) ₂	Zn (NO ₃) ₂
Pb (NO ₃) ₂	Pb (NO ₃) ₂
AgNO ₃	AgNO ₃

Tabel 2.2 kondisi salinitas 35 (35‰).

Larutan	Larutan
NaCl	NaCl

MgCl ₂	MgCl ₂
Na ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄
CaCl ₂	CaCl ₂
KCl	KCl
NaHCO ₃	NaHCO ₃
KBr	KBr
H ₃ BO ₃	H ₃ BO ₃
SrCl ₂	SrCl ₂
NaF	NaF
Ba (NO ₃) ₂	Ba (NO ₃) ₂
Cu (NO ₃) ₂	Cu (NO ₃) ₂
Mn (NO ₃) ₂	Mn (NO ₃) ₂
Zn (NO ₃) ₂	Zn (NO ₃) ₂
Pb (NO ₃) ₂	Pb (NO ₃) ₂
AgNO ₃	AgNO ₃

Sumber : (ASTM, 2003)

Keterangan :

A Klorinitas = 19.38

B pH (Setelah disesuaikan dengan 0.1 N Sodium Hydroxide) = 8.2

Dengan mengetahui larutan pengganti air laut tersebut, maka dapat dilakukan pengelasan basah bawah air sesuai suhu dan salinitas yang di inginkan .

III. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan pengujian korosi, didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian untuk Pengelasan di basah bawah air pada salinitas 33‰, tebal 10mm, dan suhu $20^{\circ}C$

No. Spesimen Uji	Kerapatan Arus ($\mu A/cm^2$)	Laju Korosi (mm/year)
1	15.746	0.18297
2	20.157	0.23423
3	18.038	0.20960
4	19.188	0.22297
Rata-rata	18.28225	0.2124425

Tabel 2. Hasil Pengujian untuk Pengelasan basah bawah air salinitas 33‰, tebal 12mm, dan suhu $20^{\circ}C$

No. Spesimen Uji	Kerapatan Arus ($\mu A/cm^2$)	Laju Korosi (mm/year)
1	26.338	0.30605
2	25.719	0.29885
3	33.206	0.38585
4	25.020	0.29073
Rata-rata	27.57075	0.32037

Tabel 3 Hasil Pengujian untuk Pengelasan basah bawah air pada salinitas 33‰, tebal 10mm, dan suhu $25^{\circ}C$

No. Spesimen Uj	Kerapatan Arus ($\mu A/cm^2$)	Laju Korosi (mm/year)
1	15.755	0.18301
2	20.166	0.23454
3	18.023	0.21500
4	19.196	0.22305

Rata -rata	18.285	0.2139
-------------------	--------	--------

Tabel 4 . Hasil Pengujian untuk Pengelasan basah bawah air pada salinitas 33‰, tebal 12mm, dan suhu 25⁰C

No. Spesimen Uji	Kerapatan Arus (µA/cm ²)	Laju Korosi (mm/year)
1	26.346	0.30625
2	25.720	0.29892
3	33.212	0.38599
4	25.060	0.2909
Rata -rata	27.5845	0.320515

Dari data pada Tabel 1 sampai dengan 4 dapat diketahui bahwa nilai potensial, kerapatan arus dan laju korosi berbeda-beda pada setiap spesimen. Hal ini bisa dipengaruhi banyak hal seperti tempat penyimpanan material, terkena air dan sebagainya. Nilai-nilai tersebut tidak berubah secara signifikan, jadi urutan pengujian tidak mempengaruhi hasilnya. Serta nilai laju korosinya lebih tinggi pada pengelasan basah bawah air dengan variasi salinitas 33%, tebal 12, dan suhu 25⁰C yaitu sebesar, 0.320515(mm/year).

Tabel 5. Hasil Pengujian untuk Pengelasan basah bawah air pada salinitas 35‰, tebal 10mm, dan suhu 20⁰C

No. Spesimen Uji	Kerapatan Arus (µA/cm ²)	Laju Korosi (mm/year)
1	37.1280	0.4314
2	39.4750	0.4587
3	40.3880	0.4691
4	38.6830	0.4494
Rata -rata	38.9185	0.45215

Tabel 6. Hasil Pengujian untuk Pengelasan basah bawah air pada salinitas 35‰, tebal 12mm, dan suhu 20⁰C

No. Spesimen Uji	Kerapatan Arus (µA/cm ²)	Laju Korosi (mm/year)
1	46.8600	0.54451
2	54.0630	0.56450
3	48.2320	0.56040
4	47.3120	0.54976
Rata -rata	49.11675	0.5547925

Tabel 7. Hasil Pengujian untuk Pengelasan basah bawah air pada salinitas 35‰, tebal 10mm, dan suhu 25⁰C

No. Spesimen Uji	Kerapatan Arus (µA/cm ²)	Laju Korosi (mm/year)
1	37.1261	0.4302
2	39.479	0.4696
3	40.392	0.4711
4	38.678	0.4446
Rata -rata	38.9188	0.453875

Tabel 8. Hasil Pengujian untuk Pengelasan basah bawah air pada salinitas 35‰, tebal 12mm, dan suhu 25⁰C

No. Spesimen Uji	Kerapatan Arus (µA/cm ²)	Laju Korosi (mm/year)
1	54.9060	0.56420
2	46.2900	0.54501
3	48.268	0.5609
4	47.021	0.54999
Rata -rata	49.1213	0.555025

Dari data pada Tabel 5 sampai dengan 8 dapat diketahui bahwa nilai potensial, kerapatan arus dan laju korosi berbeda-beda pada setiap spesimen. Hal ini bisa dipengaruhi banyak hal seperti tempat penyimpanan material, terkena air dan sebagainya. Nilai-nilai tersebut tidak berubah secara signifikan, jadi urutan pengujian tidak mempengaruhi hasilnya. Serta nilai laju korosinya lebih tinggi pada pengelasan basah bawah air dengan variasi salinitas 35%, tebal 12, dan suhu 25⁰C yaitu sebesar, 0.555025 (mm/year) [4].

Dari data tabel di atas merupakan perhitungan laju korosi dengan menggunakan *software* NOVA yang nantinya data itu akan di bandingkan dengan perhitungan hukum farady. Dengan rumusan hukum farady sebagai berikut :

$$a = 27.925 \text{ gram / mol}$$

$$k = 0.00327$$

$$n = 1$$

$$D = 7.86 \text{ gram / cm}^3$$

$$i_{kor} = 15.746$$

$$Laju Korosi = K \frac{a \cdot i}{n \cdot D} \dots\dots\dots(1)$$

$$= 0.00327 \frac{27.925 \times 15.749}{1 \times 7.86}$$

$$= 0.18297 \text{ mm/year}$$

Tabel 9. Contoh nilai Laju Korosi Spesimen Pengelasan basah bawah air dengan salinitas 33‰ Suhu 20⁰C berdasarkan Perhitungan Hukum Faraday.

No Spesime n Uji.	Pelat 10 mm		Pelat 12 mm	
	I Corr (µA/cm ²)	Laju Korosi (mm/year)	I Corr (µA/cm ²)	Laju Korosi (mm/year)
1	15.746	0.1829315	26.338	0.305985
2	20.157	0.234177	25.719	0.298794
3	18.038	0.209559	33.206	0.385775
4	19.188	0.222919	25.020	0.290673
Rata-rata	18.2822	0.212396	27.5707	0.320307

Setelah didapatkannya laju korosi dengan perhitungan Hukum Farady maka dapat dibandingkan hasilnya dengan perhitungan *software* NOVA.

Tabel 10 Perbandingan Perhitungan Laju Korosi Pengelasan Basah Bawah Air Dengan Salinitas 33% Suhu 20°C dan plat 10mm antara *software* NOVA dan Persamaan Hukum Faraday

No Spesimen Uji.	Pelat 10 mm	
	Perhitungan Software NOVA	Perhitungan Hukum Faraday
	(mm/year)	(mm/year)
1	0.18297	0.182931559
2	0.23423	0.234177025
3	0.20960	0.209559219
4	0.22297	0.222919519
Rata - rata	0.2124425	0.212396831

Tabel 11 Perbandingan Perhitungan Laju Korosi Pengelasan Basah Bawah Air Dengan Salinitas 33% Suhu 20°C dan plat 12mm antara *software* NOVA dan Persamaan Hukum Faraday

No Spesimen Uji.	Pelat 12 mm	
	Perhitungan Software NOV	Perhitungan Hukum Faraday
	(mm/year)	(mm/year)
1	0.30605	0.305985736
2	0.29885	0.298794409
3	0.38585	0.385775775
4	0.29073	0.290673670
Rata - rata	0.32037	0.320307397

Berdasarkan tabel 10 dan 11 diketahui jika nilai laju korosi pada spesimen Pengelasan Basah Bawah Air Dengan Salinitas 33% Suhu 20°C yang didapat dari dua perhitungan yang dilakukan tidak jauh berbeda. Mayoritas hasilnya hanya berbeda pada angka di belakang koma.

Pengujian kali ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi salinitas dan suhu air pada saat pengelasan dan tebal pelat terhadap laju korosi. Dari data hasil pengujian yang telah didapat sebelumnya, dapat diketahui bagaimana pengaruh kedua hal tersebut terhadap laju korosi baja ASTM A36 pada pengelasan SMAW.

Data laju korosi yang digunakan dalam analisa ini adalah yang berasal dari *software* Nova. Data manapun yang digunakan sebenarnya tidak memiliki pengaruh yang signifikan karena hasil dari perhitungan *software* NOVA hampir sama dengan perhitungan menggunakan Hukum Faraday.

Untuk menguji prosedur pengelasan basah bawah air, maka dilakukan pengujian tarik. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik material *weld metal*. *Tensile Test* ini akan menghasilkan *mechanical properties* yang terdiri dari kuat tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) dan kuat luluh (*yield strength*). Dari *mechanical properties* tersebut selanjutnya digunakan

analisa untuk mengetahui kualifikasi material (*base metal*) dan prosedur pengelasan (*weld joint*) [5].

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tarik dan kuat luluh dari sambungan las tersebut. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 12 Hasil Uji Tarik

Tension Test					
No.	Code Material	Specification Sample			
		Width (mm)	Thick (mm)	Dia. (mm)	C S A (mm)
1.	A	19.91	5.73	-	114.0843
2.	B	19.83	7.62	-	151.1046
No.		F. Yield			
		KN		N	
1.	41.5			41500	
2.	51.5			51500	

Tabel 13 Hasil Uji Tarik

Tension Test				
No.	Code Material	Tensile Test Result		Breaking
		Yield Strength MPa	Ultimate Strength MPa	
1.	A	363.766	477.716	Weld Metal
2.	B	340.823	390.458	Weld Metal
No.		F. Ultimate		
		KN		N
1.	54.5			54500
2.	59			59000

Dari Tabel 12 dan 13 dapat diketahui bahwa dari dua spesimen uji tarik tersebut, dua spesimen patah di daerah weld metal. Hal ini disebabkan karena ketidak sempurnaan pengelasan Basah Bawah yaitu ada nya crack yang tidak terlihat sehingga menyebabkan patah di daerah weld metal. Kuat tarik spesimen yang patah di daerah weld metal 477.716 Mpa dan 390.458MPa. Berdasarkan data pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa hasil pengelasan basah bawah air dapat diterima karena kuat tarik spesimen yang patah di daerah weld metal (477.716 Mpa) masih lebih tinggi daripada kuat tarik minimum material base metal ASTM A36 (400 MPa).

KESIMPULAN/RINGKASAN

1. Semakin tinggi kadar salinitas yang terlarut dalam air semakin besar pula laju korosinya. Pada Salinitas 33% dengan tebal pelat 10mm nilai laju korosinya sebesar **0.2139** sedangkan untuk tebal 12mm nilai laju korosinya sebesar **0.320515**. Pada Salinitas 35% dengan tebal pelat 10mm nilai laju korosinya sebesar **0.453875** sedangkan untuk tebal 12mm nilai laju korosinya sebesar **0.555025**.

2. Pengaruh suhu air pada pengelasan basah bawah air tidak terlalu signifikan terhadap laju korosi, dengan kecenderungan suhu 25⁰C lebih besar. Pada suhu 20⁰C tebal 10mm dengan salinitas 33‰ nilai laju korosinya sebesar **0.2124** sedangkan suhu 25⁰C tebal 10mm pada salinitas 33‰ nilai laju korosinya sebesar **0.2139**. Pada Suhu 20⁰C dengan 12mm pada salinitas 33‰ nilai laju korosinya sebesar **0.32037** sedangkan suhu 25⁰C tebal 12mm pada salinitas 33‰ nilai laju korosinya sebesar **0.320515**.

Pada Suhu 20⁰C tebal 10mm dengan salinitas 33‰ nilai laju korosinya sebesar **0.45215** sedangkan suhu 25⁰C tebal 10mm pada salinitas 33‰ nilai laju korosinya sebesar **0.453875**. Pada Suhu 20⁰C tebal 12mm dengan salinitas 33‰ nilai laju korosinya sebesar **0.5547925** sedangkan suhu 25⁰C tebal 12mm pada salinitas 33‰ nilai laju korosinya sebesar **0.555025**.

3. Semakin tebal pelat semakin besar pula laju korosinya. Pada Salinitas 33‰ dengan tebal pelat 10mm nilai laju korosinya sebesar **0.2139** sedangkan untuk tebal 12mm nilai laju korosinya sebesar **0.320515**. Untuk Salinitas 35‰ dengan tebal pelat 10mm nilai laju korosinya sebesar **0.453875** sedangkan untuk tebal 12mm nilai laju korosinya sebesar **0.555025**.
4. Dengan hasil patah pada bagian *Weld Metal* membuktikan bahwa pengelasan basah bawah air mempunyai kualitas yang kurang baik. Dengan nilai *Yield Strength* sebesar 363.766 MPa dan 340.823 MPa serta nilai *Ultimate Strength* sebesar 477.716 MPa dan 390.458 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agastama, P. (2010). *Tugas Akhir "Studi Laju Korosi Weld Joint Material A36 pada Underwater Welding"*. Surabaya : Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
- [2] American Welding Society. (1999). *Specification for Underwater Welding, AWS D3.6M*. Miami, Florida: ANSI.
- [3] American Welding Society. (2010). *Structural Welding Code - Steel, AWS D1.1/D1.1M*. Miami, Florida: ANSI.
- [4] Fontana, M. G. (1987). *Corrosion Engineering*. New York: Mc Graw - Hill Book Company.
- [5] Permata, T. (2012). *Tugas Akhir "Analisa Pengaruh Variasi Elektroda pada Pengelasan FCAW Material BKI Grade A Terhadap Laju Korosi"*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS.