

# Pengaruh Metode Pemanasan Line Heating pada Proses Pembentukan Badan Kapal terhadap Laju Korosi

Prawoto Hardiansyah dan Heri Supomo

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

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

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

Pembentukan panas (*hot foarming*) di dalam proses produksi suatu kapal, sering kali dilakukan tanpa adanya standarisasi batasan temperatur yang dipakai. Padahal tiap – tiap material yang akan dilakukan pembentukan panas, mempunyai dampak yang berbeda – beda akibat dari berbedanya komposisi kimia masing – masing material tersebut.

Salah satu pembentukan panas yang sering digunakan adalah line heating. Proses line heating pada material ASTM A36 dapat merubah struktur mikro dan selanjutnya akan merubah juga sifat dasar material ASTM A36. Banyak faktor yang mempengaruhi perubahan struktur mikro yang dikarenakan line heating, salah satunya yaitu proses pendinginan cepat.

Pada penelitian ini ada 3 buah material ASTM A36 yang akan di line heating dengan suhu 650 °C serta jumlah pengulangan yang berbeda. Pada material pertama dipanasi 1 kali, pada material kedua dipanasi 2 kali, pada material ketiga dipanasi 3 kali dan material keempat dipanasi 4 kali. Tiap variasi pemanasan ulang akan dilakukan perlakuan yang sama untuk dihitung laju korosinya dengan menggunakan metode sel tiga elektroda. Hasil perhitungan dari pengujian ini akan digambarkan dalam bentuk grafik untuk diketahui perbandingan laju korosi tiap pemanasan ulang.

**Kata Kunci**— laju korosi, line heating, pemanasan, struktur mikro

## I. PENDAHULUAN

Peristiwa korosi terjadi dimana – mana, dan bisa terjadi pada logam atau non logam. Akibat adanya proses korosi pada sebuah struktur bangunan adalah kerugian yang akan timbul dalam bentuk teknis maupun ekonomis. Salah satu penyebab korosi adalah perbedaan temperatur, penambahan temperatur umumnya menambah laju korosi walaupun kenyataannya kelarutan oksigen berkurang dengan meningkatnya temperatur. Sebagaimana diketahui bahwa dalam pembangunan kapal banyak terdapat pelat – pelat berbentuk lengkungan yang pada proses pelengkungannya biasanya dilakukan di fabrikasi. Proses pembuatan lengkungan tersebut adalah dengan memakai cara panas (*hot foarming*), yaitu dengan flame heating yang bisa berupa line heating, spot heating dan sebagainya. Di mana pemanasan dan pendinginan dilakukan untuk tujuan mengubah sifat. Pemanasan dan pendinginan sering terjadi secara kebetulan selama proses manufaktur lain seperti pembentukan panas (*hot forming*) atau pengelasan.

Di dalam teori ilmu logam diketahui bahwa sebenarnya ketika logam membeku akan membentuk struktur kisi kristal yang tidak sempurna dan ketidaksempurnaan itu adalah cacat pada kisinya. Hal ini dapat terjadi pada proses pemadatan selama pencetakan, dan dipengaruhi pula oleh

perlakuan mekanik yang diterima logam selama pengerjaan dan fabrikasi. Pada proses pembentukan biasanya digunakan prosedur quenching. Metode yang digunakan pada proses quenching adalah dengan air tak bergerak dan dengan air yang mengalir atau di siramkan [1]. Namun perlakuan ini berpengaruh terhadap laju korosi. Karena salah satu pengaruh korosi sendiri adalah proses perlakuan panas dari material itu sendiri.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pembentukan Panas

Di dalam produksi kapal pembentukan (*forming*) merupakan cara yang paling banyak dilakukan dilapangan. Cara ini banyak dilakukan karena hasil yang diinginkan cenderung terpenuhi serta mudah dikerjakan. Salah satu cara pembentukan yang paling sering dilakukan adalah dengan *hot forming*.

Proses dari pembentukan panas terdiri dari pemanasan logam kerja kemudian diikuti dengan proses pendinginan, rangkaian dari proses ini memiliki ciri khusus bahwa semua proses pemanasan dilakukan tanpa pernah mencapai suhu lebur dari material yang dipanaskan.

Tujuan utama dari pembentukan panas ini adalah untuk membentuk atau meluruskan kembali sebuah logam sesuai dengan apa yang kita inginkan. Kelemahan dari proses pembentukan panas ini adalah tidak ada prosedur pembentukan panas yang mampu menghasilkan semua karakteristik diatas dalam satu kali proses. Selain itu peningkatan pada satu sifat maka akan mengurangi satu sifat yang lain, misalkan peningkatan kekerasan logam akan membuat logam menjadi getas dan tidak tahan terhadap korosi.

Tahap dalam perlakuan panas harus memenuhi tiga hal berikut [1] :

1. Pemanasan yaitu memanaskan logam secara perlahan – lahan untuk menjamin bahwa suhu merata di seluruh ruangan dan logam uji.
2. Penahanan yaitu menahan suhu yang diinginkan beberapa saat.
3. Pendinginan yaitu mendinginkan logam uji pada suhu kamar.

Tujuan utama dari proses pemanasan adalah memanaskan logam uji sampai suhu yang diinginkan secara perlahan. Hasil dari proses pemanasan sangat dipengaruhi oleh kehomogenan suhu pada spesimen. Tidak homogennya suhu pemanasan berakibat satu bagian pada logam akan memuai lebih cepat dari bagian yang lain hal ini

mengakibatkan logam akan mengalami defleksi yang menimbulkan tegangan sisa dan pengurangan kekuatan material. Pemanasan yang lambat akan membuat penyebaran panas pada logam uji akan merata keseluruh bagian material.

Kecepatan pemanasan tergantung dari beberapa hal, yang terpenting adalah konduktivitas panas dari logam yang akan diuji. Kondisi dari logam uji juga menentukan kecepatan pemanasan, pada peralatan yang diperkeras akan lebih lambat daripada logam yang tidak bertegangan. Spesimen dengan ukuran dan luas penampang lebih besar akan membutuhkan waktu pemanasan lebih lama.

Tahap penahanan pada suhu tercapai dilakukan hingga perubahan struktur logam terjadi dan hampir konstan. Periode penahanan tergantung pada analisa kimia dan massa jenis dari logam uji. Waktu penahanan dilakukan pada suhu tertentu disebut periode penahanan (*soaking period*). Periode penahanan bertujuan untuk menjamin semua bagian spesimen mencapai suhu yang sama yang dapat mencegah terjadinya cacat akibat pengerjaan.

Setelah periode penahanan maka spesimen harus dikembalikan pada suhu kamar untuk menyelesaikan proses perlakuan panas. Periode pendinginan tergantung dari jenis logam dan hasil komposisi akhir yang diinginkan [2]. Metode dari tahap pendinginan ini tergantung dari jenis perlakuan panas yang kita terapkan. Untuk proses pendinginan, logam dapat didinginkan pada medium pendinginan dari gas, padat, cairan atau kombinasinya. Perbedaan penggunaan medium pendinginan dapat membuat komposisi hasil proses pemanasan berbeda pula.

*Quenching* adalah prosedur yang digunakan untuk mendinginkan logam yang mengalami perlakuan panas. Pendinginan pada *quenching* dilakukan dengan cepat menggunakan oli, air, *brine*, atau beberapa medium yang lain. Logam yang dikeraskan dengan pendinginan udara, mempunyai periode pendinginan yang lebih lambat.

**B. Definisi Korosi**

Korosi dapat diartikan sebagai suatu proses kerusakan atau keausan material akibat terjadinya reaksi dengan lingkungan. Dalam beberapa sumber, definisi korosi terbatas pada korosi logam tetapi seringkali seorang ahli korosi harus mempertimbangkan antara logam dan non logam untuk memberikan penyelesaian yang ada. Lingkungan yang menyebabkan kerusakan pada material disebut lingkungan korosif yang terbagi dalam beberapa bagian [3].

1. Lingkungan udara beruap air dan air yang mengandung mineral.
2. Polutan industri yang terdiri dari uap air, gas-gas seperti amoniak, hydrogen sulfida, asam-asam organic.
3. Minyak.
4. Lingkungan bersuhu tinggi.

Di alam bebas, kebanyakan logam ditemukan dalam keadaan tergabung secara kimia dan disebut bijih (ore). Bijih-bijih ini biasanya berupa oksida sulfida, karbonat, atau senyawa lain yang lebih kompleks. Senyawa-senyawa tersebut banyak yang sudah ada di kerak bumi sejak bumi ini tercipta. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa kondisi kimia bijih-bijih itu ditentukan oleh kehendak alam. Kehendak alam inilah yang kemudian menjadi hukum dasar yang berkembang melalui pengkajian termodinamika dan

menggunakan termonologi dalam termodinamika itu dapat dikatakan bahwa bijih dan senyawa-senyawa lain semacam itu berada dalam keadaan energi paling rendah [3],

Hukum termodinamika mengungkapkan tentang kuatnya kecenderungan keadaan energi tinggi untuk berubah ke keadaan energi rendah. Kecenderungan inilah yang membuat logam-logam tergabung kembali dengan unsur-unsur yang ada di lingkungan yang akhirnya membentuk gejala korosi. Ini dijelaskan dengan menggunakan profil energi untuk menggambarkan perubahan-perubahan termodinamika yang dialami suatu atom logam sejak masih tergabung dalam bijih, ketika berdiri sendiri sebagai atom logam dan sesudah tergabung lagi sebagai hasil korosi. Sehingga korosi dapat diartikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya [4].

**C. Perhitungan Laju Korosi**

Laju korosi adalah peristiwa merambatnya proses korosi yang terjadi pada suatu material. Pada beberapa pengujian korosi sebagian besar yang dilakukan pengukuran adalah laju korosi. Hal ini disebabkan karena laju korosi berhubungan erat dengan nilai ekonomis dan teknis pada suatu material. Laju korosi merupakan salah satu parameter yang biasa digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap korosi sehingga nantinya akan dapat diperkirakan kapan material dinyatakan tidak layak dan sebagainya. Satuan yang digunakan adalah *mpy* (*mils per year*). Ketahanan material terhadap korosi pada umumnya mempunyai nilai laju korosi antara 1 sampai dengan 200 *mpy*. Tabel dibawah ini menggolongkan tingkat ketahanan material berdasarkan nilai laju korosinya [3].

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+

Gambar 1. Tingkat ketahanan material terhadap korosi berdasarkan nilai laju korosinya

Menghitung laju korosi pada umumnya menggunakan 2 cara yaitu:

1. Metode kehilangan berat
2. Metode Elektrokimia

Metode kehilangan berat

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 ASTM G1-90 vol 3.2 2002 sebagai berikut:

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

Persamaan 1. Perhitungan laju korosi menggunakan metode kehilangan berat dengan

mpy = mils per year (seper seribu inci per tahun)

W = berat yang hilang (mg)

D = massa jenis spesimen ( $\frac{g}{cm^3}$ )

A = luas specimen (in<sup>2</sup>)

T = waktu yang diperlukan (hour)

Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji (objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi padanya), kekurangan berat dari pada berat awal merupakan nilai kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan kedalam rumus untuk mendapatkan laju kehilangan beratnya.

Metode Elektrokimia

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). Kelemahan metode ini adalah tidak dapat menggambarkan secara pasti laju korosi yang terjadi secara akurat karena hanya dapat mengukur laju korosi hanya pada waktu tertentu saja, hingga secara umur pemakaian maupun kondisi untuk dapat ditreatmen tidak dapat diketahui. Kelebihan metode ini adalah kita langsung dapat mengetahui laju korosi pada saat di ukur, hingga waktu pengukuran tidak memakan waktu yang lama.

Metode elektrokimia ini meggunakan rumus yang didasari pada Hukum Faraday (ASTM G1-90 vol 3.2 2002) yaitu menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Laju Korosi} = \frac{K \times a \times i}{n \times D}$$

Persamaan 2. Perhitungan laju korosi menggunakan hukum Faraday

dengan : K = konstan (0,129 untuk mpy)

a = berat atom logam terkorosi

i = kerapatan arus ( $\mu A/cm^2$ )

n = jumlah elektron valensi logam

terkorosi

D = densitas logam terkorosi (gr/ cm<sup>2</sup>)

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Persiapan Pengujian

Persiapan pada pengujian ini adalah peneliti melakukan tahap pertama dalam melakukan penelitian, yaitu mempersiapkan seluruh specimen yang akan diuji serta menyiapkan seluruh peralatan pengujian, dimana specimen yang akan diuji adalah baja ASTM A36 dan alat pengujian yang akan digunakan adalah peralatan pemanasan.

#### B. Pengujian Percobaan

Setelah tahap persiapan dilakukan, langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah tahap pengujian percobaan. Sebelum dimulai pengujian laju korosi, material harus dilakukan proses *line heating* dengan variasi pemanasan ulang dari tiap matrial. Kemudian dilakukan perhitungan laju korosi dengan menggunakan hukum Faraday [persamaan 2]

### IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

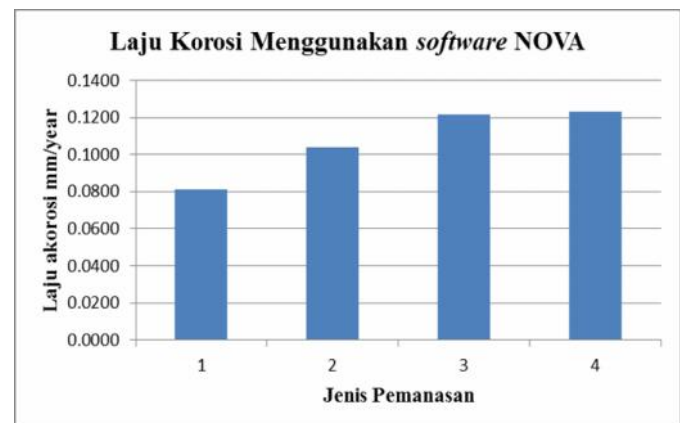
#### A. Perhitungan Laju Korosi

Perhitungan laju korosi yang didapatkan dari pengeplotan diagram tafel di *software* NOVA akan dibandingkan lagi dengan perhitungan manual dengan rumus Hukum Faraday. Hasil pengukuran pada *software* NOVA menghasilkan harga Icorr, harga tersebut yang nantinya digunakan untuk menghitung laju korosi menggunakan Hukum Faraday [persamaan 2].

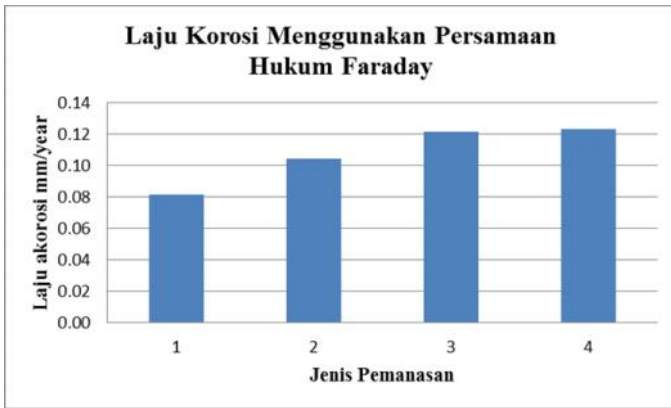
Pada perhitungan laju korosi menggunakan *software* NOVA memiliki *output* antara lain Icorr, Ecorr, laju korosi dan lain-lain. Sebagai contoh, untuk laju korosi pada material yang dipanasi 1 kali. Pelat ini berperan sebagai elektroda kerja kemudian dihubungkan dengan seperangkat Potensiostat Autolab yang telah dilengkapai dengan *software* NOVA. Secara otomatis akan melakukan pengeplotan diagram tafel yang dapat kita atur sendiri tingkat presisinya. *Output* itu berupa nilai – nilai :

- ba (V/dec) = 37.6240 mV/dec
- bc (V/dec) = 37.9750 mV/dec
- E corr, Calc (V) = -444.200 mV
- E corr, Obs (V) = -444.280 mV
- I corr (A/cm<sup>2</sup>) = 8.10670  $\mu A/cm^2$
- I corr (A) = 144.300  $\mu A$
- Corrosion rate (mm/year) = 0.0942
- Polarization resistance ( ) = 56.8810
- E Begin (V) = -465.390 mV
- E End (V) = -422.670 Mv

Dari nilai – nilai tersebut didapatkan nilai yang merupakan kunci dari perhitungan laju korosi ini, yaitu I corr (A/cm<sup>2</sup>) = 8.10670  $\mu A/cm^2$  dan laju korosi (mm/year) = 0.0942. Dari I corr yang didapat dari *output* secara otomatis *software* NOVA, disubstitusikan dalam persamaan hukum Faraday untuk membandingkan nilai laju korosinya. Dari hasil perhitungan laju korosi menggunakan *software* NOVA dan hukum Faraday ada selisih yang tidak telalau besar mulai dari pemanasan 1 kali, pemanasan 2 kali, pemanasan 3 kali , dan pemanasan 4 kali. Ini bisa dikatakan bahwa perhitungan laju korosi menggunakan *software* NOVA dan Hukum Faraday adalah sama, ini tampak pada tabel berikut ini:

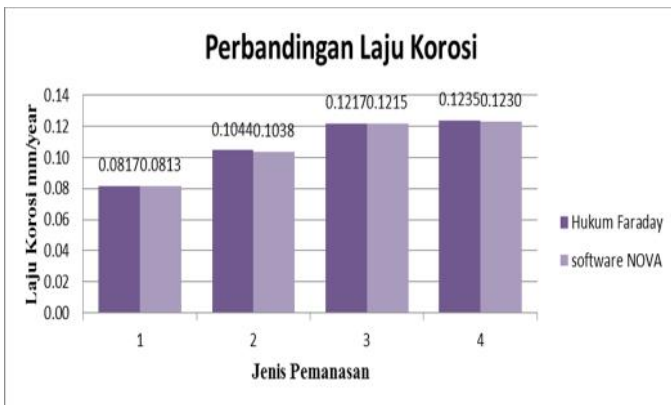


Gambar 2. Laju korosi dengan menggunakan software NOVA dengan variasi pemanasan sebanyak 4 kali.



Gambar 3. Laju korosi dengan menggunakan persamaan hukum Faraday dengan variasi pemanasan sebanyak 4 kali.

Dari hasil perhitungan laju korosi menggunakan *software* NOVA dan hukum Faraday ada selisih yang tidak terlalu besar mulai dari pemanasan 1 kali, pemanasan 2 kali, pemanasan 3 kali, dan pemanasan 4 kali. Ini bisa dikatakan bahwa perhitungan laju korosi menggunakan *software* NOVA dan Hukum Faraday adalah sama, ini tampak pada tabel berikut ini:



Gambar 4. Diagram Perbandingan Laju Korosi dengan Persamaan Hukum Faraday dan *Software* NOVA

### V. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini adalah:

- 1) Dari perhitungan laju korosi didapatkan hasil laju korosi sebagai berikut : specimen tanpa pemanasan memiliki laju korosi sebesar 0.0264 mm/year, specimen dengan pemanasan 1 kali memiliki laju korosi sebesar 0.0842 mm/year, specimen dengan pemanasan 2 kali memiliki laju korosi sebesar 0.1053 mm/year, specimen dengan pemanasan 3 kali memiliki laju korosi sebesar 0.1221 mm/year, dan specimen dengan pemanasan 4 kali memiliki laju korosi sebesar 0.1264 mm/year.
- 2) Dari hasil perhitungan laju korosi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pemanasan ulang akan mempengaruhi besarnya laju korosi. Bila dibandingkan dengan laju pemanasan 1 kali laju korosi naik sebesar 217%; pada pemanasan 2 kali laju korosi naik 296%; pada pemanasan 3 kali laju korosi naik 361%; pada pemanasan 4 kali laju korosi naik 377%. Dari data tersebut diperoleh kesimpulan bahwasanya semakin banyak pemanasan ulang maka semakin besar pula laju korosi yang terjadi.

- 3) Proses pemanasan ulang ini memiliki pengaruh terhadap struktur mikro. Semakin banyak pengulangan pemanasan semakin besar ukuran bentuk struktur mikro dari ferrite dan perlite.
- 4) Proses perlakuan line heating yang dilakukan untuk melakukan pembentukan suatu material membutuhkan suhu yang cukup besar (menggunakan suhu sampai dengan 650° C). Apabila material ASTM A36 terkena perlakuan panas dengan suhu tersebut akan merubah kandungan ferrite menyebabkan ketahanan terhadap laju korosinya semakin rendah dan bersifat lebih keras
- 5) Perhitungan laju korosi, sangat dipengaruhi juga oleh nilai rapat arus ( $i_{corr}$ ). Dari nilai – nilai yang dihasilkan, diperoleh hubungan bahwa semakin besar nilai rapat arus ( $i_{corr}$ ), semakin besar juga nilai laju korosi, begitu juga sebaliknya.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lab Konstruksi serta Lab Teknologi Produksi Dan Manajemen Perkapalan yang telah membantu penulisa dalam menyelesaikan penelitian ini serta pihak bersangkutan lainnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Robert H. Todd, “Steel and Its Heat Treatment” ,Butterworth, London, (1994).
- [2] Totten, G.E, Bates, C.E and Clinton, N.A, “Quenchant and Quenching Technology” ,ASM International, (1991).
- [3] Fontana, M.G, Corrosion Engineering McGraw–Hill Book Company, New York (1987).
- [4] Trethewey, K.R. and Chamberline, J, “Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasa” ,PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991.