



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Pengaruh Kombinasi Material Abrasif Garnit dan Silika Pada Proses *Blasting* Baja ASTM A36 Terhadap Prediksi Laju Korosi Dan Daya Rekat Adhesi

Steven Natanael Lubis¹⁾, Untung Budiarto¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾

¹⁾ Laboratorium Las dan Material Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail : stevennatanaellubis@students.undip.ac.id

Abstrak

Baja ASTM A36 merupakan material yang banyak digunakan dalam industri perkapalan karena kekuatan dan ketersediaannya. Namun, sifatnya yang mudah mengalami korosi di lingkungan laut menuntut adanya perlindungan tambahan melalui pelapisan (*coating*). Keberhasilan *coating* sangat bergantung pada persiapan permukaan, salah satunya melalui proses *sandblasting*. Penelitian ini menganalisis pengaruh kombinasi material abrasif garnet dan silika pada proses *sandblasting* terhadap kekasaran permukaan, daya lekat cat, serta laju korosi baja ASTM A36. Tiga variasi komposisi abrasif (50:50, 60:40, dan 70:30) diuji menggunakan metode adhesi pull-off dan pengujian laju korosi dalam larutan NaCl 3,5%. Hasil penelitian yaitu peningkatan proporsi garnet menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih tinggi, dengan nilai tertinggi pada komposisi silika:garnet (30:70) sebesar 55,00 μm . Kekuatan adhesi *coating* menunjukkan korelasi positif dengan kekasaran permukaan, dimana nilai tertinggi dicapai pada komposisi silika:garnet (30:70) sebesar 13,21 MPa. Laju korosi terendah juga diperoleh pada komposisi yang sama sebesar 0,00033 mm/y. Seluruh variasi komposisi memenuhi standar ISO 12944-9 (>5 MPa) dan termasuk kategori ketahanan korosi "Outstanding" (<0,02 mm/y).

Kata Kunci : Baja ASTM A36, *sandblasting*, garnet, silika, daya lekat, laju korosi.

1. PENDAHULUAN

Industri maritim Indonesia memiliki peran strategis dalam perekonomian nasional, khususnya sebagai negara kepulauan terbesar di dunia dengan lebih dari 17.000 pulau. Kapal sebagai sarana transportasi dan distribusi barang antar pulau menjadi tulang punggung konektivitas ekonomi nasional. Namun, pengoperasian kapal di lingkungan laut yang korosif menimbulkan tantangan serius terhadap integritas struktural material pembentuknya [1].

Baja ASTM A36 merupakan material konstruksi utama yang dominan digunakan dalam pembangunan kapal dan struktur lepas pantai karena sifat mekanisnya yang *excellent* dan kemudahan dalam proses pengelasan [2]. Sebagai baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,1-3%, material ini memiliki karakteristik kekuatan yang memadai untuk aplikasi maritim. Namun,

ketika terpapar lingkungan air laut yang mengandung garam dengan konsentrasi tinggi, material ini sangat rentan mengalami degradasi akibat korosi.

Korosi merupakan fenomena elektrokimia yang menyebabkan deteriorasi material logam melalui reaksi *redoks* dengan lingkungan sekitarnya [3]. Di lingkungan maritim, laju korosi dapat berlangsung sangat cepat karena kombinasi faktor-faktor agresif seperti salinitas tinggi, kelembaban, dan variasi temperatur. Tanpa sistem proteksi yang *adequate*, korosi dapat menyebabkan kegagalan struktural prematur dan kerugian ekonomi yang signifikan.

Sistem *coating* (pelapisan) telah terbukti sebagai metode proteksi korosi yang paling efektif dan ekonomis untuk aplikasi maritim. Keberhasilan sistem *coating* sangat bergantung pada kualitas preparasi permukaan, dimana proses

sandblasting menjadi tahapan kritis. Proses ini bertujuan membersihkan permukaan dari kontaminan dan menghasilkan profil kekasaran yang optimal untuk meningkatkan adhesi *coating* [3].

Material abrasif yang digunakan dalam proses *sandblasting* memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil akhir preparasi permukaan. Garnet dan silika merupakan dua jenis abrasif yang memiliki karakteristik berbeda namun saling komplementer. Garnet dikenal memiliki kekerasan tinggi dan menghasilkan profil permukaan yang tajam dengan konsistensi baik [4]. Sebaliknya, silika memiliki karakteristik yang lebih lunak namun lebih ekonomis.

Penelitian tentang kombinasi material abrasif dalam proses *sandblasting* masih terbatas, terutama yang menganalisis pengaruhnya terhadap daya rekat adhesi *coating* dan prediksi laju korosi secara simultan [4]. Pemahaman mendalam tentang interaksi antara komposisi material abrasif, profil kekasaran permukaan, dan performa *coating* menjadi *crucial* untuk mengoptimalkan sistem proteksi korosi.

Kompleksitas sistem proteksi korosi pada baja ASTM A36 dalam lingkungan maritim memerlukan pemahaman mendalam tentang interaksi antara preparasi permukaan dan performa *coating*. Meskipun proses *sandblasting* telah lama digunakan sebagai metode preparasi permukaan standar, optimasi komposisi material abrasif untuk mencapai keseimbangan antara efektivitas teknis dan ekonomis masih menjadi tantangan dalam industri [3].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa karakteristik individual material abrasif garnet dan silika memiliki keunggulan spesifik dalam aplikasi *sandblasting*. Namun, potensi sinergis dari kombinasi kedua material ini belum dieksplorasi secara komprehensif, terutama dalam konteks pengaruhnya terhadap profil kekasaran permukaan yang optimal untuk adhesi *coating* [4].

Hubungan antara komposisi material abrasif, kualitas preparasi permukaan, dan performa jangka panjang sistem *coating* dalam lingkungan korosif masih memerlukan investigasi mendalam. Hal ini menjadi krusial mengingat kegagalan sistem *coating* dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan dalam operasi maritim [4].

Penelitian ini dirancang untuk mengisi kekosongan pengetahuan tentang optimasi sistem proteksi korosi melalui pendekatan material abrasif campuran dalam proses preparasi permukaan. Tujuan utama penelitian adalah menganalisis pengaruh variasi komposisi campuran material abrasif garnet dan silika terhadap profil kekasaran permukaan baja ASTM A36 hasil *sandblasting*,

yang menjadi parameter kunci dalam menentukan kualitas adhesi *coating* [2].

Selanjutnya, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kekuatan daya rekat *adhesi coating epoxy* pada substrat yang telah dipreparasi dengan berbagai komposisi material abrasif menggunakan metode *pull-off test* sesuai standar ASTM D4541 [5]. Evaluasi ini penting untuk memahami korelasi antara karakteristik permukaan hasil preparasi dengan performa mekanis sistem *coating* [6].

Aspek ketiga yang menjadi fokus adalah menentukan laju korosi dan karakteristik degradasi *coating* pada baja ASTM A36 dalam medium korosif NaCl 3.5% melalui metode elektrokimia sel tiga elektroda [6]. Pengukuran ini akan memberikan gambaran komprehensif tentang efektivitas jangka panjang sistem proteksi yang dihasilkan dari variasi preparasi permukaan.

Secara integratif, penelitian ini bertujuan menentukan komposisi optimal material abrasif campuran garnet-silika yang menghasilkan performa *coating* terbaik berdasarkan parameter adhesi dan resistansi korosi [4]. Hasil ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis dalam optimasi proses *sandblasting* untuk aplikasi maritim.

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang material *engineering* dan teknologi proteksi korosi. Secara teoretis, penelitian ini akan mengisi gap pengetahuan tentang mekanisme interaksi antara karakteristik material abrasif dan kualitas preparasi permukaan dalam konteks proteksi korosi [7]. Pemahaman ini menjadi fundamental dalam pengembangan teori preparasi permukaan yang lebih komprehensif.

Penelitian ini akan mengembangkan basis data empiris tentang pengaruh komposisi material abrasif terhadap performa *coating system*. Data empiris ini akan memperkaya literatur ilmiah tentang korelasi antara parameter preparasi permukaan dengan karakteristik adhesi dan resistansi korosi, yang selama ini masih terbatas dalam literatur internasional [8].

Hasil penelitian juga diharapkan dapat memberikan pemahaman mendalam tentang fenomena elektrokimia yang terjadi pada sistem *coating* dalam lingkungan korosif, khususnya bagaimana variasi profil permukaan mempengaruhi mekanisme degradasi *coating* [6]. Kontribusi teoretis ini akan menjadi referensi penting bagi pengembangan model prediksi performa *coating* di masa depan.

Untuk memastikan fokus dan kedalaman analisis yang optimal, penelitian ini dibatasi pada beberapa parameter spesifik yang telah ditentukan berdasarkan pertimbangan teknis dan metodologis.

Material substrat yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada baja karbon ASTM A36 dengan spesifikasi komposisi kimia dan sifat mekanis sesuai standar internasional [8]. Pemilihan material ini didasarkan pada dominansi penggunaannya dalam industri maritim dan ketersediaan data referensi yang memadai.

Ruang lingkup material abrasif dibatasi pada garnet dan silika dengan variasi komposisi campuran yang telah ditentukan secara sistematis, yaitu 50:50, 60:40, dan 70:30. Variasi komposisi ini dipilih berdasarkan studi pendahuluan dan praktik industri yang menunjukkan rentang komposisi optimal untuk aplikasi *sandblasting* pada material baja [4].

Parameter proses sandblasting seperti tekanan kompresor, sudut penembakan, dan waktu penembakan dikontrol konstan untuk memastikan validitas perbandingan antar variasi komposisi material abrasif. Kontroling parameter ini penting untuk mengisolasi pengaruh komposisi material abrasif terhadap hasil preparasi permukaan [9].

Sistem *coating* yang digunakan dibatasi pada *epoxy primer* dengan metode aplikasi *spray coating*. Pemilihan ini didasarkan pada prevalensi penggunaan sistem *coating epoxy* dalam aplikasi maritim dan konsistensi metode aplikasi yang dapat dicapai dengan teknik *spray coating* [10].

Pengujian adhesi akan dilakukan menggunakan metode *pull-off test* sesuai standar ASTM D4541 [11], sementara evaluasi laju korosi dilakukan dalam medium NaCl 3.5% menggunakan teknik elektrokimia sel tiga elektroda [6]. Standardisasi metode pengujian ini memastikan *reproducibility* dan *comparability* hasil penelitian dengan studi sejenis di literatur internasional.

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Objek utama dalam penelitian ini adalah spesimen baja ASTM A36 yang merupakan material konstruksi dominan dalam industri maritim Indonesia. Baja karbon rendah ini dipilih berdasarkan prevalensi penggunaannya dalam pembangunan kapal dan struktur lepas pantai, serta ketersediaan data referensi yang memadai untuk validasi hasil penelitian [2]. Spesimen baja diperoleh melalui pengadaan langsung dari supplier material yang telah tersertifikasi, dengan verifikasi komposisi kimia dan sifat mekanis sesuai standar ASTM A36.

Perolehan data penelitian dilakukan melalui serangkaian pengujian eksperimental yang mencakup karakterisasi material, evaluasi preparasi permukaan, dan analisis performa

coating system. Data primer diperoleh dari hasil pengukuran langsung parameter kekasaran permukaan, kekuatan adhesi *coating*, dan laju korosi elektrokimia. Sedangkan data sekunder berupa spesifikasi material dan standar pengujian diperoleh dari literatur teknis dan dokumentasi standar internasional.

Total spesimen yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 20 buah dengan spesifikasi dimensi yang telah disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing pengujian. Spesimen untuk pengujian adhesi berukuran 100 x 50 x 8 mm sebanyak 5 buah, sedangkan spesimen untuk pengujian laju korosi berukuran 40 x 25 x 8 mm sebanyak 15 buah. Dimensi spesimen ini dipilih berdasarkan pertimbangan standar pengujian dan optimasi penggunaan material. Tabel 1 menunjukkan *Variable Penelitian*.

Tabel 1. *Variable Penelitian*

Garnit/Silika	70:30	60:40	50:50	30:70	40:60
Korosi	3	3	3	3	3
Adhesi	1	1	1	1	1

2.2. Spesimen

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja A36. Material tersebut dipotong menjadi spesimen berukuran 100 mm × 50 mm × 8 mm dengan jumlah total 5 buah, sedangkan spesimen untuk pengujian laju korosi berukuran 40 x 25 x 8 mm sebanyak 15 buah. Visualisasi bentuk spesimen ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Spesimen Penelitian

2.3. Persiapan Lingkungan (*Enviromental Test*)

Pengujian lingkungan dilakukan untuk menentukan *dew point* dan *relative humidity* (RH) yang berpengaruh langsung terhadap kualitas *coating*. Berdasarkan ISO 8502-4, proses *coating* hanya dapat dilakukan jika $RH \leq 85\%$ dan suhu permukaan spesimen minimal 3°C di atas *dew point*. Kondisi dengan kelembapan tinggi berisiko mengganggu penempelan cat serta mempercepat terjadinya korosi [12]. Gambar 2 menunjukkan pengukuran temperatur spesimen.



Gambar 2. Pengukuran Temperatur Spesimen

Hasil pengukuran kondisi lingkungan yang dilaksanakan di CV. Cipta Agung pada tanggal 6 Agustus 2025.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Data Lingkungan

<i>Dry Bulb</i>	31°C
<i>Wet Bulb</i>	27°C
<i>RH</i>	73%
<i>Dew Point</i>	26
<i>Steel Temperature</i>	38,2°C

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 2., diperoleh nilai *Relative Humidity* (RH) sebesar 73% yang masih berada di bawah batas maksimum 85%, serta temperatur spesimen tercatat 4,2°C di atas *dew point* (memenuhi syarat minimum 3°C) [13]. Dengan demikian, proses *blasting* dan *coating* dapat dilaksanakan di CV. Cipta Agung.

2.4 Blasting

Blasting merupakan tahapan persiapan permukaan yang berfungsi untuk menghilangkan kontaminan seperti karat, debu, dan minyak, sekaligus menghasilkan profil kekasaran pada spesimen. Pada penelitian ini digunakan metode *dry abrasive blasting* yang mampu menghasilkan permukaan lebih bersih. Tahap *blasting* memiliki kontribusi penting, yaitu sekitar 80% terhadap keberhasilan *coating*, karena menentukan kekuatan daya lekat cat pada spesimen [6].

Material abrasif yang digunakan terdiri dari garnet berukuran partikel 0,6 mm dan silika berukuran partikel 0,6 mm. Keduanya dipadukan karena memiliki fungsi yang berbeda, yakni garnet berperan utama dalam membentuk kekasaran permukaan, sedangkan silika berfungsi untuk menghilangkan karat serta debu yang menempel [14]. Spesimen penelitian menggunakan baja ASTM A36 dengan target tingkat kebersihan permukaan SA 2½ sesuai standar ISO 8501-1 [15].

Visualisasi kondisi spesimen sebelum dan sesudah proses *sandblasting* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Spesimen Sesudah dan Sebelum *Blasting*

Berdasarkan Gambar 3, tampak bahwa permukaan spesimen yang semula terkontaminasi karat berwarna oranye kehitaman berubah menjadi abu-abu setelah proses pembersihan, menandakan hilangnya kontaminasi serta terbentuknya tekstur kasar. Secara visual terlihat bahwa dari sisi kiri ke kanan, tingkat kebersihan permukaan semakin menurun akibat penggunaan kembali material abrasif dalam campuran [16]. Hal ini terjadi karena partikel abrasif bekas mengalami perubahan bentuk sehingga tidak mampu menghasilkan hentakan yang optimal pada permukaan spesimen. Dengan demikian, perbedaan antara material abrasif baru dan bekas memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas kebersihan permukaan spesimen.

2.5 Inspeksi Visual dan *Dust Level* Hasil *Blasting*

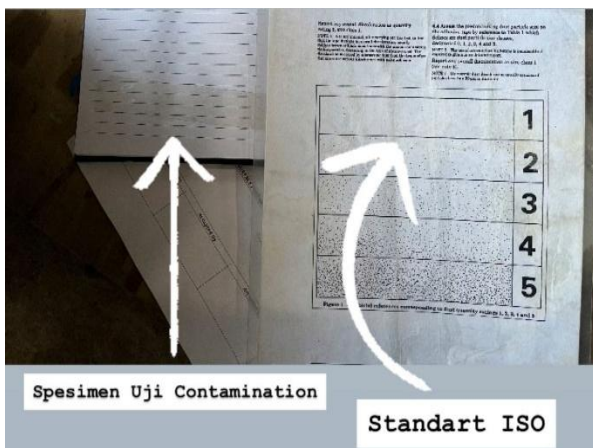
Setelah proses *blasting* selesai, dilakukan pemeriksaan visual dengan mengacu pada standar ISO 8501-1: "*Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products – Visual Assessment of Surface Cleanliness*". Target tingkat kebersihan yang harus dicapai adalah SA 2½ [15].

Inspeksi dilakukan dengan membandingkan hasil *blasting* terhadap referensi visual pada standar ISO 8501-1. Permukaan spesimen dinyatakan memenuhi syarat apabila telah bebas dari minyak, grease, serta kotoran yang berasal dari kerak, karat, maupun lapisan cat sebelumnya [15]. Hasil inspeksi visual tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Panduan kebersihan Sa 2 $\frac{1}{2}$ (ISO 8501-1)

Selanjutnya dilakukan inspeksi terhadap kontaminasi debu (*Dust Contamination Test*). Pemeriksaan ini dilakukan secara visual dengan membandingkan hasil penempelan debu menggunakan tape pada permukaan spesimen terhadap acuan standar ISO 8502-3: "*Assessment of Dust on Steel Surfaces Prepared for Painting (Pressure-Sensitive Tape Method)*" [12]. Batas maksimum tingkat kontaminasi debu yang dapat diterima adalah tidak melebihi *Class 2* sesuai ISO 8502-3[12]. Hasil inspeksi kontaminasi debu ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil inspeksi *dust contamination* yang menunjukkan *Class 1*

2.6 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Spesimen

Setelah inspeksi visual, dilakukan pengukuran kekasaran permukaan (*roughness*) menggunakan *roughness meter* untuk mengetahui kedalaman profil permukaan. Nilai kekasaran ini menjadi faktor penting yang memengaruhi kekuatan daya lekat lapisan cat. Gambar 6 menunjukkan pengukuran kekasaran menggunakan alat *roughness meter*.



Gambar 6. *Roughness Meter*

2.7 Coating

Proses pelapisan permukaan material, atau yang dikenal dengan *coating*, merupakan metode pemberian lapisan pada substrat baik dalam bentuk cair maupun non-cair yang menempel secara permanen setelah melalui tahap pengeringan atau solidifikasi. Pelapisan ini berfungsi sebagai penghalang agar permukaan material tidak bersentuhan langsung dengan lingkungan sekitarnya. Salah satu upaya yang umum dilakukan untuk memperlambat atau mencegah laju korosi pada material adalah dengan menggunakan lapisan cat. Permukaan material akan dilapisi *coating* menggunakan cat dasar berbahan *epoxy* dengan ketebalan sesuai persyaratan minimum yang tercantum dalam *Rules BKI VOL. II* [17]. Untuk *coating* tanpa lapisan *anti-fouling*, ketebalan minimum yang harus dipenuhi adalah 250 μm .

2.7 Pengujian Surface Preparation

Kualitas pelapisan cat pada permukaan atau substrat sangat dipengaruhi oleh kondisi awal material yang akan diberi *coating*. Oleh karena itu, kondisi awal tersebut perlu diperiksa terlebih dahulu melalui tahap *surface preparation* sebelum dilakukan proses *sandblasting*. ISO 8501 merupakan standar yang umum digunakan dalam industri untuk menilai kualitas material sebelum maupun sesudah proses *blasting* [15]. Standar ini juga dilengkapi dengan ilustrasi yang menunjukkan tingkat kebersihan permukaan.

2.8 Wet & Dry film thickness

Proses pengukuran ketebalan lapisan cat merupakan tahap penting yang dilakukan baik saat cat masih basah maupun setelah mengering. Pengukuran *wet film thickness* (WFT) dilakukan sesuai standar ASTM D4414 *Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages*, sedangkan *dry film thickness* (DFT) diukur

setelah cat mengering sepenuhnya mengacu pada ASTM D4138 *Standard Method for Measurement of Dry Film Thickness of Protective Coating Systems by Destructive Means*. Dalam penelitian ini, ketebalan disesuaikan dengan *data sheet* cat HEMPADUR MASTIC 45880 yang memiliki volume solid 72% dengan toleransi $\pm 2\%$ [18]. Dengan demikian, ketebalan lapisan cat saat basah ditetapkan sebesar 200 μm , sedangkan ketebalan lapisan kering total adalah 125 μm .

2.9 Pengujian Pull of Test

Pengujian adhesi lapisan cat dilakukan untuk mengetahui tingkat kekuatan ikatan lapisan *coating* pada permukaan substrat. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D4541 tentang “*Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Tester*” [5]. Ada beberapa alat yang perlu digunakan pada pengujian ini antara lain :

- *Adhesive tester*
- *Dolly*
- Lem Araldite
- Spesimen uji

Setelah peralatan disiapkan, lem araldite berbahan dasar *epoxy* dioleskan secara merata untuk menghindari reaksi yang dapat memengaruhi lapisan cat pada material uji. Selanjutnya, dilakukan penekanan agar lem menempel dengan baik pada permukaan, kemudian dibiarkan mengering selama minimal 12 jam hingga proses pengerasan berlangsung sempurna.

2.10 Pengujian Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan berlangsungnya proses korosi atau tingkat penurunan kualitas material seiring waktu. Pengujian laju korosi bertujuan untuk menilai tingkat ketahanan material terhadap korosi, sehingga dapat diperkirakan masa pakai hingga material tersebut dinyatakan tidak lagi layak digunakan [3].

Metode elektrokimia merupakan teknik pengujian yang mempelajari perbedaan potensial untuk menentukan laju korosi yang terjadi. Metode ini hanya memberikan hasil pada saat pengujian dilakukan, sedangkan proses korosi itu sendiri berlangsung dalam jangka waktu yang panjang. Kelebihan dari metode elektrokimia adalah laju korosi dapat dihitung secara langsung sehingga tidak memerlukan waktu yang lama untuk memperoleh hasil [15].

Laju korosi, atau tingkat perkembangan korosi, merupakan penurunan kualitas material yang dipengaruhi oleh berbagai faktor dan mekanisme. Pengukuran biasanya dinyatakan dalam satuan mpy (mils penetration per year, menurut standar British) atau mm/y (millimeter per year, sesuai standar internasional). Perbandingan

ketahanan material terhadap korosi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 . Standart Ketahanan Laju Korosi

Keterangan Ketahanan Korosi	Nilai Satuan (mm/year)
<i>Outstanding</i>	<0,02
<i>Excellent</i>	0,02-0,1
<i>Good</i>	0,1-0,5
<i>Fair</i>	0,5-1
<i>Poor</i>	1-5
<i>Unacceptable</i>	>5

Satuan yang digunakan dalam perhitungan laju korosi ditetapkan sesuai dengan yang tercantum pada Tabel 3. Dalam penelitian ini, pengujian laju korosi dilakukan dengan metode elektrokimia menggunakan larutan NaCl 3,5% untuk memperoleh nilai laju korosi pada setiap spesimen. Tingginya nilai laju korosi menunjukkan rendahnya ketahanan korosi suatu logam. Besarnya laju korosi dipengaruhi oleh polarisasi linier dan teknik elektrokimia yang dinyatakan melalui rapat arus. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dalam bentuk tingkat penetrasi dengan menggunakan Hukum Faraday, yang dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{corrosion penetration rate} = K \frac{ai}{nD} \quad (1)$$

K merupakan konstanta penetrasi (untuk mpy sebesar 0,129 dan untuk mm/yr sebesar 0,00327). D menyatakan densitas logam (g/cm^3), A adalah massa atom logam (gram), N menunjukkan jumlah elektron yang dilepaskan, sedangkan I adalah rapat arus ($\mu\text{A/cm}^2$).

Mengacu pada standar ASTM G102 – *Standard Practice for Corrosion Rates and Related Information From Electrochemical Measurement* dengan menggunakan sistem tiga elektroda [19]. Pada penelitian ini dipakai potensiostat single channel Autolab PGSTAT128N yang dioperasikan melalui perangkat lunak *Corrtest*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Setelah SandBlasting

Tingkat kebersihan (*cleanliness*) yang direkomendasikan dalam *technical data sheet* adalah minimum Sa 2 sesuai acuan ISO 8501-1. Namun, pada hasil aktual setelah dilakukan proses sandblasting, tingkat kebersihan yang dicapai adalah Sa 2,5 ISO 8501-1 [15]. Berdasarkan standar tersebut, kondisi material termasuk dalam grade A, yang menunjukkan bahwa permukaan baja masih bersih atau hanya terdapat lapisan *mill scale*. Gambar 7 menunjukkan hasil setelah *SandBlasting*.



Gambar 7. Hasil Setelah *SandBlasting*

3.2 Aplikasi *Sandblasting*

Penyemprotan material abrasif pada permukaan spesimen uji dilakukan dengan menggunakan campuran garnet dan silika dalam lima variasi perbandingan berat, yaitu 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, dan 30:70. Proses penyemprotan dilakukan pada tekanan 5 bar di dalam kabinet tertutup.

3.3 Pengamatan Pasca *Sand Blasting*

Tingkat kebersihan atau *cleanliness* yang direkomendasikan dalam *technical data sheet* adalah minimal Sa 2 sesuai dengan acuan ISO 8501-1. Namun, hasil aktual setelah proses *sandblasting* menunjukkan tingkat kebersihan mencapai Sa 2,5 [15].

3.4 Pengukuran Tingkat Kekasaran

Pengukuran tingkat kekasaran permukaan (*roughness*) pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat *DeFelsko Surface Profile Gauge* yang mengacu pada standar ASTM D4417 [5]. Hasil pengujian kekasaran permukaan ditampilkan pada Tabel 4 dibawah ini.

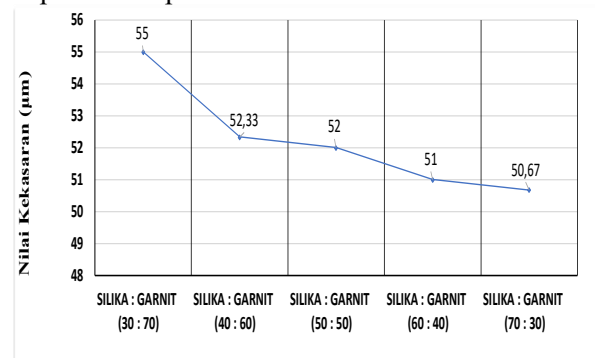
Tabel 4. Hasil Pengukuran Kekasaran Spesimen Adhesi

Material Abrasif	Nilai kekasaran			Rata - rata
	1	2	3	
Silika/Garnit (70:30)	50	52	50	50,67
Silika/Garnit (60:40)	50	52	51	51,00
Silika/Garnit (50:50)	54	50	52	52,00
Silika/Garnit (40:60)	53	52	52	52,33
Silika/Garnit (30:70)	55	54	56	55,00

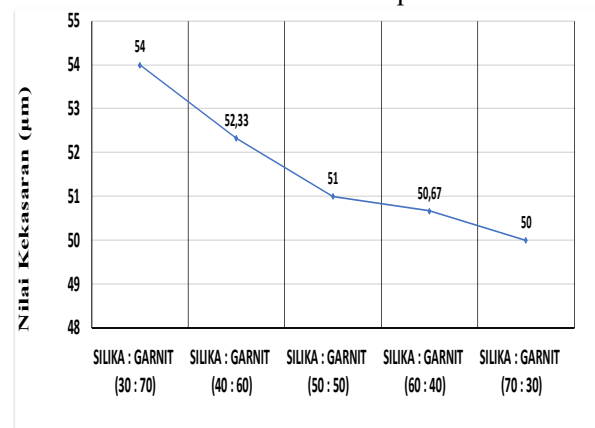
Tabel 5. Hasil Pengukuran Kekasaran Spesimen Korosi

Material Abrasif	Nilai kekasaran			Rata - rata
	1	2	3	
Silika/Garnit (70:30)	50	51	49	50,00
Silika/Garnit (60:40)	50	52	50	50,67
Silika/Garnit (50:50)	50	52	51	51,00
Silika/Garnit (40:60)	54	53	50	52,33
Silika/Garnit (30:70)	54	57	51	54,00

Berdasarkan hasil pengujian kekasaran permukaan yang ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5, nilai kekasaran tertinggi diperoleh pada campuran abrasif silika dan garnet dengan perbandingan 30:70, yaitu dengan rata-rata 55,00 μm pada spesimen adhesi dan 54,00 μm pada spesimen laju korosi. Sementara itu, nilai terendah ditemukan pada campuran abrasif silika dan garnet dengan perbandingan 70:30, dengan rata-rata 43,00 μm pada spesimen adhesi dan 43,33 μm pada spesimen laju korosi. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan persentase silika dalam campuran abrasif menyebabkan penurunan nilai kekasaran permukaan. Tren penurunan tersebut dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Grafik Kekasaran Spesimen Adhesi



Gambar 9. Grafik Kekasaran Spesimen Korosi

Nilai kekasaran permukaan yang diperoleh dalam penelitian ini tergolong lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Irsa menunjukkan bahwa penggunaan material abrasif steel grit pada baja ASTM A36 menghasilkan kekasaran permukaan sebesar 75,5 μm [20]. Rendahnya nilai kekasaran pada penelitian ini disebabkan oleh peralihan material abrasif dari steel grit ke garnet dan silika, serta variasi penggunaan campuran material abrasif tersebut. Kedua jenis abrasif ini memiliki perbedaan mendasar dalam bentuk butiran serta karakteristik fisiknya.

Garnet memiliki bentuk kristal dengan sudut tajam (*angular*) dan tingkat kekerasan 6,5–7,5 Mohs, sehingga mampu menghasilkan profil permukaan yang lebih kasar serta meningkatkan daya lekat coating secara lebih optimal. Selain itu, sifatnya yang keras dan stabil menjadikan garnet lebih unggul untuk aplikasi *sandblasting* yang membutuhkan kualitas permukaan tinggi. Sebaliknya, silika memiliki bentuk butiran cenderung bulat (*rounded*) dengan kekerasan sekitar 7 Mohs. Hal ini membuat hasil blasting yang dihasilkan lebih halus dan kurang efektif dalam meningkatkan daya lekat *coating*. Walaupun biaya penggunaannya relatif lebih ekonomis, silika memiliki keterbatasan terutama pada aspek kesehatan karena menghasilkan debu berbahaya.

Dengan demikian, garnet lebih direkomendasikan untuk aplikasi industri perkapalan yang memerlukan perlindungan korosi secara maksimal, sedangkan silika dapat digunakan pada kondisi tertentu dengan mempertimbangkan efisiensi biaya. Perbedaan bentuk dan karakteristik butiran abrasif inilah yang memengaruhi hasil kekasaran permukaan (*surface roughness*) [21].

3.5 Pengukuran Surface Preparation

Kondisi iklim mikro merupakan faktor penting yang harus diperhatikan sebelum melakukan proses pelapisan cat pada material. Parameter yang perlu diperhitungkan meliputi suhu kering (*dry bulb*) dan suhu basah (*wet bulb*), dari kedua nilai tersebut dapat ditentukan relative humidity dan dew point. Untuk mengukur kondisi iklim mikro ini digunakan *swing hygrometer*. Selain itu, tidak hanya kondisi cuaca yang harus diperhatikan, tetapi juga suhu permukaan baja. Pengukuran suhu material yang akan dilapisi cat dilakukan dengan menggunakan *infrared thermometer*.

Tabel 6. Hasil *Micromatic Condition*

No	Parameter	Hasil
1	Suhu basah	29 °C
2	Suhu kering	31 °C
3	Kelembapan relatif	67%
4	Titik embun	23 °C
5	Suhu baja	33 °C

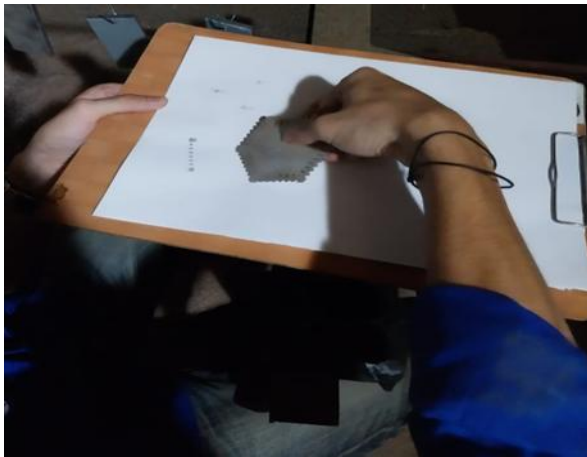
Hasil pengukuran *microclimatic condition* pada Tabel 6 menunjukkan bahwa proses pelapisan cat dapat dilakukan sesuai dengan rekomendasi pada *technical data sheet*, yaitu dengan batas maksimum *Relative Humidity* sebesar 85% dan suhu lingkungan minimum sebesar 0 °C.

3.6 Analisa Hasil Coating

Setelah tahap *surface preparation* selesai, material langsung diberikan *coating*. Peralihan dari *surface preparation* ke proses pelapisan tidak boleh memakan waktu terlalu lama, karena dapat menyebabkan kerusakan material akibat pengaruh lingkungan. Pada penelitian ini digunakan cat Hempadur Mastic 45880 yang dicampur dengan *Curing Agent* 95880 serta thinner dengan perbandingan 3:1:1 [18]. Proses aplikasi dilakukan menggunakan *spray gun* Wipro F75G dengan kompresor WZS-20AZ dan diaplikasikan dalam satu lapisan. Berdasarkan *technical data sheet* cat Hempadur Mastic 45889, diketahui volume solid sebesar 72% $\pm$ 2%, sehingga ketebalan lapisan cat saat masih basah (*wet film thickness*) ditargetkan mencapai 200 μm [18].

3.7 Pengujian DFT & WFT

Spesimen yang telah dilapisi *coating* segera dilakukan pengukuran *wet film thickness* (WFT) dengan menempelkan alat ukur pada permukaan spesimen yang baru dicat untuk mengetahui ketebalan cat dalam kondisi basah. Setelah pengukuran dilakukan, spesimen kemudian dikeringkan sesuai petunjuk pada data sheet Hempadur Mastic 45880, di mana proses pengeringan hingga mencapai kondisi *hard dry* memerlukan waktu sekitar 3–4 hari [18]. Setelah cat mengeras, dilakukan pengukuran *dry film thickness* (DFT) menggunakan *coating thickness gauge*. Gambar 10 dibawah menunjukkan proses pengukuran WFT.



Gambar 10. Pengukuran WFT

Berdasarkan data teknis Hempadur Mastic 45880, cat ini memiliki volume solid sebesar $72 \pm 2\%$, sehingga ketebalan basah yang ditargetkan adalah $200 \mu\text{m}$, thinner 15% dengan perkiraan ketebalan optimal setelah kering sebesar $125 \mu\text{m}$.

$$WFT = \frac{DFT \times (100\% + \text{persentase thinner})}{\% \text{volume solid}} \quad (1)$$

Hasil pengukuran WFT dan DFT ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan WFT

DFT (μm)	Volume Solid (%)	WFT (μm)
125	72 ± 2	200

3.8 Hasil Proses Coating

Spesimen yang telah memenuhi hasil pengukuran WFT (*Wet Film Thickness*) dengan ketebalan sekitar $\pm 200 \mu\text{m}$ kemudian ditempatkan pada ruangan dengan kondisi stabil untuk menunggu proses *curing time*. Berdasarkan *Technical Data Sheet*, waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi *Dry/Cured for Service* adalah sekitar 3–4 hari pada suhu substrat 20°C [18]. Berikut ditampilkan Gambar 11 dan Gambar 12 yang menunjukkan kondisi spesimen setelah lapisan cat mengering secara sempurna.



Gambar 11. Hasil Proses Coating



Gambar 12. Contoh 1 Sampel Hasil Coating

3.9 Pengukuran Dry Film Thickness (DFT)

Pengukuran DFT (*Dry Film Thickness*) dilakukan setelah lapisan cat benar-benar mengering sesuai dengan *Technical Data Sheet*. Setiap spesimen diukur pada tiga titik, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Target ketebalan DFT yang diharapkan adalah $125 \mu\text{m}$, namun dalam praktiknya sulit diperoleh ketebalan yang benar-benar presisi sehingga terdapat variasi nilai pada setiap titik pengukuran. Hasil pengukuran DFT tersebut dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9 berikut.

Tabel 8. Pengukuran DFT Spesimen Adhesi

Material Abrasif	DFT (μm)			Rata - rata
	1	2	3	
Silika/Garnit (70:30)	129	116	123	122,66
Silika/Garnit (60:40)	125	123	127	125,00
Silika/Garnit (50:50)	127	123	129	126,33
Silika/Garnit (40:60)	133	120	123	125,33
Silika/Garnit (30:70)	130	129	127	128,66

Tabel 9. Pengukuran DFT Spesimen Korosi

Material Abrasif	DFT (μm)			Rata - rata
	1	2	3	
Silika/Garnit (70:30)	126	124	128	126,00
Silika/Garnit (60:40)	130	126	119	125,00
Silika/Garnit (50:50)	129	124	129	127,33
Silika/Garnit (40:60)	123	128	130	127,00
Silika/Garnit (30:70)	128	125	127	126,66

3.10 Hasil Pengujian Daya Lekat (Adhesi)

Pengujian adhesi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana komposisi campuran material abrasif mempengaruhi kekuatan daya lekat lapisan coating setelah melalui proses pengukuran DFT (*Dry Film Thickness*). Metode yang digunakan adalah *pull-off test* sesuai standar ASTM 90-0-D4541 “*Standard Test Method for Pull-off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*”. Pada pengujian ini, digunakan 6 spesimen, di mana masing-masing ditempelkan 3 *dolly* dengan lem *epoxy araldite*, kemudian didiamkan selama 24 jam agar perekat mengering dengan sempurna. Setelah itu, *dolly* ditarik menggunakan portable adhesion tester [5]. Gambar 13 memperlihatkan spesimen yang telah terpasang *dolly* dan telah mengering sepenuhnya.



Gambar 13. Spesimen yang telah dipasang *Dolly*

Alat *portable adhesion tester* digunakan untuk membaca nilai kekuatan daya lekat cat yang ditarik dari *dolly*, dengan hasil pengukuran ditampilkan dalam satuan *Megapascal* (MPa). Selain itu, dari hasil penarikan juga dilakukan analisis terhadap luasan kegagalan yang terbagi menjadi tiga zona, yaitu zona adhesif, zona kohesi, dan zona *glue failure*. Zona adhesif merupakan kondisi ketika lapisan cat terkelupas hingga terlihat permukaan substrat, sedangkan zona kohesi menggambarkan keadaan di mana cat tetap menempel kuat pada substrat tanpa terlepas. Sementara itu, zona *glue failure* terjadi apabila perekat (lem) gagal mengering sempurna sehingga tidak menempel dengan baik pada substrat. Menurut Momber [22], kegagalan *pull-off* yang hanya menghasilkan zona adhesif tidak akan mempengaruhi sistem pelapisan pada substrat. Pada pengujian ini tidak ditemukan kegagalan pada zona adhesif, sehingga dapat disimpulkan bahwa ikatan cat dengan substrat sangat kuat. Contoh kegagalan *pull-off* dapat dilihat pada Gambar 14 di bawah.

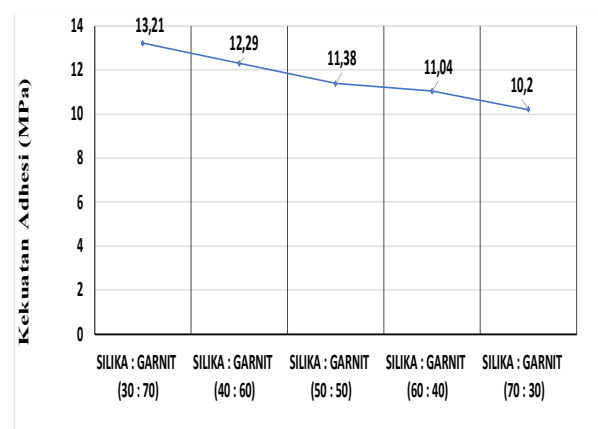


Gambar 14. Zona Kegagalan pada *Pull-Off Test*

Tabel 10. Hasil Pengujian *Pull-off Test*

No.	Variasi Material Abrasif	<i>Pull-off Strength</i>	Rata – rata (Mpa)
1.	Silika/Garnit (70:30)	10.54 9.97 10.11	10.20
2.	Silika/Garnit (60:40)	10.93 11.20 11.01	11.04
3.	Silika/Garnit (50:50)	11.59 11.54 11.03	11.38
4.	Silika/Garnit (40:60)	12.01 12.55 12.32	12.29
5.	Silika/Garnit (30:70)	12.95 13.57 13.11	13.21

Tabel 10 menunjukkan hasil pengujian *Pull off Test*. Dari hasil pengujian adhesi dapat disimpulkan bahwa komposisi campuran abrasif berpengaruh terhadap kekuatan daya lekat cat. Nilai adhesi tertinggi dicapai pada campuran silika : garnet (30:70) sebesar 13,21 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada campuran silika : garnet (70:40) sebesar 10,20 MPa. Meskipun terjadi penurunan nilai adhesi seiring bertambahnya komposisi silika, seluruh variasi campuran masih memenuhi standar minimum ISO 12944-9, yaitu di atas 5 Mpa [23].



Gambar 15. Grafik kekuatan Daya lekat Adhesi

Gambar 15 menunjukkan grafik kekuatan daya lekat adhesi. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi positif antara kekasaran permukaan dan kekuatan adhesi cat. Permukaan dengan tingkat kekasaran lebih tinggi cenderung menghasilkan daya lekat cat yang lebih kuat, sedangkan permukaan yang halus justru menurunkan kekuatan adhesi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Waliardi [24] yang juga menyatakan bahwa menurunnya kekasaran permukaan akan berdampak pada berkurangnya nilai adhesi. Hubungan antara nilai kekasaran dan adhesi dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hubungan Kekasaran Permukaan dan Kekuatan Daya Lekat Cat

Material Abrasif	Nilai Kekasaran (μm)	Nilai Adhesi (Mpa)
Silika/Garnit (70:30)	50,67	10.20
Silika/Garnit (60:40)	51,00	11.04
Silika/Garnit (50:50)	52,00	11.38
Silika/Garnit (40:60)	52,33	12.29
Silika/Garnit (30:70)	55,00	13.21

3.11 Hasil Pengujian Laju Korosi

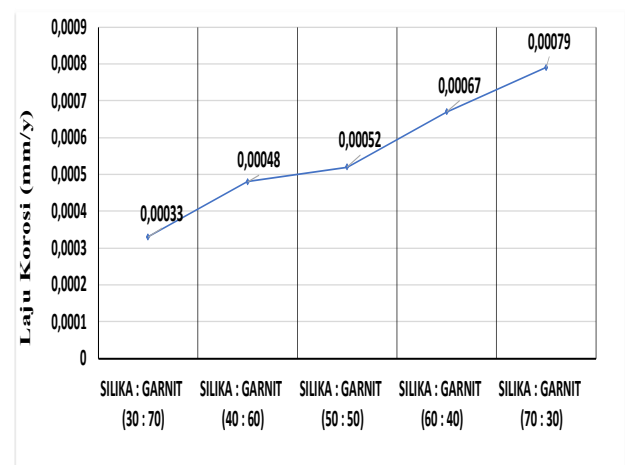
Uji laju korosi dilakukan menggunakan metode Sel Tiga Elektroda dengan variasi *coating* hasil *blasting*. Sistem pengujian terdiri dari elektroda kerja (spesimen), elektroda pembantu (*platina*), dan elektroda acuan (Ag/AgCl) yang dicelupkan ke dalam larutan NaCl 3,5% sebagai simulasi air laut. Pengukuran beda potensial dilakukan dengan perangkat CorTest yang terhubung ke CS Studio 5, mengacu pada standar ASTM G-102 [19].

Parameter yang digunakan pada perangkat lunak CS Studio 5 dalam pengujian laju korosi meliputi massa jenis baja ASTM A36 sebesar 7,85 g/cm³, berat molekul 27,9235 g, serta luas permukaan spesimen yang terendam larutan sebesar 8,75 cm². Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk kurva Tafel, dengan sumbu-x menunjukkan kerapatan arus dan sumbu-y menunjukkan potensial. Titik potong dari garis linier hasil ekstrapolasi anodik dan katodik pada kurva tersebut merepresentasikan nilai *I*_{corr} [24].

Tabel 12. Hasil Pengujian Laju Korosi

Kode Spesimen	Kuat arus (A/cm ²)	Rata – rata Kuat arus (A/cm ²)	Laju Korosi (mm/y)	Rata-rata Laju Korosi (mm/y)
Silika/Garnit (70:30)	7.1279	7.4486	0.000752	0.00079
	7.2386		0.000793	
	7.9793		0.000847	
Silika/Garnit (60:40)	5.9320	6.0447	0.000687	0.00067
	5.0673		0.000579	
	7.1349		0.000755	
Silika/Garnit (50:50)	5.4924	4.8645	0.000632	0.00052
	4.0535		0.000431	
	5.0478		0.000512	
Silika/Garnit (40:60)	4.0859	4.3923	0.000473	0.00048
	5.0698		0.000563	
	4.0212		0.000414	
Silika/Garnit (30:70)	2.1880	2,8599	0.000253	0.00033
	3.3673		0.000387	
	3.0245		0.000366	

Berdasarkan Tabel 12, terlihat adanya perbedaan nilai laju korosi pada setiap variasi komposisi campuran material abrasif. Nilai laju korosi paling rendah (terbaik) diperoleh pada campuran Silika : Garnet (30:70) dengan rerata sebesar 0,00033 mm/y. Nilai tersebut kemudian meningkat pada komposisi Silika : Garnet (40:60) dengan rerata 0,00048 mm/y, dan mencapai nilai tertinggi pada komposisi Silika : Garnet (70:30) dengan rerata 0,00079 mm/y. Mengacu pada Fontana [3], seluruh variasi tersebut masih termasuk dalam kategori ketahanan korosi “Outstanding” karena berada pada rentang <0,02 mm/y [7]. Grafik rata-rata laju korosi tiap variasi campuran Silika dan Garnet ditampilkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Perbandingan Nilai Laju Korosi

Pada penelitian ini, ketebalan *coating* setiap spesimen disamaratakan sebesar 125 μm , sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi laju korosi

semata-mata dipengaruhi oleh tingkat kekasaran permukaan. Berdasarkan Gambar 16, terlihat bahwa laju korosi meningkat secara signifikan seiring dengan bertambahnya proporsi material abrasif Silika.

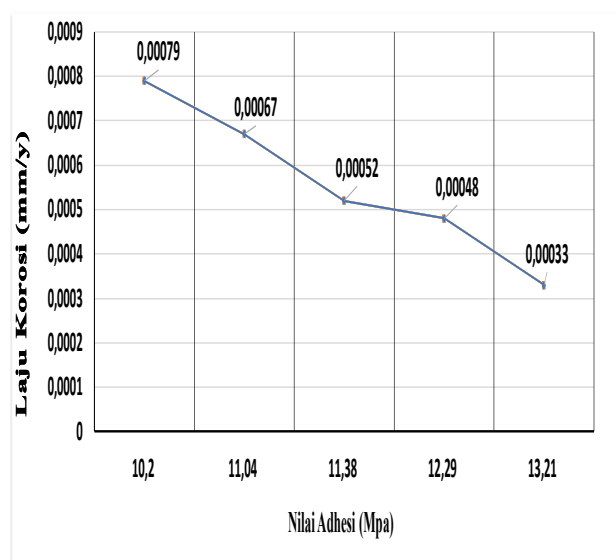
3.12 Pemilihan Komposisi Campuran Material Abrasif

Hasil pengujian kekuatan adhesi cat dan laju korosi menghasilkan data akhir mengenai komposisi campuran material abrasif Garnet dan Silika, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Data Hasil Pengujian

Material Abrasif	Nilai Adhesi (Mpa)	Nilai Laju Korosi (mm/y)
Silika/Garnit (70:30)	10.20	0.00079
Silika/Garnit (60:40)	11.04	0.00067
Silika/Garnit (50:50)	11.38	0.00052
Silika/Garnit (40:60)	12.29	0.00048
Silika/Garnit (30:70)	13.21	0.00033

Hasil pengujian adhesi dan laju korosi pada Tabel 13 menunjukkan bahwa campuran material abrasif Silika : Garnit (30:70) memberikan performa terbaik dengan nilai adhesi tertinggi sekaligus laju korosi terendah, sehingga dapat dikategorikan sebagai komposisi optimal dalam proses *sandblasting*. Gambar 17 dibawah menjelaskan hubungan nilai adhesi dan korosi.



Gambar 17. Nilai Adhesi dan Korosi

4 KESIMPULAN

Komposisi material abrasif berpengaruh signifikan terhadap profil kekasaran permukaan yang dihasilkan. Peningkatan proporsi garnet

dalam campuran abrasif menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih tinggi, dengan nilai tertinggi dicapai pada komposisi silika:garnet (30:70) sebesar 55,00 μm untuk spesimen adhesi dan 54,00 μm untuk spesimen korosi. Sebaliknya, komposisi dengan proporsi silika yang lebih tinggi menghasilkan permukaan yang lebih halus, dengan nilai terendah pada komposisi silika:garnet (70:30) sebesar 50,67 μm untuk spesimen adhesi dan 50,00 μm untuk spesimen korosi.

Kekuatan daya lekat adhesi *coating* menunjukkan korelasi positif dengan tingkat kekasaran permukaan. Nilai adhesi tertinggi diperoleh pada komposisi silika:garnet (30:70) sebesar 13,21 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada komposisi silika:garnet (70:30) sebesar 10,20 MPa. Meskipun terdapat variasi nilai, seluruh komposisi yang diuji masih memenuhi standar minimum ISO 12944-9 yaitu di atas 5 MPa, menunjukkan bahwa semua variasi campuran dapat memberikan perlindungan *coating* yang memadai.

Evaluasi laju korosi menggunakan metode elektrokimia dalam medium NaCl 3,5% menunjukkan bahwa komposisi silika:garnet (30:70) memberikan performa terbaik dengan laju korosi terendah sebesar 0,00033 mm/y. Nilai ini meningkat secara bertahap hingga mencapai 0,00303 mm/y pada komposisi silika:garnet (70:30). Berdasarkan klasifikasi Fontana, seluruh variasi komposisi masih termasuk dalam kategori ketahanan korosi "*Outstanding*" karena berada di bawah 0,02 mm/y.

Penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi industri perkapalan dalam optimasi proses preparasi permukaan melalui pemilihan komposisi material abrasif yang tepat, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan durabilitas sistem *coating* sebagai perlindungan korosi pada struktur baja di lingkungan maritim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyelesaian penelitian ini, penulis mendapat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada pengelola Laboratorium Teknologi Material dan Produksi Kapal, Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro, Semarang, kepada Bapak Anto selaku pemilik CV. Cipta Agung, Surabaya, serta kepada pengelola Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material, Departemen Teknik Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Suherman, *Ilmu Logam*. Surabaya: Buku Penerbit Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, 1987.
- [2] G. G. Corbett, *Book Review: Materials Science and Engineering, an Introduction*, vol. 22, no. 1. 1994. doi: 10.1177/030641909402200102.
- [3] M. Fontana and N. Greene, "Mars Fontana-Corrosion Engineering(www.iranidata.com).pdf," 1987.
- [4] R. L. McKee, *Machining with abrasives*. 1982. doi: 10.1016/0141-6359(83)90040-5.
- [5] A. D4541-02, *Standard Test Methods for Pull-Off Strength of Coating Using Portable Adhesion Testers*. ASTM International, 1995.
- [6] C. T. Nugroho, *ANALYSIS OF ABRASIVE MATERIAL EFFECT FOR BLASTING ON PAINT ADHESION STRENGTH AND CORROSION RESISTANCE IN SEAWATER ENVIRONMENT*. 2016.
- [7] M. G. Fontana, *Corrosion Engineering International Edition*. McGraw-Hill Book Company, 1987.
- [8] A. R. Garcia, S. B. Filipe, C. Fernandes, C. Estevão, and G. Ramos, *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. 2006.
- [9] 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, 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.09.140.
- [10] T. S. Technology and R. C. Tucker, "Introduction to Coating Design and Processing," *Therm. Spray Technol.*, vol. 5, pp. 76–88, 2018, doi: 10.31399/asm.hb.v05a.a0005725.
- [11] A. International, "Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers," *ASTM Int.*, vol. 03, pp. 1–6, 2003.
- [12] ISO 8502-3, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Tests for the assessment of surface cleanliness - Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared painting (pressure-sensitive tape method)*. International Organization for Standardization, 1992.
- [13] R. H. Aruan, H. Pratikno, and Y. S. Hadiwidodo, "Analisis Pengaruh Suhu Material Pada Pengaplikasian Coating Epoxy Terhadap Kekuatan Adhesi Baja A36," *J. Tek. ITS*, vol. 12, no. 1, pp. 3–9, 2023, doi: 10.12962/j23373539.v12i1.110657.
- [14] A. Ding, L., Torbati-Sarraf, H., & Poursaei, "The influence of the sandblasting as a surface mechanical attrition treatment on the electrochemical behavior of carbon steel in different pH solutions," *Surf. Coatings Technol.*, vol. 352, pp. 112–119, 2018, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.08.013>
- [15] ISO 8501, "Corrosion Protection of Steel Structures by Painting," *Int. Organ. Stand.*, 2011.
- [16] George F. Vander Voort, *ASM Handbook Volume 9: Metallography and Microstructures*. ASM International, 2004.
- [17] BKI, "Rules for Classification and Construction," 2025, *Biro Klasifikasi Indonesia*.
- [18] H. Mastic, H. Mastic, E. Unidos, E. Fire, S. En, and E. Unidos, "Hempadur Mastic Hempadur Mastic," no. June, pp. 1–4, 2022.
- [19] ASTM G102, *Standard Practice for Calculation of Information from Electrochemical Corrosion Rates and Related Measurements*. ASTM International, 1994.
- [20] I. Prabowo, U. Budiarto, and I. P. Mulyatno, "Analisa Pengaruh Variasi Ukuran Steel Grit Pada Proses Blasting Baja ASTM A36 Terhadap Laju Korosi, Daya Rekat Adhesi, dan Impak Coating," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 11, no. 1, pp. 42–51, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [21] L. Ding, H. Torbati-Sarraf, and A. Poursaei, "The influence of the sandblasting as a surface mechanical attrition treatment on the electrochemical behavior of carbon steel in different pH solutions," *Surf. Coatings Technol.*, vol. 352, pp. 112–119, 2018, doi: 10.1016/j.surfcoat.2018.08.013.
- [22] A. Momber, *Blast cleaning technology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-73645-5>.
- [23] ISO 12944-9, *Paints and Varnishes—Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems—Part 9: Protective Paint Systems and Laboratory Performance Test Methods for Offshore*

and Related Structures. International Organization for Standardization, 2018.

- [24] M. A. Waliardi, "ANALISA PENGARUH MATERIAL ABRASIF BARU DAN BEKAS (RE-USE) DENGAN KOMPOSISI CAMPURAN PADA PROSES SANDBLASTING BAJA ASTM A36 TERHADAP DAYA LEKAT CAT DAN LAJU KOROSI," 2022.