



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Pengaruh Ketebalan *Coating* Terhadap Laju Korosi Pada Baja ST42 Sebagai Material Daun Kemudi Pada Perairan Dengan Tingkat Salinitas Yang Bervariasi

Heraldo Petra Sumintono¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾, Untung Budiarto¹⁾

¹⁾Laboratorium Kapal – Las dan Material Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*e-mail : heraldopetra@students.undip.ac.id

Abstrak

Korosi merupakan penyebab deformasi kualitas baja yang umum terjadi. Korosi ditimbulkan oleh ketidakcocokkan sifat baja dengan lingkungan sekitarnya. Faktor yang umum ditemui adalah kadar garam atau kadar salinitas dalam suatu perairan. Daun kemudi kapal sebagai salah satu komponen penting kapal yang bersinggungan langsung dengan air laut menjadi rentan akan korosi. Salah satu cara meningkatkan ketahanan baja ST 42 sebagai material utama daun kemudi kapal adalah pelapisan coating. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh salinitas terhadap laju korosi. Metode penelitian ini menggunakan material baja ST 42 menggunakan variasi ketebalan coating dengan ketebalan 75 μm , 250 μm , dan 350 μm serta kandungan salinitas yang digunakan adalah 33‰, 36‰, dan 39 ‰ dengan jenis cat yang digunakan adalah polyurethane. Hasil penelitian menunjukkan hasil laju korosi terendah terdapat pada spesimen dengan ketebalan coating 350 μm dengan kadar salinitas 33‰ dengan nilai $2, \text{E}-03$ mmpy dan laju korosi tertinggi terdapat pada spesimen dengan ketebalan coating 75 μm dengan kadar salinitas 39‰ sebesar $1, \text{E}-01$ mmpy. Hasil tersebut menyimpulkan pengaplikasian coating pada baja ST 42 dapat menurunkan laju korosi dan perbedaan kadar salinitas dapat mempengaruhi nilai laju korosi suatu material sehingga sangat cocok untuk diaplikasikan pada baja ST 42 sebagai material daun kemudi kapal.

Kata Kunci: Laju Korosi, ST 42, Salinitas, Coating, Elektrokimia

1. PENDAHULUAN

Baja merupakan salah satu material yang umum digunakan dalam industri perkapalan. Baja dalam jenis apapun umum digunakan dalam sebagai bahan utama pembangunan kapal hingga kegiatan reparasi kapal. Industri perkapalan bukanlah industri kecil, sehingga setia pemilihan bahan selalu merunut pada aturan yang dikeluarkan oleh lembaga hukum terkait. Baja sangat umum untuk dipilih sebagai material utama industri perkapalan karena baja memiliki sifat yang dibutuhkan dalam industri perkapalan.

Baja adalah sebuah material paduan yang tersusun atas unsur besi (Fe) sebagai unsur primer

yang dipadukan dengan unsur karbon (C) sebagai unsur paduan utama [1]. Karena terdiri dari unsur besi dan karbon, baja menjadi sebuah material yang kuat, keras, awet, tahan tekanan, sifat magnetik yang tinggi, tetapi memiliki koefisien muai yang rendah sehingga sangat cocok untuk digunakan sebagai material utama yang digunakan dalam industri perkapalan.

Baja dengan segala unsur paduannya dapat di klasifikasikan. Jenis pengklasifikasian yang paling umum adalah pengklasifikasian menurut kadar karbon. Pengklasifikasian baja menurut kadar karbon dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu baja berkarbon rendah, menengah, hingga tinggi. Industri perkapalan umumnya menggunakan tiga jenis klasifikasi tersebut,

namun untuk industri pembangunan dan reparasi bangunan kapal umumnya menggunakan klasifikasi baja dengan karbon rendah. Baja karbon rendah merupakan baja yang mengandung karbon dengan persentase maksimal 0,3% dari total kandungan yang terdapat dalam baja [2]. Salah satu jenis baja yang umum digunakan dalam industri perkapalan adalah baja ST 42. Baja jenis ST 42 memiliki kandungan karbon sekitar 0,21%. Kandungan sebesar 0,21% berarti terdapat sekitar 21 kilogram dalam satu ton baja ST 42 [3].

Korosi adalah suatu fenomena kerusakan material berupa deformasi bentuk dan ukuran yang diakibatkan oleh reaksi dengan lingkungannya [4]. Dalam industri perkapalan, salah satu klasifikasi lingkungan yang umum berkontak langsung dengan logam adalah lautan. Lautan memiliki kadar garam yang sebagai elektrolit dengan kadar yang terhitung cukup besar apabila dibandingkan dengan lingkungan lainnya. Tingkat kadar garam atau tingkat salinitas yang dimiliki oleh lautan berada pada kisaran 33‰ hingga 37‰ dan untuk air payau dan air hipersalin masing-masing sebesar 28‰ dan 40‰ [5]. Sebagai lingkungan yang memiliki kadar salinitas yang tinggi, lautan menjadi lingkungan yang rawan untuk terjadinya korosi. Hal tersebut terjadi karena air laut terdiri dari unsur air sebagai kandungan utama ditambah dengan kadar garam. Kedua hal tersebut merupakan dua senyawa yang menjadi faktor umum penyebab korosi [6].

Daun kemudi kapal adalah sebuah perangkat kendali yang bertujuan untuk mengubah arah gerak kapal. Daun kemudi kapal terletak pada ujung buritan kapal yang lebih tepatnya berada di belakang *propeller*. Menimbang fungsi dan lokasi penempatannya, pemilihan material untuk daun kemudi tidak bisa asal. Syarat utama pemilihan material daun kemudi adalah baja tempa atau baja tuang yang memiliki kekuatan Tarik sama dengan 400 N/mm² sampai dengan maksimal sama dengan 900 N/mm² [7]. Baja ST 42 memiliki kekuatan tarik 419,88 N/mm² sehingga memenuhi kriteria pemilihan material daun kemudi kapal [8].

Coating adalah kegiatan melapisi suatu material dengan bahan tertentu guna meningkatkan ketahanan material yang dilapisi dari kemungkinan terjadinya rangkaian deformasi bentuk dan ukuran dari suatu lingkungan. Bahan pelapis umum yang digunakan adalah bahan cat dengan jenis *polyurethane* sebagai bahan pelapis utama [9]. Ketebalan aplikasi *coating* umumnya digunakan sesuai kebutuhan penggunaan, namun apabila diaplikasikan ke bagian kapal, maka ketebalan

minimum dari aplikasi *coating* adalah sebesar 250 µm [10].

Penelitian sebelumnya telah melakukan uji eksperimental untuk menguji ketahanan pelat baja karbon terhadap korosi dengan pengaplikasian *coating*. Pengujian tersebut menggunakan jenis *coating epoxy* dan *alkyd* dengan ketebalan yang dibedakan sebagai variabel pembeda. Penelitian tersebut mendapatkan kesimpulan bahwa semakin tebal aplikasi *coating* pada baja karbon tidak menjamin peningkatan ketahanan baja karbon terhadap korosi. Kesimpulan tersebut didapatkan berdasarkan hasil pengujian laju korosi baja karbon dengan pelapisan *coating alkyd* dengan ketebalan 229 µm mendapatkan hasil 0,11891 mmpy, ketebalan 248 µm mendapatkan hasil 0,020262 mmpy, dan ketebalan 332 µm mendapatkan hasil 0,001797 mmpy. Sedangkan pelapisan *coating* dengan jenis *epoxy* pada ketebalan 616 µm mendapatkan hasil 0,00011526 mmpy, ketebalan 643 µm mendapatkan hasil 1,47E-07 mmpy, sedangkan ketebalan 971 µm mendapatkan hasil 0,00011677 mmpy. Berdasarkan data tersebut, menunjukkan terjadinya ketidakstabilan hasil nilai laju korosi yang disebabkan oleh kecacatan aplikasi *coating* [11].

Penelitian lainnya melakukan uji eksperimental dengan menguji pengaruh metode penyemprotan *coating* terhadap ketahanan terhadap korosi pada baja ASTM 36. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa metode *spray* merupakan metode yang paling efektif untuk meningkatkan ketahanan laju korosi pada baja ASTM 36. Kesimpulan akan hal tersebut didapatkan berdasarkan hasil uji dimana aplikasi *coating* dengan cara *spray* mendapatkan nilai laju korosi sebesar 0,00029799 mmpy sedangkan untuk aplikasi *coating* dengan kuas dan *roll* masing-masing sebesar 0,00069233 mmpy dan 0,00043177 mmpy [12].

Uji eksperimental lainnya menguji ketahanan baja SS 400 terhadap lingkungan air laut dari berbagai lautan yang berada di perairan Indonesia. Penelitian ini menghasilkan sebuah kesimpulan bahwa semakin tinggi tingkat salinitas yang dimiliki oleh sebuah lautan, maka akan semakin menurunkan ketahanan baja SS 400 terhadap korosi. Hasil uji yang dilakukan membuktikan kesimpulan tersebut dimana baja SS 400 yang direndam di Laut bantul yang memiliki kadar salinitas terbesar dibandingkan laut lainnya dengan kadar salinitas sebesar 23.700 ppm memiliki nilai laju korosi sebesar 0,170366435 mmpy [13].

Penelitian eksperimental lainnya menguji perbandingan ketahanan korosi dari baja A53 *Grade B* dengan pelapisan *coating* yang memiliki ketebalan yang berbeda. Uji eksperimental ini mendapatkan kesimpulan bahwa laju korosi yang dialami baja A53 *grade B* dapat diturunkan seiring dengan meningkatkan ketebalan pelapisan *coating* pada baja A53 *grade B*. Kesimpulan tersebut ditarik setelah mendapatkan hasil uji yang hasilnya adalah nilai laju korosi yang dialami baja A53 *grade B* dengan aplikasi *coating* 250 μm mendapatkan hasil uji laju korosi sebesar 0,090 mmpy sedangkan baja A53 *grade B* dengan aplikasi *coating* 350 μm mendapatkan hasil uji laju korosi sebesar 0,067 mmpy [14].

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang dijelaskan di atas yang didukung oleh data pendukung yang didapatkan melalui penelitian terdahulu, penelitian eksperimental kali ini akan meneliti pengaruh ketebalan pelapisan *coating* terhadap baja ST 42 yang ditempatkan di lingkungan dengan tingkat salinitas yang bervariasi. Ketebalan yang digunakan adalah 0 μm , 75 μm , 250 μm , dan 350 μm sedangkan untuk tingkat salinitas yang digunakan adalah 33%, 36%, dan 39%. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti perbandingan pengaruh ketebalan pelapisan *coating* terhadap ketahanan baja ST 42 yang ditempatkan di lingkungan dengan tingkat salinitas yang berbeda.

2. METODE

Metode yang dibawakan pada pengujian ini memiliki tujuan demi mendapatkan kesimpulan terkait pengaruh kadar salinitas pada suatu larutan pengkorosi terhadap fenomena laju korosi pada baja ST 42 yang memiliki ketebalan aplikasi pelapisan *coating* yang berbeda. Penelitian ini akan menggunakan metode elektrokimia sebagai langkah uji menilai laju korosi yang dialami oleh baja ST 42 dengan aplikasi *coating* jenis cat polyurethane yang memiliki ketebalan sebesar 0 μm , 75 μm , 250 μm , dan 350 μm .

2.1. Objek Penelitian

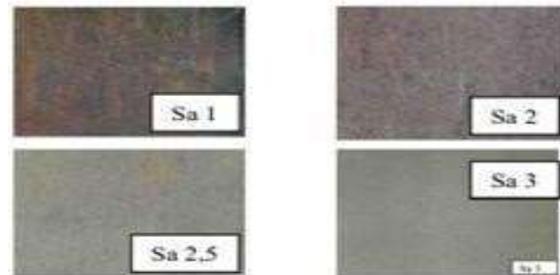
Objek penelitian yang dipilih untuk pengujian ini adalah baja dengan persentase karbon rendah yaitu baja ST 42. Ukuran yang digunakan adalah 40 mm x 20 mm x 3 mm sebanyak 27 spesimen untuk metode elektrokimia. Pelapisan *coating* pada pengujian ini menggunakan merk cat Polyurethane Umeguard SX-HS. Media pengkorosi yang dipakai pada pengujian ini adalah air bersalinitas dengan kadar salinitas sebesar 33%, 36%, dan 39%.

Tabel 1. Rencana Coating

No	Ketebalan (μm)	Jenis Cat	Jumlah (pcs)
1	Raw	Non Coating	3
2	75 μm	Polyurethane	9
3	250 μm	Polyurethane	9
4	350 μm	Polyurethane	9

2.2. Surface preparation

Baja ST 42 yang telah dipotong sesuai yang direncanakan diawal selanjutnya akan dipersiapkan menuju proses *sandblasting*. Tahap persiapan ini disebut tahap *surface preparation*. Tahap ini bertujuan untuk mempersiapkan spesimen uji dalam rangka memenuhi standar dan aturan yang berlaku agar mendapatkan hasil yang sesuai. Pada pengujian ini akan digunakan metode *sandblasting* sebagai langkah *coating preparation* dengan tingkat kebersihan minimal SA 2.5 (ISO 8501-1). Material abrasif yang digunakan adalah material *steel grit* dengan ukuran 30/60 μm dengan tekanan *nozzle* sebesar 6-7 bar. Standar *cleanliness* yang digunakan merujuk pada ISO 8501-1 adalah SA, SA 1, SA 2, SA 3 [15].



Gambar 1. Klasifikasi *cleanliness* menurut ISO 8501-1

2.3. Sandblasting

Langkah berikutnya yang harus ditempuh adalah *sandblasting*. Sebelum *sandblasting* dilaksanakan, ada beberapa langkah yang harus dilakukan untuk memenuhi syarat pelaksanaan *sandblasting* yaitu melaksanakan pengujian *dew point* dan RH. Setelah pelaksanaan pengujian *dew point* dan RH memenuhi standar pelaksanaan *sandblasting*, berikutnya adalah menyiapkan proses *sandblasting*. Proses *sandblasting* memiliki standar yang harus dipenuhi dalam pelaksanaannya berupa standar kebersihan yaitu SA 2,5 serta mengikuti standar yang tertera pada ISO 8501-1 yang membahas tentang *preparation of steel substrates before application of paints and related products*. Pada pengujian ini, *sandblasting* untuk baja ST 42 akan menggunakan *steel grit* dengan ukuran *steel grit* yang digunakan sebesar

30/60 µm dengan tekanan kompresor sebesar 6-7 bar.

Langkah yang dilakukan dalam prosedur ini adalah memasukan *steel grit* sebagai material abrasif yang digunakan kedalam alat lalu atur tekanan pada kompresor sebesar 7 bar, dan kemudian memakai perlengkapan keselamatan. Letakan selang *sandblasting* pada jarak 15-25 cm lalu mulai proses penyemprotan. Amati tingkat kebersihan sesuai panduan selama proses penyemprotan. Lakukan terus penyemprotan sampai mendapatkan kebersihan yang dikehendaki.

2.4. Material Abrasif

Material abrasif adalah bagian yang sangat penting dalam proses blasting. Material abrasif umum dipakai dalam proses *surface preparation* karena berdasarkan hasil, material abrasif akan menghasilkan kesiapan permukaan material yang lebih dekat dengan *technical data sheet* yang dikeluarkan oleh pabrik cat dibanding dengan gerinda. Dalam penelitian ini menggunakan material abrasif dengan jenis *steel grit* dengan ukuran 30/60 µm dengan tekanan *nozzle* sebesar 67 bar.



Gambar 2. Material Abrasif *Steel Grit* sebagai bahan *sandblasting*

2.5. Coating

Korosi merupakan sebuah fenomena yang dapat dicegah. Pelapisan *coating* merupakan suatu langkah yang lazim digunakan untuk menunjang nilai laju korosi [16]. Pada penelitian ini, proses pelapisan *coating* akan menggunakan jenis cat *polyurethane*. Cat *polyurethane* yang dipilih adalah *Polyurethane Umeguard SX-HS*. Proses pelapisannya sendiri akan menggunakan metode *conventional spray* dengan ketebalan pelapisan sebesar 0 µm, 75 µm, 250 µm, dan 350 µm untuk penilaian DFT.

2.6. Pengujian WFT dan DFT

Wet film thickness (WFT) adalah salah satu cara yang dilaksanakan untuk mengukur ketebalan pelapisan *coating* yang dilakukan sesaat setelah

dilakukan penyemprotan *coating*. Pengujian WFT menggunakan alat ukur *wet film comb*. Pengukuran ini dilaksanakan merujuk pada standar ASTM D4414 – *Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages*. Pengujian ini dimulai dengan melakukan pembersihan *ulang wet film comb* dari sisa cat sebelumnya kemudian dilanjutkan dengan mengukur ketebalan *coating* sesaat setelah dilaksanakan penyemprotan. Pengukuran harus dilaksanakan dengan teliti mengambil sudut pengukuran agar perhitungan WFT tidak gagal.

Spesimen yang sudah di cat dan dilakukan uji WFT berikutnya akan dikeringkan sesuai rekomendasi dari *technical data sheet* cat yang digunakan. Setelah kering sempurna maka akan dilaksanakan pengujian *dry film thickness* (DFT). DFT merupakan pengujian untuk mengukur ketebalan cat dalam keadaan kering sempurna. Pengujian DFT dilaksanakan dengan merujuk pada standar ASTM D7091 – *Standard Method Measurement of Dry Film Thickness of Protective Coating Systems by Destructive Means*. Pengujian dilaksanakan dengan mengikuti rumus:

$$DFT = \frac{WFT \times Volume\ Solid\ \%}{100 + Persen\ Pelarut\ \%by\ Volume}$$

$$WFT = \frac{DFT}{Volume\ Solid}$$

2.7. Uji Laju Korosi (Elektrokimia)

Pengujian laju korosi dengan metode elektrokimia dilaksanakan setelah proses pengujian nilai DFT dari spesimen yang digunakan telah selesai. Pengujian metode elektrokimia merupakan pengujian dengan menggunakan sel tiga elektroda dan media pengkorosi sesuai dengan kebutuhan [17]. Pengujian ini menggunakan larutan bersalinitas yang telah ditetapkan kadarnya sebagai media pengkorosi. Dalam prosesnya, metode elektrokimia dapat melaksanakan proses laju korosi yang nantinya mengeluarkan nilai dari laju korosi yang dimiliki spesimen yang diuji dengan waktu singkat. Metode dilaksanakan dengan sistem *single channel potentiostat Corrtest* yang terdapat pada aplikasi bantuan *software CS Studio 5* sebagai alat bantu hitungannya. Berikut adalah komponen sel tiga elektroda yang digunakan:

- Elektroda kerja (*working electrocode*) merupakan anoda atau sebuah benda uji coba yang dicelupkan pada larutan pengkorosi.
- Elektroda bantu (*auxiliary electrocode*) sebagai elektroda yang memberikan potensial

pada elektroda kerja serta menjadi angkutan bagi arus listrik yang timbul akibat reaksi korosi.

- c. Elektroda acuan sebagai elektroda pembandung untuk acuan pengukuran potensial yang dibebankan pada elektroda kerja. Terdapat syarat pengerjaan bagi elektroda ini dimana arus yang mengalir diharuskan sangat kecil agar arus tersebut dapat terabaikan.

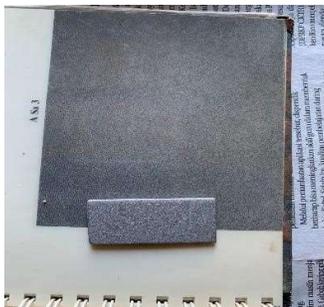
Pengujian ini akan dilaksanakan menggunakan metode elektrokimia yang akan dilaksanakan di Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material, Teknik Metalurgi, ITS, Surabaya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menimbang data persiapan yang telah diperoleh, maka langkah berikutnya adalah melakukan pengujian dan mengolah data dari hasil yang didapatkan, Berikut bahasan dari penelitian ini.

3.1. Hasil Pengujian *Surface preparation*

Surface preparation merupakan sebuah prosedur yang harus dilaksanakan sebelum melakukan proses aplikasi *coating*. Hal ini dilakukan dalam rangka menyiapkan spesimen agar memenuhi standar yang sudah ditetapkan untuk proses *coating* material terkait. Selain itu *surface preparation* juga bertujuan untuk meningkatkan hasil rekat *coating* pada material pasca pelapisan berlangsung. Hasil *surface preparation* yang maksimal merupakan kunci mencapai standar hasil *coating* yang diterbitkan oleh pabrik. *Surface preparation* yang dilaksanakan adalah proses *sandblasting*. Proses tersebut akan menggunakan kekuatan *nozzle* sebesar 6-7 bar. Tekanan tersebut digunakan agar mendapatkan hasil kekasaran dan kebersihan yang ditetapkan oleh standar ISO 8501-1. Proses ini dilangsungkan oleh petugas CV. Cipta Agung Surabaya yang memiliki sertifikat yang membuktikan keahlian di ranah *sandblasting*.



Gambar 3. Inspeksi Visual Spesimen

Gambar 3. Merupakan kegiatan pelaksanaan pengecekan hasil *cleanliness* dari baja ST 42 pasca pelaksanaan proses *sandblasting*. Tingkat *cleanliness* yang dihasilkan oleh baja ST 42 pasca *sandblasting* telah sesuai dengan standar minimal yang ditetapkan oleh ISO 8501-1. Berikutnya adalah pelaksanaan pengecekan tingkat kekasaran material ST 42. Pada proses ini digunakan sebuah alat yaitu *surface profile gauge*, yang dipakai untuk mengetahui tingkat kekasaran spesimen ST 42 pasca pelaksanaan *sandblasting*. Untuk pengujian ini diambil satu sampel hasil kekasaran yang hasilnya adalah 58 μm dan hasil *dust level* menunjukkan level A yang menunjukkan tidak ada kotoran yang terdapat pada spesimen.



Gambar 4. Pengujian Kekasaran Spesimen ST 42

Pada gambar 4. terdapat alat *surface profile gauge* serta cara pengukuran kekasaran yang dilaksanakan.

3.2. Perhitungan *Dew point* dan RH

Perhitungan *Dew point* dan RH merupakan perhitungan yang sangat esensial untuk diperhitungkan demi keberhasilan pelaksanaan *coating* agar mendapatkan hasil pengujian yang maksimal. Perhitungan *dew point* dan RH memiliki tujuan untuk mendapatkan kondisi dari *relative humidity* dan *dew point temperature*. Proses perhitungan *dew point* dan RH menggunakan alat bernama *Spychrometer* yang ditunjukkan oleh gambar 5.



Gambar 5. alat Spychrometer

Hasil dari pengukuran suhu *dry* dan *wet bulb* yang sudah dilaksanakan kemudian dikomparasikan dalam tabel komparasi *dry – wet bulb temperature* dengan cara mengurangi hasil penilaian *dry* dengan *wet bulb temperature*.

Berikut hasil yang diperoleh dari hasil komparasi:

- *Dew point* : 24°C
- RH : 62 ‰

Hasil *dew point* dan RH tersebut memenuhi persyaratan yang tertera dalam rekomendasi *technical data sheet cat coating* yang digunakan yang diterbitkan oleh pabrik.

Tabel 2. Hasil Uji Lingkungan

Keterangan	Hasil	Rekomendasi	Kondisi
<i>Wet Bulb</i>	26 °C	>5 °C	Memenuhi
<i>Dry Bulb</i>	32 °C	>5 °C	Memenuhi
<i>Relative Humudity</i>	62 %	<85% RH	Memenuhi
Suhu Material	35,6 °C	>5 °C	Memenuhi
Dew Point	24 °C	<Suhu Baja - 3 °C	Memenuhi

Tabel 2. Menunjukkan hasil perhitungan kondisi lingkungan dari lima komponen yang hendak diuji semuanya memenuhi rekomendasai standar *technical data sheet* dari cat *coating*.

3.3. Proses Coating

Proses *Coating* merupakan proses inti dalam penelitian ini. Proses ini baru bisa dilaksanakan setelah semua standar dan rekomendasi yang dilaksanakan telah dilaksanakan dan memenuhi. Proses *coating* dimulai dengan memperhatikan *technical data sheet* yang diterbitkan untuk menimbang *mixing ratio* dari bahan yang digunakan dan durasi penyemprotan dari cat yang akan dipakai dalam pengujian ini.

Proses ini menggunakan banyak peralatan yang ditetapkan dalam kondisi layak seperti kompresor, *air spray gun*, dan selang agar memaksimalkan hasil dari proses ini. Selain itu pelaksana dari proses ini sendiri haruslah memiliki ketrampilan yang mumpuni yang dibuktikan dengan sertifikat yang dimiliki agar mutu pengerjaan dapat dijamin. Untuk penelitian ini menggunakan jenis cat *polyurethane*.



Gambar 6. Pengerjaan *Curing*

Pada gambar 6. Memperlihatkan proses pengerjaan pelapisan *coating* pada spesimen yang dipakai dalam penelitian ini. Jenis cat yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan jenis cat *polyurethane* dengan tiga perbedaan ketebalan, yaitu 75 µm, 250 µm, dan 350 µm.

3.4. Pengukuran WFT

Proses berikutnya yang harus dilakukan paska pelaksanaan proses *coating* adalah pengujian nilai WFT dari spesimen yang sudah di lapisi *coating*. Proses pengukuran WFT bertujuan untuk menguji ukuran ketebalan *coating* yang dilaksanakan berdasarkan ketentuan yang diinginkan. Pengukuran WFT dilangsungkan saat lapisan dalam kondisi masih basah. Untuk mengukur WFT menggunakan *wet film comb*. Pelaksanaan pengukuran ini dilakukan dengan menempelkan *wet film comb* yang ditempelkan ke permukaan material yang sudah di cat sesaat setelah proses pelapisan. Cat yang menempel pada *wet film comb* kemudian ditempelkan pada kertas atau bahan apapun yang memiliki warna kontras dengan warna cat untuk melihat ketebalan cat yang menempel. Pengukuran dilakukan setiap 5 detik waktu *curing*. Apabila dalam proses pengamatan memperlihatkan hasil pelapisan belum sesuai dengan petunjuk dari *technical data sheet* maka proses *coating* dilakukan kembali dan diukur setiap 5 detik sampai mendapatkan hasil WFT yang diinginkan Proses pengukuran dan hasil perhitungan WFT akan ditampilkan dalam dalam gambar 7. dan tabel 3.



Gambar 7. Perhitungan WFT

Tabel 3. Hasil Pengukuran WFT

Spesimen	Jenis Cat	DFT (μm)	WFT (μm)
F4	<i>Polyurethane</i>	75	175
F5	<i>Polyurethane</i>	75	175
F6	<i>Polyurethane</i>	75	175
F7	<i>Polyurethane</i>	250	350
F8	<i>Polyurethane</i>	250	350
F9	<i>Polyurethane</i>	250	350
F10	<i>Polyurethane</i>	350	455
F11	<i>Polyurethane</i>	350	455
F12	<i>Polyurethane</i>	350	455
F13	<i>Polyurethane</i>	75	175
F14	<i>Polyurethane</i>	75	175
F15	<i>Polyurethane</i>	75	175
F16	<i>Polyurethane</i>	250	350
F17	<i>Polyurethane</i>	250	350
F18	<i>Polyurethane</i>	250	350
F19	<i>Polyurethane</i>	350	455
F20	<i>Polyurethane</i>	350	455
F21	<i>Polyurethane</i>	350	455
F22	<i>Polyurethane</i>	75	175
F23	<i>Polyurethane</i>	75	175
F24	<i>Polyurethane</i>	75	175
F25	<i>Polyurethane</i>	250	350
F26	<i>Polyurethane</i>	250	350
F27	<i>Polyurethane</i>	250	350
F28	<i>Polyurethane</i>	350	455
F29	<i>Polyurethane</i>	350	455
F30	<i>Polyurethane</i>	350	455

3.5. Hasil Pengukuran DFT

Pengukuran DFT dilakukan setelah spesimen yang sudah melewati pengukuran WFT kering dengan sempurna berdasarkan ketentuan pengeringan yang tertera di *technical data sheet* yang dikeluarkan oleh pabrik cat. Pengukuran DFT dilakukan menggunakan alat bernama *thickness gauge*. Alat ini digunakan dengan cara menempelkan ujung alat ke permukaan spesimen dan secara otomatis akan muncul nilai ketebalan cat dari spesimen tersebut. Langkah tersebut diuji

ke beberapa titik dari spesimen tersebut dan kemudian hasilnya dirata-ratakan dan didapatkanlah hasil dari DFT spesimen tersebut. Proses pengukuran DFT dan sampel hasil pengukuran DFT akan ditampilkan dalam gambar 8. dan Tabel 4.



Gambar 8. Perhitungan DFT

Tabel 3. Hasil Pengukuran WFT

Spesimen	Jenis Cat	DFT Perencanaan (μm)	DFT (μm)
F4	<i>Polyurethane</i>	75	81
F5	<i>Polyurethane</i>	75	76
F6	<i>Polyurethane</i>	75	79
F7	<i>Polyurethane</i>	250	231
F8	<i>Polyurethane</i>	250	239
F9	<i>Polyurethane</i>	250	254
F10	<i>Polyurethane</i>	350	373
F11	<i>Polyurethane</i>	350	366
F12	<i>Polyurethane</i>	350	352
F13	<i>Polyurethane</i>	75	75
F14	<i>Polyurethane</i>	75	82
F15	<i>Polyurethane</i>	75	71
F16	<i>Polyurethane</i>	250	237
F17	<i>Polyurethane</i>	250	243
F18	<i>Polyurethane</i>	250	251
F19	<i>Polyurethane</i>	350	350
F20	<i>Polyurethane</i>	350	369
F21	<i>Polyurethane</i>	350	355
F22	<i>Polyurethane</i>	75	90
F23	<i>Polyurethane</i>	75	82
F24	<i>Polyurethane</i>	75	76
F25	<i>Polyurethane</i>	250	261
F26	<i>Polyurethane</i>	250	250
F27	<i>Polyurethane</i>	250	252
F28	<i>Polyurethane</i>	350	389
F29	<i>Polyurethane</i>	350	367
F30	<i>Polyurethane</i>	350	353

Berdasarkan Tabel 4. Dapat terlihat hasil dari pengujian DFT. Dari hasil tersebut diambil satu hasil per variabel yang paling menyerupai hasil perencanaan awal.

3.6. Hasil Pengujian Laju Korosi Elektrokimia

Pengujian laju korosi dengan metode elektrokimia merupakan proses pengujian yang menggunakan sel tiga elektroda yang memungkinkan untuk mengetahui hasil laju korosi suatu material dalam waktu yang singkat. Penelitian laju korosi dengan metode elektrokimia akan menghasilkan informasi berupa angka laju korosi spesimen yang diuji. Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material, Teknik Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh November. Pengujian laju korosi dengan metode elektrokimia ini menggunakan bantuan aplikasi corrtest sebagai aplikasi pembaca nilai hasil laju korosi dan perbedaan kadar salinitas air yang menjadi variabel larutan pengkorosi pengujian ini. Untuk memvalidasi hasil pengujian dapat dipertimbangkan dengan melihat penelitian sebelumnya. Alat pengujian yang digunakan dalam metode elektrokimia akan ditunjukkan pada gambar 9.



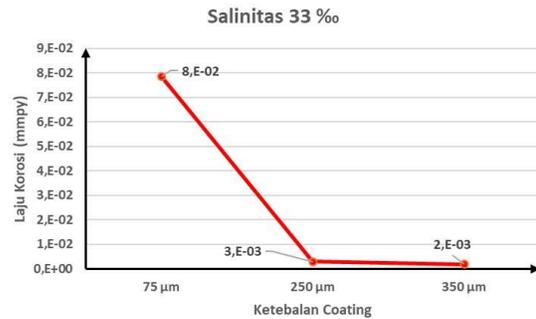
Gambar 9. Alat Pengujian Elektrokimia

a. Laju Korosi Salinitas 33 ‰

Penelitian ini menggunakan variabel tingkat salinitas sebagai larutan pengkorosi dari material yang akan diuji nilai laju korosinya. Selain itu, perbedaan ketebalan pelapisan *coating* juga menjadi variasi yang digunakan untuk menentukan hasil dari penelitian laju korosi ini, sehingga akan selaras dengan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kedua variabel tersebut dalam menentukan besaran nilai laju korosi, Berikut merupakan hasil dari pengujian laju korosi yang menggunakan larutan salinitas sebesar 33‰:

Tabel 5. Nilai Laju Korosi Salinitas 33 ‰

Salinitas 33 ‰			
Spesimen	Ketebalan Coating (µm)	Corr. Rate (mppy)	Kategori
F5	75	8,E-02	Excellent
F9	250	3,E-03	Excellent
F13	350	2,E-03	Outstanding



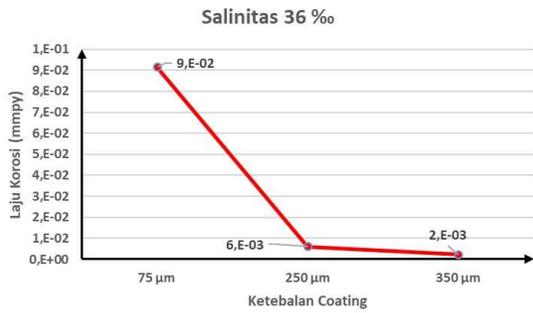
Gambar 10. Grafik Laju Korosi Salinitas 33‰

Tabel 5. dan Gambar 10. merupakan hasil pengujian laju korosi terbaik dari sembilan spesimen yang diuji pada variasi tingkat salinitas 33‰. Pada ketebalan *coating* sebesar 75 µm mendapatkan hasil sebesar 8,E-02 mppy, ketebalan *coating* sebesar 250 µm mendapatkan hasil 3,E-03 mppy, sedangkan ketebalan *coating* sebesar 350 µm mendapatkan hasil sebesar 2,E-03 mppy. b. Laju Korosi Salinitas 36 ‰

Penelitian ini menggunakan variabel tingkat salinitas sebagai larutan pengkorosi dari material yang akan diuji nilai laju korosinya. Selain itu, perbedaan ketebalan pelapisan *coating* juga menjadi variasi yang digunakan untuk menentukan hasil dari penelitian laju korosi ini, sehingga akan selaras dengan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kedua variabel tersebut dalam menentukan besaran nilai laju korosi, Berikut merupakan hasil dari pengujian laju korosi yang menggunakan larutan salinitas sebesar 36‰:

Tabel 6. Nilai Laju Korosi Salinitas 36 ‰

Salinitas 36 ‰			
Spesimen	Ketebalan Coating (µm)	Corr. Rate (mppy)	Kategori
F13	75	9,E-02	Excellent
F17	250	6,E-03	Excellent
F19	350	2,E-03	Excellent



Gambar 11. Grafik Laju Korosi Salinitas 36%

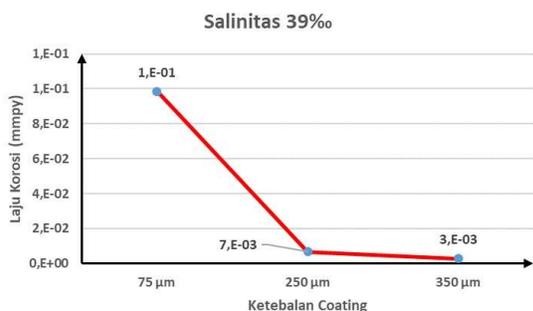
Tabel 6. dan Gambar 11. merupakan hasil pengujian laju korosi terbaik dari sembilan spesimen yang diuji pada variasi tingkat salinitas 36%. Pada ketebalan *coating* sebesar 75 µm mendapatkan hasil sebesar 9,0E-02 mmpy, ketebalan *coating* sebesar 250 µm mendapatkan hasil 6,0E-03 mmpy, sedangkan ketebalan *coating* sebesar 350 µm mendapatkan hasil sebesar 2,0E-03 mmpy.

c. Laju Korosi Salinitas 39 %

Penelitian ini menggunakan variabel tingkat salinitas sebagai larutan pengkorosi dari material yang akan diuji nilai laju korosinya. Selain itu, perbedaan ketebalan pelapisan *coating* juga menjadi variasi yang digunakan untuk menentukan hasil dari penelitian laju korosi ini, sehingga akan selaras dengan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kedua variabel tersebut dalam menentukan besaran nilai laju korosi, Berikut merupakan hasil dari pengujian laju korosi yang menggunakan larutan salinitas sebesar 39%:

Tabel 7. Nilai Laju Korosi Salinitas 39 %

Salinitas 39 %			
Spesimen	Ketebalan Coating (µm)	Corr. Rate (mmpy)	Kategori
F24	75	1,0E-01	Excellent
F26	250	7,0E-03	Excellent
F30	350	3,0E-03	Excellent



Gambar 12. Grafik Laju Korosi Salinitas 39%.

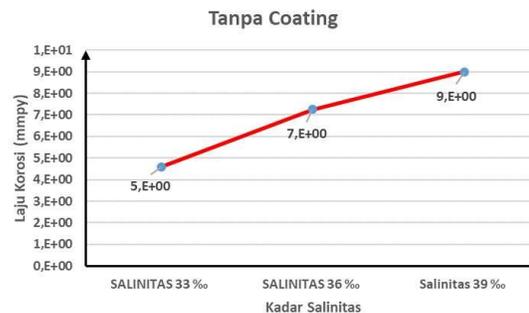
Tabel 7. dan Gambar 12. merupakan hasil pengujian laju korosi terbaik dari sembilan spesimen yang diuji pada variasi tingkat salinitas 39%. Pada ketebalan *coating* sebesar 75 µm mendapatkan hasil sebesar 1,0E-01 mmpy, ketebalan *coating* sebesar 250 µm mendapatkan hasil 7,0E-03 mmpy, sedangkan ketebalan *coating* sebesar 350 µm mendapatkan hasil sebesar 3,0E-03 mmpy.

d. Hasil Laju Korosi Tanpa Coating

Penelitian ini menggunakan variabel tingkat salinitas sebagai larutan pengkorosi dari material yang akan diuji nilai laju korosinya. Selain itu, perbedaan ketebalan pelapisan *coating* juga menjadi variasi yang digunakan untuk menentukan hasil dari penelitian laju korosi ini, sehingga akan selaras dengan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kedua variabel tersebut dalam menentukan besaran nilai laju korosi, Berikut merupakan hasil dari pengujian laju korosi dengan kondisi spesimen tidak menggunakan aplikasi *coating*:

Tabel 8. Nilai Laju Korosi Tanpa Coating

Tanpa Coating			
Spesimen	Ketebalan Coating (µm)	Corr. Rate (mmpy)	Kategori
F13	75	5,0E-00	Poor
F17	250	7,0E+00	Unacceptable
F19	350	9,0E+00	Unacceptable



Gambar 13. Grafik Laju Korosi Tanpa Coating

Menilik hasil tabel 8. dan Gambar 13. merupakan hasil pengujian laju korosi spesimen yang tidak menggunakan aplikasi *coating*. Pada larutan bersalinitas sebesar 33%, spesimen yang tidak menggunakan *coating* memiliki nilai laju korosi sebesar

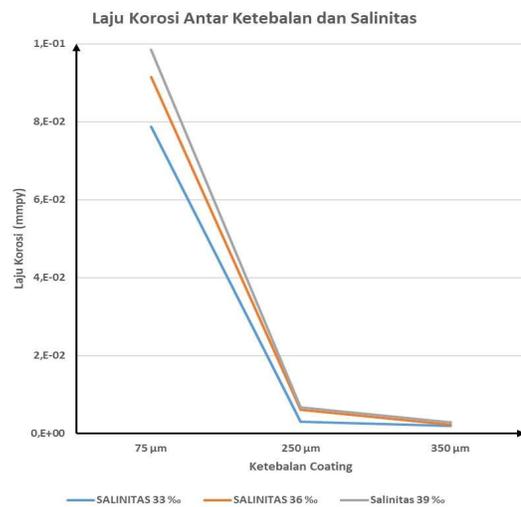
5,E+00 mmpy. Pada larutan bersalinitas 36% mendapatkan nilai laju korosi sebesar 7,E+00 mmpy, dan untuk larutan bersalinitas sebesar 39% mendapatkan hasil nilai laju korosi sebesar 9,E+00 mmpy. Dari hasil tersebut, pengaplikasian *coating* terhadap baja ST 42 memberikan dampak yang besar terhadap nilai laju korosi yang didapatkan. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang membandingkan nilai pengujian laju korosi baja karbon dengan aplikasi *coating* dan tanpa aplikasi *coating* mendapatkan hasil berupa nilai laju korosi bagi baja tanpa aplikasi *coating* mendapatkan nilai 2,2175 mmpy sedangkan baja karbon dengan aplikasi *coating epoxy* mendapatkan nilai sebesar 3,E-03 mmpy dan aplikasi *coating alkyd* mendapatkan nilai laju korosi sebesar 1,E-03 mmpy [18]. Dengan mempertimbangkan hasil penelitian tersebut maka dapat memperkuat hasil bahwa penggunaan aplikasi *coating* memiliki pengaruh besar terhadap nilai laju korosi baja ST 42.

3.7. Perbandingan Laju Korosi Antar Salinitas

Pengujian laju korosi yang telah dilaksanakan dalam pengujian ini membawa hasil bahwa pelapisan *coating* pada spesimen yang diuji pada larutan pengkorosi dengan kadar salinitas yang berbeda akan menghasilkan nilai laju korosi yang berbeda pula. Seperti yang tertera pada data hasil pengujian antar salinitas, menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar salinitas tempat pengujian spesimen, maka semakin tinggi pula nilai laju korosi yang didapatkan dan begitu juga sebaliknya. Sedangkan untuk spesimen yang dilapisi *coating*, semakin tebal pelapisan, maka nilai laju korosi yang didapatkan akan semakin rendah.

Tabel 9. Perbandingan Hasil Sampel Terbaik Laju Korosi

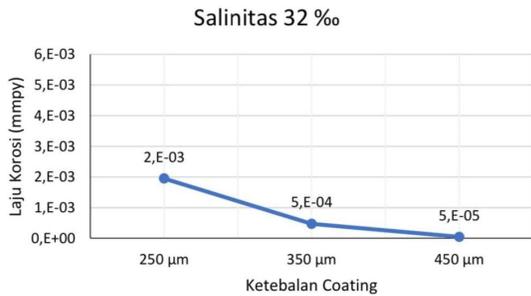
Spesimen	Ketebalan Coating (µm)	Salinitas (%)	Corr. Rate (mmpy)
F1	Non Coating	33	5,E+00
F2	Non Coating	36	7,E+00
F3	Non Coating	39	9,E+00
F5	75	33	8,E-02
F13	75	36	9,E-02
F24	75	39	1,E-01
F9	250	33	3,E-03
F17	250	36	6,E-03
F26	250	39	7,E-03
F12	350	33	2,E-03
F19	350	36	2,E-03
F30	350	39	3,E-03



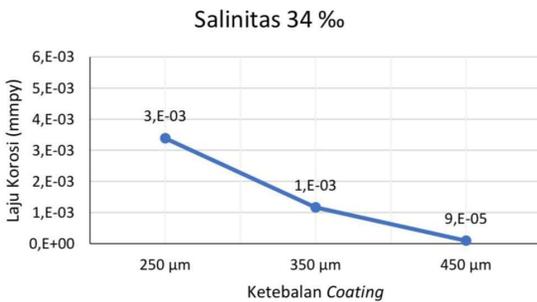
Gambar 14. Perbandingan Hasil Laju Korosi Antar Salinitas dan Perbedaan Ketebalan *Coating*

Tabel 9. dan gambar 14. menunjukkan hasil perbandingan nilai laju korosi dari baja ST 42 yang dicelupkan pada larutan pengkorosi dengan kadar yang berbeda dengan pelapisan *coating* yang memiliki ketebalan yang berbeda juga. Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan hasil nilai laju korosi pada ketebalan pelapisan *coating* yang sama cenderung konsisten naik. Pada ketebalan pelapisan *coating* dengan tebal 75 µm, nilai laju korosi baja ST 42 yang direndam pada salinitas 33% mendapatkan hasil 8,E-02 mmpy, salinitas 36% mendapatkan hasil 9,E-02 mmpy, dan salinitas 39% mendapatkan hasil nilai laju korosi sebesar 1,E-01 mmpy. Hasil yang serupa juga didapatkan pada baja ST 42 dengan pelapisan *coating* dengan tebal 250 µm yang direndam pada salinitas 33% mendapatkan nilai laju korosi sebesar 3,E-03 mmpy, salinitas 36% mendapatkan nilai sebesar 6,E-03 mmpy, dan salinitas 39% mendapatkan hasil sebesar 7,E-03 mmpy. Untuk Baja ST 42 dengan lapisan *coating* dengan tebal 350 µm mendapatkan hasil yang serupa juga, dimana untuk salinitas 33% mendapatkan hasil 2,E-03 mmpy, salinitas 36% mendapatkan hasil 2,E-03 mmpy, dan salinitas 39% mendapatkan hasil 3,E-03 mmpy. Dari hasil yang didapat dapat dilihat bahwa kadar salinitas suatu larutan memiliki dampak terhadap nilai laju korosi yang dimiliki oleh baja ST 42 dengan berbagai ketebalan aplikasi *coating* yang digunakan. Sebagai penguat hasil, pada penelitian sebelumnya, nilai laju korosi baja SS 400 dengan ketebalan aplikasi *coating* sebesar 250 µm mendapatkan hasil 2,E-03 mmpy pada larutan dengan tingkat salinitas 32%, 3,E-03 mmpy pada larutan dengan tingkat salinitas 34%, 4,E-03

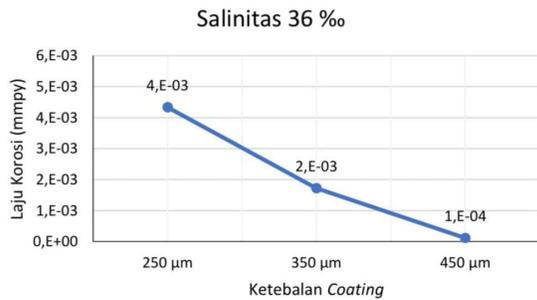
mppy pada larutan dengan tingkat salinitas 36‰, dan 5,E-03 mppy pada larutan dengan tingkat salinitas sebesar 39‰. Grafik dari hasil pengujian ini ditampilkan di Gambar 15. 16. 17. Dan 18. [19].



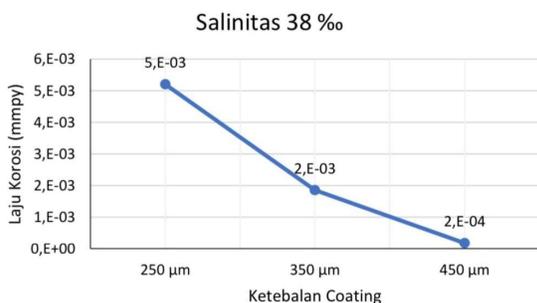
Gambar 15. Grafik Laju Korosi Salinitas 32‰ pada Penelitian Sebelumnya



Gambar 14. Grafik Laju Korosi Salinitas 34‰ pada Penelitian Sebelumnya



Gambar 15. Grafik Laju Korosi Salinitas 36‰ pada Penelitian Sebelumnya



Gambar 16. Grafik Laju Korosi Salinitas 36‰ pada Penelitian Sebelumnya

Dengan hasil yang didapatkan pada penelitian ini dan hasil penelitian sebelumnya memperkuat hasil bahwa semakin tinggi kadar salinitas maka semakin tinggi juga nilai laju korosi yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan semua pengujian dari persiapan hingga pembahasan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa kadar salinitas dalam larutan pengkorosi yang digunakan sebagai media pengkorosi berpengaruh terhadap laju korosi pada baja ST 42 akan tetapi penggunaan *coating* dapat mengurangi laju korosi pada baja tersebut, tergantung pada ketebalan *coating* yang digunakan. Penelitian ini menunjukkan bahwa baja ST 42 tanpa *coating* mengalami peningkatan nilai laju korosi yang cukup signifikan seiring meningkatnya kadar salinitas. Hasil yang serupa juga didapatkan dari hasil penelitian baja ST 42 dengan *coating* dengan ketebalan yang berbeda menunjukkan bahwa kenaikan nilai laju korosi tetap terjadi walaupun sudah menggunakan *coating* tetapi nilai yang dihasilkan sangat menurun dibandingkan baja ST 42 tanpa *coating*. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa aplikasi *coating* dengan ketebalan 250 µm merupakan ketebalan *coating* yang paling tepat guna untuk digunakan. Hasil tersebut didapatkan dengan melihat hasil penelitian dimana hasil nilai laju korosi antara baja ST 42 dengan ketebalan *coating* 75 µm memiliki *gap* nilai laju korosi yang cukup jauh dibandingkan baja ST 42 dengan ketebalan *coating* 250 µm. Tetapi baja ST 42 dengan ketebalan *coating* 250 µm tidak memiliki *gap* yang terlalu jauh dibandingkan dengan baja ST 42 dengan ketebalan *coating* 350 µm. Oleh sebab itu, Baja ST 42 dapat menjadi material utama daun kemudi kapal dengan syarat menggunakan aplikasi *coating* dengan ketebalan 250 µm agar memiliki ketahanan yang unggul di berbagai tingkatan salinitas di lautan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu penulis dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.D. Verhoeven, *Steel Metallurgy for the Non-metallurgist*, ASM International, 2007.
- [2] E. Arifi and D. Setyowulan, *Perencanaan Struktur Baja*, Malang: UB Press, 2020.
- [3] V.V.H. Lawrence, *Elements of materials science and engineering*, Erlangga, 1991.
- [4] R.W. Revie and H.H Uhlig, "*Corrosion and Corrosion Control*, A John Wiley & Sons Publication, 1980.
- [5] A. Supangat, *Pengantar Oseanografi*, Pusat Riset wilayah Laut dan Sumber Daya Non-Hayati, 2003.
- [6] H. Supomo, *Korosi Perkapalan*, Airlangga University Press, 2023.
- [7] Biro Klasifikasi Indonesia, (*Vol II*) *Rules For Hull (ID)*. Jakarta, 2022.
- [8] S.P. Tampubolon, *Struktur Baja-1*, Universitas Kristen Indonesia, 2021
- [9] A. Tracton, *Coating Technology Handbook*. CRC Press, 2005.
- [10] "*Rules For Materials Consolidated Edition 2022*," Biro Klasifikasi Indonesia, 2022.
- [11] A. Setiawan and A. K. Dewi, "Korosi Baja Karbon Tercoating Zinc Fosfat Pada Media Asam Sulfat," *J. Teknol.*, 2019.
- [12] C. Debrita, *Analisa Pengaruh Variasi Metode Coating pada Pelat Baja ASTM A36 Terhadap Prediksi Laju Korosi, Kekuatan Adhesi, dan Ketahanan Impact*, *Repos. Its*, 2017,
- [13] Purnawati, "Pengaruh Salinitas Air Laut Terhadap Laju Korosi Baja SS 400 pada Kapal," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 8, no. 2, pp. 421–430, 2020.
- [14] A.B. Ganesya and B. W. Karuniawan, *Pengaruh Variasi Kelembaban, Temperatur dan Ketebalan Cat Pada Material a53 Grade B Terhadap Laju Korosi Di Pt Pjb Ubjom Pacitan*, *J. Rekaya Mesin*, 2019.
- [15] "*INTERNATIONAL STANDARD*," vol. 1988, 1989.
- [16] B. Alizera, *Essentials of Coating, Painting, and Lining for the Oil, Gas and Petrochemical Industries*. New South Wales: Elsevier Inc. All rights reserved., 2015.
- [17] Riyanto, *Elektrokimia dan Aplikasinya*, Graha Ilmu, 2013.
- [18] A.G. Kusuma, *Analisis Penerapan Coating Pada Baja ASTM 36 Dengan Variasi Cat Terhadap Laju Korosi, Kekuatan Adhesi dan Ketahanan Impact Coating*," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, 2023.
- [19] F.A. Noormansyah, *Analisis Pengaruh Salinitas Terhadap Laju Korosi Merata Baja SS 400 Dengan Variasi Ketebalan Coating*, *J. Tek. Perkapalan*, 2023.
-