



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisis Pengaruh Salinitas Air dan Material *Abrasive Blasting* Terhadap Laju Korosi Pada Baja ST 45

Muhammad Ridho Alfaridzi <sup>1)</sup>, Ari Wibawa Budi Santosa <sup>1)</sup>, Wilma Amiruddin <sup>1</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Kapal – Las dan Material Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

<sup>\*)</sup>e-mail : ridhoalfaridzi@students.undip.ac.id

### Abstrak

Korosi merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan mutu baja. Laju korosi dipengaruhi oleh berbagai parameter lingkungan, seperti salinitas, pH, suhu, dan konsentrasi oksigen. Upaya mitigasi korosi dapat dilakukan melalui penerapan lapisan pelindung (coating), yang memerlukan proses sandblasting sebagai tahap awal untuk meningkatkan adhesi antara substrat dan pelapis. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi salinitas serta jenis material abrasif dalam proses sandblasting terhadap performa pelapisan pada baja ST 45. Perlakuan sandblasting dilakukan selama 20 detik menggunakan campuran aluminium oxide dan steel grit, pasir silika, serta garnet. Cat pelindung yang digunakan adalah Jotun Jotamastic 80 dengan ketebalan 250  $\mu\text{m}$ . Uji korosi dilaksanakan melalui pendekatan elektrokimia dengan menggunakan media larutan yang memiliki kadar salinitas masing-masing sebesar 32‰ dan 38‰. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen yang dipersiapkan menggunakan material abrasif campuran dan diuji dalam larutan 32‰ memiliki laju korosi terendah sebesar  $1,2808 \times 10^{-5}$  mmpy, sedangkan laju korosi tertinggi tercatat pada spesimen yang diproses menggunakan garnet dan diuji dalam larutan 38‰ dengan nilai sebesar  $1,0826 \times 10^{-4}$  mmpy. Temuan ini mengonfirmasi bahwa penggunaan coating secara efektif menurunkan laju korosi, sementara variasi salinitas memberikan pengaruh signifikan terhadap intensitas korosi yang terjadi.

Kata Kunci : Korosi, Sandblasting, ST 45, Salinitas Air, Coating

### 1. PENDAHULUAN

Korosi adalah mekanisme perusakan logam yang berlangsung melalui interaksi elektrokimia antara permukaan logam dan lingkungan eksternal. Secara keseluruhan, korosi menimbulkan pengurangan massa pada logam melalui pelepasan ion di wilayah yang langsung berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Fenomena korosi dapat termanifestasi dalam berbagai pola, mulai dari distribusi yang merata di seluruh permukaan logam hingga bentuk lokal yang terbatas pada area spesifik tertentu [1].

Korosi dapat dipicu oleh berbagai faktor lingkungan, seperti tingkat salinitas, keasaman (pH), temperatur, dan kadar oksigen terlarut. Kondisi di lingkungan laut yang sangat korosif turut berkontribusi terhadap kerusakan signifikan

yang diakibatkan oleh proses korosi yang terjadi dalam air laut [2]. Selain itu, adanya mikroorganisme laut tertentu juga dapat memperparah korosi melalui proses yang dikenal sebagai korosi mikrobiologis, yang semakin memperumit perlindungan material di lingkungan laut.

Kadar salinitas dalam air berperan penting terhadap kecepatan korosi pada material logam. Kenaikan konsentrasi garam dalam media akuatik secara langsung berkorelasi dengan peningkatan sifat korosif terhadap material logam. Ion klorida yang terkandung dalam air laut berperan sebagai agen agresif yang mempercepat proses korosi, dengan cara menembus dan merusak stabilitas lapisan pasif alami, seperti lapisan oksida besi, yang terbentuk di permukaan logam [3]. Berbagai

penelitian mengungkapkan bahwa semakin tinggi tingkat salinitas, semakin cepat laju korosi yang terjadi, terutama pada material seperti baja karbon dan paduan logam serupa. Pada lingkungan dengan kadar garam yang tinggi, jenis korosi lokal seperti korosi sumuran (*pitting corrosion*) dan korosi celah (*crevice corrosion*) cenderung lebih sering terjadi, sehingga mengakibatkan kerusakan material yang lebih parah dalam waktu yang relatif singkat [4]. Penelitian ini memiliki nilai penting bagi sektor maritim, industri pengolahan air, serta pembangunan infrastruktur di wilayah pesisir. Pemahaman yang mendalam mengenai dampak salinitas terhadap korosi dapat menjadi dasar dalam pemilihan material yang tahan korosi serta penerapan strategi perlindungan yang tepat guna memperpanjang masa pakai struktur dan peralatan. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat berkontribusi pada efisiensi biaya pemeliharaan dan peningkatan keselamatan operasional di lingkungan dengan risiko korosi tinggi.

Korosi yang dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme, atau dikenal sebagai *Microbiologically Influenced Corrosion* (MIC), menjadi topik yang semakin mendapat perhatian dalam berbagai penelitian terkait kerusakan material [5]. Baja ST 45 merupakan salah satu jenis baja yang tergolong dalam kategori baja karbon rendah. Kandungan unsur kimianya mencakup karbon (C) sebesar 0,42–0,48%, silikon (Si) antara 0,15–0,35%, mangan (Mn) sebanyak 0,60–0,90%, fosfor (P) sebesar 0,03%, sulfur (S) sejumlah 0,035%, dan selebihnya terdiri dari besi (Fe) sebagai unsur utama. Terjadi pembentukan struktur kristalin berukuran nanometer pada permukaan spesimen, menunjukkan terjadinya proses nanokristalisasi akibat perlakuan tertentu melalui metode *high-energy shot peening*, yang menyediakan keunggulan berupa efisiensi dalam durasi pemrosesan, kendali presisi terhadap distribusi ukuran butir, serta pengurangan biaya produksi secara signifikan [6]. Baja ST 45 juga dikenal karena kemampuannya untuk dikerjakan dengan mesin (*machinability*) dan perlakuan panas yang baik. Umumnya, baja tersebut digunakan dalam pembuatan poros mesin, komponen otomotif, struktur alat berat, dan bahkan dalam industri manufaktur sebagai bahan utama komponen mekanis yang memerlukan kekuatan tinggi dan ketahanan aus. Meskipun memiliki kekuatan yang baik, baja ini rentan mengalami korosi, terutama saat ditempatkan di lingkungan yang bersifat korosif atau mengandung zat-zat yang mempercepat proses oksidasi. Setiap tahun, terdapat sekitar 13% material logam baru yang

diproduksi dialokasikan untuk menggantikan logam yang mengalami korosi [7].

Korosi dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kekuatan material yang terdampak. Untuk mencegah kerusakan akibat korosi, berbagai strategi perlindungan dapat diterapkan, tergantung pada jenis peralatan, kondisi lingkungan, maupun lokasi yang memiliki potensi korosif tinggi. Salah satu metode yang umum digunakan untuk melindungi baja dari korosi adalah dengan memberikan lapisan pelindung (*coating*). Lapisan ini berfungsi sebagai penghalang antara permukaan baja dan unsur-unsur yang dapat memicu reaksi korosi seperti udara lembab, atau bahan kimia agresif. Selain *coating*, metode lain seperti penggunaan inhibitor, perlakuan permukaan, dan pengaturan desain konstruksi juga dapat meningkatkan ketahanan material terhadap korosi secara signifikan [8]. *Coating* berfungsi efektif dalam mengurangi tingkat korosi secara signifikan dengan cara membatasi interaksi langsung antara permukaan baja dan lingkungan sekitarnya, sehingga menciptakan penghalang yang mencegah terjadinya korosi [9]. Para peneliti telah merancang berbagai macam jenis *coating* sebagai solusi untuk menghambat proses korosi pada baja karbon sedang yang terpapar lingkungan larutan agresif [10]. Meskipun efektif, senyawa sintesis kurang diminati masyarakat karena biaya yang relatif tinggi dan potensi dampak negatif terhadap lingkungan. Sebagai alternatif yang lebih aman, senyawa berbasis bahan alami semakin diunggulkan karena harganya yang lebih terjangkau serta sifatnya yang ramah terhadap kesehatan dan lingkungan [11].

Salah satu teknik yang dinilai paling efisien dalam proses penghilangan karat atau korosi pada material logam adalah *sandblasting*. Metode ini menerapkan teknik penyemprotan material abrasif, seperti pasir silika atau *steel grit*, dengan tekanan tinggi yang diarahkan langsung ke permukaan logam guna menghasilkan perubahan karakteristik permukaan secara mekanis. Proses ini bertujuan untuk memodifikasi tekstur permukaan logam, baik meningkatkan kekasaran maupun menghasilkan permukaan yang lebih halus, sesuai dengan kebutuhan. Apabila dibandingkan dengan metode pembersihan konvensional seperti penggunaan larutan asam atau sikat kawat, *sandblasting* dianggap lebih efektif guna mengangkat lapisan korosi secara menyeluruh [12]. Selain berfungsi sebagai metode pembersihan, *sandblasting* juga memiliki peran penting dalam membentuk karakteristik permukaan logam. Teknik ini menghasilkan profil permukaan yang lebih kasar, sehingga

meningkatkan daya lekat lapisan cat atau pelapis yang digunakan. Proses ini memberikan keuntungan dalam meningkatkan luas area kontak serta kekuatan adhesi, sekaligus mampu menghilangkan kontaminan dan kotoran pada permukaan material [13]. Kekasaran yang dihasilkan tidak hanya memperbaiki kualitas mekanik, tetapi juga tergantung pada durasi dan intensitas penyemprotan, yang menyebabkan variasi tingkat kekasaran permukaan secara signifikan [14].

Studi sebelumnya bertujuan untuk mengevaluasi dampak variasi tingkat salinitas air terhadap laju korosi pada baja ST 60, dengan memanfaatkan perbedaan durasi penyemprotan — yakni 20 detik, 45 detik, dan 90 detik—sebagai parameter dalam perlakuan permukaan. Hasil uji eksperimental menunjukkan bahwa durasi penyemprotan memiliki dampak signifikan terhadap nilai laju korosi. Nilai korosi tertinggi pada baja ST 60 terjadi pada penyemprotan dengan durasi 45 detik [15].

Studi sebelumnya di wilayah pesisir Baltik Selatan menunjukkan bahwa variasi konsentrasi salinitas air laut memiliki dampak signifikan terhadap laju korosi baja. Di area dengan salinitas rendah, seperti Pantai Teluk Gdansk yang mencatat rata-rata 0,7%, kecepatan korosi baja cenderung berkurang, terbukti dari nilai korosi sebesar 0,0585 mm/tahun. Sebaliknya, daerah di sekitar muara Sungai Vistula mengalami peningkatan korosi secara intensif, di mana laju korosi mencapai 0,08 mm/tahun di Teluk Gdansk dan meningkat menjadi 0,1 mm/tahun di area muara. Temuan ini memberikan dampak strategis terhadap perencanaan konstruksi di kawasan pesisir, karena fluktuasi lokal salinitas air laut secara langsung mempengaruhi ketahanan serta masa pakai struktural material baja [16].

Penelitian sebelumnya difokuskan pada analisis pengaruh perubahan durasi penyemprotan pasir dalam proses *sandblasting* terhadap nilai kekasaran permukaan baja ST 60 berukuran 40 mm dengan ketebalan 10 mm. Perlakuan *sandblasting* dilakukan dalam interval waktu 30, 60, dan 90 detik menggunakan tekanan operasional sebesar 8 bar. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa peningkatan waktu penyemprotan berbanding lurus dengan peningkatan nilai kekasaran permukaan, yaitu sebesar 11.928  $\mu\text{m}$  untuk durasi 30 detik, 22.564  $\mu\text{m}$  untuk 60 detik, dan 31.844  $\mu\text{m}$  untuk 90 detik. Dengan demikian, semakin lama waktu penyemprotan, semakin tinggi tingkat kekasaran yang dihasilkan [17].

Berkaitan dengan penggunaan material *abrasive blasting*, terdapat studi eksperimental

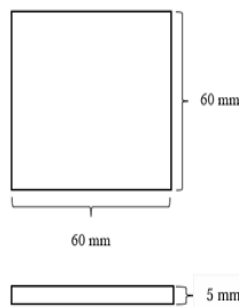
yang mengevaluasi pengaruh jenis material *abrasive blasting* serta penerapan berbagai metode pelapisan sebagai variabel yang dianalisis terhadap estimasi laju korosi dan kekuatan adhesi pada substrat baja ASTM A3. Penelitian tersebut menggunakan metode elektrokimia untuk pengujian laju korosi dengan tiga material *abrasive blasting* yakni *steel grit*, *aluminium oxide*, dan *garnet*). Evaluasi terhadap kekuatan adhesi lapisan cat dilakukan menggunakan metode *pull-off test*. Temuan penelitian menunjukkan bahwa variasi jenis material abrasif dalam proses *blasting* serta teknik pelapisan yang digunakan berkontribusi secara signifikan terhadap laju korosi dan kekuatan ikatan lapisan terhadap substrat. Penggunaan *steel grit* sebagai media *abrasive blasting* serta metode *spray coating* terbukti menjadi kombinasi paling optimal dalam mengevaluasi laju korosi [18].

Mengacu pada hasil penelitian sebelumnya, studi ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi kadar salinitas air serta jenis material *abrasive blasting* terhadap laju korosi. Teknik *sandblasting* diterapkan menggunakan beberapa media abrasif, seperti *steel grit*, *aluminium oxide grit* 25, pasir *silica*, dan *garnet*, guna mengukur tingkat kekasaran pada permukaan baja ST 45. Pengujian korosi dilakukan dengan menggunakan elektrokimia berbasis sistem tiga elektroda sebagai metode tunggal dalam penilaian laju korosi.

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Material utama yang dianalisis dalam penelitian ini merupakan baja karbon kategori menengah, yang secara kimiawi mengandung kadar karbon berkisar antara 0,30% hingga 0,60%, serta diklasifikasikan dalam tipe ST 45 sesuai dengan standar klasifikasi material [19]. Sebanyak 18 spesimen berukuran 60 mm × 60 mm × 5 mm digunakan untuk mengkaji dampak penggunaan berbagai jenis material *abrasive blasting*. Setelah pengujian material *abrasive blasting* selesai, spesimen kemudian dilapisi *coating* dan diuji menggunakan metode elektrokimia. Coating yang diaplikasikan adalah jenis *jotamastic* 80. Media korosif yang digunakan dalam pengujian adalah larutan dengan tingkat salinitas 32‰ dan 38‰. Gambar 1 menampilkan desain spesimen sebelum dilakukan proses *sandblasting* serta penerapan pelapisan *coating*.

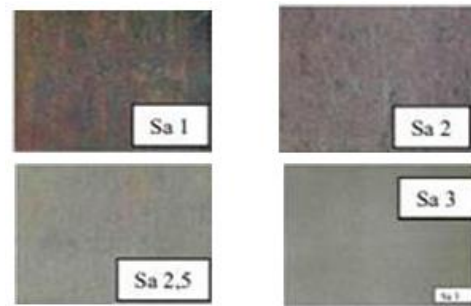


Gambar 1. Spesimen Uji

Pada Gambar 1, diperlihatkan spesimen berukuran 60 mm x 60 mm x 5 mm akan melalui proses *sandblasting* menggunakan material abrasif sebelum diberi lapisan *coating*. Proses *sandblasting* bertujuan untuk mengeliminasi kontaminan dan kotoran dari permukaan spesimen sekaligus membentuk tingkat kekasaran yang diperlukan guna menjamin keterlekatan maksimal antara substrat dan lapisan pelindung. Setelah tahap preparasi ini, spesimen dilapisi dengan *coating* dan kemudian dievaluasi dalam media uji dengan variasi kadar salinitas sebesar 32‰ dan 38‰. Perbedaan kadar garam ini dimanfaatkan untuk menilai ketahanan *coating* terhadap korosi serta mengevaluasi efektivitas material *abrasive blasting* dalam meningkatkan daya tahan *coating* pada lingkungan yang korosif.

## 2.2. Tahapan Persiapan Permukaan

Spesimen baja ST 45 yang telah dipotong sesuai ukuran yang ditetapkan kemudian dipersiapkan untuk menjalani tahap *sandblasting*. Tahapan ini merupakan bagian dari persiapan permukaan (*surface preparation*) yang bertujuan memastikan spesimen uji memenuhi standar yang telah ditetapkan serta memperoleh kondisi permukaan yang optimal untuk proses pelapisan selanjutnya. Metode *sandblasting* yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada standar ISO 8501-1 untuk tingkat kebersihan permukaan, dengan pencapaian klasifikasi SA 3 sebagai acuan utama. Tahapan pelaksanaan mencakup proses penyemprotan media abrasif yang terdiri dari *aluminium oxide grit* ukuran 25, *steel grit*, pasir *silica*, dan garnet, dengan tekanan nozzle yang diatur dalam kisaran 6 hingga 7 bar. Gambar 2 menyajikan klasifikasi tingkat kebersihan permukaan logam hasil pembersihan abrasif berdasarkan standar ISO 8501-1, yang terdiri dari kategori SA 1, SA 2, SA 2.5, dan SA 3 [20].



Gambar 2. ISO 8501-1 *Cleanliness*

Mengacu pada Gambar 2, penelitian ini mengimplementasikan standar kebersihan permukaan SA 3 sesuai ISO 8501-1, yang menetapkan bahwa baja harus bebas dari seluruh kontaminan untuk menghasilkan tampilan logam homogen berwarna abu-abu keputihan. Standar ini umumnya digunakan dalam aplikasi berisiko tinggi, seperti pada industri minyak, gas, dan kelautan, di mana performa optimal dari sistem pelapisan menjadi aspek yang sangat krusial. Capaian tingkat kebersihan SA 3 berperan sentral dalam menjamin kualitas *adhesi coating* dan ketahanan terhadap korosi, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan durabilitas dan reliabilitas struktur yang terlindungi oleh sistem pelapis tersebut.

## 2.3. Tahapan *Sandblasting*

Setelah parameter *dew point* dan kelembaban relatif (RH) mencapai ambang nilai yang direkomendasikan, tahapan *sandblasting* pada material pun dilakukan dengan mengacu pada klasifikasi kebersihan permukaan SA 3, sebagaimana ditetapkan dalam standar ISO 8501-1 tentang *Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products*.

Proses *sandblasting* pada baja ST 45 dilakukan dengan menggunakan material abrasif seperti *aluminium oxide*, *steel grit*, pasir silika, dan garnet. Setelah media abrasif dimuat ke dalam perangkat *sandblasting*, kompresor diatur pada tekanan kerja sebesar 7 bar untuk memulai proses penyemprotan. Sebelum memulai, pastikan untuk mengenakan perlengkapan keselamatan yang mencakup pakaian pelindung, sepatu keselamatan, helm, dan masker. *Sandblasting* dilakukan dengan menjaga jarak aman antara 15 hingga 25 cm dari permukaan. Setelah proses selesai, lakukan pengamatan terhadap tingkat kebersihan permukaan material untuk memastikan kesesuaiannya dengan standar yang telah ditetapkan.

## 2.4. Tahapan *Surface Roughness*

Pasca inspeksi visual terhadap spesimen untuk mengevaluasi tingkat kebersihan permukaannya, langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran kekasaran menggunakan *roughness meter*. Proses ini mengikuti ketentuan standar ASTM D4417, yang menetapkan prosedur teknis serta metode kuantitatif untuk memastikan bahwa parameter kekasaran permukaan memenuhi batasan spesifik yang dipersyaratkan. Tahapan ini penting untuk menjamin kualitas dan kesiapan permukaan sebelum aplikasi cat atau lapisan pelindung lainnya [21]. Cara penggunaannya adalah dengan menempatkan alat di atas permukaan material, kemudian membaca nilai kekasaran yang ditampilkan. Pengukuran dilakukan di beberapa titik, dan hasil akhirnya diperoleh dari rata-rata nilai yang terukur. Gambar 3 menunjukkan tampilan alat *roughness meter* yang digunakan dalam proses ini.



Gambar 3. Alat *Roughness Meter*

Merujuk pada Gambar 3, kekasaran permukaan yang dihasilkan dari proses *sandblasting* berperan dalam meningkatkan daya rekat coating dengan memperbesar luas area kontak serta membantu mencegah terjadinya pengelupasan. Tingkat kekasaran yang sesuai juga berkontribusi pada peningkatan ketahanan terhadap korosi dan aus, sehingga memperpanjang masa pakai material. Dengan demikian, pengaturan tingkat kekasaran permukaan pasca *sandblasting* menjadi tahap krusial dalam menjamin performa optimal dari lapisan pelindung yang diterapkan.

## 2.5. Tahapan *Coating*

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mencegah korosi pada permukaan material adalah melalui aplikasi lapisan pelindung berupa cat atau *coating* [22]. Dalam penelitian ini, jenis cat yang digunakan adalah *jotamastic* 80. Pelapisan dilakukan menggunakan metode *conventional spray*, dengan ketebalan lapisan kering (*dry film thickness* atau DFT) yang diuji pada 250  $\mu\text{m}$ . Sebelum dilakukan pelapisan utama, spesimen

terlebih dahulu dilapisi dengan cat dasar sesuai dengan ketentuan minimum yang tercantum dalam regulasi BKI VOL. II. Untuk sistem pelapisan yang tidak menggunakan lapisan anti-*fouling*, ketebalan minimum yang diwajibkan adalah sebesar 250  $\mu\text{m}$  [23].

## 2.6. Tahapan Pengujian WFT dan DFT

Pengukuran ketebalan lapisan basah (*Wet Film Thickness/WFT*) dilakukan saat cat masih berada dalam keadaan basah guna mengetahui ketebalan lapisan pada tahap aplikasi. Proses pengujian dilakukan menggunakan alat *wet film comb*, mengacu pada pedoman dalam standar ASTM D4414 – *Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages* [24]. Sebelum proses pengukuran dilakukan, permukaan alat harus dibersihkan secara menyeluruh, kemudian disesuaikan dengan rentang ketebalan yang hendak diukur. Selama proses pengujian, posisi alat harus tegak lurus, dan alat ditekan ke permukaan untuk memastikan ketebalan cat sesuai dengan yang telah ditentukan. Setelah cat diaplikasikan dan dibiarkan mengering sesuai petunjuk dalam *technical data sheet*, tahap berikutnya adalah pengukuran *Dry Film Thickness* (DFT). Pengukuran ketebalan lapisan kering dilakukan menggunakan alat *dry film thickness gauge*, dengan menerapkan metode destruktif sebagaimana diatur dalam standar ASTM D7091 – Metode Standar untuk Pengukuran Ketebalan Lapisan Pelindung melalui Teknik Destruktif [25]. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan ketebalan lapisan pelindung setelah proses pengeringan selesai. Rumus yang digunakan dalam perhitungan akan dijelaskan selanjutnya.

$$DFT = \frac{WFT \times \text{Volume Solid}\%}{100 + \text{Persen Pelarut \% by Volume}} \quad (1)$$

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

## 2.7. Tahapan Analisis Laju Korosi Melalui Metode Elektrokimia

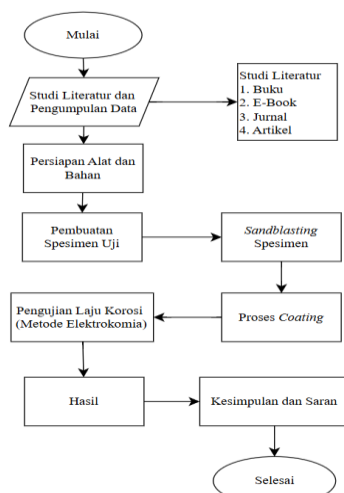
Pengujian ini dilaksanakan setelah dilakukan verifikasi ketebalan lapisan kering (DFT) pada material yang telah diberi perlakuan coating. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk mengevaluasi dan menganalisis tingkat penetrasi air terhadap lapisan *coating*, sehingga dapat ditentukan efektivitas sifat penghalang atau proteksi yang dimiliki oleh sistem pelapisan tersebut [26]. Media korosif yang digunakan dalam pengujian berupa larutan air dengan konsentrasi salinitas yang telah ditentukan sebelumnya,

disesuaikan dengan parameter yang diperlukan untuk pelaksanaan uji korosi. Metode pengujian ini memakai sistem tiga elektroda dan mengacu pada standar ASTM G102 – *Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements* [27]. Laju korosi dihitung menggunakan *single channel potentiostat* merek Corrtest yang dioperasikan melalui perangkat lunak CS Studio 5. Beberapa komponen utama dalam sistem sel tiga elektroda meliputi:

- Elektroda kerja yang berperan sebagai spesimen uji (anoda) dan dicelupkan ke dalam fluida uji.
- Elektroda bantu yang berfungsi memberikan potensial terhadap elektroda kerja serta menghantarkan arus listrik yang muncul akibat reaksi korosi.
- Sebagai elektroda pembanding digunakan sebagai acuan dalam pengukuran potensial yang diberikan ke elektroda kerja. Arus yang melewati elektroda ini harus sangat kecil, sehingga bisa diabaikan untuk menjaga akurasi pengukuran.
- Larutan elektrolit berperan sebagai media konduktif untuk aliran arus ionik selama berlangsungnya reaksi korosi. Volume larutan yang digunakan disesuaikan secara proporsional dengan ukuran elektroda, dan perlu dipastikan bahwa seluruh permukaan elektroda terendam sepenuhnya guna menjamin kelangsungan proses pengujian yang optimal.

Uji laju korosi secara elektrokimia dapat dilaksanakan di Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material, Program Studi Teknik Metalurgi, ITS Surabaya.

## 2.8. Rangkaian Tahapan Penelitian



Gambar 4. Flowchart Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Pengujian *Surface Preparation*

Prosedur *surface preparation* bertujuan menyiapkan material sebelum coating agar spesimen memenuhi persyaratan teknis dan adhesi lapisan pelindung pada permukaan material dapat optimal. Persiapan permukaan yang dilakukan dengan benar sangat penting, karena akan berdampak langsung pada kualitas akhir pelapisan dan memastikan hasilnya sesuai dengan standar maksimal yang direkomendasikan oleh produsen cat.



Gambar 5. Material Sebelum Proses *Sandblasting*

Gambar 5 menampilkan baja ST 45 dalam kondisi awal sebelum dilakukan perlakuan *sandblasting*. Proses *sandblasting* dilaksanakan dengan tekanan antara 6 hingga 7 bar, bertujuan untuk mencapai derajat kebersihan dan kekasaran permukaan sesuai klasifikasi yang ditetapkan oleh standar ISO 8501-1. Kegiatan ini dikerjakan oleh teknisi bersertifikasi dari CV. Cipta Agung Surabaya yang memiliki kompetensi spesifik di bidang *sandblasting*. Selanjutnya, Gambar 6 mengilustrasikan tahap inspeksi kebersihan permukaan spesimen uji pasca proses *sandblasting*.



Gambar 6. Tahapan Inspeksi *Visual Sandblasting*

Berdasarkan observasi visual yang ditampilkan pada Gambar 6, hasil *sandblasting* menunjukkan bahwa kondisi permukaan telah memenuhi tingkat kebersihan sesuai dengan

klasifikasi dalam standar ISO 8501. Permukaan spesimen tampak bersih tanpa adanya kontaminan seperti karat, sisa cat lama, maupun kerak, sehingga dinyatakan siap untuk tahap pelapisan berikutnya.

### 3.2. Hasil Pengujian *Surface Roughness*

Setelah spesimen dinyatakan memenuhi klasifikasi kebersihan permukaan sesuai standar ISO 8501-1, dilakukan pengukuran kekasaran menggunakan alat *surface profile gauge* untuk menentukan profil permukaan pasca sandblasting. Pengujian menghasilkan nilai kekasaran permukaan sebesar 60  $\mu\text{m}$ , dengan tingkat kontaminasi debu terklasifikasi pada level A, yang menandakan tidak adanya partikel asing maupun debu yang melekat pada permukaan spesimen. Data lengkap hasil pengukuran kekasaran tiap spesimen ditampilkan pada Tabel 1, sedangkan proses pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 1. Nilai Pengukuran Kekasaran Permukaan

| Nama Spesimen | Kadar Salinitas | <i>Roughness</i> ( $\mu\text{m}$ ) | Standar Deviasi | Rata - rata ( $\mu\text{m}$ ) |
|---------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| Campuran      | 32‰             | 64                                 | 2.08            | 61.6                          |
|               |                 | 60                                 |                 |                               |
|               |                 | 61                                 |                 |                               |
|               | 38‰             | 62                                 | 2.08            | 60.3                          |
|               |                 | 58                                 |                 |                               |
|               |                 | 61                                 |                 |                               |
| Pasir silica  | 32‰             | 60                                 | 1.53            | 61.3                          |
|               |                 | 63                                 |                 |                               |
|               |                 | 61                                 |                 |                               |
|               | 38‰             | 64                                 | 2.31            | 61.3                          |
|               |                 | 60                                 |                 |                               |
|               |                 | 60                                 |                 |                               |
| Garnet        | 32‰             | 61                                 | 2.00            | 59                            |
|               |                 | 59                                 |                 |                               |
|               |                 | 57                                 |                 |                               |
|               | 38‰             | 60                                 | 2.08            | 59.3                          |
|               |                 | 61                                 |                 |                               |
|               |                 | 57                                 |                 |                               |



Gambar 7. Pengecekan *surface roughness*

Gambar 7 dan Tabel 1 menyajikan tahapan pengukuran kekasaran permukaan (*surface roughness*) serta hasil kuantitatif dari nilai kekasaran pada material baja ST 45. Pengukuran dilakukan dengan mengambil tiga titik pada setiap permukaan spesimen, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Dari pengukuran tersebut, diperoleh rentang nilai kekasaran permukaan berada antara 57 hingga 64  $\mu\text{m}$ .

### 3.3. Proses Pengukuran *Dew Point* dan *Relative Humidity*

Laju korosi suatu material umumnya ditentukan oleh sifat mekanik inheren dari material itu sendiri dan efisiensi sistem pelindung yang diaplikasikan padanya.. Selain itu, faktor iklim dan kondisi lingkungan sekitar memegang peranan penting dalam memicu maupun mempercepat proses korosi. Dalam konteks ini, parameter seperti kelembaban relatif (*relative humidity*) dan suhu titik embun (*dew point temperature*) diukur guna memastikan optimalisasi kondisi saat aplikasi pelapisan dilakukan. Pengukuran dilakukan menggunakan perangkat bernama *Psychrometer*, yang berfungsi untuk memonitor parameter mikro-lingkungan di sekitar spesimen material. Visualisasi alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengoperasian *Psychrometer*

Data hasil pengujian suhu *dry bulb* dan *wet bulb* disusun dalam bentuk tabel komparatif yang memperlihatkan perbedaan nilai antara kedua parameter termal tersebut secara kuantitatif. Informasi kuantitatif dari pengukuran tersebut disajikan sebagaimana terlihat dalam tabel berikut.

- Dew Point : 22,5 °C
- RH : 61,6%

Proses dapat dilanjutkan jika hasil pengukuran telah sesuai dengan spesifikasi pada technical data sheet produk cat. Rincian data uji lingkungan terdapat pada Tabel 2.

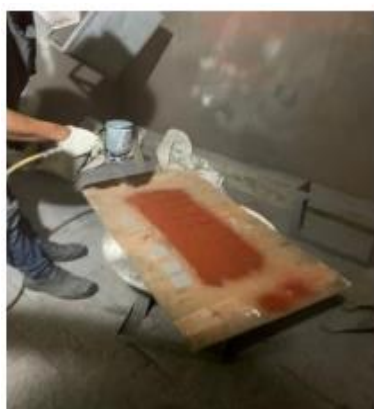
Tabel 2. Data Pengujian Lingkungan

| Keterangan               | Hasil      | Rekomendasi          | Kondisi  |
|--------------------------|------------|----------------------|----------|
| <i>Wet Bulb</i>          | 24,8°<br>C | >5                   | Memenuhi |
| <i>Dry Bulb</i>          | 30,7°<br>C | >5                   | Memenuhi |
| <i>Relative Humidity</i> | 61,6<br>%  | <85% Rh              | Memenuhi |
| Suhu Material            | 30,9°<br>C | >5                   | Memenuhi |
| <i>Dew Point</i>         | 24°C       | < Suhu Baja -<br>3°C | Memenuhi |

Tabel 2 memuat hasil uji terhadap lima komponen serta parameter kondisi lingkungan, yang menegaskan bahwa spesimen telah memenuhi standar untuk melanjutkan ke proses *coating*.

### 3.4. Proses Coating

Tahapan ini merupakan langkah krusial yang dilakukan setelah seluruh prosedur memenuhi standar dan rekomendasi yang berlaku. Tahapan aplikasi coating diawali dengan verifikasi terhadap parameter krusial seperti perbandingan campuran (*mixing ratio*) dan waktu pengeringan (*curing time*), yang harus merujuk pada informasi spesifik dalam *technical data sheet* dari produk yang digunakan. Pelaksanaan pelapisan sebaiknya dilakukan dalam jangka waktu 2 hingga 3 jam setelah sandblasting untuk memastikan kondisi permukaan tetap optimal dalam mendukung adhesi. Hal ini penting karena jika material dibiarkan terlalu lama, debu dapat menempel pada permukaan dan berpotensi menurunkan daya rekat cat.



Gambar 9. Proses Coating

Mengacu pada Gambar 9, proses ini memiliki peran penting dalam memastikan bahwa spesimen terlindungi secara optimal melalui aplikasi cat jotamastic 80 dengan ketebalan yang sesuai, yaitu 250  $\mu\text{m}$ . Ketebalan ini diperlukan untuk

memberikan perlindungan maksimal terhadap korosi serta potensi kerusakan lainnya.

### 3.5. Hasil Pengukuran WFT

Pemeriksaan *Wet Film Thickness* (WFT) dilakukan pada material yang telah dicat untuk memastikan ketebalan lapisan sesuai spesifikasi pada *technical data sheet*. Pengukuran ini dilakukan saat cat masih basah, menggunakan alat *wet film comb*. Pengukuran dilakukan dengan menempelkan alat pada permukaan pelapis yang masih dalam kondisi basah, kemudian dipindahkan ke media seperti kertas atau bidang datar lain untuk mengevaluasi kesesuaian ketebalan pelapis terhadap standar yang ditetapkan. Detail hasil pengukuran dan perhitungan ketebalan lapisan basah (*wet film thickness*) disajikan pada Gambar 10 dan Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Ketebalan Lapisan Basah

| Material<br><i>abrasive blasting</i> | Jenis Cat            | DFT<br>( $\mu\text{m}$ ) | WFT<br>( $\mu\text{m}$ ) |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Campuran                             | <i>Jotamastic 80</i> | 250                      | 312,5                    |
| Silica                               | <i>Jotamastic 80</i> | 250                      | 312,5                    |
| Garnet                               | <i>Jotamastic 80</i> | 250                      | 312,5                    |



Gambar 10. Proses Perhitungan WFT

### 3.6. Hasil Pengukuran DFT

Pengukuran ketebalan lapisan coating dilakukan menggunakan perangkat *thickness gauge*. Metode pengukuran dilakukan dengan menempelkan sensor alat pada permukaan material, sehingga menghasilkan nilai ketebalan lapisan secara langsung. Prosedur ini diulang pada sejumlah titik yang berbeda guna memperoleh nilai rata-rata *Dry Film Thickness (DFT)*. Hasil perencanaan terkait DFT disajikan dalam Tabel 4, sementara visualisasi proses pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 11.

Tabel 4. Hasil Perhitungan DFT

| Material<br><i>abrasive blasting</i> | Jenis Cat     | DFT<br>( $\mu\text{m}$ ) | WFT<br>( $\mu\text{m}$ ) |
|--------------------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|
| Campuran                             | Jotamastic 80 | 247                      | 325                      |
|                                      |               | 254                      |                          |
|                                      |               | 258                      |                          |
| Silica                               | Jotamastic 80 | 248                      | 325                      |
|                                      |               | 255                      |                          |
|                                      |               | 261                      |                          |
| Garnet                               | Jotamastic 80 | 244                      | 325                      |
|                                      |               | 258                      |                          |
|                                      |               | 252                      |                          |



Gambar 11. Proses Perhitungan DFT

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 11, pengukuran ketebalan lapisan kering (*Dry Film Thickness/DFT*) menunjukkan bahwa seluruh spesimen memenuhi batasan yang ditentukan dalam standar. Distribusi ketebalan coating berlangsung secara merata dan sesuai dengan spesifikasi teknis, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan efektivitas proteksi korosi. Kepatuhan terhadap parameter DFT ini menjadi faktor kunci dalam menjamin performa fungsional sistem pelapisan sekaligus memperpanjang masa pakai dari material yang dilindungi.

### 3.7. Hasil Pengujian Laju Korosi Elektrokimia

Pengukuran laju korosi dilakukan melalui pendekatan elektrokimia menggunakan konfigurasi sistem tiga elektroda. Metode ini memungkinkan akuisisi data secara otomatis dan efisien dalam waktu yang relatif singkat. Metode ini menghasilkan data terkait laju korosi spesimen beserta parameter pendukung lainnya. Seluruh rangkaian pengujian dilaksanakan di Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material, Fakultas Teknik Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selain menjadikan kadar salinitas air sebagai variabel utama dalam media korosif, analisis hasil uji korosi dalam penelitian ini turut didukung oleh pemanfaatan perangkat lunak Corrttest. Mengacu pada referensi studi sebelumnya, material baja SS 400 yang diberi pelapis berbasis polyurethane

menunjukkan laju korosi sebesar  $5 \times 10^{-3}$  mmpy pada ketebalan 250  $\mu\text{m}$ , menurun menjadi  $2 \times 10^{-3}$  mmpy pada ketebalan 350  $\mu\text{m}$ , dan mencapai  $2 \times 10^{-4}$  mmpy pada ketebalan 450  $\mu\text{m}$ . Seluruh nilai tersebut dikategorikan sebagai '*outstanding*', yang menunjukkan bahwa peningkatan salinitas cenderung mempercepat korosi, namun peningkatan ketebalan lapisan pelindung terbukti efektif dalam menurunkan laju korosi secara signifikan [28]. Pengujian dilakukan menggunakan pendekatan elektrokimia, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 12



Gambar 12. Proses Pengujian Laju Korosi

#### a. Penilaian Laju Korosi

Penilaian laju korosi dilakukan secara elektrokimia melalui penerapan metode polarisasi pada *free corrosion potential*. Perhitungan laju korosi dalam metode ini merujuk pada persamaan yang disusun berdasarkan prinsip Hukum Faraday, yang menjelaskan hubungan kuantitatif antara jumlah material yang terlibat dalam reaksi redoks pada elektroda dan besarnya arus listrik yang terdistribusi. Pendekatan ini memungkinkan estimasi laju korosi secara akurat dan efisien, sehingga sangat aplikatif untuk karakterisasi korosi pada berbagai jenis material dan dalam beragam kondisi lingkungan

$$CR = K \frac{a \cdot i}{n \cdot d} \text{ mmpy} \quad (2)$$

Keterangan parameter perhitungan laju korosi :

- K = Konstanta (0.129 mpy atau -.00327 mmpy),
- A = Massa atom logam yang mengalami korosi (gram/mol),
- I = Kecepatan arus listrik pada permukaan elektroda ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ),
- N = Jumlah elektron yang dilepaskan oleh logam selama reaksi redoks,
- D = Massa jenis logam yang terkorosi ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ ).

Parameter *i<sub>corr</sub>* merupakan komponen kunci dalam pendekatan elektrokimia untuk pengujian laju korosi, yang digunakan dalam penentuan kuantitatif terhadap tingkat korosi pada suatu material. Nilai *i<sub>corr</sub>* mencerminkan intensitas reaksi korosi yang terjadi pada permukaan

spesimen uji secara langsung dan terukur.. Pengukuran parameter ini dilakukan melalui pendekatan polarografi atau dengan metode *Tafel extrapolation*. Secara umum, semakin rendah nilai *i.corr*, semakin tinggi ketahanan korosi dari material tersebut. Dengan mengetahui nilai ini, peneliti dapat mengevaluasi efektivitas berbagai strategi mitigasi korosi, seperti penerapan inhibitor, aplikasi pelapisan pelindung (*coating*), atau rekayasa komposisi material. Nilai *i.corr* untuk setiap spesimen ditampilkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Arus Korosi (*I.Corr*) Spesimen Uji

| Material<br><i>Abrasive Blasting</i> | Kadar<br>Salinitas | <i>I.Corr</i><br>( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ) |
|--------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------|
| Campuran                             | 32‰                | 1.2281E-09                                     |
|                                      | 38‰                | 3.8424E-09                                     |
| Pasir Silica                         | 32‰                | 6.3223E-09                                     |
|                                      | 38‰                | 4.8734E-09                                     |
| Garnet                               | 32‰                | 1.0381E-08                                     |
|                                      | 38‰                | 1.6959E-08                                     |

b. Laju Korosi dengan *Coating* dan Tanpa *Coating*

Penelitian ini memanfaatkan salinitas sebesar 32‰ dan 38‰ sebagai variabel media korosif dalam pengujian laju korosi pada jenis material tertentu. Selain faktor salinitas, keberadaan lapisan *coating* juga berperan dalam mempengaruhi besar kecilnya laju korosi. Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh salinitas dan pelapisan permukaan (*coating*) serta tanpa *coating* terhadap nilai laju korosi. Data hasil pengujian korosi pada spesimen yang telah menerima perlakuan *coating* tersaji pada Tabel 6.

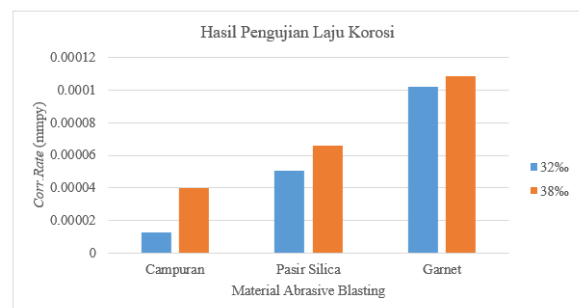
Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Uji Laju Korosi

| Material<br><i>Abrasive Blasting</i> | Kadar<br>Salinitas | Ketebalan<br><i>Coating</i><br>( $\mu\text{m}$ ) | <i>Corr.Rate</i><br>(mmpy) |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|
| Tanpa<br><i>Coating</i>              | 32‰                | 0                                                | 3.2877                     |
|                                      | 38‰                | 0                                                | 8.3464                     |
| Campuran                             | 32‰                | 250                                              | 1.2808E-05                 |
|                                      | 38‰                | 250                                              | 4.0072E-05                 |
| Pasir<br>Silica                      | 32‰                | 250                                              | 5.0824E-05                 |
|                                      | 38‰                | 250                                              | 6.5935E-05                 |
| Garnet                               | 32‰                | 250                                              | 0.00010207                 |
|                                      | 38‰                | 250                                              | 0.00010826                 |

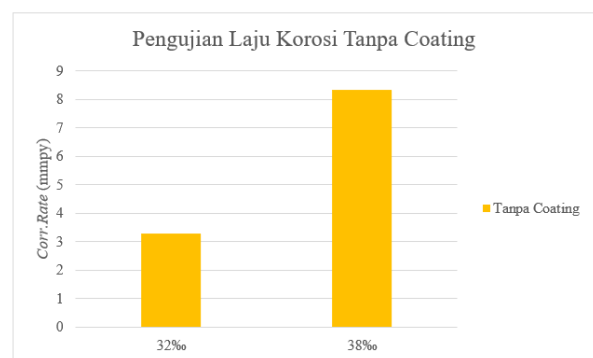
Mengacu pada Tabel 6, hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen yang diproses dengan *sandblasting* menggunakan abrasif campuran dan diuji pada media dengan salinitas

32‰ memiliki laju korosi yang sangat rendah, yaitu sekitar  $1,28008\text{E}-05$  mmpy.

Temuan penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *sandblasting* dengan campuran material abrasif selama 20 detik memberikan peningkatan signifikan terhadap ketahanan korosi pada material, khususnya dalam lingkungan bersalinitas tinggi. Sebagai perbandingan, penerapan pelapisan menggunakan cat epoxy menghasilkan laju korosi sebesar  $3 \times 10^{-3}$  mmpy, sementara pelapisan dengan cat alkyd menunjukkan performa yang lebih baik dengan nilai korosi lebih rendah, yaitu  $1 \times 10^{-3}$  mmpy [29]. Dari grafik pengujian yang ditampilkan pada Gambar 13, terlihat bahwa spesimen yang dilapisi *coating* dan mengalami *sandblasting* dengan material yang optimal memiliki nilai laju korosi paling rendah. Gambar 14. Memperlihatkan hasil laju korosi tanpa *coating*.



Gambar 13. Hasil Laju Korosi dengan *Coating*



Gambar 14. Hasil Laju Korosi Tanpa *Coating*

#### 4. KESIMPULAN

Jenis material abrasif yang diaplikasikan selama proses *sandblasting* berperan penting dalam menentukan tingkat kekasaran permukaan material. Perbedaan jenis *abrasive*, seperti campuran aluminium oxide dan steel grit, silica, dan garnet menghasilkan variasi kekasaran permukaan yang berbeda. Kekasaran permukaan memainkan peran krusial dalam meningkatkan adhesi lapisan *coating* serta mempengaruhi laju korosi pasca pelapisan. Selain itu, kadar salinitas terbukti memiliki kontribusi signifikan terhadap peningkatan laju korosi, di mana kenaikan nilai

salinitas sebanding dengan intensitas korosi yang terjadi.

Di sisi lain, penerapan cat pelindung menunjukkan efektivitas dalam menekan laju korosi. Walaupun tingginya salinitas mempercepat proses korosi, penggunaan *coating* dengan ketebalan yang lebih optimal mampu mereduksi laju korosi secara substansial. Dapat dilihat dari hasil pengujian memperlihatkan laju korosi terendah dengan material campuran dan salinitas 32‰ diperoleh nilai sebesar  $1.2808 \times 10^{-5}$  dan laju korosi tertinggi dengan material garnet dan salinitas 38‰ dengan nilai sebesar 0.00010826.

Oleh karena itu, *coating* memiliki peran penting dalam industri maritim sebagai upaya perlindungan material terhadap korosi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darmawi, T. K. Dewi, H. Alian, and K. Ginting, *Ahli Korosi Dasar*. Unsri Press. [Online]. Available: [www.unsri.unsripress.ac.id](http://www.unsri.unsripress.ac.id)
- [2] M. Liu, S. Luo, H. Zhang, and H. Chen, "Effect of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S on the corrosion resistance of FV520B steel in salinity water," *Int J Electrochem Sci*, vol. 14, no. 5, pp. 4838–4851, 2019, doi: 10.20964/2019.05.61.
- [3] S. Hua, J. Hu, L. Peng, H. Li, and X. Zhong, "Salinity effect on corrosion inhibition of 2-mercaptopyrimidine as an inhibitor in CO<sub>2</sub>-containing solution," *Corros Sci*, vol. 236, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.corsci.2024.112280.
- [4] S. Kumar Rai, I. Pandey, and G. Ji, "Coating of ethanolic extracts of grape stems on mild steel by drop casting and the investigation of its corrosion behavior in saline water," *Mater Today Proc*, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.matpr.2024.05.132.
- [5] M. Fu, J. Yin, L. Lai, S. Chen, and G. Liu, "Adhesion of different types of extracellular polymeric substances from *Pseudomonas aeruginosa* to enhance/inhibit corrosion of EH40 steel in simulated seawater," *Corros Sci*, vol. 235, Jul. 2024, doi: 10.1016/j.corsci.2024.112205.
- [6] Q. Li *et al.*, "Investigation on triboelectrification behavior of surface nanocrystallization of medium carbon steel," *Tribol Int*, vol. 192, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.triboint.2024.109281.
- [7] D. Anggi Wibowo, A. Ghofur, P. Studi Teknik Mesin, J. Akhmad Yani Km, and K. Selatan, "PENGARUH KADAR SALINITAS AIR TERHADAP LAJU KOROSI BAJA ST 60," vol. 3, 2021, [Online]. Available: <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/rot>
- [8] F. Gapsari, *Pengantar Korosi*. 2017.
- [9] V. Tripathi, S. Rai, and G. Ji, "Coating of ethanolic extract of mint leaves, with and without addition of NiO nanoparticles, on mild steel for its corrosion prevention in saline water," *Mater Today Proc*, May 2024, doi: 10.1016/j.matpr.2024.05.133.
- [10] N. Karthik, Y. R. Lee, and M. G. Sethuraman, "Hybrid sol-gel/thiourea binary coating for the mitigation of copper corrosion in neutral medium," *Prog Org Coat*, vol. 102, pp. 259–267, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.porgcoat.2016.10.024.
- [11] S. Pal, G. Ji, H. Lgaz, I. M. Chung, and R. Prakash, "Lemon seeds as green coating material for mitigation of mild steel corrosion in acid media: Molecular dynamics simulations, quantum chemical calculations and electrochemical studies," *J Mol Liq*, vol. 316, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.molliq.2020.113797.
- [12] J. Stubbendieck, C. D. Schmidt, H. L. Hillhouse, and L. M. Landholt, "Influences of wind and sandblasting on the endangered blowout penstemon," *Endanger Species Res*, vol. 9, no. 2, pp. 99–104, 2009, doi: 10.3354/esr00246.

- [13] A. R. Alao, "Optimization of surface roughness, phase transformation and shear bond strength in sandblasting process of YTZP using statistical machine learning," *J Mech Behav Biomed Mater*, vol. 150, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.jmbbm.2023.106245.
- [14] R. Romero, "Kesehatan dan Keselamatan Kerja Pada Proses Sandblasting," *Repositori Universitas Binawan*, 2018.
- [15] A. A. Qusayyi, A. W. B. Santosa, and W. Amiruddin, "Analisis Pengaruh Salinitas Air dan Waktu Penyemprotan Sandblasting Terhadap Laju Korosi dengan Coating dan Tanpa Coating Pada Baja ST 60," Jun. 2024.
- [16] K. Zakowski, M. Narozny, M. Szocinski, and K. Darowicki, "Influence of water salinity on corrosion risk - The case of the southern Baltic Sea coast," *Environ Monit Assess*, vol. 186, no. 8, pp. 4871–4879, 2014, doi: 10.1007/s10661-014-3744-3.
- [17] D. Satrio Vidiapratama, D. Kasir, and S. S. Budi, "PENGARUH WAKTU PENYEMPROTAN PASIR SANDBLASTING TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA BAJA KARBON ST 60".
- [18] M. A. S. Anam, P. Manik, and R. Good, "Analisis Pengaruh Material Abrasif Pada Blasting Dengan Variasi Metode Coating Terhadap Prediksi Laju Korosi Dan Daya Rekat Adhesi," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 12, no. 2, p. 1, 2024, [Online]. Available: [https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ naval](https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval)
- [19] L. Ding and A. Poursaei, "The impact of sandblasting as a surface modification method on the corrosion behavior of steels in simulated concrete pore solution," *Constr Build Mater*, vol. 157, pp. 591–599, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.09.140.
- [20] "ISO 8501-1 Pictorial Standards of Cleanliness." [Online]. Available: [www.satactics.com](http://www.satactics.com)
- [21] J. Jeon and P. Yun, "EFFECTIVENESS OF DIFFERENT SURFACE ROUGHNESS OF SANDBLASTED WITH LARGE-GRIT AND ACID-ETCHED IMPLANTS," *Int J Oral Maxillofac Surg*, vol. 52, pp. 143–144, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.ijom.2023.10.395.
- [22] Z. Zhao, S. Sun, C. Li, and S. Hu, "In situ growth of micro-nano structured black oxide coating on steel with excellent superhydrophobicity and corrosion resistance," *Compos Struct*, vol. 344, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.compstruct.2024.118338.
- [23] "RULES FOR CLASSIFICATION AND SURVEYS CONSOLIDATED EDITION 2022," *Biro Klasifikasi Indonesia*, 2022.
- [24] R. Coatings, J. D. Keane, J. A. Bruno, R. E. F. Weaver, S. Structures, and P. Coucil, "Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned-D4417-11," pp. 1–3, 2013, doi: doi:10.1520/D4417-11.3.
- [25] "Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to Ferrous Metals and Nonmagnetic, Nonconductive Coatings Applied to NonFerrous Metals," *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, pp. 1–7, 2022, Accessed: Aug. 11, 2025. [Online]. Available: <http://www.ansi.org>.
- [26] S. Trujillo, R. Reyes-Riverol, F. R. Garcia-Galvan, and S. Fajardo, "New electrochemical method for the determination of the barrier properties of corrosion protective coatings," *Prog Org Coat*, vol. 190, May 2024, doi: 10.1016/j.porgcoat.2024.108390.

- [27] E. Corro-, P. Anodic, and P. Measurement, "Standard Practice for from Electrochemical Measurement 1," vol. 89, pp. 1–7, 2014, doi: doi:10.1520/G10102-89R15E01.2.
- [28] F. Aditya Noormansyah, S. Jokosisworo, and W. Amiruddin, "Analisis Pengaruh Salinitas Terhadap Laju Korosi Merata Baja SS 400 Dengan Variasi Ketebalan Coating," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 11, no. 3, 2023, [Online]. Available: [https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ naval](https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval)
- [29] J. A. Khoir, U. Budiarto, and O. Mursid, "Analisa Pengaruh Penarapan Coating dan Variasi Ukuran Grit Alumunium Oxide pada Proses Blasting Terhadap Ketahanan Laju Korosi dan Daya Rekat Adhesi," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 11, pp. 31–41, Jan. 2023.
-