

Analisa Kuat Arus Listrik dan Waktu *Electroplating* Nickel-Chrome terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan Permukaan Baja Karbon Rendah

^{(1)*}Sumpena, ⁽²⁾Wardoyo

^(1,2)Program Studi Teknik Mesin, Universitas Proklamasi 45, Jl. Proklamasi No.1, Yogyakarta

*Email: sumpenast@yahoo.co.id

Diterima: 20.11.2020 Disetujui: 27.11.2020 Diterbitkan: 30.11.2020

ABSTRACT

The metal plating industry needs not only for corrosion resistance, but also for the strength of the material, having a decorative appearance, and having high economic value. Several types of coatings can be used to prevent or slow down the level of damage and increase the mechanical strength of the metal, one of which is electroplating. The purpose of this study was to determine the effect of variations in electric current strength and time of electroplating nickel-chrome on the hardness and thickness of the surface layer of low carbon steel. Experiments were carried out by observing changes in the independent variables, namely the electroplating process time of 10 minutes, 15 minutes, and 20 minutes. The controlled variable in this study is the 5 Ampere power supply current. While the current strength used in this study is 0.5 A, 1 A and 1.5 A. The test results show the electroplating process with a strong current of 0.5A in 10, 15 and 20 minutes, namely 132.63 VHN, 189.03 VHN, and 172.36 VHN. The electroplating process with a current of 1A obtained hardness values of 201.66 VHN, 187.96VHN, and 187.53VHN. The electroplating process with a current of 1.5A obtained hardness values of 191.13VHN, 195.1VHN, and 182.13VHN. The highest hardness was at 1A, the coating time was 10 minutes. While the lowest hardness was at 0.5A current, the coating time was 10 minutes.

Keywords: *Low Carbon Steel, Electroplating, Nickel-Chrome.*

ABSTRAK

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*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi kuat arus listrik dan waktu *electroplating nickel-chrome* terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan permukaan baja karbon rendah. Eksperimen dilakukan dengan mengamati perubahan variabel bebas yaitu lama proses *electroplating* 10 menit, 15 menit, dan 20 menit. Variabel terkontrol dalam penelitian ini yaitu kapasitas kuat arus *power suplay* 5 Ampere. Sedangkan kuat arus yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 0,5 A, 1 A dan 1,5 A. Hasil pengujian menunjukkan pada proses elektroplating dengan kuat arus 0.5A waktu 10, 15 dan 20 menit yaitu 132.63 VHN, 189.03 VHN, dan 172.36 VHN. Proses *electroplating* dengan kuat arus 1A diperoleh nilai kekerasan 201.66 VHN, 187.96VHN, dan 187.53VHN. Proses *electroplating* dengan kuat arus 1,5A diperoleh nilai kekerasan 191.13VHN, 195.1VHN, dan 182.13VHN. Kekerasan tertinggi pada kuat arus 1A waktu pelapisan 10 menit. Sedangkan kekerasan terendah pada kuat arus 0.5A waktu pelapisan 10 menit.

Kata kunci: *Baja Karbon Rendah, Elektroplating, Nikel-Krom.*

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. 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, dkk. 2014). *Electroplating* atau pelapisan logam pada dasarnya dilakukan dengan tujuan untuk melindungi permukaan

baja dari serangan korosi. Karena logam pelapis tersebut akan memutus interaksi dengan lingkungan sehingga terhindar dari proses oksidasi. *Electroplating* juga bertujuan untuk menambah keindahan tampak luar suatu benda atau produk. Selain itu dari pelapisan ini akan didapatkan sifat khusus permukaan seperti sifat kekerasan, tahan keausan dan tahan suhu tinggi. Meski demikian di lapangan, produk pelapisan yang dihasilkan lebih banyak digunakan sebagai dekorasi pada kendaraan.

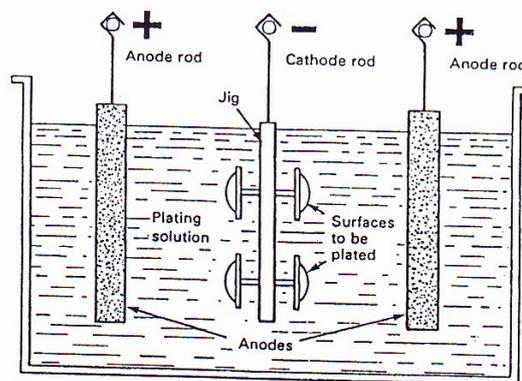
Electroplating adalah proses pelapisan logam di atas logam dengan bantuan arus listrik. Oleh karena itu logam yang akan dilapisi harus mempunyai sifat konduktor. Dalam teknologi pengerjaan logam proses *electroplating*/proses lapis listrik termasuk ke dalam proses pengerjaan akhir (*metal finishing*). 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 seperti pelapisan seng pada baja dan terakhir adalah meningkatkan ketahanan produk terhadap gesekan (abrasi), misalnya pelapisan krom keras, (Sugiyarta, 2012). Elektroplating adalah suatu proses pengendapan zat (ion-ion logam) pada elektroda (katoda) dengan cara elektrolisa. Terjadinya suatu endapan pada proses ini adalah karena adanya ion-ion bermuatan listrik berpindah dari suatu elektroda melalui elektrolit, hasil dari elektrolit tersebut akan mengedap pada elektroda yang lain (katoda), (Ahmad dan Muhammad Azhar, 2011). Prinsip dasar dari proses lapis listrik berdasarkan pada HUKUM FARADAY yang menyatakan : a) Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisa sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit. b) 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 :

$$W = \frac{e \cdot i \cdot t}{F}$$

Keterangan :

W = Berat zat yang terbentuk (gram)
 i = Jumlah arus yang mengalir (Ampere)
 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.

Hukum Faraday sangat erat 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.



Gambar 1. Skema Electroplating

Sehingga untuk memvariabelkan ampere, maka yang divariabelkan hanyalah tahanannya saja, sedangkan voltasenya tetap. Satuan rapat arus dinyatakan dalam A/dm^2 atau A/ft^2 atau A/in^2 . 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, dkk. 2012).

Nickel adalah logam yang berwarna perak keabu-abuan mempunyai sel satuan kubus berpusat muka (*fcc*) dengan masa jenis $8,7 \text{ gr/cm}^3$. Nikel 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 nikel dipergunakan sebagai unsur paduan untuk baja, paduan tembaga, dan paduan *nickel* tahan panas. Nikel 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, tata dan Shinroku Saito, 1994).

Basmal, (2012) menyatakan Pelapisan *nickel* digunakan untuk tujuan mencegah korosi ataupun menambah keindahan. Senyawa nikel digunakan terutama sebagai katalis dalam *electroplating* pada proses *electroplating*, dengan pelapis nikel (anoda), perlu ditambahkan garam ke bak *plating*, misalnya nikel karbonat, *nickel chlorida*, *nickel fluoborat*, *nickel sulfamat* dan *nickel sulfat*. Saat anoda dan katoda terjadi perubahan potensial akibat aliran arus listrik searah maka anoda nikel terurai ke dalam elektrolit. Reaksi pada katoda yaitu plat baja mengalami pelepasan oksigen ke elektrolit nikel (NiSO_4) sehingga ion nikel (Ni) akan menempel dipermukaan baja. Sementara itu reaksi pada anoda nikel (Ni), mengikat oksigen yang dilepas oleh plat baja dan terlarut pada elektrolit nikel (NiSO_4) yang telah melapisi plat sehingga larutan elektrolit nikel tetap stabil.

Ahmad, (2011) menyatakan Selain nikel pelapisan krom banyak dilaksanakan untuk mendapatkan permukaan yang menarik. Karena sifat khas krom yang sangat tahan karat maka pelapisan krom mempunyai kelebihan tersendiri bila dibandingkan dengan pelapisan lainnya. Selain sifat dekoratif dan atraktif dari pelapisan krom, keuntungan lain dari pelapisan krom adalah dapat dicapainya hasil pelapisan yang keras. Prinsip dasar pelapisan krom adalah perpindahan partikel dari plat anoda (yang terhubung dengan kutub positif (+) sumber arus) dengan plat katoda (benda kerja/benda yang akan di krom yang terhubung dengan kutub negatif (-) sumber arus melalui media larutan kimia.

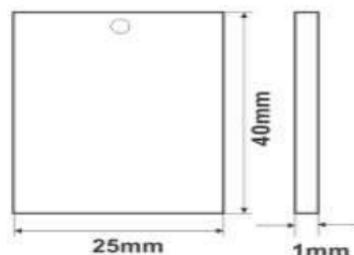
Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi kuat arus listrik dan waktu *electroplating* nikel-krom terhadap

kekerasan dan ketebalan lapisan permukaan baja karbon rendah.

II. Bahan dan Metode

Bahan dan alat yang digunakan untuk kelengkapan penelitian sebagai berikut:

1. Plat baja karbon rendah ukuran 40 mm x 25 mm x 1 mm dengan jumlah 28 spesimen, seperti ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 2. Ukuran Spesimen

2. Cairan Nikel

Sebagai pelapis pertama pada permukaan spesimen.



Gambar 3. Cairan nikel

3. Cairan Krom

Sebagai pelapis kedua setelah pelapisan dengan nikel.



Gambar 4. Cairan *Chrome*

4. Cairan HCL sebagai cairan elektrolit



Gambar 5. Larutan HCL

5. Power suplay listrik

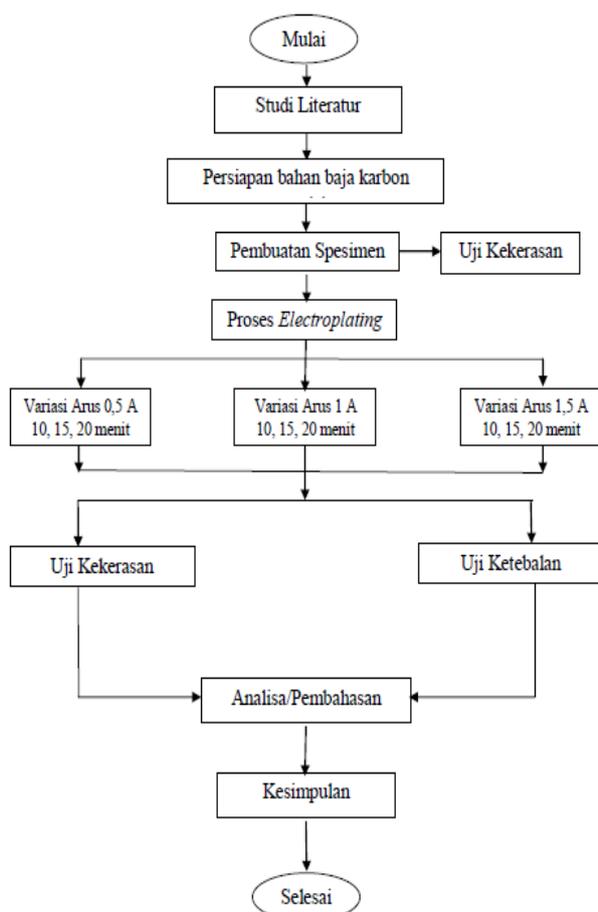
Untuk mengatur kuat arus yang digunakan pada proses pelapisan



Gambar 6. Foto power suplay

Diagram alir Penelitian

Tahapan penelitian ditunjukkan pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram alir penelitian

Eksperimen dilakukan dengan mengamati perubahan variabel bebas yaitu lama proses *electroplating* 10 menit, 15 menit, dan 20 menit. Variabel terkontrol dalam penelitian ini yaitu kapasitas kuat arus *power suplay* 5 Ampere. Sedangkan kuat arus yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 0,5 A, 1 A dan 1,5 A. Jumlah spesimen yang akan dilapisi pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Jumlah spesimen yang akan di lapisi

No	Kode	jumlah	ket
1	A 0.5 - 10	3	1 spesimen digunakan sebagai cadangan
2	A 0.5 - 15	3	1 spesimen digunakan sebagai cadangan
3	A 0.5 - 20	3	1 spesimen digunakan sebagai cadangan
4	A 1.0 - 10	3	1 spesimen digunakan sebagai cadangan
5	A 1.0 - 15	3	1 spesimen digunakan sebagai cadangan
6	A 1.0 - 20	3	1 spesimen digunakan sebagai cadangan
7	A 1.5 - 10	3	1 spesimen digunakan sebagai cadangan
8	A 1.5 - 15	3	1 spesimen digunakan sebagai cadangan
9	A 1.5 - 20	3	1 spesimen digunakan sebagai cadangan
10	R.M	1	Tidak dilapisi

Pengujian Kekerasan.

Pengujian kekerasan lapisan dilakukan dengan menggunakan mesin uji mikro Vickers. Pengujian dilakukan pada semua spesimen yang mendapat proses pelapisan. Pengujian dilakukan pada 3 titik berbeda secara acak pada masing-masing spesimen. Dari data pengukuran yang diperoleh, kemudian diambil nilai kekerasan mikro rata-ratanya.

Pengujian Ketebalan

Pengukuran ketebalan lapisan krom ini dilakukan dengan menggunakan *coating thickness measuring instrument dual scope MPOR*. Pengukuran ketebalan lapisan pada 3 titik berbeda secara acak pada masing-masing spesimen, dari ketiga titik tersebut di ambil nilai rata-ratanya.

III. Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji Kekerasan

Setelah dilakukan proses pelapisan, kemudian spesimen diuji kekerasan mikro Vickers dan didapatkan data seperti pada tabel 2, 3 dan 4.

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan dengan kuat arus 0,5A

No	Kode	Posisi titik uji	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d _{rata-rata} (μm)	Kekerasan (VHN)
2	A 0.5 - 10	Acak	36.5	37.0	36.75	137.3
			39.0	38.0	38.50	125.1
			37.0	37.0	37.00	135.5
3	A 0.5 - 15	Acak	32.0	32.0	32.00	181.1
			31.0	31.0	31.00	193.0
			31.0	31.0	31.00	193.0
4	A 0.5 - 20	Acak	35.0	33.0	34.00	160.4
			32.0	33.0	32.50	175.6
			32.0	32.0	32.00	181.1

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan dengan kuat arus 1,0A

No	Kode	Posisi titik uji	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d _{rata-rata} (μm)	Kekerasan (VHN)
5	A 1.0 - 10	Acak	30.0	32.0	31.00	193.0
			30.0	30.0	30.00	206.0
			30.0	30.0	30.00	206.0
6	A 1.0 - 15	Acak	32.0	30.0	31.00	193.0
			32.0	31.5	31.75	184.0
			32.0	31.0	31.50	186.9
7	A 1.0 - 20	Acak	30.0	31.0	30.50	199.3
			33.0	33.0	33.00	170.3
			32.0	30.0	31.00	193.0

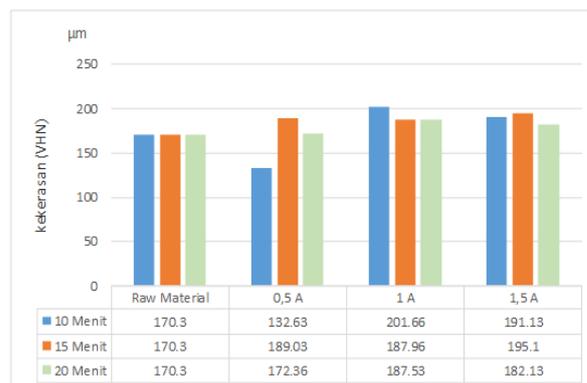
Tabel 4. Hasil pengujian kekerasan dengan kuat arus 1,5A

No	Kode	Posisi titik uji	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d _{rata-rata} (μm)	Kekerasan (VHN)
8	A 1.5 - 10	Acak	32.0	32.0	32.00	181.1
			31.0	30.0	30.50	199.3
			30.0	32.0	31.00	193.0
9	A 1.5 - 15	Acak	31.0	31.0	31.00	193.0
			30.0	31.0	30.50	199.3
			32.0	30.0	31.00	193.0
10	A 1.5 - 20	Acak	32.0	30.0	31.00	193.0
			35.0	33.0	34.00	160.4
			32.0	30.0	31.00	193.0

Tabel 5 Nilai Kekerasan spesimen Raw Material

No	Kode	Posisi titik uji	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d _{rata-rata} (μm)	Kekerasan (VHN)
1	R M	Acak	33.0	33.0	33.00	170.3
			33.0	33.0	33.00	170.3
			33.0	33.0	33.00	170.3

Dari data hasil pengujian kekerasan maka dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik hubungan variasi kuat arus terhadap kekerasan lapisan krom

Dari grafik di atas pada proses elektroplating dengan kuat arus 0.5 A waktu menit ke 10 nilai kekerasan lapisan krom sebesar 132.63 VHN. Pada waktu elektroplating 15 menit mengalami peningkatan, nilai kekerasan paling tinggi yaitu 189,03 VHN, waktu menit 20 mempunyai nilai kekerasan 172.36 VHN. Proses *electroplating* dengan variasi arus 1 A kekerasan pada menit ke 10 mempunyai nilai kekerasan paling tinggi yaitu 201,66 VHN, hal ini terindikasi adanya kecocokan atau kesesuaian antara besar kuat arus listrik dengan lama proses pelapisan sehingga hasil pada kekerasan lebih maksimal dan lebih baik dari pada nilai kekerasan pada waktu yang berbeda. Faktor lain yang mengakibatkan variasi memiliki nilai kekerasan yang maksimal karena terbentuknya endapan hidrogen, yang masuk secara intertisi pada struktur logam kromium yang menyebabkan distorsi kisi. Sehingga tegangan dalam lapisan kromium menjadi naik, karena adanya peningkatan tegangan, maka akan menyebabkan terhambatnya gerakan dislokasi menyebabkan kekerasan meningkat (Sukrawan dan Danang, 2016). Namun pada menit ke 15 kekerasan baja karbon rendah mengalami penurunan dengan nilai kekerasan 187.96 VHN, peningkatan kembali terlihat pada menit ke 20 dengan nilai kekerasan 187.53 VHN. Pada spesimen yang menggunakan arus 1,5 A dengan waktu masing-masing 10 menit, 15 menit, dan 20 menit menunjukkan terjadinya peningkatan nilai kekerasan yang meningkat yakni sebesar 191.13, 195.1 dan 182.13 VHN, jika dibandingkan dengan raw material. Namun terlihat pada grafik pada menit ke 20 terjadi penurunan kekerasan jika dibandingkan pada menit ke 15.

Pengaruh kuat arus terhadap nilai kekerasan mikro secara umum mengalami peningkatan. Dalam penelitian ini arus yang mengalir mengalami peningkatan sehingga akan mempengaruhi nilai kekerasan mikro pada permukaan benda kerja. Peningkatan arus mengakibatkan banyaknya ion krom yang mengalir sehingga ion krom yang mengendap di katoda semakin banyak. Hal ini mengakibatkan akan meningkatkan nilai kekerasan mikro pada permukaan katoda. (Tarwijayanto dan Danang, 2013).

Faktor lain yang menyebabkan kekerasan maksimal salah satunya adalah besar dimensi spesimen yang diuji telah sesuai dengan kebutuhan rapat arus dan temperatur yang dibutuhkan sehingga pada penelitian ini variasi arus 1 A dengan waktu 10 menit menjadi variasi waktu yang sesuai (ideal) dan maksimal untuk proses pelapisan. Ini mengindikasikan bahwa semakin lama proses pencelupan spesimen maka semakin tebal dan semakin keras hasil dari lapisan yang diperoleh, meskipun dari data pengujian yang diperoleh nilai kekerasan tidak terlalu linier kenaikannya dari mulai variasi waktu yang terendah hingga yang tertinggi. Namun, secara garis *trend* nilai kekerasan keseluruhan mengalami kenaikan yang cukup signifikan, (Sukrawan dan yosep 2016).

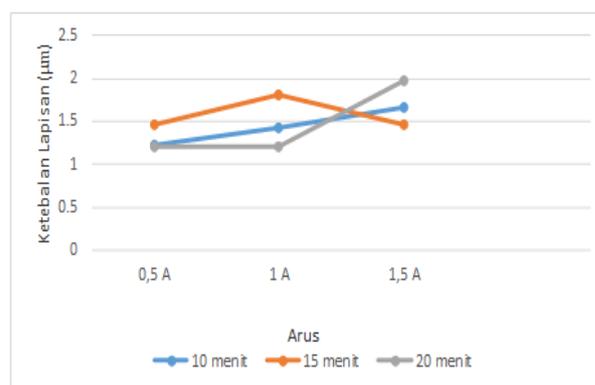
Hasil Uji Ketebalan

Pengujian ketebalan lapisan pada spesimen yang telah dilapisi *nickel-chrome* dengan metode *electroplating* dengan variasi kuat arus 0.5 A, 1 A, 1.5 A dan variasi waktu 10, 15, 20 menit ditunjukkan tabel berikut ini:

Tabel 6. Hasil uji ketebalan lapisan nikel-krom

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 di atas dapat dibuat grafik hubungan variasi kuat arus dan waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan ditunjukkan gambar 8.



Gambar 9. Grafik hubungan variasi kuat arus dan waktu pelapisan.

Dari Grafik hubungan pengaruh kuat arus dan 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 1,23 μm , 1,43 μm , dan 1,67 μm . Dan untuk penggunaan waktu 15 menit sebesar 1,47 μm , 1,80 μm , dan 1,97 μm . 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 15menit 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 1,20 μm .

Dari Grafik hubungan pengaruh kuat arus listrik terhadap ketebalan lapisan pada proses *electroplating nickel-chrome* di atas, 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 1.23 μm , dan 1,47 μm . Dan untuk penggunaan kekuatan arus listrik 1 A dengan variasi waktu 10 menit dan 15 menit memiliki nilai ketebalan sebesar 1,43 μm , 1,80 μm . Dan untuk penggunaan kekuatan arus listrik 1,5 A dengan variasi waktu 10 menit dan 20 menit memiliki nilai ketebalan sebesar 1,67 μm , dan 1,97 μm dengan

meningkatnya kuat arus listrik yang 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 sesuai dan membuat proses pengendapan kurang mengikat dengan kuat, sehingga menyebabkan endapan tidak bisa terjadi dengan maksimal bahkan terjadi pula ion-ion yang sudah mengendap kembali berjatuh 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.

Kesimpulan

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

1. Kekerasan tertinggi dengan arus 1 A dan waktu 10 menit adalah 206 VHN atau 0.212% lebih keras dibandingkan raw material.
2. Ketebalan spesimen hasil *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 yaitu 1.97 μm .
3. Dari semua pengujian di atas dapat di simpulkan bahwa variasi kuat arus dan waktu berpengaruh terhadap kekerasan dan ketebalan.

Daftar Pustaka

- Ahmad dan Azhar. M, (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, (2012). 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 dan Surya. A, (2015). 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. R dan Mahendra S.A (2014). Pengaruh Waktu Pencelupan dan Temperatur Proses Elektroplating Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Permukaan Baja ST42, "*Jurnal Teknik Mesin, Volume 03, No. 01, 2014*".
- 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*".
- 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 dan Yusep, (2016). Analisis Variasi Waktu Proses Hard Chrome Terhadap Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Pada Besi Cor Kelabu, "*Jurnal Torsi Volume 01, No. 01, 2016*".
- Surdia, T dan Saito. S, (1994). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan Keempat. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Tarwijayanto dan 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_04 2,5 gr/lit pada proses elektroplating." *Skripsi jurusan teknik mesin fakultas teknik universitas sebelas maret surakarta*".