

# PENGARUH RAPAT ARUS DAN WAKTU PADA *PULSE ELECTRODEPOSITION OF NICKEL* TERHADAP MIKROSTRUKTUR LAPISAN DEPOSIT DAN LAJU KOROSI AISI 410

Rivaldo Ramadhana Saputra.<sup>1,a</sup>, Soesaptri Oediyani, Ir., ME.<sup>2</sup>, Dr. Efendi Mabururi<sup>3</sup>

<sup>[1]</sup> Mahasiswa Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

<sup>[2]</sup> Dosen Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

<sup>[3]</sup> Peneliti Unit Metalurgi dan Material LIPI Serpong

<sup>a</sup>Email: [rivaldo.ramadhana@gmail.com](mailto:rivaldo.ramadhana@gmail.com)

## Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan pelapisan *nickel* dengan metode *pulse electrodepotion* pada AISI 410 untuk menurunkan laju korosinya karena AISI 410 pada aplikasi industri, yaitu *turbin blade* sering mengalami masalah korosi. Proses pelapisan dilakukan menggunakan larutan *nickel sulphate* 250 g/l, *boric acid* 50 g/l dan *nickel chloride* 45 g/l pada temperatur 50 – 60°C dengan variasi rapat arus 10, 15, 20 dan 25 A/dm<sup>2</sup> dan lamanya proses pelapisan 10, 15 dan 20 menit. *Duty cycle* yang digunakan adalah 80% dan frekuensi *pulse* 100 Hz. Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan SEM untuk melihat ukuran butir dan ketebalan lapisan *nickel* yang terbentuk. Pengujian laju korosi dilakukan menggunakan alat CMS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar rapat arus dan semakin lama proses pelapisan maka laju korosi semakin kecil. Laju korosi paling kecil adalah 0,00027 mmpy pada rapat arus 25 A/dm<sup>2</sup> dan waktu pelapisan 20 menit.

Kata kunci : *Pulse Electrodeposition*, AISI 410, *Turbin Blade*, Struktur Mikro, Korosi

## 1. PENDAHULUAN

Penerapan teknologi pelapisan material saat ini semakin bervariasi. Hal ini disebabkan oleh tuntutan untuk memenuhi kebutuhan manusia yang beraneka ragam, sehingga manusia dituntut untuk semakin kreatif dan produktif dalam mengembangkan teknologi pelapisan material. Tujuan utama rekayasa material adalah untuk meningkatkan sifat fisik dan sifat mekanik material.

Penggunaan material pada dunia industri perlu mempertimbangkan beberapa faktor yang berhubungan dengan penggunaannya yaitu sifat mekanik material, ketahanan korosi serta biaya. Baja *stainless steel* adalah baja paduan dengan kadarpaduan tinggi (*high alloy steel*), terdapat paduan kromium pada sistem paduan besi dan karbon. Paduan baja jenis ini memiliki sifat ketahanan terhadap korosi yang baik.

Baja AISI 410 merupakan material baja *stainless steel* jenis martensitik yang banyak digunakan dalam bidang industri dan kesehatan. Aplikasi material AISI 410 dalam bidang industri digunakan antara lain sebagai *valve*, pompa dan turbin. Sedangkan dalam bidang kesehatan digunakan sebagai peralatan bedah yaitu, pisau dan gunting bedah. AISI 410 mempunyai sifat mekanik dan ketahanan korosi yang baik [1]. Nilai laju korosi AISI 410 adalah 3,58 mm/tahun [2]. Namun pada aplikasi di bidang perindustrian khususnya turbin, sering terjadi *pitting corrosion* pada material AISI 410.

Upaya penurunan laju korosi material AISI 410 dengan cara rekayasa permukaan dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya adalah implantasi ion TiN, *electroless Ni*, *electroplating Ni* dan *pulse electrodeposition Ni*. Metode implantasi ion TiN membutuhkan tahap *pre-treatment* yang rumit yaitu *ultrasonic cleaner* dan membutuhkan waktu yang cukup lama, yaitu 1 sampai 5 jam [2]. Metode *electroless* merupakan pelapisan tanpa menggunakan arus listrik, dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai ketebalan yang sama dengan metode pelapisan menggunakan arus listrik. Metode *electroplating Ni* menggunakan arus searah memiliki tahapan yang sama dengan *pulse electrodeposition*, namun hasil penurunan laju korosinya tidak lebih baik dibanding metode *pulse electrodeposition*.

*Pulse electrodeposition of nickel* adalah metode pelapisan deposit *nickel* dengan menggunakan prinsip elektrokimia. Anoda yang biasa digunakan adalah *pure nickel* dan katodanya adalah material yang akan dilapis. Katoda sebagai material yang akan dilapis harus konduktor. Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan *watts* dengan komposisi 250 – 300 g/L *nickel sulphate*, 40 – 55 g/L *nickel chloride* dan 30- 45 g/L *boric acid* [3].

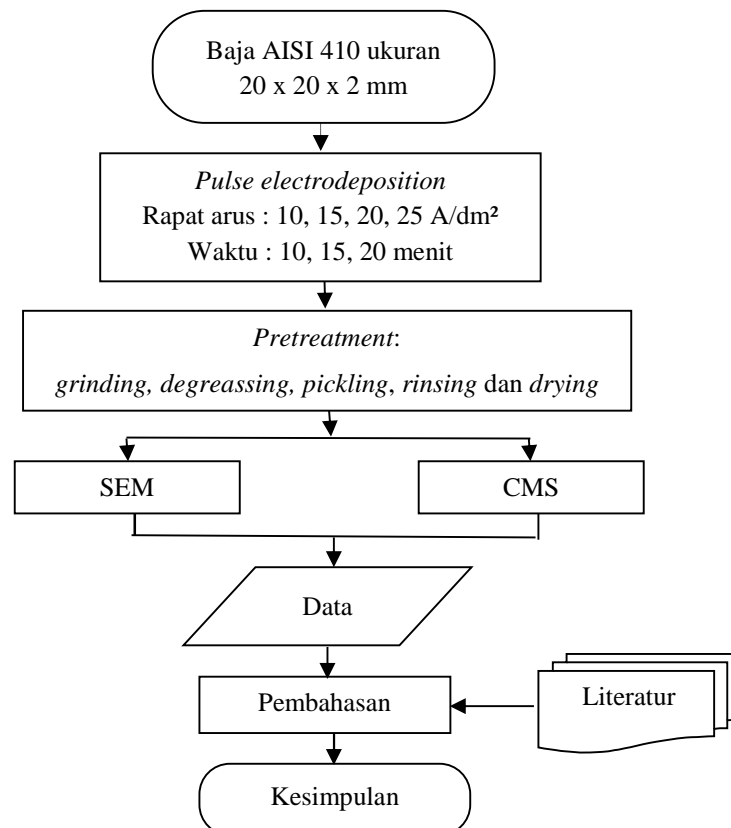
*Nickel* mempunyai ketahanan korosi yang baik. Pelapisan *nickel* bertujuan untuk menurunkan nilai laju korosi. Selain itu lapisan deposit *nickel* juga bisa meningkatkan nilai kekerasan dan memperindah material yang dilapis. Hasil lapisan *nickel* halus dan mengkilat sehingga meningkatkan nilai dekoratif [3,4].

Hasil lapisan *pulse electrodeposition* dipengaruhi oleh banyak variabel antara lain adalah rapat arus, waktu, konsentrasi larutan elektrolit, *pH* larutan elektrolit, temperatur, frekuensi *pulse* dan *duty cycle*. Selain itu perlakuan awal permukaan material yang akan dilapis juga mempengaruhi hasil *pulse electrodeposition* [4]. Permukaan material harus rata dan bersih dan untuk mendapatkan permukaan material yang ideal dilakukan tahap *grinding*, *polishing*, *pickling*, *rinsing* dan *drying*.

Penelitian ini bermaksud untuk meneliti pengaruh rapat arus dan waktu pelapisan *nickel* dengan metode *pulse electrodeposition* terhadap ketahanan korosi material AISI 410. Rapat arus dan waktu pelapisan mempengaruhi ketebalan lapisan *nickel*, diduga semakin tebal lapisan *nickel* maka ketahanan korosi material semakin baik.

## 2. METODE PERCOBAAN

Sampel penelitian adalah baja AISI 410 berbentuk plat dengan tebal 2 mm, panjang 20 mm dan lebar 20 mm. Kemudian dilakukan proses pelapisan *nickel* dengan metode *pulse electrodeposition* untuk menurunkan laju korosinya karena AISI 410 pada aplikasi industri, yaitu *turbin blade* sering mengalami korosi. Proses *pulse electrodeposition* dilakukan pada temperatur 50 - 60°C. *Duty cycle* yang digunakan 80% dan frekuensi *pulse* 100 Hz. Komposisi larutan elektrolit yang digunakan adalah *nickel sulphate* 250 g/l, *boric acid* 50 g/l dan *nickel chloride* 45 g/l. Setelah itu dilakukan pengujian struktur mikro dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan uji laju korosi dengan CMS (*Corrosion Measurement System*). Gambar 1 menjelaskan diagram alir yang dilakukan pada penelitian ini.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

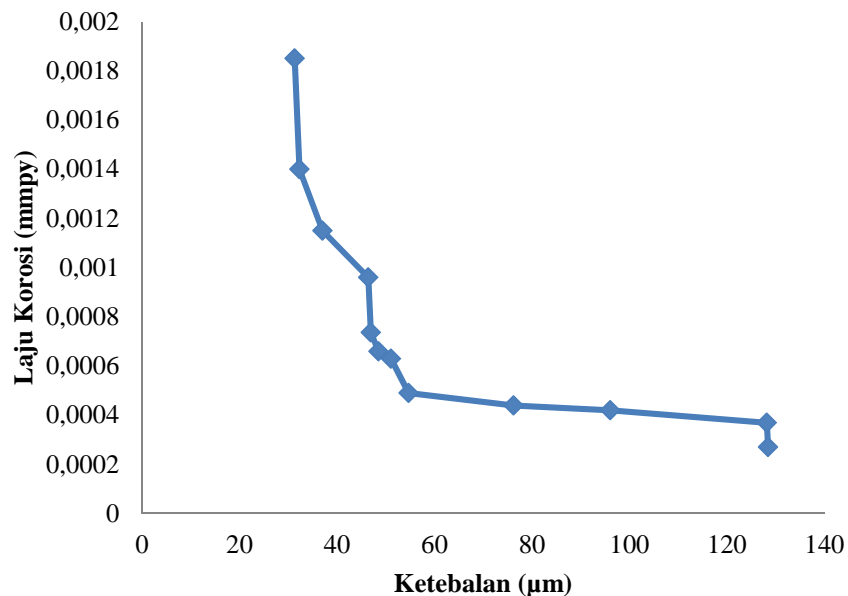
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengaruh Rapat Arus Terhadap Laju Korosi

Pada penelitian ini dilakukan pelapisan *nickel* dengan metode *pulse electrodeposition* untuk menurunkan laju korosi AISI 410. Data laju korosi pada penelitian ini didapat dari pengujian menggunakan alat CMS berupa kurva polarisasi yang kemudian diolah dengan *software* Gamry. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin besar rapat arus maka laju korosi semakin kecil.

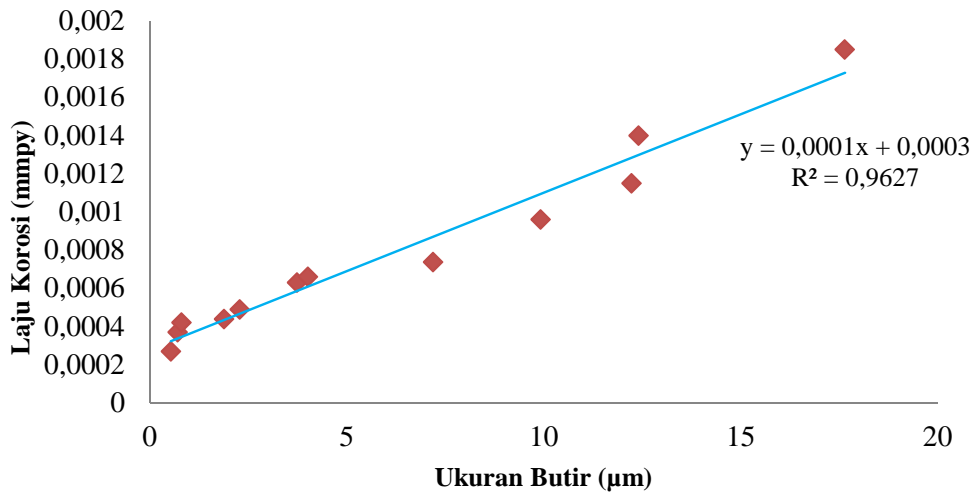
**Tabel 1** Data Hasil Uji SEM dan CMS

Sampel	Rapat Arus (A/dm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	Ketebalan (μm)	Ukuran Butir (μm)	Laju Korosi (mppy)
0	0	0	0	0	0,00615
1	10	10	31,20	17,64	0,00185
2	10	15	32,24	12,41	0,00140
3	10	20	37,19	12,22	0,00115
4	15	10	46,40	9,91	0,00096
5	15	15	46,92	7,91	0,00074
6	15	20	48,48	4,01	0,00066
7	20	10	51,04	3,73	0,00063
8	20	15	54,61	2,28	0,00049
9	20	20	76,16	1,88	0,00044
10	25	10	96,18	0,80	0,00042
11	25	15	128,14	0,70	0,00037
12	25	20	128,37	0,53	0,00027



**Gambar 2.** Grafik Ketebalan Terhadap Laju Korosi

Menurunnya nilai laju korosi disebabkan oleh ketebalan lapisan *nickel* yang terbentuk. Pada Gambar 2 dapat dilihat grafik pengaruh ketebalan lapisan *nickel* terhadap laju korosi, yaitu semakin tebal lapisan *nickel* maka laju korosi semakin kecil.

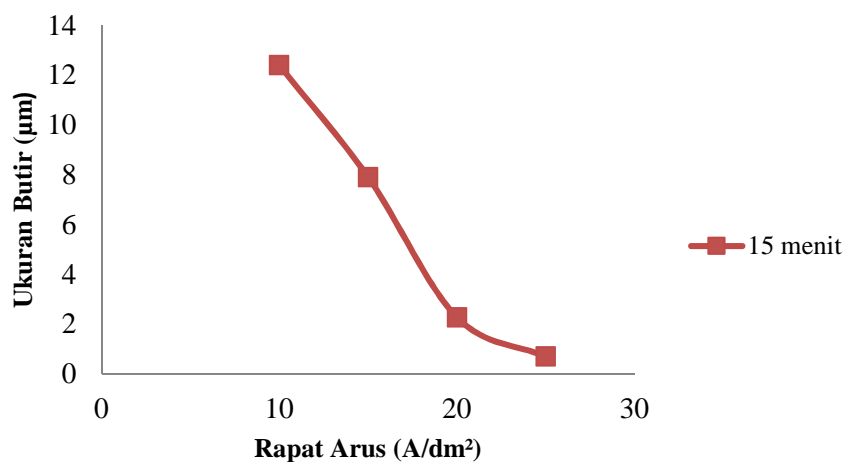


**Gambar 3.** Grafik Ukuran Butir Lapisan Deposit Terhadap Laju Korosi

Selain dipengaruhi oleh ketebalan lapisan *nickel*, menurunnya laju korosi juga dipengaruhi oleh ukuran butir lapisan *nickel*. Pada Gambar 3 dapat dilihat grafik pengaruh ukuran butir lapisan *nickel* terhadap laju korosinya, yaitu semakin kecil ukuran butir lapisan *nickel* maka nilai laju korosinya semakin kecil. Garis regresi pada Gambar 3 digunakan untuk mencari nilai  $R^2$ . Nilai  $R^2$  digunakan sebagai parameter tinggi atau rendahnya korelasi antara ukuran butir dan laju korosi, semakin besar nilai  $R^2$  maka korelasinya semakin tinggi. Rentang nilai  $R^2$  adalah 0 sampai 1 dan nilai  $R^2$  pada Gambar 3 adalah 0,9627. Hal ini menyatakan tingginya korelasi atau hubungan antara ukuran butir dan laju korosi. Semakin kecil ukuran butir maka celah antar butir semakin kecil, oleh sebab itu semakin sulit terjadinya korosi.

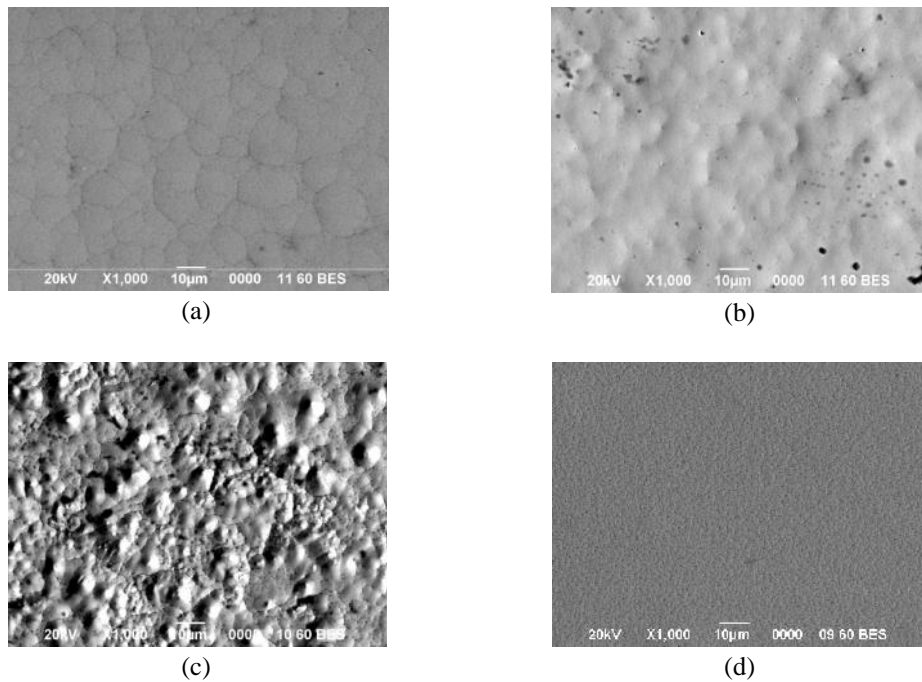
Jadi, rapat arus berpengaruh terhadap laju korosi. Hal ini disebabkan oleh ukuran butir dan ketebalan lapisan *nickel* yang terbentuk.

Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa rapat arus sangat berpengaruh terhadap ukuran butir dan ketebalan lapisan. Pada Gambar 4 dapat dilihat grafik pengaruh rapat arus terhadap ukuran butir, semakin besar rapat arus maka ukuran butir semakin kecil. Hal ini sesuai dengan fakta gambar ukuran butir yang didapat dari hasil pengamatan SEM. Gambar 5 menunjukkan gambar ukuran butir hasil SEM perbesaran 1000 kali untuk sampel dengan lama proses pelapisan 15 menit dan rapat arus yang bervariasi.



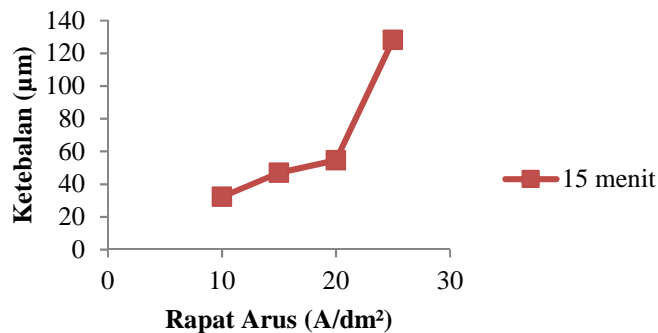
**Gambar 4.** Grafik Rapat Arus Terhadap Ukuran Butir

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin besar arus yang digunakan maka ukuran butir semakin kecil. Ukuran butir paling besar ditunjukkan pada Gambar 5.a dengan rapat arus 10 A/dm<sup>2</sup>, yaitu 12,41 µm dan ukuran butir paling kecil ditunjukkan pada Gambar 5.d dengan rapat arus 25 A/dm<sup>2</sup>, yaitu 0,70 µm..



**Gambar 5.** Hasil SEM Ukuran Butir Untuk Sampel Dengan Lama Proses Pelapisan 15 menit Perbesaran 1000 kali (a) 10 A/dm<sup>2</sup> (b) 15 A/dm<sup>2</sup> (c) 20 A/dm<sup>2</sup> (d) 25 A/dm<sup>2</sup>

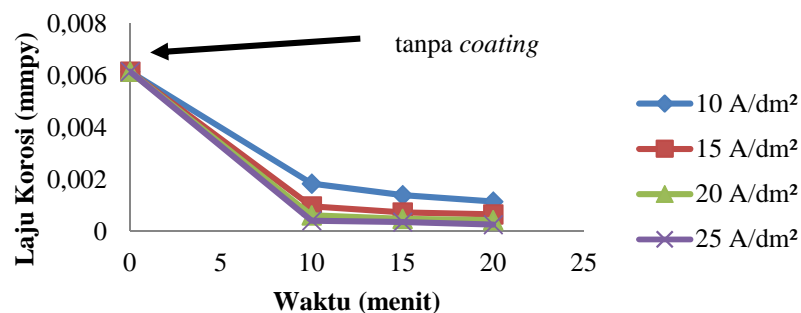
Pada Gambar 6 dapat dilihat grafik pengaruh rapat arus terhadap ketebalan lapisan *nickel*, yaitu semakin besar rapat arus maka lapisan *nickel* semakin tebal. Semakin besar rapat arus maka ion-ion akan semakin cepat terdeposit pada katoda sehingga lapisan deposit *nickel* semakin tebal [7].



**Gambar 6.** Grafik Rapat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan *Nickel*

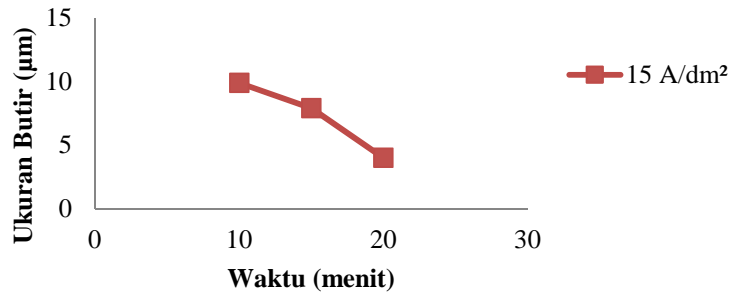
### 3.2 Pengaruh Waktu Pelapisan Terhadap Laju Korosi

Dari hasil penelitian diketahui bahwa, laju korosi selain dipengaruhi oleh rapat arus juga dipengaruhi oleh lamanya proses pelapisan. Pada Gambar 7 dapat dilihat semakin lama proses pelapisan maka laju korosinya semakin kecil.



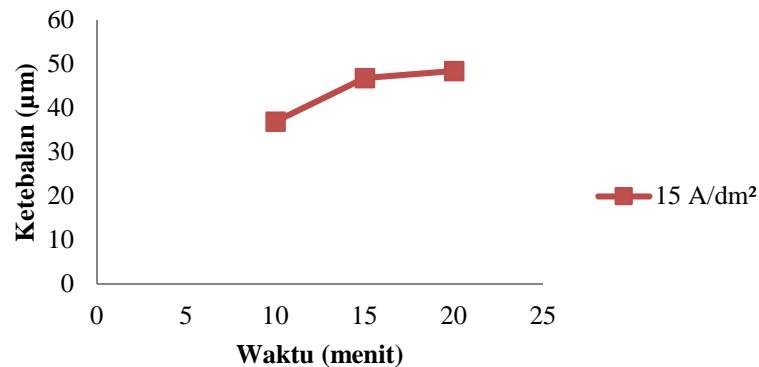
**Gambar 7.** Grafik Waktu Pelapisan Terhadap Laju Korosi

Sama halnya seperti rapat arus, waktu pelapisan juga mempengaruhi ukuran butir dan ketebalan lapisan *nickel*. Pada Gambar 8 dapat dilihat grafik pengaruh lamanya proses pelapisan terhadap ukuran butir lapisan *nickel*, yaitu semakin lama proses pelapisan maka ukuran butir semakin kecil.



**Gambar 8.** Grafik Waktu Pelapisan Terhadap Ukuran Butir

Selain itu, lamanya proses pelapisan juga mempengaruhi ketebalan lapisan *nickel* yang terbentuk. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9. Semakin lama proses pelapisan berarti semakin lama waktu yang dimiliki oleh ion-ion untuk menempel pada katoda sehingga lapisan *nickel* semakin tebal.



**Gambar 9.** Grafik Waktu Pelapisan Terhadap Ketebalan Lapisan *Nickel*

#### 4. KESIMPULAN

1. Semakin besar rapat arus maka semakin kecil nilai laju korosi.
2. Semakin lama proses pelapisan maka semakin kecil nilai laju korosi.
3. Nilai laju korosi paling besar adalah 0,00185 mmpy pada rapat arus 10 A/dm<sup>2</sup> dan waktu pelapisan 10 menit. Sedangkan nilai laju korosi paling kecil adalah 0,00027 mmpy pada rapat arus 25 A/dm<sup>2</sup> dan waktu pelapisan 20 menit.

#### REFERENSI

- [1] A.K Steel Corporation. 2007. *Product Data Sheet 410 Stainless Steel*. A.K Steels. West Chester
- [2] Gaguk Jatisukamto, Viktor Malau, M Noer Ilman, Priyo Tri Iswanto. 2007. *Perbaikan Sifat Korosi Baja Tahan Karat AISI 410 Dengan Perlakuan Implantasi Ion Tin*. Fakultas Teknik UGM
- [3] Nickel Institute. 2014. *Nickel Plating Handbook*. Belgium
- [4] M. Daniel, Navin Maidee. 2015. *Pulse Electroplating Process Parameters and Their Influence on the Formed Microstructure*. Chalmers University of Technology. Sweden
- [7] O. Sadiku-Agboola, E.R. Sadiku, O.I. Ojo, O.L. Akanji, O.F. Biotidara. 2011. *Influence of Operation Parameters on Metal Deposition in Bright Nickel-plating Process*. Portugaliae Electrochimica Acta