

# PENGARUH PENCELUPAN PANAS TERHADAP UMUR PATAH DAN LAJU KOROSI ASTM A36 DALAM ALUMINIUM 7xxx

Nurhabibah Paramitha Eka Utami <sup>\*(1)</sup> dan Diah Kusuma Pratiwi <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

<sup>(\*)</sup>E-mail Corresponding Author : nhparamitha@ft.unsri.ac.id

## Abstrak

Metode *hot dipping* merupakan salah satu upaya yang umum dipilih untuk melindungi material dari serangan korosi. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh variasi waktu *hot dipping* dalam Aluminium 7xxx terhadap ketahanan korosi dan umur patah dari ASTM A36 dengan melakukan pengujian korosi, pengukuran reduksi berat dan analisis uji kelelahan. Hasil uji korosi menunjukkan bahwa specimen dengan waktu *hot dipping* 2 menit memiliki nilai laju korosi yang lebih rendah dan ditandai juga dengan reduksi berat yang lebih sedikit. Pengamatan umur patah dalam 1<sup>o</sup> level tegangan menggunakan *Torsee's Torsion Repeated and Bending Fatigue Machine* menunjukkan specimen dengan waktu *hot dipping* 2 menit dalam Aluminium 7xxx memiliki nilai ketangguhan fatik yang lebih tinggi dibanding specimen dengan waktu *hot dipping* 1 menit dalam Aluminium 7xxx dan specimen non *hot dipping*.

**Kata Kunci:** ASTM A36, Aluminium 7xxx, *Hot dipping*, umur patah, Laju korosi

## Abstract

*The hot dipping method is one of the most commonly chosen measures to protect material from corrosion. The main objective of this study was to analyze the effect of hot dipping time variation in Aluminum 7xxx on corrosion resistance and fracture life of ASTM A36 by conducting corrosion testing, weight reduction measurements and fatigue test analysis. Corrosion test results show that the specimen with a hot dipping time of 2 minutes has a lower corrosion rate and less weight reduction. Observation of age fracture in 1<sup>o</sup> stress level using Torsee's Torsion Repeated and Bending Fatigue Machine shows that specimens with hot dipping time of 2 minutes in Aluminum 7xxx have a higher fatigue toughness value than specimens with hot dipping time of 1 minute in Aluminum 7xxx and non hot dipping specimens.*

**Keywords:** ASTM A36, Aluminium 7xxx, *Hot Dipping*, age fracture, corrosion rate

## 1 PENDAHULUAN

ASTM A36 merupakan baja struktural yang masuk dalam kategori bahan paling komersial di dunia menurut *American Society of Testing Materials* karena sifatnya yang cukup fleksibel untuk digunakan dalam berbagai aplikasi struktural seperti industri otomotif, penambangan minyak lepas pantai, dan lain-lain [1]. Manajemen resiko dan keselamatan sangat dipangari oleh banyak factor dalam upaya perancangan struktur. Pada konstruksi lepas pantai, Pemilihan material dan pengendalian korosi menjadi factor utama yang harus dipertimbangkan [2] mengingat material terendam rentan terhadap degradasi dan mengalami kegagalan lebih cepat dibandingkan korosi atmosferik [3,4]. Korosi pada struktur terendam memberikan dampak yang cukup besar dalam kerusakan lingkungan [5] dan dilaporkan sebagai kegagalan yang paling umum terjadi [6]. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi pada konstruksi logam seperti salinitasi, suhu, PH, kelarutan oksigen, tekanan hidrostatik, polusi dan senyawa organik.

Salah satu upaya dalam perlindungan material terendam dari serangan korosi air laut adalah dengan metode *Hot dipping*. Mekanisme perlindungannya dengan mengisolasi material dari kontak langsung dengan air laut menggunakan material lain dengan titik leleh yang lebih rendah untuk mencegah terjadinya retakan pada baja [7]. Kelemahan dari metode *Hot dipping* adalah kemungkinan terjadinya penurunan daktilitas baja yang disebabkan oleh

pengendapan baja karbon yang terjadi saat proses *age hardening* [8].

Aluminium selain diterapkan sebagai lapisan dekoratif pada permukaan logam dan non logam, dapat juga digunakan sebagai lapisan pelindung pada besi, baja dan beberapa paduan aluminium kekuatan tinggi [9]. Metode paling umum yang sering digunakan menggunakan Aluminium seperti *Aluminizing*, *Frame Spraying* dan *Hot dipping*. Karakteristik Aluminium dengan ketahanan korosi yang baik, ulet, titik leleh rendah serta fleksibel dinilai cukup sesuai digunakan sebagai bahan pelapis dalam proses *Hot Dipping*.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pelapisan Aluminium pada baja ASTM A36 dengan metode *hot dipping* terhadap umur patah dan laju korosinya. Proses *hot dipping* sendiri dilakukan selama 1 menit. Hasil dari penelitian ini memungkinkan adanya perbedaan signifikan pada penurunan berat dan perilaku kegagalan dari ASTM A36 yang terendam dalam air laut.

## 2 METODOLOGI

Material yang digunakan adalah ASTM A36 dengan logam pelapis Al 7xxx. Analisis komposisi kimia dilakukan menggunakan *Bruker handheld XRF analyser* dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Berdasarkan data yang didapat, baja yang digunakan dalam penelitian ini

merupakan baja karbon rendah dengan persentase karbon (C) sebesar 0.25%.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia utama ASTM A36

Elemen	Persentase (%)
C	0,25
Si	0,28
Mn	1,02
P	0,04
S	0,05
Cu	0,2

**Tabel 2.** Komposisi Kimia Aluminium 7xxx

Unsur (%)	Al	Zn	Ni	Mg	Fe	Si
	82,41	7,81	0,30	0,52	0,41	1,03
Unsur (%)	Pb	Bi	Cd	In	Ni	Cu
	1,6	0,32	0,31	0,13	0,30	0,48

Proses persiapan specimen dimulai dengan pemotongan specimen sesuai standar pengujian yang akan dilakukan. Specimen dilakukan penggerindaan, *degreasing* dengan proses perendaman specimen dalam larutan NaOH dengan konsentrasi 5-10% selama 10 menit. Proses *pickling* dilakukan dengan merendam specimen dengan 15% HCl selama 5 menit kemudian dibersihkan dengan air distilasi. Bagian terakhir dari persiapan specimen adalah melakukan proses fluks dengan merendam specimen dalam larutan amonium klorida yang bertujuan untuk menutupi specimen dari oksidasi oleh udara. Proses pengeringan specimen dilakukan menggunakan suhu kamar selama 5 menit.

Proses *hot dipping* dilakukan menggunakan paduan Aluminium 7xxx yang dilebur dengan temperatur 750 °C. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi *hot dipping* dalam waktu yang berbeda yaitu specimen non hot dip, hot dipping selama 1 menit, dan hot dipping selama 2 menit. Proses pendinginan dilakukan dengan proses *quenching* kedalam air temperatur ruang untuk mendapatkan laju pendinginan yang cepat.

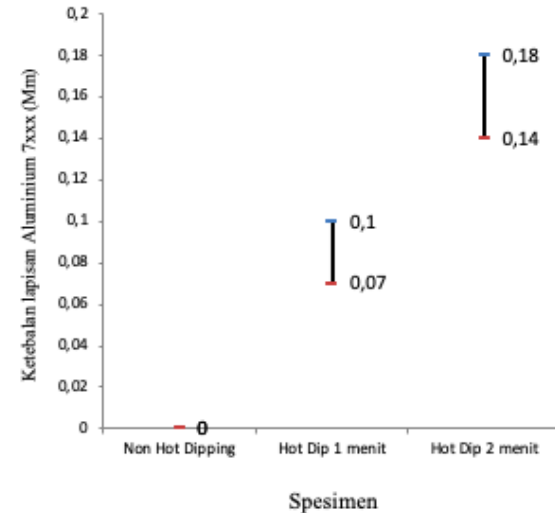
Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji ketebalan, uji korosi dan umur patah. Pengujian ketebalan dilakukan menggunakan *Ultrasonic Thickness Meter* dengan menggunakan standar ASME 5. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh lapisan Aluminium (Al 7xxx) dengan metode *hot dipping* dalam ketahanan korosi ASTM A36 dalam variasi waktu yang berbeda. Hasil penelitian ini dimungkinkan untuk menentukan perbedaan yang signifikan dalam perilaku reduksi berat dan fenomena kegagalan ASTM A36 Steel yang terendam dalam air laut. Pengujian korosi dilakukan dengan metode immersion total. Specimen dicelupkan ke dalam air laut yang digunakan sebagai media korosif. Perhitungan laju korosi menggunakan rumus 1 berikut :

$$CR(mpy) = \frac{(Kx\Delta w)}{(AxTxD)} \quad (1)$$

dimana CR = Corrosion rate; K = Faktor konstanta; W = Pengurangan berat dalam gram ; A = Luas area dalam cm<sup>2</sup>; T = Waktu paparan dalam jam; D = Densitas dalam (gram/cm<sup>3</sup>).

Uji kekelahan dilakukan untuk menentukan batas resistensi kekelahan material. Pengujian dilakukan pada ketiga variabel yaitu non-hot dip, hot-dip dalam 1 menit, dan hot-dip dalam 2 menit menggunakan 1 (satu) level pembebanan yaitu 1<sup>o</sup>. Pengujian menggunakan alat *Torse's Torsion Repeated and Bending Fatigue Machine* dengan standar pengujian JIS Z 2273.

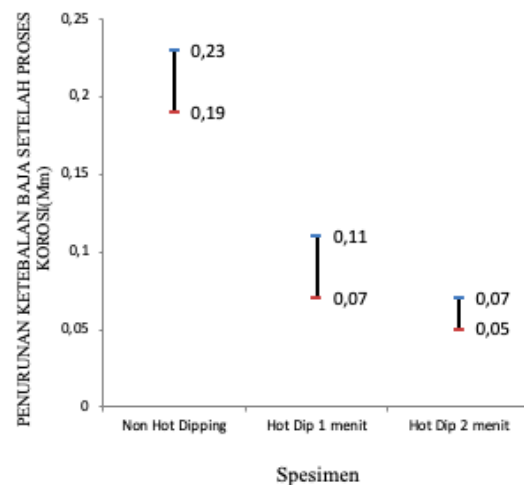
### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN



**Gambar 1** Ketebalan lapisan Aluminium 7xxx

Hasil pengukuran ketebalan ditunjukkan pada gambar 1. Berdasarkan data yang didapat, specimen dengan waktu perendaman dalam Aluminium 7xxx selama 2 menit (hot dip selama 2 menit) memiliki ketebalan tertinggi dibandingkan specimen dengan waktu perendaman dalam Aluminium 7xxx selama 1 menit (hot dip selama 1 menit). Hal ini membuktikan bahwa waktu perendaman berbanding lurus dengan ketebalan material [10,11].

Gambar 2 menunjukkan specimen dengan waktu perendaman dalam Aluminium 7xxx selama 2 menit mengalami reduksi berat paling rendah dibandingkan specimen dengan waktu perendaman dalam Aluminium 7xxx selama 1 menit (hot dip selama 1 menit) dan tanpa pelapisan sama sekali (non hot dip). Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan lapisan berpengaruh terhadap perlindungan permukaan dari korosi [12].



**Gambar 2** Penurunan ketebalan Baja setelah proses korosif

Dalam Analisa uji korosi, metode yang digunakan adalah metode *immersion total* dimana specimen direndam pada media korosif air laut selama 240 jam. Tabel 2 Menunjukkan data hasil reduksi berat dari ketiga variable yang berbeda. Spesimen non hot dipping menunjukkan fenomena reduksi berat tertinggi disbanding specimen yang dilakukan *hot dipping* selama 1 menit dan 2 menit. Hal ini terkait karena permukaan specimen non hot dipping mengalami kontak langsung antar permukaan logam dengan media korosif yang menyebabkan specimen tersebut tidak terlindungi dari serangan korosi. Fenomena ini juga membuktikan bahwa dengan adanya proses *hot dipping* maka serangan korosi pada material dapat diminimalkan.

Berdasarkan perhitungan rumus 1 diatas, Nilai laju korosi dari ketiga kondisi pengujian ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini. Nilai laju korosi yang terjadi pada specimen tanpa perlakuan (non Hot dipping) sangat signifikan dibandingkan nilai laju korosi dari specimen yang dilakukan perendaman dalam Aluminium 7xxx selama 1 menit (hot dip selama 1 menit) dan specimen yang dilakukan perendaman dalam Aluminium 7xxx selama 2 menit (hot dip selama 2 menit). Adapun nilai Laju korosi pada specimen hot dip selama 2 menit memiliki nilai laju korosi paling rendah dibanding kedua kondisi lainnya. Grafik perbedaan laju korosi dari ketiga kondisi ditunjukkan pada gambar 3 dibawah.

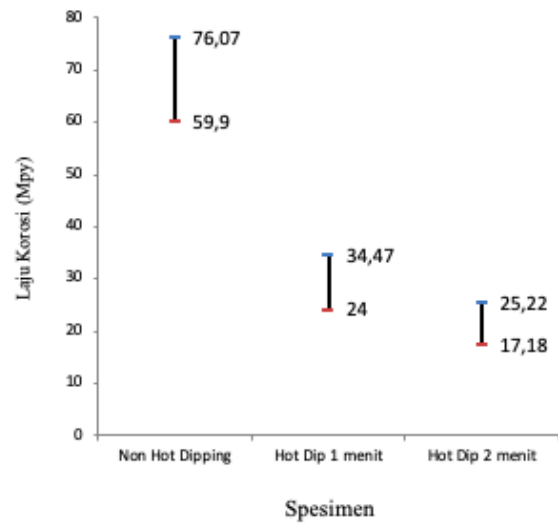
**Tabel 3.** Reduksi Berat

Condition	W <sub>0</sub> (gram)	W <sub>1</sub> (gram)	ΔW (gram)
Non Hot Dipping (1)	21,674	20,926	0,748
Non Hot Dipping (2)	21,235	20,564	0,671
Non Hot Dipping (3)	20,862	20,161	0,701
Non Hot Dipping (4)	21,647	21,058	0,589
Non Hot Dipping (5)	22,142	21,481	0,661
Hot Dip 1 menit (1)	22,238	21,992	0,246
Hot Dip 1 menit (2)	21,645	21,326	0,319
Hot Dip 1 menit (3)	21,535	21,196	0,339
Hot Dip 1 menit (4)	22,412	22,161	0,251
Hot Dip 1 menit (5)	21,563	21,327	0,236
Hot Dip 2 menit (1)	23,101	22,923	0,178
Hot Dip 2 menit (2)	21,534	21,365	0,169
Hot Dip 2 menit (3)	21,687	21,439	0,248
Hot Dip 2 menit (4)	21,839	21,644	0,195n
Hot Dip 2 menit (5)	21,345	21,133	0,212

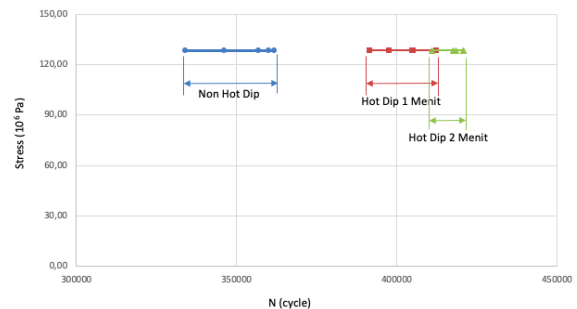
**Tabel 4.** Laju korosi

Kondisi	Laju korosi (mpy)
Non Hot Dipping (1)	76,07
Non Hot Dipping (2)	68,24
Non Hot Dipping (3)	71,29
Non Hot Dipping (4)	59,90
Non Hot Dipping (5)	67,23
Hot Dip 1 menit (1)	25,02
Hot Dip 1 menit (2)	32,44
Hot Dip 1 menit (3)	34,47
Hot Dip 1 menit (4)	25,52
Hot Dip 1 menit (5)	24,00
Hot Dip 2 menit (1)	18,10
Hot Dip 2 menit (2)	17,18
Hot Dip 2 menit (3)	25,22
Hot Dip 2 menit (4)	19,83
Hot Dip 2 menit (5)	21,50

Pengujian umur patah dilakukan dengan menggunakan mesin uji fatik *Torse's Torsion Repeated and Bending*. Pengujian dilakukan menggunakan 1 level pembebanan yaitu 1° dengan masing-masing 5x pengujian di setiap variable yang ditentukan. Kurva SN dari pengujian umur patah ditunjukkan pada gambar 4 dibawah ini.



**Gambar 3** Laju korosi



**Gambar 4** Kurva SN dengan 1 level pembebanan

Berdasarkan data diatas, didapatkan hasil bahwa ketangguhan fatigue specimen non hot dipping lebih rendah ketimbang specimen yang mengalami proses hot dipping selama 1 menit dan 2 menit. Adapun nilai umur patah dari specimen yang dilakukan perendaman dalam Aluminium 7xxx selama 1 menit (hot dip selama 1 menit) tidak terlalu signifikan bila dibandingkan dengan specimen yang dilakukan perendaman dalam Aluminium 7xxx selama 2 menit (hot dip selama 2 menit). Sangat disarankan untuk memastikan kehalusan permukaan pada specimen uji agar kegagalan prematur karena kehadiran *initial crack* tidak terjadi.

#### 4 KESIMPULAN

1. Data laju korosi tertinggi terdapat pada specimen non hot dipping yang ditandai juga dengan terjadinya reduksi berat tertinggi bila dibandingkan dengan specimen yang diberikan perlakuan *hot dipping*.
2. Spesimen yang dilakukan perendaman dalam Aluminium 7xxx selama 2 menit (hot dip selama 2 menit) memiliki nilai ketangguhan fatik tertinggi.
3. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat dilaporkan bahwa lamanya waktu *hot*

dipping ke dalam Aluminium 7xxx sangat erat kaitannya dengan ketahanan terhadap korosi dan sifat mekanik dari ASTM A36.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bajares RA, Di Mella L 2015 Study of the Corrosion Rate in the Couple of Steels ASTM A-36 and AISI/SAE 304 in a Water-coke of Petroleum System *Procedia Mater Sci* 8 702–11
- 5 [2]. Pappas JA 1994 Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and control 7 345-49
- [3]. Soares CG, Garbatov Y, Zayed A 2011 Effect of environmental factors on steel plate corrosion under marine immersion conditions *Corrosion Engineering, Science and Technology* 46(4) 525
- [4]. Prifiharni S, Nuraini L, Priyotomo G 2018 Corrosion performance of steel and galvanized steel in Karangsong and Limbangan sea water environment p 020038
- [5]. Khan F, Howard R 2007 *Insight-Non-Destruct. Test. Cond. Monit* 49 26-36
- [6]. Melchers RE, Jeffrey RJ 2013 Accelerated low water corrosion of steel piling in harbours *Corros Eng Sci and Tech* 48(7) 496
- [7]. Gipiela ML 2009 Study of the mechanical properties of the hot dip galvanized steel and galvalume *J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.* XXXI(4) 319
- [8]. Safaeirad M, Toroghinejad MR, Ashrafizadeh F 2008 Effect of microstructure and texture on formability and mechanical properties of hot-dip galvanized steel sheets *Journal of materials processing technology* 6 205–12
- [9]. Vagge ST, Raja VS, and Qanesh Naraynan R, 2007 Effect of deformation on the electrochemical behavior of hot-dip galvanized steel sheets *Applied Surface Science* 3 112-122
- [10]. Lekbir C 2017 Effect of Immersion Time and Cooling Mode on the Electrochemical Behavior of Hot-Dip Galvanized Steel in Sulfuric Acid Medium *J Mater Eng Perform* 1 22
- [11]. Hakim AA, Rajagukguk TO, Sumardi S 2017 The effect of immersion time to low carbon steel hardness and microstructure with hot dip galvanizing coating method *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 285 012019
- [12]. Ferry M, Mohd Sukarnoor NI, Wan Nik WB 2013 Study of Corrosion Performance of Zinc Coated Steel in Seawater Environment *Indonesian Journal of Naval Architecture* 1 8-11