

## Pengaruh Waktu Elektroplating Terhadap Laju Korosi Baja AISI 1020 Dalam Medium Korosif NaCl 3%

Aisyah Putri Sandi<sup>(1)\*</sup>, Ediman Ginting Suka<sup>(1)</sup>, Yayat Iman Supriyatna<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, Bandar Lampung 35145

<sup>(2)</sup>Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Lampung Selatan

\*E-mail korespondensi: aputrisandi@gmail.com

Diterima (15 Maret 2017), direvisi (23 Maret 2017)

**Abstract.** *The influence of electroplating time Zn-Mn to corrosion rate of AISI 1020 steel in corrosive medium NaCl 3% had been researching. This research used time variation 10, 20, 30, 40, and 50 seconds. Corrosion rate testing is done by soaking the steel for 168 hours in corrosive medium NaCl and calculated with the loss of steel weight. The result showed that the longer electroplating time that used, caused the increasing of mass and Zn-Mn content of steel. It can make the corrosion rate will be decreased. The lowest corrosion rate obtained at 50 seconds electroplating time and 60 mA/cm<sup>2</sup> current density is 0,059 mmpy. XRD characterization of steel without electroplating after corrosion rate testing showed the changing of phase from iron into oxide phase magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). The analyze of metallurgical microscope showed the better layer with the increasing time, whereas after corrosion rate testing the steel surface were cracks.*

**Key words:** AISI 1020 steel, Electroplating Zn-Mn, NaCl 3%.

**Abstrak.** Telah dilakukan penelitian mengenai analisis pengaruh waktu elektroplating Zn-Mn terhadap laju korosi baja AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3%. Variasi waktu elektroplating yang digunakan adalah 10, 20, 30, 40, dan 50 detik. Laju korosi dilakukan dengan perendaman baja selama 168 jam dalam medium korosif NaCl dan dihitung dengan metode kehilangan berat. Hasil penelitian menunjukkan semakin lama waktu elektroplating yang digunakan maka akan semakin meningkat massa baja serta kadar Zn dan Mn yang mengakibatkan laju korosi yang semakin menurun. Laju korosi terendah diperoleh pada waktu 50 detik dengan rapat arus 60 mA/cm<sup>2</sup> yaitu sebesar 0,059 mmpy. Karakterisasi XRD baja tanpa elektroplating setelah uji korosi terjadi perubahan fasa dari besi membentuk fasa oksida yaitu fasa magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). Hasil analisis mikroskop metalurgi menunjukkan lapisan pada sampel yang lebih merata seiring meningkatnya waktu yang digunakan pada elektroplating, sedangkan setelah uji korosi permukaan baja tampak rusak.

**Kata kunci.** Baja AISI 1020, Elektroplating Zn-Mn, NaCl 3%.

---

### PENDAHULUAN

Logam merupakan salah satu material yang dekat dengan kehidupan manusia, salah satu logam yang sering digunakan manusia berupa baja karbon rendah, baja karbon rendah adalah suatu bahan yang memiliki unsur utama berupa besi dan karbon, serta unsur pendukung berupa Si, P, S dan Mn. Baja karbon rendah banyak digunakan untuk bahan roda gigi, mur, baut, rangka kendaraan dan juga pada perkapalan [1]. Parameter mutu baja yang diinginkan manusia tidak hanya diukur dari tingkat kekerasan dan kekuatan saja, namun dibutuhkan pula baja yang tahan lama [2].

Baja banyak digunakan dalam beberapa sektor seperti industri logam, industri perhubungan, industri pertambangan, industri perkapalan dan lain sebagainya. Penggunaan baja yang berhubungan langsung dengan lingkungan sekitar mengakibatkan mutu baja banyak yang mengalami penurunan dan kerusakan material atau dikenal dengan korosi, terutama penggunaan baja pada perkapalan. Korosi merupakan reaksi kimia atau elektrokimia pada suatu logam dengan lingkungannya yang bersifat korosif. Seiring berkembangnya teknologi di dunia ini, berkembang pula cara pencegahan korosi seperti *heat treatment* terhadap

permukaan, penambahan larutan yang berfungsi sebagai inhibitor untuk menghambat laju korosi serta proses pelapisan (*coating*). Salah satu proses pelapisan (*coating*) adalah elektroplating.

Elektroplating merupakan proses pelapisan dengan bantuan arus listrik searah (DC) dan senyawa kimia tertentu yang berfungsi memindahkan partikel logam pelapis ke material yang hendak dilapis. Pada dasarnya prinsip kerja dari metode pelapisan ini dengan mengalirkan arus DC melalui sebuah penghantar yang dihubungkan dengan anoda dan katoda, keduanya dibenamkan ke dalam suatu larutan elektrolit. Pada prosesnya, ion dari anoda akan terlepas dan melapisi katoda, sehingga lapisan luar katoda akan terlapisi dengan ion-ion anodanya [2]. Metode elektroplating ini memiliki banyak keunggulan, selain dapat melindungi permukaan baja dari serangan korosi, metode ini juga dapat menambah keindahan tampak luar suatu baja, disamping itu metode ini juga sederhana dan murah [3].

Telah banyak dikembangkan penelitian mengenai elektroplating. Gong *et al* [4] melakukan penelitian mengenai elektroplating Mn pada *stainless steel* 304 dengan variasi rapat arus. Boshkov [5] melakukan penelitian pelapisan Zn-Mn pada baja karbon rendah dengan variasi kadar pelapisan. Kemudian Gong *et al* [6] mengembangkan penelitiannya pada tahun 2005 dengan pelapisan Cu-Mn pada *stainless steel* 304 dengan variasi rapat arus. Diaz *et al* [7] melakukan penelitian mengenai pelapisan Zn-Mn pada baja AISI 1018, dan pada tahun 2014, Ganesan *et al* melakukan pelapisan Zn-Mn pada baja karbon rendah dengan variasi rapat arus.

Pada penelitian ini menggunakan baja AISI 1020 dengan variasi waktu elektroplating 10, 20, 30, 40, dan 50 detik pada rapat arus 60 mA/cm<sup>2</sup>. Baja kemudian yang direndam dalam medium korosif NaCl 3% dengan waktu 168 jam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh

waktu elektroplating terhadap laju korosi baja AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3%. Baja hasil elektroplating dan uji korosi dikarakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui perubahan fasa baja, XRF (*X-Ray Fluorescence portable*) untuk mengetahui perubahan kadar unsur kimia penyusun baja, dan *Metallurgical Microscope* untuk mengetahui struktur mikro baja. Untuk menentukan laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan berat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan preparasi baja dengan amplas dan dibersihkan dengan aquades. Kemudian baja ditimbang menggunakan neraca digital untuk mengetahui massa baja sebelum elektroplating dan diuji menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui kadar awal unsur penyusun baja, mikroskop metalurgi untuk mengetahui keadaan permukaan baja, serta XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui fasa awal yang terbentuk pada baja. Selanjutnya, menyiapkan larutan elektrolit dengan melarutkan ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O dan MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O dengan konsentrasi masing-masing sebesar 0,07 M dan 1,18 M menggunakan aquabides, lalu mencampurkan kedua larutan tersebut ke dalam bak *plating*.

Setelah preparasi baja dan larutan elektrolit selesai, selanjutnya melakukan proses elektroplating dengan variasi waktu 10, 20, 30, 40, dan 50 detik pada rapat arus 60 mA/cm<sup>2</sup>. Baja hasil elektroplating kemudian ditimbang, diuji menggunakan XRF, mikroskop metalurgi dan XRD sama seperti baja sebelum elektroplating.

Selanjutnya, baja hasil elektroplating direndam dalam medium korosif NaCl 3% selama 168 jam untuk mengetahui laju korosi baja tersebut. Baja kemudian ditimbang, diuji menggunakan XRF, mikroskop metalurgi, dan XRD. Laju korosi pada baja ini didapatkan dengan

metode kehilangan berat, dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$CR = \frac{KW}{AT\rho} \tag{1}$$

keterangan:  $CR$  = Laju korosi (mm/y),  $K$  = Konstanta laju korosi ( $8,76 \times 10^4$ ),  $W$  = Selisih massa (g),  $A$  = Luas permukaan ( $cm^2$ ),  $T$  = Waktu perendaman (jam),  $\rho$  = Massa jenis ( $g/cm^3$ ).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data Perubahan Massa Baja

Baja yang telah melalui proses elektroplating, akan mengalami perubahan massa. Perubahan massa baja setelah elektroplating dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Gambar 1**.

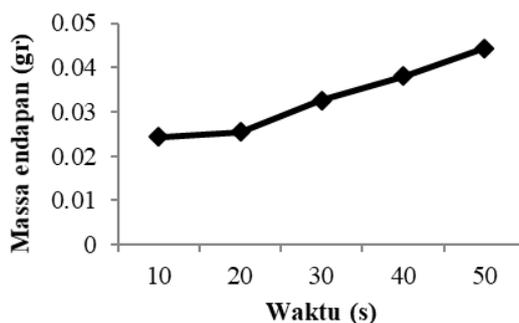
Berdasarkan **Gambar 1** dapat dilihat bahwa seiring meningkatnya waktu elektroplating maka massa endapan baja semakin meningkat. Hal ini menunjukkan hubungan yang berbanding lurus antara waktu elektroplating dan massa endapan pada baja. Logam yang mengendap pada katoda bertambah seiring dengan

bertambahnya waktu elektroplating, akibatnya massa endapan pada permukaan baja meningkat. Hal serupa dilakukan oleh Yerikho dkk dengan pelapisan seng pada baja karbon rendah yang menunjukkan semakin tebalnya lapisan elektroplating seiring lamanya waktu elektroplating, yang menyebabkan peningkatan massa elektroplating.

#### Data Hasil Uji XRF Portable

Baja hasil elektroplating, selain diamati perubahan massanya, diamati pula perubahan kadar unsur penyusun baja menggunakan XRF Portable. Perubahan kadar unsur penyusun baja dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2** menunjukkan bahwa kadar Mn meningkat pada baja hasil elektroplating, selain itu muncul unsur baru yaitu Zn, hal ini disebabkan oleh larutan elektrolit yang mengandung Zn yaitu  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ . Berdasarkan **Tabel 2**, maka diperoleh hubungan antara waktu dan perubahan kadar unsur penyusun baja yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 1.** Hubungan waktu elektroplating dengan massa endapan

**Tabel 1.** Perubahan massa baja hasil elektroplating dengan variasi waktu.

Waktu (s)	Rapat Arus ( $mA/cm^2$ )	Massa awal (gr)	Massa akhir (gr)	Massa Endapan (gr)
10	60	87,2019	87,2262	0,0243
20	60	75,8554	75,8808	0,0254
30	60	83,1421	83,1747	0,0326
40	60	84,9361	84,9742	0,0381
50	60	88,0482	88,0926	0,0444

Berdasarkan **Gambar 2**, diperoleh hubungan yang berbanding lurus antara waktu elektroplating dan kadar Zn dan Mn. Hal ini dikarenakan seiring meningkatnya waktu elektroplating, kadar Zn dan Mn semakin meningkat. Peningkatan kadar tertinggi terdapat pada waktu 50 detik, yaitu dengan peningkatan kadar Mn 2,19 %wt, dan kadar Zn sebesar 2,41 %wt. Seperti halnya yang dilakukan oleh Bučko *et al* [9] penelitiannya menunjukkan bahwa semakin besar rapat arus yang digunakan, maka kadar Zn dan Mn akan semakin meningkat.

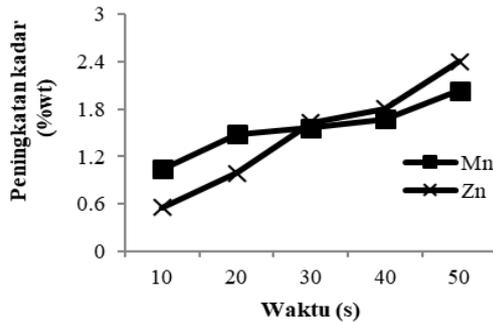
Perbandingan konsentrasi Zn dan Mn pada suatu pelapisan merupakan hal yang penting untuk diperhatikan. Sifat mangan yang sulit mengendap pada sebuah

pelapisan baja dikarenakan potensial yang lebih negatif pada mangan sesuai dengan deret volta, maka perbandingan Mn harus lebih besar dari Zn.

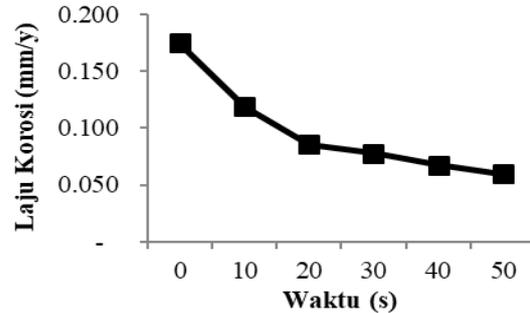
### Data Hasil Uji Korosi

Baja hasil perendaman pada medium korosif NaCl 3% selama 168 jam, dihitung laju korosinya menggunakan metode kehilangan berat. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Hasil perhitungan pada **Tabel 3** kemudian diplot pada suatu grafik untuk mengetahui lebih jelas pengaruh waktu elektroplating terhadap laju korosinya, yang terdapat pada **Gambar 3**.



**Gambar 2.** Pengaruh waktu elektroplating terhadap kadar Zn dan Mn.



**Gambar 3.** Pengaruh waktu elektroplating terhadap laju korosi.

**Tabel 2.** Hasil uji XRF portable baja AISI 1020 sebelum dan setelah elektroplating dengan variasi waktu.

Waktu (s)	Rapat Arus (mA/cm <sup>2</sup> )	Sebelum elektroplating (% wt)			Setelah elektroplating (% wt)				
		Fe	Mn	Si	Fe	S	Mn	Si	Zn
10	60	99,72	0,16	0,13	90,09	8,09	1,20	0,06	0,55
20	60	99,52	0,15	0,33	89,32	7,78	1,63	0,29	0,99
30	60	99,65	0,15	0,19	88,75	7,75	1,72	0,16	1,63
40	60	99,63	0,14	0,23	90,23	5,83	1,82	0,31	1,81
50	60	99,54	0,16	0,30	88,55	6,42	2,19	0,43	2,41

**Tabel 3.** Data hasil uji laju korosi dengan variasi waktu elektroplating

Waktu elektroplating (s)	Rapat Arus (mA/cm <sup>2</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	massa awal (gr)	massa akhir (gr)	Laju korosi (mmpy)
0	60	27,92	93,0225	92,9490	0,17436
10	60	28,04	80,1687	80,1187	0,11861
20	60	27,74	75,8808	75,8447	0,08563
30	60	27,68	83,1747	83,1419	0,07781
40	60	27,74	84,9742	84,9457	0,06761
50	60	27,28	88,0926	88,0675	0,05954

Dari **Gambar 3**, dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya waktu elektroplating, maka laju korosi akan semakin rendah. Jika dibandingkan dengan baja tanpa elektroplating atau waktu 0 detik, laju korosi baja hasil elektroplating semakin kecil, hal ini dikarenakan oleh endapan ion Zn dan Mn dengan potensial reduksi yang lebih negatif dari besi yang mengorbankan dirinya atau terkikis terlebih dahulu ketika bereaksi dengan medium korosif, sehingga baja akan terlindungi dari peristiwa korosi. Semakin lama waktu elektroplating, lapisan akan semakin tebal sehingga laju korosi akan semakin kecil.

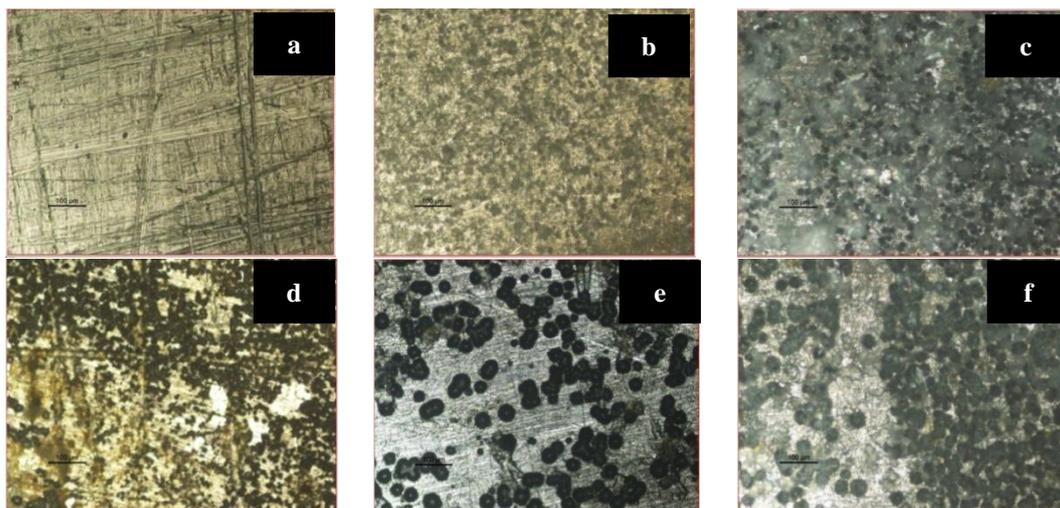
#### Hasil Analisis Mikroskop Metalurgi

**Gambar 4** menunjukkan hasil analisis mikroskop metalurgi baja setelah elektroplating, sedangkan **Gambar 5** menunjukkan hasil analisis mikroskop metalurgi baja setelah uji korosi. Pada **Gambar 4** terlihat butiran-butiran hitam yang mengindikasikan lapisan Zn dan Mn yang semakin menebal dan merata, sedangkan pada **Gambar 5** terlihat kerusakan pada baja dan pengikisan lapisan

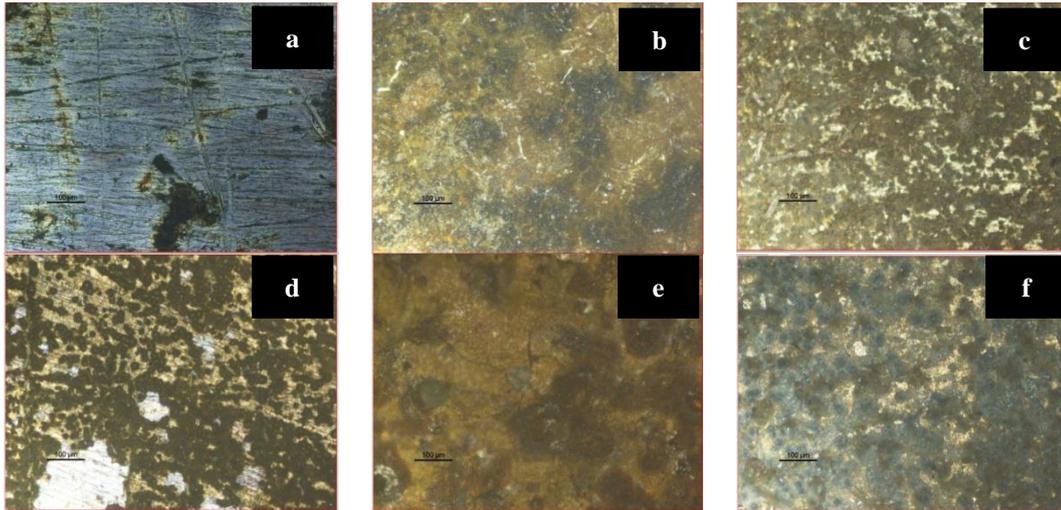
karena telah mengalami interaksi dengan medium korosif.

#### Hasil Karakterisasi XRD (X-Ray Diffraction)

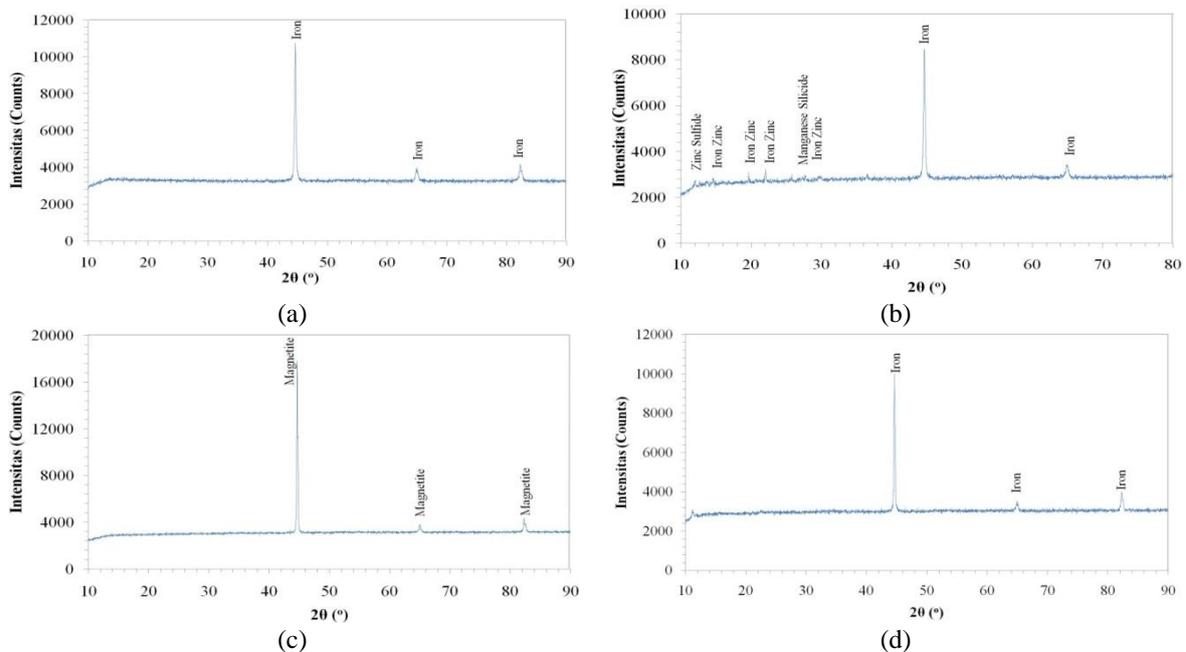
**Gambar 6(a)** menunjukkan difraktogram XRD baja sebelum dilakukan pelapisan, fasa yang terbentuk pada baja ini ditunjukkan dengan tiga puncak tertinggi yaitu besi murni pada  $2\theta$   $44,6374^\circ$ ,  $64,9184^\circ$ , dan  $82,2414^\circ$ . **Gambar 6(b)** menunjukkan difraktogram XRD baja setelah elektroplating dengan waktu 10 detik, hasil analisa XRD pada baja ini menunjukkan fasa-fasa yang terbentuk adalah *iron*, *zinc sulfide*, *iron zinc*, dan *manganese silicide*. Kemudian baja tanpa elektroplating setelah uji korosi mengalami perubahan fasa dari besi murni menjadi *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang ditunjukkan dengan **Gambar 6(c)**. Sedangkan pada **Gambar 6(d)** menunjukkan difraktogram XRD baja hasil elektroplating setelah uji korosi yang menunjukkan masih tersisa fasa besi, hilangnya fasa-fasa lain pada baja ini dikarenakan terjadinya korosi.



**Gambar 4.** Analisis mikroskop metalurgi baja AISI 1020 hasil elektroplating padarapat arus  $60\text{mA/cm}^2$  waktu (a) 0; (b) 10; (c) 20; (d) 30; (e) 40 detik; dan (f) 50 detik dengan perbesaran 100x



**Gambar 5.** Hasil mikroskop metalurgi baja setelah uji korosi pada rapat arus  $60 \text{ mA/cm}^2$  dan waktu elektroplating (a) 0; (b) 10; (c) 20; (d) 30; (e) 40 dan (f) 50 detik dengan perbesaran 100x



**Gambar 6.** Difraktogram XRD baja (a) tanpa elektroplating; (b) setelah elektroplating  $t = 10$  detik  $j = 60 \text{ mA/cm}^2$ ; (c) tanpa elektroplating setelah uji korosi; (d) elektroplating  $t = 10$  detik  $j = 60 \text{ mA/cm}^2$  setelah uji korosi

### KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah semakin lama waktu elektroplating maka akan semakin banyak endapan pada baja yang mengakibatkan massa baja dan kadar unsur penyusun baja juga semakin meningkat. Hal ini dapat menyebabkan laju korosi yang semakin menurun. Berdasarkan analisis mikroskop

metalurgi, semakin lama waktu elektroplating maka lapisan terlihat lebih tebal dan merata. Sedangkan berdasarkan hasil analisis XRD menunjukkan fasa yang terbentuk sebelum elektroplating menunjukkan fasa besi murni yang berubah fasa menjadi *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) setelah diuji korosi, sedangkan baja yang telah mengalami proses elektroplating hanya menyisakan fasa besi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Supriadi, "Studi Eksperimental Tentang Pengaruh Variasi Rapat Arus pada Hard Chrome Electroplating Terhadap Karakterisasi Permukaan Baja Karbon Rendah," *J. Mech.*, vol. Vol.1, p. Hal. 1-6, 2010.
- [2] Irwanto, "Pengaruh Jarak Anoda-Katoda dan Pemerata Arus terhadap Ketebalan Lapisan dan Efisiensi Katoda pada Elektroplating Tembaga Asam untuk Baja Karbon Sedang," *Skripsi*, vol. Universita, p. Bandar Lampung, 2010.
- [3] M. E. El-Giar, R. A. Said, G. E. Bridges, and D. J. Thomson, "Localized Electrochemical Deposition of Copper Microstructures," *J. Electrochem. Soc.*, vol. Vol 147, no. No 2, p. Pp 586-591, 2000.
- [4] J. Gong and G. Zangari, "Electrodeposition and Characterization of Manganese Coatings," *J. Electrochem. Soc.*, vol. Vol 149, p. Pp 209-217, 2002.
- [5] N. Boshkov, "Galvanic Zn-Mn alloys - Electrodeposition, Phase Composition, Corrosion Behaviour and Protective Ability," *J. Surf. Coatings Technol.*, vol. Vol 172, no. No 2-3, p. Pp 217-226, 2003.
- [6] J. I. E. Gong, G. Wei, J. A. Barnard, and G. Zangari, "Electrodeposition and Characterization of Sacrificial Copper-Manganese Alloy Coatings," *J. Metall. Mater. Trans.*, vol. Vol 36, p. Pp 2705-2715, 2005.
- [7] P. A. Diaz, Z. I. Ortiz, H. Ruiz, R. Ortega, Y. Meas, and G. Trejo, "Electrodeposition and Characterization of Zn - Mn Alloy Coatings Obtained from a Chloride-Based Acidic Bath Containing Ammonium Thiocyanate as an Additive," *J. Surf. Coatings Technol.*, vol. Vol 203, p. Pp 1167-1175, 2009.
- [8] S. Ganesan, G. Prabhu, and B. N. Popov, "Electrodeposition and Characterization of Zn - Mn Coatings for Corrosion Protection," *J. Surf. Coatings Technol.*, vol. Vol 238, p. Pp 143-151, 2014.
- [9] M. Bučko, J. Rogan, S. I. Stevanović, A. Perić-Grujić, and J. B. Bajat, "Initial Corrosion Protection of Zn-Mn Alloys Electrodeposited From Alkaline Solution," *Corros. Sci.*, vol. Vol 53, no. No 9, p. Pp 2861-2871, 2011.

