

PENGARUH WAKTU ELEKTROPLATING NICKEL-CHROME TERHADAP SIFAT KETEBALAN LAPISN DAN KEKASARAN PADA COLLAR RING PERALATAN PANCING DENGAN BAHAN KUNINGAN

Deny Shahela

Program studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

E-Mail : denishahela@gmail.com

Abstrak

Indonesia is one of the countries that have a metal handicraft industry centers, some metal subdivided pamor craft in the Indonesia gold (Au), Silver (Ag), copper (Cu), brass (CuZn), etc. However, the metal has a deficiency of namely can be contaminated with the surrounding environment. Contaminated metal can damage the surface of metal or function, which happen scientifically and not be prevented completely. This research uses a method of coating a surface or electroplating which refers to previous research. The process of electroplating in this study with the time variation of the coating that is 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes using the same flow namely 2,3 volts to know the thickness and maximum roughnes after testing. Data obtained this indicates the existence of a difference between the thickness value is inversely proportional to the value of maximum thickness value where the roughness average in 90 minutes time variation of the thickness of the outer 65.19 μm , 17.15 μm the inside and maximum roughness variation occurred in a 30-minute namely 0.054 μm and likewise with the smallest value exists on the thickness with variasa 30-minute namely 23.22 μm exterior, 12.73 μm roughness value of the inside and happened on a variation time 90 minutes namely 0.028 μm .

I. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sentra industri kerajinan logam. Beberapa logam yang menjadi pamor kerajinan di Indonesia yaitu emas (Au), perak (Ag), tembaga (Cu), kuningan (CuZn), dan lain sebagainya. Kerajinan tembaga salah satu kerajinan yang cukup maju di pulau Jawa terutama di Jawa Tengah dan Yogyakarta. Perkembangan sentra industri kerajinan tembaga begitu pesat berkembang. Akan tetapi kerajinan tembaga memiliki kekurangan yaitu dapat terkorosi. Masalah dari logam tembaga adalah mudahnya terkontaminasi dengan lingkungan sekitar. *Collar ring* pada bagian tunjung (gagang) atau bagian pangkal viber pancing mudah mengalami korosi dikarenakan bagian logam dasar secara langsung terkontaminasi dengan

air, tanah atau kotoran lainya yang menyebabkan terjadinya korosi dan dapat merusak fungsi maupun permukaan dari logam kuningan.

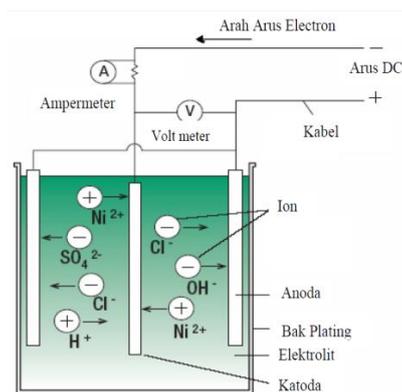
Pelapisan suatu logam diperlukan suatu cara atau metode pelapisan, dalam dunia logam ada beberapa teknik pelapisan terhadap logam, diantaranya adalah *elektroplating*, *coating* konversi, *plating-elektroless* (tanpa listrik). Dari sekian metode penelitian logam, maka satu metode yang dapat dikembangkan agar proses pelapisan berlangsung dengan baik, yaitu metode *electroplating*. *Electroplating* merupakan suatu pelapisan logam secara elektrolisis melalui penggunaan arus searah dan larutan kimia (elektrolit) yang berfungsi sebagai penyedia ion-ion logam membentuk endapan (lapisan) logam elektroda katoda.

II. Landasan Teori

A. Prinsip dasar elektroplating

Elektroplating atau lapis listrik merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik melalui suatu larutan elektrolit. Larutan yang digunakan harus sesuai dengan bahan yang digunakan untuk menyepuh yang dipasang sebagai anoda. Jika akan menyepuh benda dengan krom maka larutan elektrolitnya adalah asam kromat (H_2CrO_4) (Sutresna, 2008).

Electroplating (penyepuhan) adalah proses pelapisan logam dengan logam yang lebih tipis melalui prinsip bahwa logam yang akan disepuh diperlukan sebagai katoda, dan logam penyepuh diperlukan sebagai anoda, dalam penyepuhan kedua elektroda dimasukan kedalam elektrolit yaitu larutan yang mengandung ion logam penyepuh. *Electroplating* juga dapat didefinisikan sebagai pelapisan logam pada benda padat konduktif dengan bantuan arus listrik.



Gambar 2.1 Skema elektroplating

Bahan pelapis

Nikel (*nickel*) adalah logam yang banyak digunakan pada industri kimia, akumulator dan pelapisan logam, karena sifatnya yang tahan korosi dan lunak. Nikel

berwarna putih keperak-perakan, berkristal halus, sehingga bila dipoles dan sebagai pelapis lindung akan kelihatan tampak rupa yang indah dan mengkilap. Nikel memiliki kekerasan dan kekuatan sedang, keuletannya dan daya hantar listrik baik (Saleh, 1995).

Krom (*Chromium*) adalah suatu logam yang mempunyai kekerasan yang tinggi, sehingga memberikan tampak rupa yang indah. *Chromium* banyak digunakan untuk lapis lindung alat-alat kecepatan tinggi (*high speed tool*), cekatan (*die*), dan bahan pemandu dalam pembuatan *stainless steel*. *Chromium* dapat diendapkan/dilapisi dengan cara lapis listrik (*electroplating*) dan semprot logam (*metal spraying*) (Hartomo dan Keneko, 1995).

B. Pelapisan

1) Pelapisan logam

Pelapisan secara celup panas (*hot dip galvanis*) adalah suatu proses pelapisan dimana logam pelapis dipanaskan hingga mencair, kemudian logam yang akan dilapisi yang disebut logam dasar dicelupkan ke dalam logam cair tersebut, sehingga pada permukaan logam dasar akan terbentuk lapisan berupa paduan antara logam berlapis dan logam dasar. Pelapisan secara listrik merupakan proses pelapisan suatu logam atau logam secara elektrolisis melalui penggunaan arus listrik searah (*direct current*) dan larutan kimia (elektrolit). Dalam pelaksanaan proses pelapisan listrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu arus yang dibutuhkan untuk melapis (rapat arus), temperatur larutan, waktu pelapisan dan konsentrasi larutan.

2) Pelapisan krom

Pelapisan krom adalah salah satu jenis proses elektroplating dengan menggunakan bahan kromium. Pelapisan dengan menggunakan bahan krom dapat dilakukan

pada berbagai jenis logam seperti besi, baja, atau tembaga. Pelapisan krom juga dapat dilakukan pada plastik atau jenis benda lain yang bukan logam, dengan persyaratan bahwa benda tersebut harus dicat dengan cat yang mengandung logam sehingga dapat mengalirkan arus listrik. Pelapisan krom menggunakan bahan dasar asam kromat (H_2CrO_4) dan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai bahan pemicu arus, dengan perbandingan campuran tertentu. Perbandingan yang umum bisa 100:1 sampai 400:1. Jika perbandingannya menyimpang dari ketentuan biasanya akan menghasilkan lapisan yang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Faktor lain yang dapat berpengaruh pada proses pelapisan krom ini adalah temperatur larutan dan besar arus listrik yang mengalir sewaktu melakukan pelapisan. Temperatur pelapisan bervariasi antara (35 s/d 60) °C dengan besar perbandingan besar arus (0,14 s/d 0,43) A/cm². Bahan elektroda yang digunakan pada jenis pelapisan ini adalah krom (Cr) sebagai anoda (kutub positif) dan benda yang akan dilapisi sebagai katoda (kutub negatif). Jarak antara elektroda tersebut antara (9 s/d 29) cm. Sumber listrik yang digunakan adalah arus searah dengan beda potensial berkisar antara 4 s/d 25 Volt.

C. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses elektroplating

- Suhu
- Kerapatan arus
- Konsentrasi ion
- Agitasi
- Throwing power
- Konduktivitas
- Nilai pH
- Pasivitas
- Waktu pelapisan

D. Elektrolisis

Elektrolisis merupakan suatu proses kimia yang menggunakan energi listrik, agar reaksi kimia yang terjadi secara *non* spontan dapat berlangsung. Proses ini berlawanan dengan reaksi redoks yang terjadi secara spontan, yang menghasilkan perubahan energi kimia menjadi energi listrik. Ada beberapa macam jenis penggunaan elektrolisis yang biasa digunakan, contohnya:

- a. Elektrodeposisi
- b. Elektrosintesis
- c. Elektrodegradasi

Pada proses elektrolisis ada beberapa komponen yang terdapat

- a. Katoda

Katoda merupakan elektroda negatif dalam larutan elektrolit dimana pada katoda ini terjadi penempelan ion-ion yang tereduksi dari anoda. Katoda bertindak sebagai logam yang akan dilapisi atau produk yang bersifat menerima ion. Katoda dihubungkan ke kutub negatif dari arus listrik. Katoda harus bersifat konduktor supaya proses elektrolisis dapat berlangsung dan logam pelapis menempel pada katoda.

- b. Anoda

Anoda merupakan elektroda yang mengalami reaksi oksidasi. elektroda ini adalah kebalikan dari katoda, dari rangkaian elektrolisis karena bertindak sebagai kutub positif. Anoda berupa logam penghantar listrik, pada sel elektrokimia anoda akan terpolarisasi jika arus listrik mengalir ke dalamnya. Arus listrik mengalir berlawanan dengan arah pergerakan elektron. Peranan anoda pada proses elektrolisis sangat penting dalam menghasilkan kualitas lapisan. Pengaruh kemurnian/kebersihan anoda terhadap elektrolit dan penentuan optimalisasi ukuran serta bentuk anoda perlu diperhatikan.

c. Larutan elektrolit

Elektrolit merupakan suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ionnya. Ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektrolit dapat berupa senyawa basa, asam dan garam. Larutan elektrolit dapat dibuat dari larutan asam, basa dan garam logam yang dapat membentuk muatan ion-ion negatif. Tiap jenis pelapisan, larutan elektrolitnya berbeda-beda tergantung pada sifat-sifat elektrolit yang diinginkan. Larutan elektrolit selalu mengandung garam dari logam yang akan dilapisi. Garam-garam tersebut sebaiknya dipilih yang mudah larut, tetapi anionnya tidak mudah tereduksi. Meskipun anion tidak ikut langsung dalam proses terbentuknya lapisan dalam proses terbentuknya lapisan, tetapi jika menempel pada permukaan katoda akan menimbulkan gangguan bagi terbentuknya mikrostruktur lapisan.

E. Derajat keasaman (pH)

Larutan pH adalah skala derajat keasaman dari suatu cairan. Skala PH mulai dari 0-14, dimana skala 7 merupakan PH netral (pH air murni). Apabila pH dibawah skala 7 maka disebut cairan asam, sedangkan pH diatas skala 7 adalah kondisi cairan yang basa. Ini penting dipahami dalam proses elektroplating. Sebab konsentrasi pH ini berkaitan erat dengan daya hantar atau konduktivitas listrik dari cairan elektrolit dan kelarutan dari anoda nikel. pH juga mempengaruhi durasi *leveling*, *brightness*, dan *ductility* hasil pelapisan nikel. Dalam proses nikel *plating*, skala PH semakin lama semakin naik seiring dengan pengoprasian dan pemakaian larutan. PH ideal larutan elektrolit dalam cairan nikel ini 4,5-4,9 sedangkan pH optimal 4,8. Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila

keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan PH meter yang berkerja berdasarkan prinsip elektrolit / konduktivitas suatu larutan.

Cara menurunkan pH larutan nikel :

- Masukan asam sulfat pekat sebanyak 200ml kedalam bak cairan nikel.
- Lakukan pengadukan secara perlahan.
- Biarkan sekitar 15 menit untuk proses pencampuran
- Kemudian cek kadar pH dengan pH *paper*/pH meter.
- Apabila masih belum memasuki derajat *range* PH ideal maka lakukan proses tersebut kembali hingga PH turun.

Cara menaikkan pH larutan nikel :

- Larutkan 100gr soda api dengan aquades/air bersih 500ml.
- Tuangkan larutan ini secara perlahan, sambil diaduk dengan *blower* maupun pompa sirkulasi.
- Akan terbentuklah seperti bubur putih.
- Diamkan dan biarkan selama 1x24 jam
- Kemudian lakukan pengecekan dengan menggunakan PH *paper*.
- Ulangi cara tersebut apabila pH belum sesuai yang diinginkan.

F. Viskositas

Viskositas atau kekentalan merupakan gaya gesekan antara molekul-molekul yang menyusun suatu fluida, molekul-molekul yang membentuk suatu fluida saling gesek menggesek ketika fluida tersebut mengalir. Pada zat cair viskositas disebabkan karena adanya gaya kohesi (gaya tarik menarik antara molekul sejenis) sedangkan dalam zat gas viskositas disebabkan oleh tumbukan antar molekul. Viskositas juga dapat dikatakan sebagai gesekan internal yang terjadi pada fluida. Viskositas memberikan

gaya perlawanan terhadap sebuah objek yang berada didalam fluida sehingga mengakibatkan interaksi antara objek dan fluida berupa gesekan. Dampak dari viskositas memiliki peran penting untuk perilaku fluida dalam sebuah ruang berpengaruh dalam aliran darah didalam tubuh, pelumas dari bagian-bagian mesin, aliran fluida dalam pipa berongga dan lain-lain. Minyak pelumas mesin harus mengalir secara merata dalam kondisi mesin yang dingin maupun panas, karena itu pelumas dirancang memiliki variasi perubahan temperatur sekecil mungkin terhadap perubahan viskositas.

III. Metodologi Penelitian Langkah Kerja Diagram Alir Penelitian

3.1. Waktu dan tempat

Penelitian ini dilakukan dari bulan November 2018, bertempat di Omah Krom yang berlokasi di Pirakbulus, Sidomulyo, Godean, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

3.2. Alat dan bahan

A. Peralatan

Dalam proses elektroplating alat-alat yang diperlukan sampai dengan selesai, diantaranya:

- Trafo DC
- Bak cairan elektrolit
- *Blower*
- Pompa sirkulasi
- Pipa titanium
- *Heater*
- *Filter*
- Bol *tuner*
- Gerinda
- Boumeter
- Termometer
- Ph *papper*
- *Stopwatch/timer*

- Mesin poles
- Kabel/tembaga strip
- Sikat *wirebrush* dan kuas

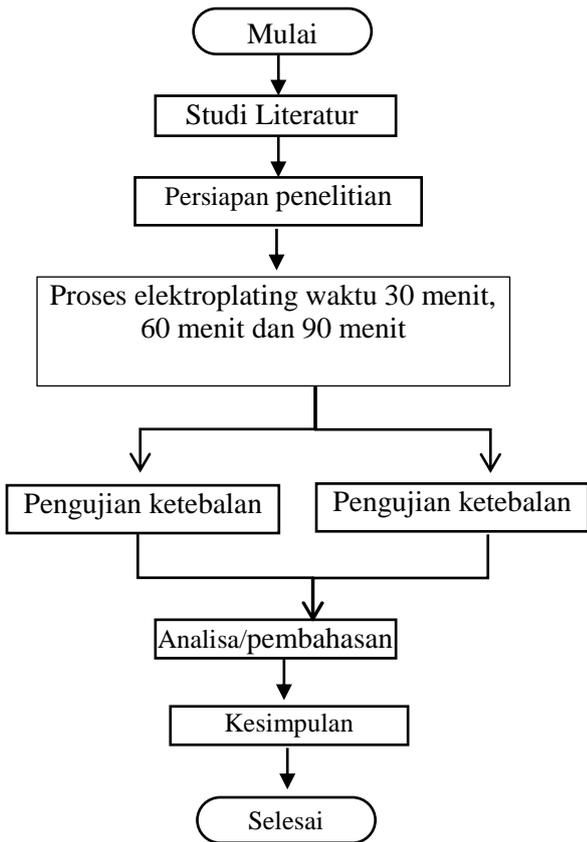
B. Bahan

Adapun bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

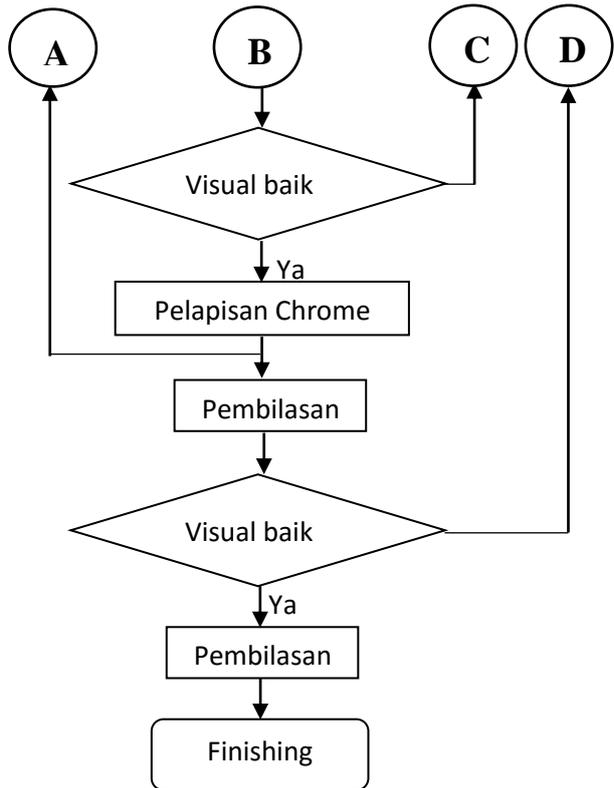
- Cairan elektrolit *nickel*
- Cairan elektrolit *chrome*
- Cairan *chrome remover*
- Cairan *nickel remover*
- Senyawa *aditif anti pitting* dan *brightener*
- *Zincate* dan ABF
- Barium *carbonat*
- Sodium metabisulfit
- *Chrome catalist*
- Asam *chlorida* 32%
- Asam nitrat 85%
- Asam sulfat 98%
- Causic soda
- *Calcium carbonat*
- *Paint remover*
- *Nickel sheet*
- Timah plate
- Batu ijo/langsol
- Alkaline *cleaner*
- Kain poli
- Lem dan amplas
- Masker dan kacamata

3.5 Diagram alir

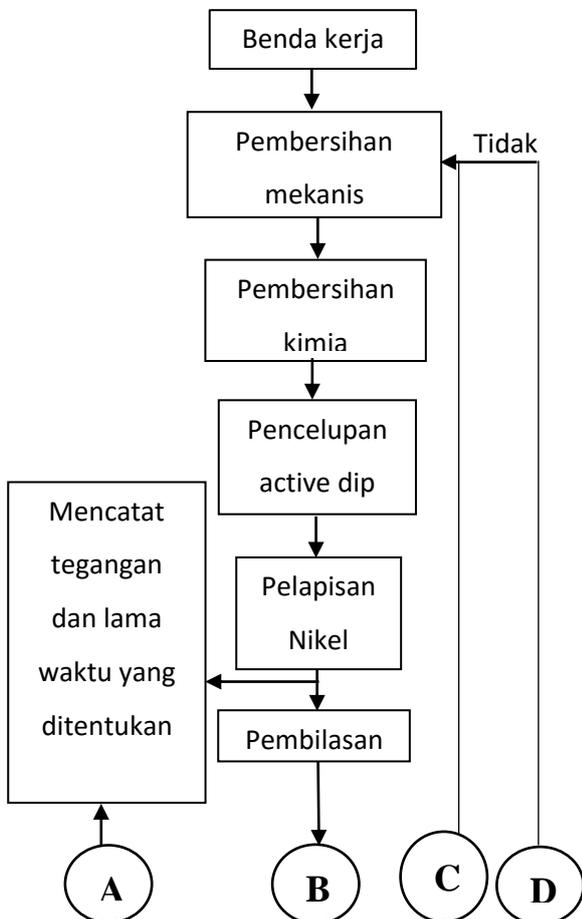
Tahapan-tahapan penelitian ini di tuangkan pada diagram alir yang bisa dilihat dibawah ini.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian



Gambar 3.2. Diagram alir proses elektroplating



IV. Pembahasan

4.1. Pengujian ketebalan

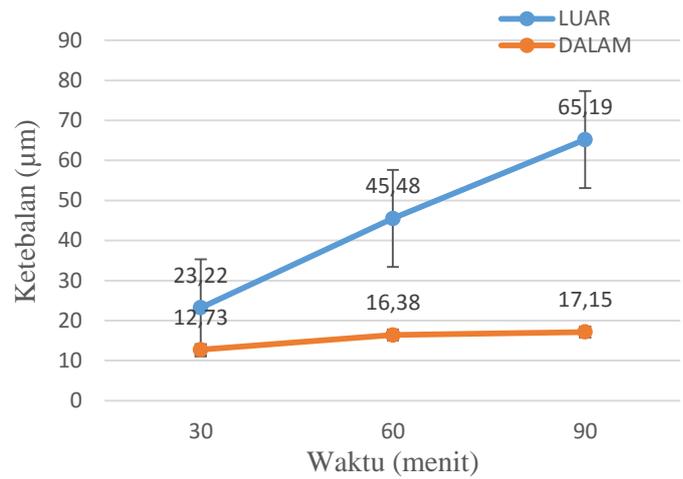
Sebelum melakukan pengujian ketebalan sebaiknya benda kerja di resin terlebih dahulu tujuannya agar pada saat dilakukan proses pemotongan bagian plating tidak terkelupas atau pecah. Selanjutnya pengukuran tebal lapisan *electroplating* dilakukan dengan menggunakan mikroskop olympus bx53m dengan perbesaran 200x. Langkah selanjutnya dilakukan pengukuran ketebalan di beberapa bagian dari setiap spesimen seperti data yang dicontohkan sebagai berikut:



Gambar 4.1. Bagian-bagian pengukuran ketebalan

Tabel 4.1 Data dari hasil pengukuran ketebalan di dapat sebagai berikut:

Bagian	No	Ketebalan lapisan elektroplating					
		30 menit		60 menit		90 menit	
		Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam
A	1	22,06 μm	13,95 μm	38,24 μm	44,12 μm	47,06 μm	14,48 μm
	2	39,36 μm	6,58 μm	74,67 μm	31,16 μm	75,92 μm	8,57 μm
	3	23,36 μm	8,57 μm	50,00 μm	19,62 μm	54,41 μm	7,35 μm
B	4	41,18 μm	40,97 μm	38,24 μm	42,65 μm	88,24 μm	14,71 μm
	5	41,85 μm	17,65 μm	72,79 μm	23,02 μm	73,01 μm	32,35 μm
	6	22,06 μm	7,92 μm	42,65 μm	14,71 μm	76,70 μm	18,43 μm
C	7	17,65 μm	-	30,88 μm	7,35 μm	39,71 μm	4,41 μm
	8	17,21 μm	-	32,35 μm	5,88 μm	38,24 μm	3,29 μm
	9	14,65 μm	-	24,96 μm	-	29,12 μm	3,29 μm
D	10	10,29 μm	13,15 μm	25,00 μm	8,82 μm	57,35 μm	20,43 μm
	11	13,24 μm	-	27,94 μm	7,35 μm	52,94 μm	5,30 μm
	12	14,56 μm	-	22,88 μm	2,94 μm	47,83 μm	12,65 μm
E	13	16,44 μm	-	35,36 μm	4,41 μm	43,67 μm	-
	14	27,04 μm	-	54,73 μm	-	68,63 μm	-
	15	16,18 μm	-	48,53 μm	-	60,29 μm	-
F	16	20,80 μm	-	29,12 μm	4,41 μm	50,19 μm	-
	17	32,29 μm	-	49,43 μm	2,08 μm	97,06 μm	-
	18	23,53 μm	-	42,65 μm	-	80,88 μm	-
G	19	19,12 μm	8,20 μm	54,41 μm	10,60 μm	55,88 μm	7,35 μm
	20	30,88 μm	8,57 μm	72,06 μm	19,12 μm	85,29 μm	35,29 μm
	21	-	-	-	33,28 μm	-	27,04 μm
H	22	22,06 μm	10,29 μm	51,47 μm	14,71 μm	91,18 μm	17,15 μm
	23	25,00 μm	4,16 μm	82,38 μm	17,56 μm	120,59 μm	27,94 μm
	24	-	-	-	13,87 μm	-	48,69 μm
Rata-rata		23,22 μm	12,73 μm	45,48 μm	16,38 μm	65,19 μm	17,15 μm



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara lama waktu pelapisan dengan ketebalan pelapisan

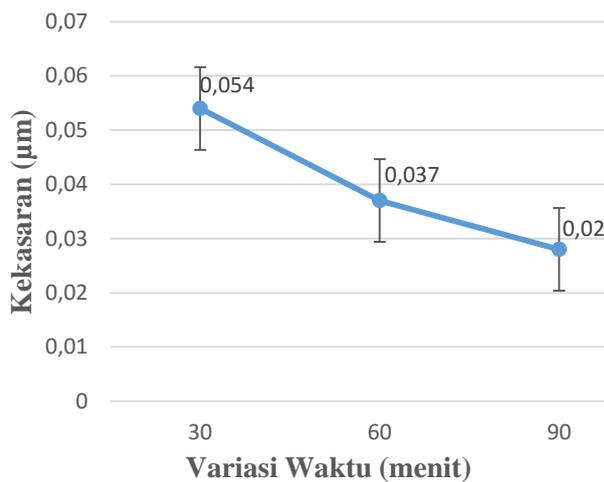
Semakin lama waktu pelapisan *plating* maka semakin tebal lapisan yang terjadi dikarenakan dipengaruhi oleh parameter waktu. Jadi hubungan antara lama waktu pelapisan dengan ketebalan lapisan adalah berbanding lurus yaitu semakin lama waktu pelapisan maka semakin tebal pula lapisan *plating* yang terjadi dengan menggunakan arus yang sama.

4.2. Pengujian kekasaran

Pengujian kekasaran *electroplating* dilakukan dengan menggunakan *surface roughness tester* YRT 200. Langkah selanjutnya dilakukan uji kekasaran di tiga bagian berbeda dari spesimen per variabel waktu.

Tabel 4.2 Data hasil pengujian kekasaran sebelum dan sesudah dilakukan proses *electroplating*.

No	Hasil uji kekasaran sebelum plating	Hasil uji kekasaran setelah plating			
		30 Menit	60 Menit	90 Menit	
1	0,477 μm	0,051 μm	0,035 μm	0,025 μm	
2	0,493 μm	0,055 μm	0,038 μm	0,028 μm	
3	0,497 μm	0,057 μm	0,039 μm	0,031 μm	
Average		0,489 μm	0,054 μm	0,037 μm	0,028 μm
Stdev		0,010 μm	0,003 μm	0,002 μm	0,003 μm



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara kekasaran dengan waktu pelapisan

Proses *electroplating* dipengaruhi oleh parameter waktu pencelupan dengan tegangan tetap, dapat dinyatakan bahwa proses pembentukan lapisan nikel melalui proses *electroplating* pada material kuningan memberikan penurunan tingkat kekasaran. Pada pelapisan 30 menit menunjukkan tingkat kekasaran 0,054 μm tingkat kekasarannya lebih tinggi dibandingkan dengan yang 60 menit dan 90 menit, karena kemungkinan belum rata hasil pencelupannya. Pada hasil pelapisan dengan turunannya nilai rata-rata kekasaran permukaan spesimen 30 menit yaitu 0,054 μm ke spesimen 60 menit yaitu 0,037 μm dan pada spesimen terakhir yaitu 90 menit menunjukkan angka penurunan yang paling tinggi yaitu 0,028 μm . Karena lapisan yang paling lama waktu pelapisannya akan menghasilkan kekasaran rendah, hal ini karena nikel yang menempel pada spesimen lebih merata.

4.3. Analisa biaya

Ukur amper DC dari barang pada saat dikerjakan (misal : A *ampere*) dengan menggunakan tang ampere DC pada kawat gantungan. Hitung waktu yang diperlukan

untuk mendapatkan lapisan nikel yang diinginkan (misal : T menit)

Prinsip dasar, untuk cairan nikel *standard* (kadar nikel *sulphate*, nikel *chloride*, dan *boric acid*) dan proses kerja yang *standard* pula (panas, pH, volt, dll), maka setiap 1000 *ampere jam*, kira-kira berat nikel yang melapisi sekitar 1000 gr, atau dengan kata lain 1 *ampere jam* = 1 gr nikel.

Rumus untuk menghitung berat nikel :

$$W = A \times T / 60 \text{ gr}$$

$$\text{Harga} = \frac{W \cdot \text{harga nikel/kg}}{sf \cdot 1000}$$

Sf = biaya listrik, peralatan dan pengerjaan.

30 menit

Misal : *Collar Ring* dengan diameter 1,5 cm mempunyai ampere 13 Ampere dan *nickel* selama 30 menit, maka *nickel* yang dilapisi :

$$W = 13 \times 30 / 60 = 6,5 \text{ gr}$$

$$\text{Harga} = \frac{6,5 \cdot 300.000}{3 \cdot 1000} = 5,850$$

Misal harga nikel 1 Kg = Rp. 300.000. Maka nikel yang melapisi bernilai Rp 5,850. Sudah termasuk biaya produksi, biaya listrik, dan penyusutan alat.

60 menit

Misal : *Collar Ring* dengan diameter 1,5 cm mempunyai ampere 13 Ampere dan dinickel selama 60 menit, maka *nickel* yang dilapisi :

$$13 \times 60/60 = 13 \text{ gr}$$

$$\text{Harga} = \frac{13 \cdot 300.000}{3 \cdot 1000} = 11,700$$

Misal harga nikel 1 Kg = Rp. 300.000. maka nikel yang melapisi bernilai Rp 11,700. Sudah termasuk biaya produksi, biaya listrik, dan penyusutan alat.

90 menit

Misal : *Collar Ring* dengan diameter 1,5 cm mempunyai ampere 13 Ampere dan dinickel selama 90 menit, maka *nickel* yang dilapisi :

$$W = 13 \times 90/60 = 19,5 \text{ gr}$$

$$\text{Harga} = \frac{19,5 \cdot 300.000}{3 \cdot 1000} = 17,550$$

Misal harga nikel 1 Kg = Rp. 300.000.- maka nikel yang melapisi bernilai Rp 17,550 Sudah termasuk biaya produksi, biaya listrik, dan penyusutan alat.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Ketebalan spesimen hasil proses *electroplating* semakin meningkat seiring bertambahnya arus dan waktu yang di berikan atau dapat dikatakan

berbanding lurus dengan naiknya arus dan waktu, baik secara teoritis maupun pengamatan mikroskop. Dimana nilai ketebalan dengan waktu 30 menit bagian luar 23,22 μm , bagian dalam 12,72 μm , waktu 60 menit bagian luar adalah 45,48 μm , bagian dalam 16,38 μm dan ketebalan teringgi dengan waktu 90 menit bagian luar adalah 65,19 μm , bagian dalam 17,15 μm dengan hasil pengamatan mikroskop dengan perbesaran 200X.

2. Kekasaran yang di hasilkan berbanding terbalik waktu pelapisan dimana hasil kekasaran yg tertinggi adalah 0,054 μm pada variabel waktu 30 menit dan pada waktu 60 menit adalah 0,037 μm dan pada variabel waktu 90 menit adalah 0,028 lebih halus hal ini karena nikel yang menempel pada spesimen lebih merata..

Daftar Pustaka

Basmal, Bayuseno, Nugroho S. 2012. Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekasaran. jurnal Teknik Mesin ROTASI – Vol. 14, No. 2, April 2012: 23–28.

Fiqry. R, Toifur. M, Khusnaini A. 2018. Ketebalan Dan Nilai Resitivitas

- Lapisan Tipis Cu/Ni//Cu/Ni Hasil Penumbuhan Dengan Metode Elektroplating Pada Variasi Tegangan Deposisi (V). Seminar Nasional Edusainstek FMIPA UNIMUS. Magister Fisika Pascasarjana Universitas Ahmad Dahlan.
- Hartono A.J., Kaneko. T. 1995. *Mengenal Pelapisan Logam (electroplating)*, Andi offset, Yogyakarta.
- Mardiana & Karmiadji (2010). Analisis Pengaruh Proses Brazing Kuningan. *Jurnal Forum Teknik* Vol. 33, No. 3 September 2010.
- Paridawati. 2013. Analisa Besar Pengaruh Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrome pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol.1, No.1 Februari 2013 Universitas Islam 45 Bekasi.
- Ketut I.S. 2008. Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Krom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM* vol. 2 No. 1 (Juni 2008), Hal. 48-60.
- Rasyad A, Budi.A. 2018. Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu Dan Kuat Arus Proses Elektroplating Terhadap Kuat Tarik, Kuat Tekuk Dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah. *jurnal Rekayasa Mesin* Vol. 9, No.3 Tahun 2018: 173-182.
- Santosa B dan Syamsa M. 2007. Pengaruh Parameter Proses Pelapisan Nikel Terhadap Ketebalan Lapisan. *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 9, No. 1, April 2007: 25 – 30.
- Setyowati, Iriani.Y, Ramelan. H. A. 2012. Pengaruh Rapat Arus Terhadap Ketebalan Dan Struktur Kristal Lapisan Nikel Pada Tembaga. *Indonesian Journal Of Applied Physics* Vol. 2 No. 1 (2012).
- Sukarjo. Hb, Pani S. 2018. Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Dan Waktu *Electroplating Nickel-Chrome* Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Permukaan Baja Karbon Rendah. *Jurnal Engine* Vol. 2 No. 1. Pp No. 18-25 (Mei 2018).