

PENGARUH VARIASI KEKASARAN PERMUKAAN *GRAY CAST IRON* PADA HASIL PELAPISAN *HOT DIP GALVANIZING* TERHADAP KETEBALAN LAPISAN DAN LAJU KOROSI

*Muhammad Ashwin Asyhari¹, Yusuf Umardani², Agus Suprihanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: maasyhari@gmail.com

Abstrak

Indonesia sebagai negara tropis dengan tingkat kelembaban yang tinggi dan curah hujan yang cukup besar mengakibatkan banyak benda logam mengalami karat dan korosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh material logam *gray cast iron* yang telah dilapisi *coating* dengan metode *hot dip galvanizing* terhadap hasil tampilan, mikrografi, tebal lapisan, dan laju korosi pada situasi ekstrem. Perlakuan spesimen dilakukan dengan variasi kekasaran permukaan menggunakan amplas grid 100, 400, 800, dan 2000. Proses *hot dip galvanizing* menggunakan *zinc ingot Nyrstar 99%* dengan prosedur sesuai ASTM A123. Pengamatan Visual dilaksanakan untuk mengetahui tampilan terbaik dan cacat yang dihasilkan dari hasil *hot dip galvanizing*. Pengujian Mikrografi dilaksanakan sesuai dengan ASTM E3-11 untuk mengetahui *zinc layer* yang menempel pada spesimen. Pengujian tebal lapisan *zinc (Zn)* pada spesimen hasil *hot dip galvanizing* dilakukan menggunakan alat *Coating Thickness Gauge UNI-T UT343D*. Pengujian laju korosi dilaksanakan sesuai dengan prosedur ASTM B117 *Salt Spray Test* dengan peningkatan kadar larutan NaCl sebesar 8% menggunakan metode *weight loss*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kekasaran pada permukaan spesimen, maka semakin besar ketebalan lapisan *coating* yang terbentuk. Namun, hal ini akan berbanding terbalik dengan laju korosi, di mana semakin rendah nilai laju korosi pada spesimen hasil *hot dip galvanizing* tersebut. Ketebalan pelapisan tertinggi diperoleh pada spesimen dengan variasi amplas grid 100 sebesar 45,38 μm , dengan laju korosi terendah sebesar 24,52 mpy. Sebaliknya, ketebalan pelapisan terendah diperoleh pada spesimen dengan variasi amplas grid 2000 sebesar 17,37 μm , dengan laju korosi tertinggi sebesar 169,97 mpy. Hasil penelitian ini bermanfaat untuk pengembangan material logam *cast iron* dalam dunia industri maupun konstruksi yang terpapar kondisi ekstrem dengan kadar asam yang tinggi.

Kata kunci: amplas grid; *gray cast iron*; *hot dip galvanizing*; ketebalan lapisan; laju korosi; mikrografi; visual

Abstract

Indonesia, as a tropical country with high humidity levels and significant rainfall, causes many metal objects to experience rust and corrosion. This study aims to identify the effects of *gray cast iron* metal materials coated using the *hot dip galvanizing* method on appearance, micrography, coating thickness, and corrosion rate under extreme conditions. The specimens were treated with surface roughness variations using sandpaper grids 100, 400, 800, and 2000. The *hot dip galvanizing* process used *Nyrstar 99% zinc ingot* following the ASTM A123 procedure. Visual observation was conducted to determine the best appearance and defects resulting from *hot dip galvanizing*. Micrographic testing was carried out according to ASTM E3-11 to identify the *zinc layer* adhering to the specimens. Zinc (Zn) coating thickness testing on *hot dip galvanized* specimens was performed using a *Coating Thickness Gauge UNI-T UT343D*. Corrosion rate testing was conducted following the ASTM B117 *Salt Spray Test* procedure with an increased NaCl solution concentration of 8% using the *weight loss* method. The results showed that the higher the surface roughness value of the specimens, the greater the coating thickness formed. However, this inversely correlated with the corrosion rate, where the corrosion rate decreased on *hot dip galvanized* specimens. The highest coating thickness was obtained on specimens with a 100-grid sandpaper variation of 45.38 μm , with the lowest corrosion rate of 24.52 mpy. Conversely, the lowest coating thickness was obtained on specimens with a 2000-grid sandpaper variation of 17.37 μm , with the highest corrosion rate of 169.97 mpy. The results of this study are beneficial for the development of cast iron metal materials in industrial and construction fields exposed to extreme conditions with high acid levels.

Keywords: coating thickness; corrosion rate; *gray cast iron*; *hot dip galvanizing*; micrography; sandpaper grid; visual

1. Pendahuluan

Industri *cast iron* di Indonesia merupakan salah satu sektor industri yang berperan penting dalam mendukung perkembangan dunia konstruksi dan infrastruktur di negara ini. *Cast iron* adalah paduan besi dengan karbon sebanyak 2,0 – 6,67 %. Karbon dalam *cast iron* dapat berupa Fe₃C (*sementit*) atau karbon bebas (*grafit*). Selain karbon, terdapat juga unsur silikon, fosfor, mangan, dan belerang yang mempengaruhi tingkat keuletan *cast iron*. Umumnya, *cast iron* memiliki tingkat keuletan yang relatif rendah, sehingga tidak dapat ditempa maupun di-rolling. *Cast iron* banyak digunakan dalam bidang infrastruktur umum dan konstruksi, seperti *manhole cover*, pagar dan gerbang, alat-alat perkebunan, dan komponen struktural konstruksi.

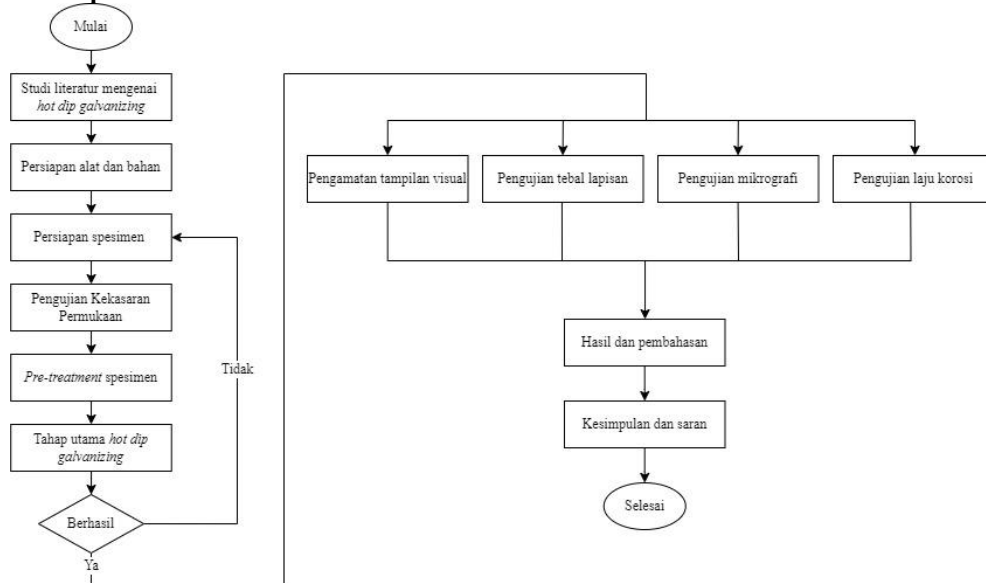
Pada sebagian besar industri kelautan dan otomotif, *cast iron* tetap menjadi bahan utama untuk pembuatan komponen mesin seperti *flywheels*, *piston rings*, *cylinder heads*, dan *engine blocks*. Namun demikian, beberapa kategori *cast iron* memiliki kekuatan benturan yang buruk, ketahanan korosi yang rendah, perambatan retak yang mudah, dan kegagalan yang rapuh seiring waktu [1]. Oleh karena itu, dibutuhkan perawatan permukaan yang mampu meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan kekuatan struktural dari *cast iron* tersebut.

Di antara berbagai jenis *coating* yang tersedia, *hot dip galvanizing* adalah salah satu yang paling umum dipilih untuk meningkatkan ketahanan material *cast iron* karena kemampuannya beradaptasi dengan berbagai kelas logam. [2]. *Hot dip galvanizing* telah berhasil diaplikasikan dalam berbagai macam penggunaan, di antaranya kawat baja untuk jembatan, industri otomotif, dan struktur baja dalam konstruksi. [3].

Proses *hot dip galvanizing* ini dilakukan dengan metode pencelupan logam dalam rendaman seng cair ($\approx 450\text{ }^{\circ}\text{C}$) dan selanjutnya dilakukan pendinginan dalam air. Proses ini akan menghasilkan lapisan tipis yang terikat dalam lapisan paduan Zn-Fe [4]. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sanjaya, Umardani dan Suprihanto membahas mengenai pengaruh kekasaran permukaan baja ST60 terhadap sifat mekanik hasil pelapisan *hot dip galvanizing*. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa semakin kasar permukaan spesimen, maka semakin tebal lapisan yang dihasilkan dari proses *hot dip galvanizing* [5]. Sehingga peneliti, pada penelitian ini ingin membahas mengenai pengaruh variasi kekasaran permukaan *gray cast iron* pada hasil pelapisan *hot dip galvanizing* terhadap tampilan, ketebalan lapisan *coating*, hasil mikrofografi, dan laju korosi.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram alir

2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Zinc ingot Nyrtar*
- Gray cast iron*
- Amplas
- Water glass*
- HCl
- Zinc ammonium chloride Akuades*
- Oli bekas
- Bensin
- NaCl

2.3. Alat

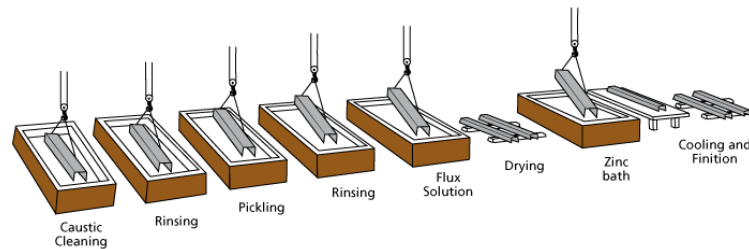
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Tungku *hot dip galvanizing*
- Kompresor udara
- Oil burner*
- Thermogun*
- Tang krusibel
- Gelas Beaker
- Kompas gas
- Stopwatch*
- Gerinda

2.4. Hot Dip Galvanizing

Hot dip galvanizing merupakan proses untuk pelapisan logam dengan menggunakan *zinc* (Zn) murni 96,5% - 99%. Lapisan *zinc* (Zn) tersebut dapat melindungi logam dari korosi [6]. Dalam prosesnya membutuhkan *pre-treatment* pada permukaan logam yang akan dilapisi, yaitu meliputi *cleaning – degreasing – pickling – fluxing* [7]. Lapisan *zinc* (Zn) yang dihasilkan dari proses *hot dip galvanizing* memiliki sifat tahan lama, cukup tangguh, dan memberikan tingkat kekerasan yang tinggi pada material yang di *coating*. Pada permukaan logam dasar terbentuk lapisan difusi antara *zinc* (Zn) pelapis dengan logam dasar, menciptakan ikatan metalurgi yang kuat dan berlapis yang disebut fasa. Setiap lapisan yang terbentuk memiliki sifat yang berbeda, tergantung pada komposisi kimia dan tingkat kekerasannya [8].

Lapisan *zinc* (Zn) yang dihasilkan dari proses *hot dip galvanizing* memiliki sifat tahan lama, cukup tangguh, dan memberikan tingkat kekerasan yang tinggi pada material yang di *coating*. Pada permukaan logam dasar terbentuk lapisan difusi antara *zinc* (Zn) pelapis dengan logam dasar, menciptakan ikatan metalurgi yang kuat dan berlapis yang disebut fasa. Setiap lapisan yang terbentuk memiliki sifat yang berbeda, tergantung pada komposisi kimia dan tingkat kekerasannya [9].



Gambar 2. Proses *hot dip galvanizing*

2.5. Spesimen

Gray cast iron dipilih sebagai spesimen yang akan digalvanisasi. *Gray cast iron* dipilih karena diharapkan setelah melalui proses galvanisasi akan meningkatkan kekuatan spesimen pengujian tersebut.



Gambar 3. Spesimen *gray cast iron*

2.6. Pengujian Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah ketidakaturan dan penyimpangan pada karakteristik permukaan yang tampak sebagai gurat-gurat pada profil permukaan. Penyebabnya termasuk mekanisme parameter pemotongan, geometri dan dimensi pahat, media pendingin, cacat pada material benda kerja, dan kerusakan aliran beram. Kualitas produk sangat dipengaruhi oleh kekasaran permukaan benda kerja. Kekasaran permukaan diukur berdasarkan jarak antara puncak tertinggi dan lembah terdalam, atau dengan jarak rata-rata profil ke garis tengah [10]. Pengukuran kekasaran permukaan spesimen dilakukan dengan menggunakan alat Mitutoyo Surface Test SJ-210.

2.7. Pengujian Tampilan Visual

Pengamatan visual atau pengamatan makroskopik adalah pengamatan terhadap spesimen dari tampak visual secara mata telanjang [11]. Pengamatan secara visual menunjukkan bahwa bagian permukaan yang telah melalui proses *hot dip galvanizing* akan menghasilkan lapisan yang mengkilap dan merata. Namun selain faktor kehalusan permukaan, faktor bentuk akan mempengaruhi daya lekat unsur pelapis pada tiap spesimen [12].

2.8. Pengujian Tebal Lapisan

Ketebalan *coating* adalah jarak antara permukaan *interface* logam dasar dengan pelapis dan lapisan terluar permukaan *coating*. Akan tetapi pada keperluan industri, hal ini perlu diperkirakan dan dihitung secara matang, karena berpengaruh ke biaya produksi [11]. Proses pengujian tebal lapisan *zinc* (Zn) pada spesimen hasil *hot dip galvanizing* ini menggunakan alat *Coating Thickness Gauge* UNI-T UT343D.

2.9. Pengujian Mikrografi

Pengujian mikrografi bertujuan untuk mendapatkan gambar yang menunjukkan struktur mikro suatu bahan. Melalui proses ini, kita dapat memahami struktur bahan dengan memperjelas batas-batas butirnya, sehingga dapat langsung dilihat dan difoto menggunakan mikroskop. Pengujian mikrografi bertujuan untuk mengamati perubahan struktur pada bahan [13]. Pengujian ini menggunakan mikroskop digital Olympus BX53M.

2.10. Pengujian Laju Korosi

Salt spray test atau metode uji pengkabutan garam adalah metode uji korosi yang banyak digunakan untuk mengevaluasi ketahanan korosi dari bahan logam atau lapisan *coating* dengan semprotan pengkabutan garam dari larutan NaCl. Uji ini dirancang khusus untuk mensimulasikan kondisi lingkungan yang keras yang mungkin dihadapi oleh bahan, seperti udara yang kaya garam berdasarkan standar ASTM B117-19 [14]. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat *Salt Spray Test* dengan metode menghitung *weight loss* yang terjadi pada spesimen. Laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [15].

$$CR = \frac{K \cdot W}{\rho \cdot A \cdot t} \quad (1)$$

Dimana:

- W = Berat yang hilang (mg)
- ρ = Berat jenis logam (gram/cm³)
- A = Luas permukaan kontak (in)
- T = Waktu paparan (jam)
- K = Konstanta laju korosi (mpy = 534)

Dalam pengujian korosi pastinya terdapat klasifikasi atau nilai yang menjadi acuan dalam menentukan apakah spesimen tersebut baik atau buruk terhadap resistensinya pada proses korosi. Umumnya laju korosi memiliki nilai diantara 1 mpy hingga 200 mpy bahkan bisa lebih. Berikut ini tabel 2. merupakan kasifikasi dari nilai ketahanan korosi atau *corrosion resistance* dari suatu material dengan masing-masing tingkatannya.

Tabel 1. Kriteria Ketahanan Laju Korosi

Relatif Corrosion Resistance	Approximate metric equivalent				
	mpy	<u>mm</u> py	$\frac{\mu m}{yr}$	$\frac{mm}{hr}$	$\frac{pm}{sec}$
Outstanding	<1	<0,02	<25	<2	<1
Excellent	1 - 5	0,002 – 0,1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
Good	5 - 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	5 – 20
Fair	20 - 50	0,5 - 1	500 – 1000	50 – 150	20 – 50
Poor	50 - 200	1 - 5	1000 - 5000	150 - 500	50 - 200

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pembuatan spesimen

Spesimen yang digunakan yaitu besi cor jenis *gray cast iron*. Awalnya spesimen berukuran 150 mm x 25 mm x 5 mm ini akan dipotong menjadi 3 bagian sekitar 50 mm x 25 mm x 5 mm dengan menggunakan gerinda. Setelah itu spesimen akan dibuat lubang pada sekitar 5 mm dari ujung atas spesimen untuk pengait. Selanjutnya *spesimen gray cast iron* akan dilakukan proses pengamplasan sesuai dengan variabel penelitian yang telah ditentukan. Variasi pengamplasan yang digunakan adalah berupa grid 100, 400, 800, dan 2000.



Gambar 4. spesimen yang telah dipotong, diberi lubang, dan diampelas

3.2 Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian ini dilakukan pada permukaan spesimen sebanyak 3 kali untuk memperoleh nilai rata-ratanya. Hasil pengujian kekasaran permukaan spesimen dapat dilihat pada tabel 3. berikut.



Gambar 5. Pengujian kekasaran permukaan spesimen

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan spesimen

Jenis Spesimen	Nilai Kekasaran Rata-Rata (μm)	Nilai Kekasaran Per Variasi (μm)
Spesimen 1 (Amplas 100)	1,439	1,314
Spesimen 2 (Amplas 100)	0,894	
Spesimen 3 (Amplas 100)	1,609	
Spesimen 1 (Amplas 400)	0,518	0,534
Spesimen 2 (Amplas 400)	0,513	
Spesimen 3 (Amplas 400)	0,572	
Spesimen 1 (Amplas 800)	0,369	0,365
Spesimen 2 (Amplas 800)	0,349	
Spesimen 3 (Amplas 800)	0,377	
Spesimen 1 (Amplas 2000)	0,18	0,193
Spesimen 2 (Amplas 2000)	0,297	
Spesimen 3 (Amplas 2000)	0,101	

Berdasarkan data diatas hasil pengujian kekasaran permukaan spesimen, didapatkan bahwa nilai kekasaran permukaan terbesar yaitu pada variasi grid amplas 100 dengan nilai rata-rata 1,314 μm dan nilai kekasaran permukaan terkecil yaitu pada variasi grid amplas 2000 dengan nilai rata-rata 0,193 μm .

3.3 Proses Hot Dip Galvanizing

3.2.1 Tahap *pre-treatment*

Pada tahap pertama spesimen akan dicelupkan kedalam baskom yang berisi larutan *water glass* yang telah dicampur dengan air bertemperatur 90 °C selama 5 menit untuk menghilangkan kotoran seperti oli dan debu. Kemudian angkat dan bilas kedalam baskom kedua yang berisi air dengan waktu selama 10 detik.



Gambar 6. spesimen sedang direndam didalam larutan *water glass*

Pada tahap selanjutnya, spesimen dimasukkan ke dalam baskom berisi larutan HCl campuran air selama 15 menit untuk *pickling* menghilangkan korosi. Setelah itu, spesimen diangkat dan dibilas dalam baskom berisi air selama 10 detik hingga pH normal.



Gambar 7. spesimen sedang direndam didalam larutan HCl

Pada tahap terakhir, spesimen dimasukkan ke dalam baskom berisi larutan *zinc ammonium chloride* bercampur air bertemperatur 90°C selama 3 menit untuk proses *fluxing* yang berfungsi sebagai perekat antara spesimen dan *zinc* dalam proses *hot dip galvanizing*. Setelah itu, spesimen diangkat, dikeringkan hingga benar-benar kering, dan dipastikan seluruh tahapan *pre-treatment* telah dilaksanakan sesuai prosedur.



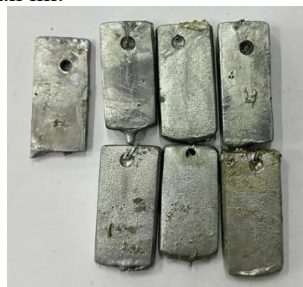
Gambar 8. spesimen sedang direndam didalam larutan *zinc ammonium chloride*.



Gambar 9. Spesimen sedang dikeringkan setelah direndam *zinc ammonium chloride*.

3.2.2 Tahap Hot Dip Galvanizing

Setelah *pre-treatment* selesai, dilanjutkan tahap *hot dip galvanizing* dengan mencelupkan spesimen ke dalam tungku berisi *zinc* cair bersuhu 450-480°C. Pastikan suhu *zinc* cair tepat dengan pengecekan berkala menggunakan *thermogun*. Bersihkan permukaan *zinc* cair dari kotoran menggunakan centong sebelum pencelupan. Celupkan spesimen selama 3 menit dengan APD lengkap, lalu angkat dan goyangkan selama 10 detik untuk menghilangkan kelebihan *zinc*. Kemudian, celupkan spesimen ke dalam air hingga suhunya normal. Angkat dan keringkan dengan lap kering. Periksa hasil *galvanizing*, jika ada cacat ulangi tahap *pickling* dan *pre-treatment* sebelum *hot dip galvanizing* ulang. Hasil *hot dip galvanizing* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 10. hasil *hot dip galvanizing*

3.4 Pengamatan Tampilan Visual

Hasil yang diperoleh dari seluruh tahapan *hot dip galvanizing* yang dilakukan secara runtut dan benar menunjukkan keberhasilan. Namun, terdapat juga beberapa kegagalan dalam proses *hot dip galvanizing*. berikut ini merupakan beberapa kegagalan hasil *coating* dalam proses *hot dip galvanizing*.



Gambar 11. Antar spesimen hasil *hot dip galvanizing* yang saling menempel



Gambar 12. Gumpalan *zinc* yang masih menempel pada hasil *hot dip galvanizing*



Gambar 13. *Ash* yang masih menempel pada hasil *hot dip galvanizing*



Gambar 14. Gelembung udara yang menempel pada hasil *hot dip galvanizing*



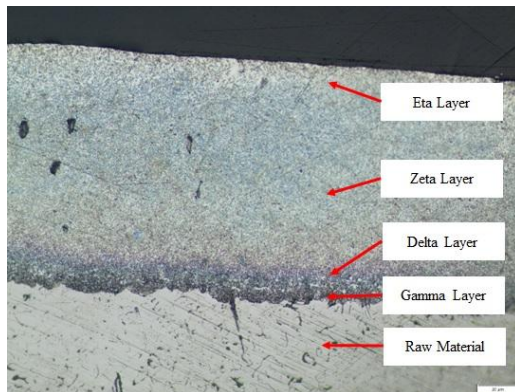
Gambar 15. lapisan *coating* yang tidak menempel pada spesimen



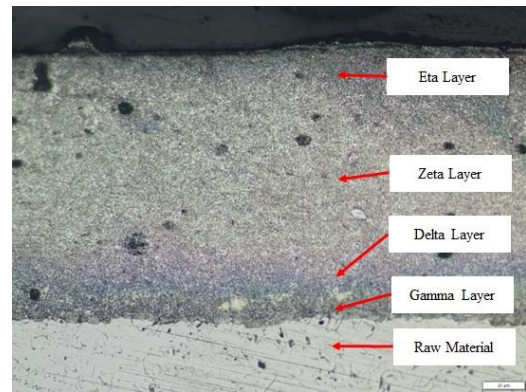
Gambar 16. Zinc yang menguning akibat *zinc ammonium chloride* yang larut di permukaan

3.5 Pengujian mikrografi

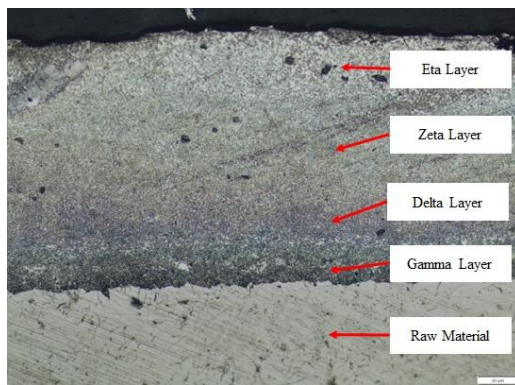
Pengujian mikrografi ini menggunakan standar ASTM E3-2011 [16], dengan perbesaran 500x pada variasi amplas grid 100, 400, 800, dan 2000. Berikut ini merupakan hasil pengujian mikrografi dapat dilihat pada gambar-gambar berikut ini.



Gambar 17. Pengujian mikrografi spesimen variasi amplas grid 100 hasil *hot dip galvanizing*



Gambar 18. Pengujian mikrografi spesimen variasi amplas grid 400 hasil *hot dip galvanizing*



Gambar 19. Pengujian mikrografi spesimen variasi amplas grid 800 hasil *hot dip galvanizing*



Gambar 20. Pengujian mikrografi spesimen variasi amplas grid 2000 hasil *hot dip galvanizing*

3.6 Pengujian Tebal Lapisan

Tebal lapisan merupakan salah satu indikator yang diamati dari hasil proses *hot dip galvanizing* ini. Pengujian ini menggunakan alat UNI-T UT343D *Coating Thickness Gauge* dengan 3 kali percobaan titik. Berikut ini merupakan hasil pengujian ketebalan lapisan.



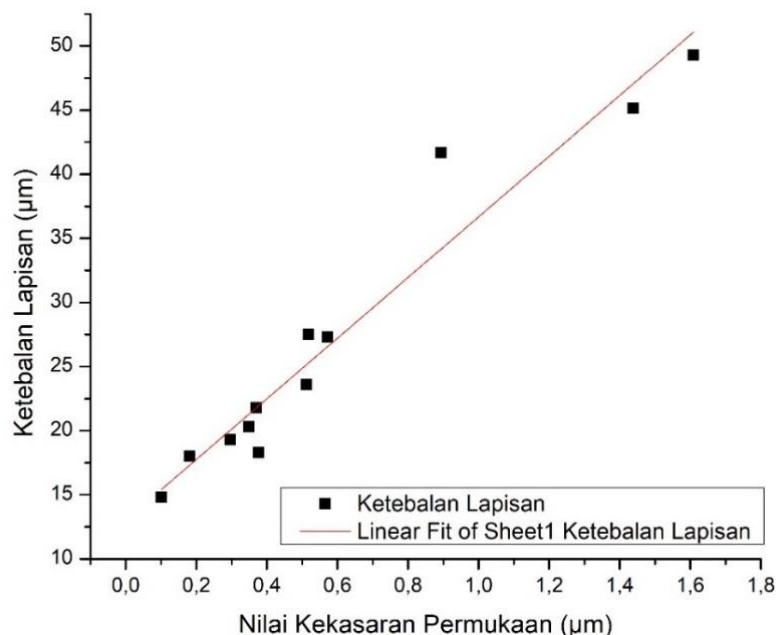
Gambar 21. Pengukuran ketebalan spesimen

Hasil dari pengujian tebal lapisan diatas dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tebal Lapisan

Keterangan	Nilai Kekasaran Rata-Rata (μm)	Tebal Lapisan (μm)			Tebal Lapisan Rata-Rata (μm)	Tebal Lapisan Rata-Rata (μm)
		Titik				
		1	2	3		
Spesimen 1 amplas 100	1,439	61,0	35,2	39,2	45,13	45,38
Spesimen 2 amplas 100	0,894	55,1	30,8	39,2	41,7	
Spesimen 3 amplas 100	1,609	52,7	46,3	48,9	49,3	
Spesimen 1 amplas 400	0,518	38,7	16,9	26,7	27,5	26,13
Spesimen 2 amplas 400	0,513	26,7	24,8	19,3	23,6	
Spesimen 3 amplas 400	0,572	27,4	27,9	26,6	27,3	
Spesimen 1 amplas 800	0,369	20,4	27,4	17,6	21,8	20,13
Spesimen 2 amplas 800	0,349	31,8	12,2	16,9	20,3	
Spesimen 3 amplas 800	0,377	20,3	19,3	17,6	18,3	
Spesimen 1 amplas 2000	0,180	21,5	17,6	14,9	18	17,37
Spesimen 2 amplas 2000	0,297	18,5	21,5	17,9	19,3	
Spesimen 3 amplas 2000	0,101	20,4	11,2	12,8	14,8	

Berikut ini merupakan grafik pengaruh variasi kekasaran permukaan terhadap ketebalan lapisan *hot dip galvanizing*.



Gambar 22. Grafik pengaruh variasi kekasaran permukaan terhadap ketebalan lapisan *hot dip galvanizing*

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai ketebalan lapisan *hot dip galvanizing* tertinggi terdapat pada lapisan spesimen variasi grid amplas 100 dengan nilai rata-rata sebesar 45,38 μm , setelah itu dilanjutkan dengan variasi amplas 400 dengan nilai ketebalan rata-rata 26,13 μm , lalu dilanjutkan dengan variasi grid amplas 800 dengan nilai ketebalan rata-rata 20,13 μm , dan yang terakhir variasi grid amplas 2000 dengan nilai ketebalan rata-rata 17,37 μm .

Berdasarkan grafik di atas, terdapat hubungan antara variasi kekasaran permukaan dengan ketebalan lapisan *hot dip galvanizing*, sebagaimana yang ditemukan dalam penelitian oleh Sanjaya [5] dimana nilai kekasaran permukaan yang semakin tinggi maka akan berbanding lurus dengan nilai ketebalan permukaan hasil pelapisan *hot dip galvanizing* yang ada pada spesimen.

3.7 Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi ini dilakukan menggunakan *Salt Spray Test Machine*. Pengujian pada spesimen hasil *hot dip galvanizing* ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan pada spesimen terhadap laju korosi yang terjadi. Pengujian ini menggunakan metode *salt spray* yang mengacu pada ASTM B117. Spesimen akan dikabutkan menggunakan larutan garam NaCl 8% selama 36 jam. Perhitungan perbedaan dari perubahan masa spesimen sebelum dan sesudah dilakukan proses *salt spray* akan dihitung dengan menggunakan metode perhitungan *weight loss*. Berikut ini merupakan spesimen hasil proses *salt spray test*.

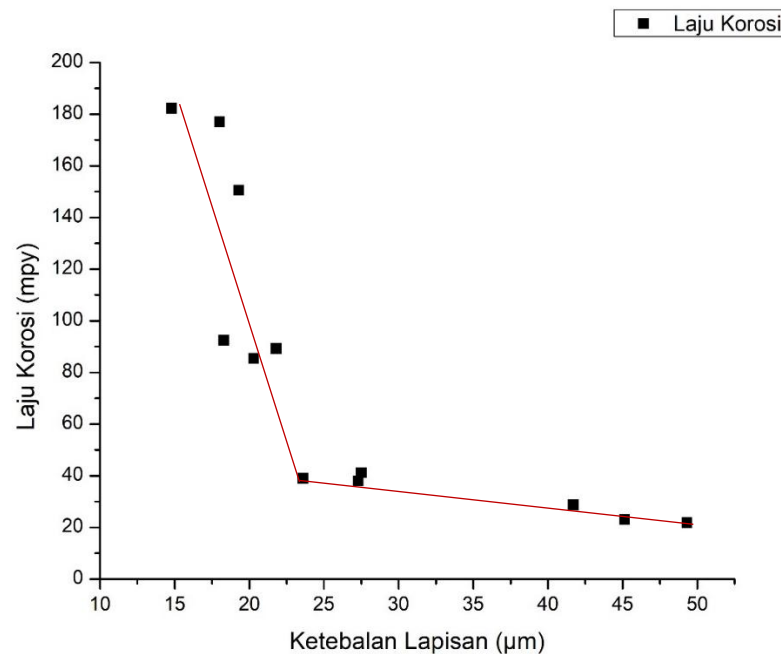


Gambar 23. Spesimen hasil *salt spray test*

Tabel 5. Hasil pengujian *weight loss* laju korosi

Variabel (Grid Amplas)	Masa Awal (gram)	Massa Akhir (gram)	Δm	Laju Korosi (mpy)	Rata-Rata (mpy)
100	54,1493	54,087	0,0623	0,292	0,3117
	57,999	57,9203	0,0787	0,365	
	66,7097	66,6517	0,058	0,278	
400	63,2286	63,1086	0,12	0,524	0,5007
	56,2842	56,1751	0,1091	0,495	
	62,6954	62,588	0,1074	0,483	
800	58,8058	58,5567	0,2491	1,134	1,1316
	58,6008	58,3531	0,2477	1,086	
	57,5571	57,2859	0,2712	1,175	
2000	72,0217	71,4627	0,559	2,251	2,1607
	57,616	57,201	0,415	1,914	
	90,4347	89,8512	0,5835	2,317	

Berikut ini merupakan grafik pengaruh ketebalan lapisan terhadap laju korosi spesimen hasil *hot dip galvanizing*.



Gambar 24. Grafik pengaruh ketebalan lapisan terhadap laju korosi spesimen hasil *hot dip galvanizing*

Berdasarkan grafik diatas, laju korosi pada spesimen berbanding lurus dengan tingkat ketebalan *coating* hasil variasi amplas grid, sebagaimana ditemukan oleh Alamudi [11]. Ketebalan lapisan *zinc* semakin tipis dengan meningkatnya grid amplas, menyebabkan laju korosi semakin besar. Spesimen amplas grid 100 memiliki rata-rata laju korosi 24,52 mpy, grid 400 sebesar 39,38 mpy, grid 800 sebesar 89,01 mpy, dan grid 2000 sebesar 169,97 mpy. Kesimpulannya, spesimen *gray cast iron* yang telah dilapisi dengan *hot dip galvanizing* masuk dalam kriteria laju korosi *fair* untuk amplas grid 100 dan 400, serta *poor* untuk amplas grid 800 dan 2000.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini, tujuan penelitian telah dicapai sehingga menghasilkan kesimpulan sebagai berikut.

- Variasi kekasaran permukaan spesimen tidak mempengaruhi tampilan akhir hasil *hot dip galvanizing*, meskipun terdapat beberapa cacat karena distribusi panas yang tidak merata. Proses finishing dengan amplas gerinda diperlukan untuk menghaluskan dan menghilangkan kelebihan *zinc*.
- Variasi kekasaran permukaan spesimen berpengaruh terhadap ketebalan lapisan *coating* hasil *hot dip galvanizing*. Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan, semakin besar ketebalan lapisan *coating* yang dihasilkan. Hal tersebut dibuktikan dengan spesimen amplas grid 100 yang memiliki kekasaran permukaan 1,314 μm dan ketebalan lapisan 45,38 μm , sementara spesimen grid amplas 2000 memiliki kekasaran permukaan 0,193 μm dan ketebalan lapisan 17,37 μm .
- Variasi kekasaran permukaan spesimen juga berpengaruh terhadap laju korosi spesimen hasil *hot dip galvanizing*. Hal tersebut dibuktikan dengan spesimen amplas grid 100 yang memiliki ketebalan lapisan 45,38 μm dan laju korosi 24,52 mpy, sementara spesimen amplas grid 2000 memiliki ketebalan lapisan 17,37 μm dan laju korosi 169,97 mpy. Spesimen dengan ketebalan lapisan yang lebih tinggi memiliki laju korosi yang lebih rendah, dengan amplas grid 100 dan 400 masuk dalam kategori *fair*, dan grid 800 serta 2000 masuk dalam kategori *poor*.

5. Daftar Pustaka

- [1] I. G. Akande, O. S. Isaac Fayomi, dan P. N. Okore, "Investigation of the microstructure, corrosion resistance and hardness of bone particle reinforced cast iron for engine blocks application in automotive and marine industries," *Hybrid Adv.*, vol. 2, no. November 2022, hal. 100022, 2023, doi: 10.1016/j.hybadv.2023.100022.
- [2] A. Milone dkk., "Influence of hot-dip galvanization on the fatigue performance of high-strength bolted connections," *Eng. Struct.*, vol. 299, no. November 2023, hal. 117136, 2023, doi: 10.1016/j.engstruct.2023.117136.
- [3] F. Berto, F. Mutignani, dan E. Guido, "Effect of hot dip galvanization on the fatigue behaviour of steel bolted connections," *Int. J. Fatigue*, vol. 93, hal. 168–172, 2016, doi: 10.1016/j.ijfatigue.2016.08.022.
- [4] V. Kuklik dan J. Kudlaček, *Hot-Dip Galvanizing of Steel Structures*. Oxford, UK: Butterworth- Heinemann, 2016. doi: 10.1016/B978-0-08-100753-2.00002-1.
- [5] M. Sanjaya, Y. Umardani, dan A. Suprihanto, "Pengaruh Kekasaran Permukaan Baja St60 Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pelapisan Hot Dip Galvanizing," *J. Tek. Mesin S-1*, vol. 11, no. 3, hal. 233–246, 2023.
- [6] D. Jian dkk., "Extraction of indium with N,N-di(1-methylheptyl)acetamide, di(1-methylheptyl)methyl phosphate, and tributylphosphate by solvent extraction in hydrochloric acid solution," *Miner. Eng.*, vol. 156, no. December 2019, hal. 106510, 2020, doi: 10.1016/j.mineng.2020.106510.
- [7] Y. Yan, J. Chen, K. Li, D. Zou, Y. Deng, dan D. Li, "A novel neutral-base coupling synergistic extraction system of Cyanex923 and primary amine N1923 for the recovery of cerium(IV) and fluorine from sulfuric acid medium," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 258, no. P2, hal. 118026, 2021, doi: 10.1016/j.seppur.2020.118026.
- [8] A. Ramadian, B. Agung, M. Sc, T. Material, dan F. T. Industri, "Pengaruh Temperatur dan Lama Celup pada Proses Hot Dip Galvanizing Elemen Pemanas Cold End Layer Air Heater PT PJB UP Gresik Unit 1," *J. Tek. POMITS*, vol. Vol. 1, no. No. 1, hal. 1–8, 2012, [Daring]. Tersedia pada: <https://adoc.pub/queue/pengaruh-temperatur-dan-lama-celup-pada-proses-hot-dip-galva.html>
- [9] F. Gapsari, H. Setyarini, dan F. A. Alamsyah, "Pengaruh Kekasaran Permukaan Terhadap Porositas Hasil Hot Dipped Galvanizing (HDG)," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 3, no. 1, hal. 283–292, 2012, [Daring]. Tersedia pada: <https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/151/147>
- [10] P. Arsana, I. . P. Nugraha, dan K. R. Dantes, "PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA HASIL PEMBUBUTAN RATA PADA BAJA ST. 37," vol. 7, no. 1, hal. 7–17, 2019.
- [11] S. Alamudi, "PENGARUH WAKTU CELUP PROSES HOT DIP GALVALUM (Al55 % -Zn-Si) TERHADAP SIFAT ADHESIVE , KETEBALAN KETAHANAN KOROSI PADA BAJA API 5L," hal. 1–87, 2016.
- [12] F. R. Sakti dan U. Rumendi, "Analisis Ketebalan, Ketahanan Korosi, dan Daya Lekat Lapisan Hasil Proses Hardchrome Plating Pada Baja Karbon Rendah Sebelum dan Sesudah Case Hardening," *Sieman*, vol. ISBN 978-9, hal. 31–37, 2016.
- [13] A. Murtono, "PENGARUH QUENCHING DAN TEMPERING TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK SERTA STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG UNTUK MATA PISAU PEMANEN SAWIT," *Dep. Tek. Mesin, Univ. Sumatera Utara, Medan.*, vol. 66, hal. 37–39, 2012.
- [14] ASTM B117-19, "Standard Practice for Operating Salt Spray (FOG) Apparatus," *ASTM Int.*, vol. 03, no. February, hal. 1–15, 2019, doi: 10.1520/B0117.
- [15] W. D. Callisters dan D. G. Rethwisch, "Fundamentals of Materials Science and Engineering An Integrated Approach 4th Edition," 2007.
- [16] ASTM E3-11, "Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens," *ASTM Int.*, vol. 14, no. 200, hal. 4–5, 2017, doi: 10.1520/E0003-11R17.1.