

PENGARUH VARIASI KUAT ARUS LISTRIK DAN WAKTU *ELECTROPLATING* *NICKEL-CHROME* TERHADAP KETEBALAN LAPISAN PADA PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH

⁽¹⁾Hb. Sukarjo, ⁽²⁾Soelarso Pani

^(1,2)Prodi Teknik Mesin Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta

⁽¹⁾Email: heribertus_sukarjo@yahoo.com

Jl. Proklamasi No.1 Babarsari Yogyakarta

ABSTRACT

The development and progress of science and technology in the metal plating industry has become a field of work that is experiencing rapid advances ranging from the type of coating, a coating material that is used, and the results of lapisannya. The metal plating industry needs not only demand resistance to corrosion, but also the strength of the material, has a beautiful appearance, and has a high economic value. one of them, namely by means of electroplating coating. The purpose of this research is to know the influence of variations in the strength of an electric current and time of electroplating nickel – chrome against the thickness of the surface layer of low carbon steel. The benefits of this research are expected to add to the knowledge about the coating on the process of electroplating nickel-chrome and can apply it. In the activities of this research material used is low carbon steel plates with a size 40 mm x 25 mm x 1 mm with the number 27 specimens are coated using electroplating method with the variation of strength of electric current of 0,5A, 1A, 1,5A and time electroplating 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes. Testing done next the thickness of the layer. Results of the study showed that the highest hardness of nickel-chrome electroplating process occurs on a variation of value the highest layer thickness variation in the strength of the current 1.5 A long coating 20 minute 1.97 μ m.

Keywords: Electroplating, nickel, chrome.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan serta teknologi pada industri pelapisan logam telah menjadi bidang pekerjaan yang mengalami kemajuan yang sangat pesat mulai dari jenis pelapisan, bahan pelapis yang digunakan, hingga hasil lapisannya. Tersedianya material logam yang mempunyai keunggulan sangat diperlukan untuk menjadi bahan dasar dari komponen pelapisan logam. Kebutuhan industri pelapisan logam tidak hanya menuntut ketahanan terhadap korosi, namun juga kekuatan dari material, memiliki penampilan yang indah, serta memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Beberapa macam pelapisan dapat digunakan untuk mencegah atau memperlambat tingkat kerusakan serta meningkatkan kekuatan mekanis logam tersebut, salah satunya yaitu dengan cara pelapisan *electroplating* (Deviana, 2014).

Proses *electroplating* dikenal di masyarakat dengan berbagai macam istilah. Misalnya saja sampai saat ini di beberapa daerah untuk proses *electroplating* masih

menggunakan istilah proses galvanis, sepuh, atau dengan istilah-istilah yang langsung menyebut komoditi jenis lapisan seperti, *nickel* untuk lapisan *nickel*, *verchrom* untuk lapisan *chrome* dan lain-lain. *Electroplating* adalah proses pelapisan logam diatas logam dengan bantuan arus listrik. Oleh karena itu logam yang akan dilapisi harus mempunyai sifat konduktor.

Dalam teknologi pengerjaan logam proses *electroplating*/proses lapis listrik termasuk ke dalam proses pengerjaan akhir (*metal finishing*). Fungsi utama dari pelapisan logam adalah memperbaiki penampilan (*decoratif*) misalnya : bahan sebagai pelapisnya adalah emas, perak, kuningan, dan tembaga. Juga memperbaiki kehalusan atau bentuk permukaan dan toleransi logam dasar, misalnya ; pelapisan *nickel*, *chromium*. Selain itu juga melindungi logam dasar dari korosi baik itu melindungi dengan logam yang lebih mulia seperti pelapisan platina, emas dan baja atau melindungi dengan logam dasar yang kurang mulia seperti pelapisan seng pada baja dan terakhir adalah meningkatkan ketahanan produk

terhadap gesekan (abrasi), misalnya pelapisan chromium keras.

II. LANDASAN TEORI

A. Prinsip Dasar *Electroplating*

Ahmad, 2011. Prinsip dasar dari proses lapis listrik berpedoman atau berdasarkan pada HUKUM FARADAY yang menyatakan : Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisa sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit. Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisa adalah sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat tersebut. Pernyataan tersebut dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{I \cdot t \cdot e}{F}$$

Keterangan:

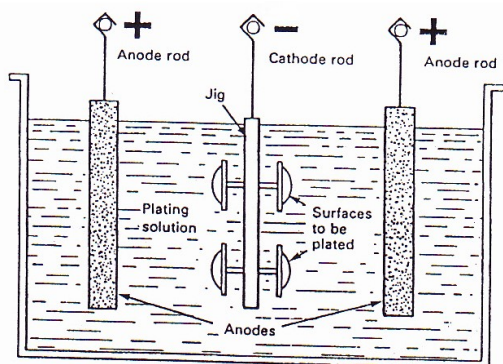
B= Berat zat yang terbentuk (gr)

I = Jumlah arus yang mengalir (A)

T = waktu (detik)

e = berat ekuivalen zat yang dibebaskan (berat atom suatu unsur dibagi valensi unsur tersebut).

F= Jumlah arus yang diperlukan untuk membebaskan sejumlah gram ekuivalen suatu zat



Gambar 1. Skema Electroplating

Danang, 2013. Hukum Faraday sangat hubungannya dengan efisiensi arus yang terjadi pada proses pelapisan secara listrik. Efisiensi arus adalah perbandingan berat endapan yang terjadi dengan berat endapan secara teoritis dan dinyatakan dalam persen. Dalam proses lapis listrik, arus diinginkan

dalam kondisi yang konstan, maksud dari pernyataan tersebut adalah tegangan tidak akan berubah atau terpengaruh oleh besar kecilnya arus yang terpakai. Sehingga untuk memvariabelkan ampere, maka yang divariabelkan hanyalah tahanannya saja, sedangkan voltase-nya tetap.

B. Jenis Pelapisan Logam

1) Pelapisan Dekoratif

Pelapisan dekoratif bertujuan untuk menambah keindahan tampak rupa/secara tampilan suatu produk atau benda kerja. Pelapisan ini sangat digemari oleh masyarakat karena warna yang cemerlang tidak mudah terkorosi dan dapat bertahan lama.

2) Pelapisan Protektif

Pelapisan protektif bertujuan untuk melindungi logam/benda kerja dari pengaruh korosi yang disebabkan oleh reaksi dengan lingkungan. Hal ini disebabkan karena logam pelapis dapat memutus interaksi dengan lingkungan sehingga akan terhindar dari proses oksidasi.

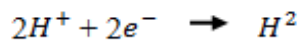
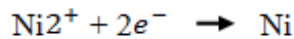
3) Pelapisan untuk sifat khusus permukaan

Pelapisan ini bertujuan untuk mendapatkan sifat khusus pada permukaan benda kerja/suatu produk akhir misalnya sifat mekaniknya seperti kekerasan. Selain itu juga dapat mendapatkan sifat fisik yang lebih baik misalnya ketebalan lapisan serta tampak rupa secara tampilan. Dengan kata lain pelapisan ini merupakan paduan antara pelapisan dekoratif dan protektif untuk mendapatkan sifat khusus pada permukaan yang lebih baik. Salah satu pelapisan yang sering diaplikasikan adalah pelapisan dengan krom (Putra, 2012).

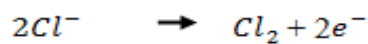
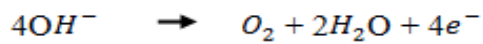
C. Mekanisme Reaksi

Dalam proses elektrolisa *nickel*, terjadi reaksi pada katoda, yaitu proses reduksi dari ion *nickel* dengan bantuan elektron-elektron yang berasal dari sumber arus searah. Reaksi reduksi yang terjadi

pada katoda sebagai berikut:

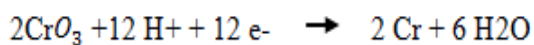
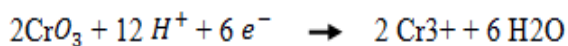


Reaksi yang terjadi pada anoda sebagai berikut:



Dalam proses elektroplating Krom, yang terjadi reaksi kimia pada katoda dan anoda adalah sebagai berikut :

Reaksi yang terjadi pada katoda :



D. Nickel - Chrome

Nickel adalah logam yang berwarna perak keabu-abuan mempunyai sel satuan kubus berpusat muka (*fcc*) dengan masa jenis 8,7, hampir sama dengan Cu. Setelah penganilan kekuatan tariknya 45-55 kgf/mm², perpanjangannya 40 – 50 %, dan kekerasannya 80-90 Brinell. Ni baik sekali dalam ketahanan panas dan ketahanan korosinya, tidak rusak oleh air kali atau air laut dan alkali. Tetapi bisa rusak oleh asam nitrat dan sedikit tahan korosi terhadap asam *khlor* dan asam sulfat. Seperti telah dikemukakan di atas Ni dipergunakan sebagai unsur paduan untuk baja, paduan tembaga, dan paduan *nickel* tahan panas. *Nickel* sendiri dibuat dalam bentuk pelat tipis batangan pendek, pipa dan kawat, yang dipakai untuk pembuatan tabung elektron dan penggunaan dalam industri makanan. Juga dipakai untuk paduan Ni khusus yang dinamakan kuprorikel untuk pembuatan uang logam. (Surdia, 1999, Pengetahuan Bahan Teknik).

1) Pelapisan *Nickel*

Basmal, 2012. Pelapisan *nickel* digunakan untuk tujuan mencegah korosi ataupun menambah keindahan. Senyawa *nickel* digunakan terutama sebagai katalis dalam *electroplating* pada proses *electroplating*, dengan pelapis *nickel* (anoda), perlu ditambahkan garam ke bak *plating*, misalnya *nickel* karbonat, *nickel chlorida*, *nickel fluoborat*, *nickel sulfamat* dan *nickel sulfat*.

Saat anoda dan katoda terjadi perubahan potensial akibat aliran arus listrik searah maka anoda *nickel* terurai ke dalam elektrolit. Reaksi pada katoda yaitu plat baja mengalami pelepasan oksigen ke elektrolit *nickel* (NiSO₄) sehingga ion *nickel* (Ni) akan menempel dipermukaan baja. Sementara itu reaksi pada anoda *nickel* (Ni), mengikat oksigen yang dilepas oleh plat baja dan terlarut pada elektrolit *nickel* (NiSO₄) yang telah melapisi plat sehingga larutan elektrolit *nickel* tetap stabil.

Chromium/krom adalah termasuk bahan logam nonferro yang dalam tabel periodik termasuk grup Vib dan diberi lambang Cr.

2) Pelapisan *Chromium*

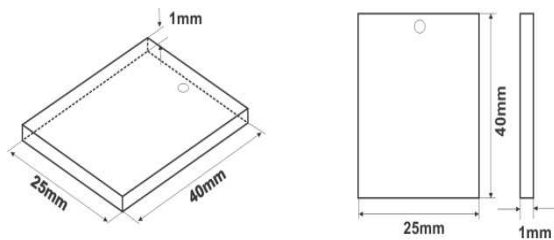
Ahmad, 2011. Selain *nickel* maka pelapisan *chrome* banyak dilaksanakan untuk mendapatkan permukaan yang menarik. Karena sifat khas *chrome* yang sangat tahan karat maka pelapisan *chrome* mempunyai kelebihan tersendiri bila dibandingkan dengan pelapisan lainnya. Selain sifat dekoratif dan atraktif dari pelapisan *chrome*, keuntungan lain dari pelapisan *chrome* adalah dapat dicapainya hasil pelapisan yang keras. Sumber logam *chrome* didapat dari asain *chrome*, tapi dalam perdagangan yang tersedia adalah *chrome* oksida (Cr₂O₃) yang berbentuk serbuk. Prinsip dasar pelapisan chrom adalah perpindahan partikel dari plat anoda (yang terhubung dengan kutub positif (+) sumber arus) dengan plat katoda (benda kerja/benda yang akan di chrom yang

terhubung dengan kutub negatif (-) sumber arus) melalui media larutan kimia.

III. METODE PENELITIAN

A. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang dipakai pada penelitian ini adalah plat baja karbon rendah, seperti di tunjukan Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Bentuk dan ukuran specimen

Yang mempunyai komposisi kimia sebagai berikut:

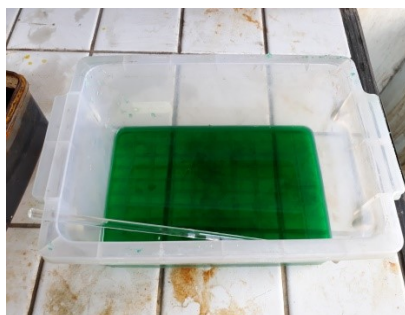
Tabel 1. Komposisi kimia specimen

Grade	C%	Mn%	S	N	Cu	Nb	Ti
ST 45	0,08-0,2	0,90-1,50	0,015	0,012	0,30	0,020	0,03
	Si	P	Al	Cr	Mo	Ni	Vi
	0,40	0,025	0,020	0,30	0,08	0,30	0,02

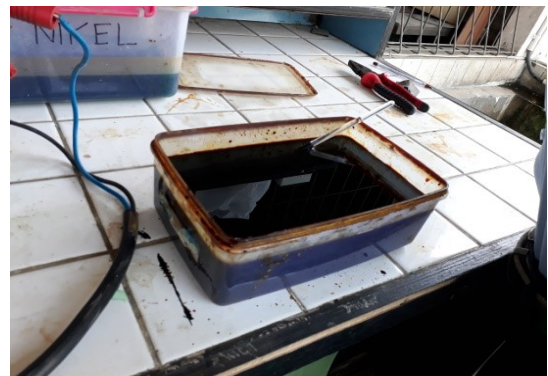
Peralatan penelitian yang dipakai antara lain:



Gambar 3. Cairan nikel



Gambar 4. Cairan nikel



Gambar 5. Cairan krom



Gambar 6. Larutan HCL



Gambar 7. Alat electroplating.

B. Tahapan Penelitian

Adapun tahap penelitian yang akan dilakukan dalam rangka mengumpulkan data hingga penyelesaian masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Mempersiapkan bahan, dalam hal ini plat baja, nikel dan krom cair. Pembuatan specimen, memotong pelat baja dengan dimensi 25 mm x 40 mm x 1 mm sampai jumlah total 36 *specimen*. Mencampur larutan nikel dengan volume 1 liter, pada bak dengan dimensi 21 cm x 12 cm x 10

cm. Membersihkan benda uji dengan larutan HCL dan *Polishing specimen*. Proses Pelapisan listrik (*Electroplating*). Menyiapkan larutan nikel yang akan digunakan sebanyak 1 liter. Memanaskan larutan nikel dan krom hingga mencapai suhu 40-60°C. Masukkan larutan nikel ke dalam beaker glass dengan kapasitas >1 liter. Memasukkan *specimen* kedalam bak larutan nikel sebagai pelapisan yang pertama dan larutan krom sebagai pelapisan kedua hingga spesimen terendam sepenuhnya didalam larutan. Menghubungkan benda kerja yang akan dilapisi dengan pembangkit arus searah pada kutub yang bermuatan negatif (katoda). Menghubungkan bahan yang digunakan untuk melapisi dengan kutub bermuatan positif (anoda). Melakukan tahap pelapisan *electroplating* nikel sebagai lapisan pertama atau lapisan dasar pada *specimen* dengan ketentuan sebagai berikut: Spesimen dengan jumlah 36 spesimen yang telah disiapkan dicelupkan ke dalam larutan elektrolit pada waktu 10 menit dengan arus 0,5A. Melakukan tahap pelapisan *electroplating chrome* sesuai dengan waktu dan temperatur yang telah ditentukan. Spesimen dengan jumlah 4 spesimen yang telah disiapkan dicelupkan ke dalam larutan elektrolit pada waktu 10 menit serta dengan variasi arus 0,5 A, 1 A, dan 1,5 A. Dengan cara yang sama, 4 spesimen berikutnya dicelupkan ke dalam larutan elektrolit pada waktu 15 menit. Kemudian 4 spesimen terakhir dicelupkan dengan waktu 20 menit. Menjaga arus agar tetap stabil pada arus yang telah ditentukan. Mengangkat *specimen* setelah waktu yang ditentukan. Mencatat volt meter, ampere, waktu dan suhu proses *electroplating*. *Polishing*, dengan menggunakan alat poles kain yang bertujuan untuk mengkilapkan dan menghaluskan permukaan *specimen*. Membersihkan *specimen* dengan air dan kemudian mengeringkan *specimen* agar sisa air tidak mengendap pada permukaan *specimen*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh arus 0.5 A dan waktu terhadap ketebalan lapisan permukaan baja karbon rendah

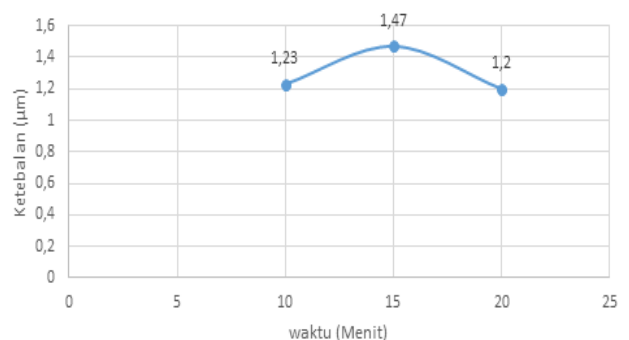
Hasil uji ketebalan pada benda kerja yang telah dilapisi *nickel-chrome* dengan metode *electroplating* dengan variasi arus 0.5 A, 1 A, dan 1.5 A. Ketebalan rata-rata untuk pelapisan *nickel-chrome* dengan variasi kuat arus dan waktu tersebut dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. Data hasil pengukuran ketebalan hasil pelapisan

Spesimen Baja Karbon Lapis Nikel - Chrom, Variasi Arus Listrik dan Waktu

No	Kode	Posisi titik uji	Tebal Lapisan (µm)			
			1	2	3	Rata-rata
1	A 0.5 - 10	Acak	1.1	1.5	1.1	1.23
2	A 0.5 - 15	Acak	1.2	1.8	1.4	1.47
3	A 0.5 - 20	Acak	1.2	1.3	1.1	1.20
4	A 1.0 - 10	Acak	1.3	1.7	1.3	1.43
5	A 1.0 - 15	Acak	1.5	2.0	1.9	1.80
6	A 1.0 - 20	Acak	1.3	1.2	1.1	1.20
7	A 1.5 - 10	Acak	2.4	1.5	1.1	1.67
8	A 1.5 - 15	Acak	1.5	1.5	1.4	1.47
9	A 1.5 - 20	Acak	1.7	2.3	1.90	1.97

Dari tabel 2 dapat dibuat grafik kurva hubungan waktu dan kuat arus terhadap ketebalan lapisan seperti pada gambar 9 dibawah ini:



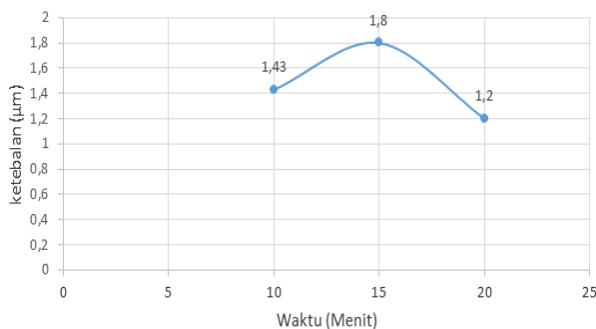
Gambar 8. Grafik pengaruh arus 0.5A dan waktu terhadap ketebalan lapisan permukaan baja karbon rendah

Dari grafik diatas menunjukkan adanya kenaikan ketebalan yang secara keseluruhan cukup signifikan pada menit ke 15 merupakan nilai ketebalan maksimal dengan nilai ketebalan 1.47 µm, namun pada menit selanjutnya mengalami

penurunan nilai ketebalan. Hal ini bisa dimungkinkan karena adanya logam-logam berat seperti besi dan mangan sebagai pengotor yang dapat menimbulkan cacat-cacat pada permukaan.

B. Pengaruh arus 1A dan waktu terhadap ketebalan lapisan permukaan baja karbon rendah.

Hasil pengujian ketebalan lapisan krom di tunjukan Gambar 10 dibawah ini.



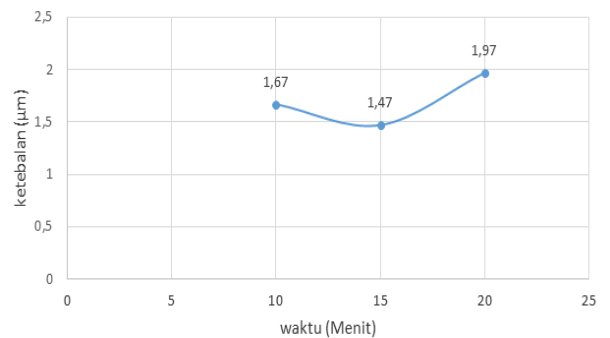
Gambar 9. Grafik pengaruh arus 1A dan waktu terhadap ketebalan lapisan permukaan baja karbon rendah

Pada varian ini sama halnya dengan grafik sebelumnya yaitu terjadi peningkatan dengan nilai ketebalan 1.43 µm dan menit ke 15 menjadi titik maksimum ketebalan lapisan dengan nilai ketebalan 1.8 µm dan pada menit selanjutnya terjadi penurunan dengan nilai ketebalan 1.2 µm ketebalan pada menit ini menjadi nilai ketebalan paling rendah yang terjadi pada varian dengan arus 1 A yaitu pada menit ke 20.

C. Pengaruh arus 1.5A dan waktu terhadap ketebalan lapisan permukaan baja karbon rendah.

Dari Grafik hubungan pengaruh waktu terhadap ketebalan lapisan pada proses *electroplating nickel-chrome* diatas, menunjukkan pencelupan dengan penggunaan waktu 10 menit pada arus masing-masing 0.5A, 1A, dan 1,5 A mengalami peningkatan, dengan nilai ketebalan lapisan sebesar 1.23µm, 1.43µm, dan 1.67µm. Dan untuk penggunaan waktu 15 menit sebesar 1.47µm, 1.80µm,

dan 1.97µm. Hasil pengujian ketebalan lapisan krom di tunjukan Gambar 10 dibawah ini:



Gambar 10. Grafik pengaruh arus 1,5A dan waktu terhadap ketebalan lapisan permukaan baja

Kecuali pada penggunaan waktu 20 menit dengan arus 0.5A dan 1.5A ketebalan lapisan mengalami penurunan dibandingkan dengan waktu sebelumnya yakni dengan nilai ketebalan lapisan sebesar 1.20 µm dan 1.20 µm. Penurunan ketebalan ini dikarenakan pada waktu 15 menit dengan arus 0.5A dan 1.5A adalah waktu optimal saat proses pencelupan berlangsung sehingga pada waktu 20 menit ketebalan lapisan mengalami penurunan. Untuk nilai ketebalan lapisan tertinggi diperoleh pada waktu pencelupan dengan waktu 20 menit dengan arus 1.5 A yaitu dengan nilai ketebalan 1.97 µm dan ketebalan lapisan terendah pada waktu pencelupan 20 menit dengan arus 0.5A dan 1 A dengan nilai ketebalan 1.20µm.

Dari Grafik hubungan pengaruh kuat arus listrik terhadap ketebalan lapisan pada proses *electroplating nickel-chrome* diatas, menunjukkan pencelupan dengan kekuatan arus listrik 0,5 A pada waktu masing-masing 10 menit, dan 15 menit mengalami peningkatan, dengan nilai ketebalan lapisan sebesar 1.23µm, dan 1.47µm. Dan untuk penggunaan kekuatan arus listrik 1 A dengan variasi waktu 10 menit dan 15 menit memiliki nilai ketebalan sebesar 1.43µm, 1.80µm. Dan untuk penggunaan kekuatan arus listrik 1,5 A dengan variasi waktu 10 menit dan 20 menit memiliki nilai ketebalan sebesar 1.67µm, dan 1.97µm dengan meningkatnya kuat arus

listrik yang mengalirakan menyebabkan jumlah ion-ion semakin banyak, kecuali pada penggunaan arus 0.5A dan 1.5A waktu 20 menit ketebalan lapisan mengalami penurunan dibandingkan dengan waktu sebelumnya yakni dengan nilai ketebalan lapisan sebesar 1.20 μm dan 1.20 μm . hal tersebut bisa dimungkinkan karena rapat arus yang tidak sesuaidan membuat proses pengendapan kurang mengikat dengan kuat, sehingga menyebabkan endapan tidak bisa terjadi dengan maksimal bahkan terjadi pula ion-ion yang sudah mengendap kembali berjatuhan dan berguguran. Fenomena tersebut bisa terjadi salah satunya disebabkan oleh larutan elektrolit yang sudah jenuh atau kontaminasi pada larutan elektrolit sehingga pada proses pelapisan kurang maksimal karena pengikat ion-ion elektrolit menjadi deposit.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- A. Ketebalan spesimen hasil proses *electroplating* semakin meningkat seiring bertambahnya arus dan waktu yang diberikan atau dapat dikatakan berbanding lurus dengan naiknya arus dan waktu, baik secara teoritis maupun pengamatan. Dimana nilai ketebalan tertinggi dengan kuat arus 1.5A dan waktu 20 menit adalah 1.97 μm .
- B. Dari semua pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa variasi kuat arus dan waktu berpengaruh terhadap ketebalan dan kekerasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Muhammad Azhar. 2011. Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom Pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating, "*Tugas Akhir Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar*".
- Basmal, dkk. Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel Pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekerasan", "*Rotasi : Jurnal Teknik Mesin, Volume 14, No. 2, April 2012*"
- Darmawan, Arif Surya, dkk. Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Electroplating Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Ketebalan Lapisan Pada Baja Karbon Rendah Dengan Krom, "*Jurnal Dhamika Teknik Mesin, Volume 5, No.2, Juli 2015 ISSN: 2088-088X*".
- Deviana, Ratih dan Arya Mahendra S. Pengaruh Waktu Pencelupan dan Temperatur Proses Elektroplating Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Permukaan Baja ST42, "*Jurnal Teknik Mesin, Volume 03, No. 01, 2014*".
- Pangajunto, Teguh dan Tri Rahmidi. 2009. *KIMIA 3*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional
- Putra, Florentinus Ardika S. 2014. Pengaruh Waktu dan Tegangan Pada Lapisan Hard Chrome Terhadap Kekerasan Baja Karbon Rendah, "*Tugas Akhir Program Studi Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma*".
- Putra, Fransiskus Sukma A. 2012. Pengaruh Arus dan Waktu Pelapisan Hard Chrome Terhadap Ketebalan Lapisan dan Kekerasan Pada Plat Baja Karbon Rendah Aisi 1026

Dengan Elektroplating Menggunakan HCrO_3 250 gr/lit dan H_2SO_4 1,25 gr/lit, “Skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta”.

universitas sebelas maret surakarta”.

Yuwono, Akhmad Herman, 2009. *Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (Destructive Testing)*. Departemen Metalurgi Dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Raharjo, Samsudi, 2010. Pengaruh Variasi Tegangan Listrik Dan Waktu Proses Electroplating Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Krom. “Prosiding Seminar Nasional Universitas Muhammadiyah Semarang”.

Sugiyarta, 2012. Pengaruh Kuat Arus Dan Konsentrasi Larutan Elektrolit Terhadap Ketebalan Pada Pelapisan Nikel Untuk Baja Karbon Rendah, “Masters thesis, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang”.

Sukrawan, Yusep. Analisis Variasi Waktu Proses Hard Chrome Terhadap Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Pada Besi Cor Kelabu, “Jurnal Torsi Volume 01, No. 01, 2016”.

Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1994. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan Keempat. Jakarta: Pradnya Paramita.

Susanto, Eko Edy. Analisis Tegangan dan Waktu Pada Proses Elektroplating Nikel-Krom Terhadap Tebal Lapisan”, “Jurnal Flywheel Volume 04, No. 02, 2011”.

Tarwijayanto, Danang. 2013. Pengaruh arus dan waktu pelapisan hardchrome terhadap ketebalan lapisan dan tingkat kekerasan mikro pada plat baja karbon rendah aisi 1026 dengan menggunakan cro_3 250 gr/lit dan h_2s_4 2,5 gr/lit pada proses elektroplating. “Skripsi jurusan teknik mesin fakultas teknik