

PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN JARAK ELEKTRODA PROSES PELAPISAN NIKEL KROM TERHADAP KARAKTERISTIK BAJA ST 42

Febrian Amrulloh

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: febrian.java8@gmail.com

Aisyah Endah Palupi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: aisyahp2000@yahoo.com

Abstrak

Proses elektroplating logam pada dasarnya dilakukan dengan tujuan untuk mencegah proses korosi yang menyerang pada permukaan baja. Metode pelapisan dengan cara elektroplating sangat digemari karena tampilannya yang cemerlang, distribusi bahan pelapis merata diseluruh bagian, tidak mudah terkorosi dan tahan lama. Kombinasi nikel-kromium yang digunakan pada dekorasi kendaraan bermotor, mempunyai dua fungsi, yaitu melindungi dari karat dan mempercantik penampilan kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan listrik dan jarak elektroda pada pelapisan nikel-krom secara elektroplating terhadap karakteristik baja St 42. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan memvariasikan tegangan listrik dan jarak elektroda pada proses pelapisan nikel-krom. Spesifikasi spesimen dalam pengujian ini menggunakan baja St 42 dengan diameter 40 mm dan tebal 10 mm. Variasi tegangan listrik sebesar 6 volt, 9 volt, dan 12 volt. Variasi jarak elektroda: 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Kuat arus 15 Amper dan suhu proses pelapisan dikontrol sebesar 50°C dengan durasi pelapisan selama 20 menit. Setelah itu spesimen akan diuji ketebalan, kekasaran, dan kekerasannya. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa tegangan listrik dan jarak elektroda mempunyai pengaruh terhadap karakteristik baja St 42. Nilai statistik untuk ketebalan lapisan, dengan nilai *P value* 0,00 dan F_{hitung} 35,70. Kekasaran dengan nilai *P value* 0,002 dan F_{hitung} 8,29, sedangkan kekerasan dengan nilai *P value* 0,00 dan F_{hitung} 26,90. Variabel-variabel terikat antara lain: ketebalan, kekasaran, dan kekerasan yang paling erat hubungannya adalah antara ketebalan dan kekerasan dengan nilai *P value* 0,00 dan *pearson correlation* 0,981. Hasil pelapisan yang optimal adalah pada tegangan 6 volt dan jarak 6 cm dengan nilai rata-rata kekasaran sebesar 0,28 μm , 0,75 μm , dan 0,67 μm , karena dari segi tampilan dan kehalusan permukaan mendukung untuk tujuan dekoratif pelapisan nikel krom.

Kata kunci: *electroplating, baja st 42, jarak elektroda, tegangan listrik*

Abstract

Actually metal electroplating process is done to avoid corrosion process which is happened on the surface of the steel. Coating metode by electroplating is like because of the result is bright, the distribution of coating material spread well all of the part, its not easy to be corrosion for a long time. The combination nickel chromium is used on the decoration of vehicles, has two function, those are to avoid from carat and to make beauty of the vehicle. The effect of parameter on the methode of electroplating coating is needed to be noticed in order to get the best result, one of them is: the effect of electrical voltage and the second is the distance between anode and cathode. Based on the explanation, its needed to be done a result in order to know the effect of electrical voltage and the distance of electrode on the coating of nickel chrome by electroplating on the characteristic of the St 42 Steel. The kind of the research is experiment research. The total of experiment which is used in this experiment is 27 speciment, it is done in diferent of the process, they are difference of electrical voltage and the distance electrode on nickel chrome coating by electroplating. The specification of the spesiment in this test is used the stell of St 42, the diameter of the steel iis 40 mm and the thick is 10 mm. The variation of electrical voltage are 6 volt, 9 volt, and 12 volt. The variation of the distance between anode and cathode are 4 cm, 6 cm, and 8 cm. The strong of the wave iis 15 ampere and the temperature of the coating process is 50°C for 20 minutes. After that speciment will be tested the thickness, roughness, and hardness. The result of this research is shown that between electrical voltage and the distance of electrode have effect on the characteristic of the St 42 Steel. Stastical value for coating thickness with *P value* 0,000 and F_{count} 35,70, roughness with *P value* 0,002 and F_{count} 8,29 and than hardness with *P value* 0,000 and F_{count} 26,90. The variable are: the thickness, the roughness, and the hardness, the closed relation are thickness and hardness with *P value* 0,00 dan *pearson correlation* 0,981. The optimal covering result is on 6 v by distance 6 cm, the result roughness are 0,28 μm , 0,75 μm , and 0,67 μm , because of the result and the softness of the surface is needed to coating decorative nickel chrome

Keywords : electroplating, St 42 steel, electrode distance , electrical voltage

PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan jaman dan berkembangnya teknologi, berbagai produk yang terbuat dari logam dapat direkayasa dengan berbagai cara seperti, dibentuk, dicetak dan diwarnai serta dilapisi dengan logam lain untuk memperoleh sifat ataupun tampilan yang berbeda. Bahkan untuk proses penyelesaian (*finishing*) berbagai macam perlakuan diberikan misalnya, dipoles, dipernis, dicat, dan dilapisi logam. Proses *finishing* diperlukan bagi jenis logam yang mudah mengalami korosi, selain itu juga berfungsi untuk tujuan dekoratif (memperindah penampilan).

Proses elektroplating logam pada dasarnya dilakukan dengan tujuan untuk mencegah proses korosi yang menyerang pada permukaan baja. Saat ini, metode pelapisan dengan cara elektroplating sangat digemari karena tampilannya yang cemerlang, distribusi bahan pelapis merata diseluruh bagian, tidak mudah terkorosi dan tahan lama. Produk yang dihasilkan banyak digunakan sebagai dekorasi pada kendaraan roda dua maupun pada kendaraan roda empat.

Metode pelapisan elektroplating dipengaruhi oleh beberapa parameter yang berpengaruh dan perlu diperhatikan agar diperoleh hasil pelapisan yang baik diantaranya : kuat arus, jarak elektrode, distribusi arus, waktu pelapisan, agitasi, tingkat kepekatan larutan elektrolit dan lain-lain (Adnyani dan Triadi, 2009: 77).

Penelitian Anwar Sanwil (2008:49), mengenai variabel tegangan terhadap hasil elektroplating pada alat penyepuh logam dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan hasil sepuhan yang baik adalah dengan tegangan yang kecil dan arus yang besar. Tegangan yang besar akan menurunkan kualitas hasil sepuhan.

Ahmad M.A. (2011: 16), melakukan analisa pengaruh besar tegangan listrik terhadap ketebalan pelapisan krom pada pelat baja dengan proses elektroplating. Hasil dari analisisnya, menyatakan bahwa penurunan ketebalan lapisan terjadi pada spesimen yang mendapatkan kenaikan tegangan, meskipun tegangan bertambah tapi tetap terjadi penurunan, pelapisan paling tebal terjadi pada spesimen dengan tegangan yang paling kecil.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Kurneli Osye, dkk. (2013: 8), mengenai pengaruh jarak elektroda *hardchrome* dapat disimpulkan bahwa variasi jarak anoda dengan katoda *hard chrome electroplating* memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan baja AISI 1025 hasil proses *tempering*. Semakin dekat jarak anoda dengan katoda pada *hardchrome* akan menghasilkan lapisan yang lebih tebal sehingga kekerasannya semakin meningkat.

Berdasarkan uraian hasil penelitian diatas, maka penelitian ini mengembangkan parameter-parameter berpengaruh dalam proses pelapisan, yaitu pengaruh tegangan dan jarak elektroda proses pelapisan nikel-krom terhadap karakteristik baja St 42.

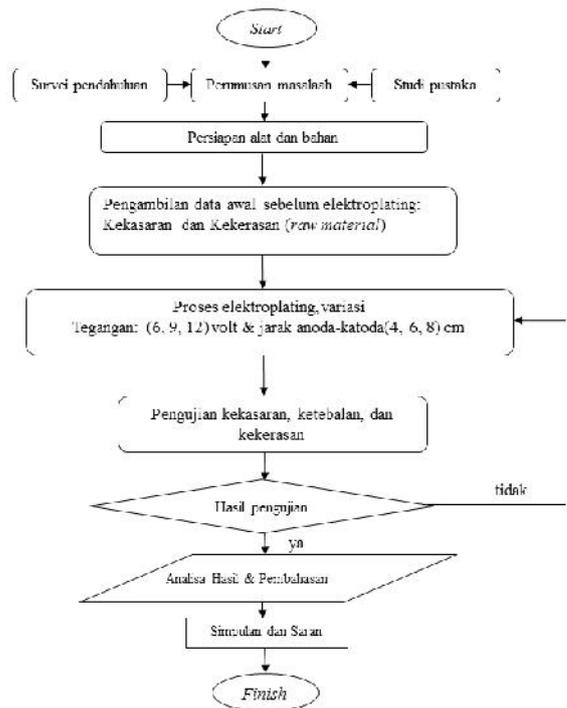
Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan listrik dan jarak elektroda terhadap nilai kekerasan, ketebalan, dan kekasaran baja St 42, mengetahui pengaruh ketebalan terhadap nilai kekerasan dan kekasaran baja St 42 setelah proses

pelapisan nikel krom, mengetahui tegangan listrik dan jarak elektroda yang optimal pada pelapisan nikel-krom terhadap karakteristik baja St 42.

Manfaat dari tujuan ini adalah memberikan sumbangan pemikiran tentang tegangan listrik dan jarak elektroda yang optimal dalam proses pelapisan nikel-krom secara elektroplating dan hasil penelitian yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk penelitian yang sejenis.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Tempat Penelitian

- Laboratorium Pelapisan Logam Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya untuk proses pelapisan nikel krom.
- Laboratorium Penguji-an Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya untuk uji ketebalan, kekasaran, dan kekerasan.
- PT. Hanil Jaya Stell, Waru Sidoarjo untuk penguji-an komposisi Spesimen uji

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas
Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu tegangan listrik (6 volt, 9 volt, dan 12 volt) dan jarak elektroda (4 cm, 6 cm, dan 8 cm) pada proses pelapisan nikel-krom.
- Variabel Terikat
Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu ketebalan lapisan, kekasaran lapisan, dan kekerasan baja St 42.
- Variabel Kontrol

- Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:
 - Temperatur pada proses pelapisan nikel-krom tetap, yaitu pada temperatur 50 °C.
 - Benda kerja ST 42 dengan ukuran $\varnothing = 40$ mm , T= 10 mm.
 - Jumlah volume larutan elektrolit sama untuk setiap pengujian
 - Kuat Arus 20 Amper
 - Beban pengujian kekerasan sama untuk setiap spesimen uji

Alat dan Bahan

- Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

 - *Digital Rockwell Hardness Tester*
 - *Microprocessor coating thickness gauge*
 - *Surface Roughness Tester*
 - *Heater*
 - Termo kontrol
 - Gergaji potong
 - Jangka sorong
 - Gelas ukur
 - Neraca digital
 - *Stopwacht*
 - Bak elektrolit
 - Mesin bor
- Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

 - Baja St 42
 - Anoda nikel
 - Anoda timah hitam
 - H_3BO_3 (*Boric acid*)
 - $NiSO_4$ (*Nikel sulfat*)
 - $NiCl_2$ (*Nikel klorida*)
 - Larutan *chromic acid* (CrO_3)
 - Aquades
 - H_2SO_4 (Asam sulfat) dengan konsentrasi 15%
 -

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini diperoleh dengan cara melakukan percobaan terhadap objek yang akan diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan adalah nilai ketebalan, kekasaran, dan kekerasan yang sesuai pada baja St 42 setelah proses elektroplating agar memperoleh hasil yang maksimal. Pengujian karakteristik dari baja St 42 tersebut dilakukan di laboratorium pengujian bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.

Prosedur Penelitian

- Persiapan Penelitian
 - Persiapan Bahan
 - Persiapan Alat-alat
- Pengujian Komposisi

Uji komposisi ditujukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam bahan yang

digunakan. Proses pengujian komposisi adalah untuk mengetahui seberapa besar unsur pembentuk bahan, misalnya karbon, silikon, tembaga, Sulfur, dan unsur lainnya. Langkah-langkah pengujian komposisi adalah sebagai berikut:

- Potong bahan yang akan digunakan untuk specimen dengan diameter 50 mm dan tebal 5 mm, dibersihkan permukaannya sampai halus dan rata.
- Bahan tersebut diletakkan pada bed dan dibakar dengan semacam elektroda hingga bahan yang terkandung mengalami pencairan atau rekristalisasi. Proses rekristalisasi dari alat uji ini akan menangkap warna dengan sensor cahaya, sensor cahaya menerima dan diteruskan dalam program komputer yang akan mencatat hasilnya. Langkah ini dilakukan sebanyak tiga kali dan dirata-rata kemudian dicetak, sehingga dalam print out-nya akan terlihat tiga kali perhitungan.
- Pembuatan Spesimen

Pembuatan specimen dilakukan sebelum proses pelapisan dimulai, maka dilakukan pembuatan specimen yang nantinya akan diuji tingkat kekerasan, langkah-langkahnya sebagai berikut:

 - Bahan dipotong-potong dengan ukuran diameter 50 mm dan tebal 10 mm sesuai pada gambar 3.1 menggunakan gergaji potong.
 - Bahan yang sudah terbentuk tersebut dirapikan permukaannya dengan kikir yang halus, selanjutnya benda diampelas sampai halus.
- Persiapan Sebelum Elektroplating
 - Membersihkan specimen menggunakan larutan H_2SO_4 .
 - Pembilasan dengan air bersih dengan mencelupkannya kedalam bak air.
 - Pengeringan specimen.
 - Merangkai specimen pada kutub negatif dari *rectifier*.
 - Merangkai bahan pelapis (nikel) pada kutub positif dari *rectifier*
- Pengujian Awal sebelum Elektroplating
 - Pengukuran kekasaran specimen sebelum proses elektroplating pada 3 titik menggunakan *surface tester*.
 - Pengukuran kekerasan *raw material* sebelum proses elektroplating menggunakan alat *rockwell*.
- Tahap pelapisan nikel
 - Sampel yang sudah disiapkan dimasukkan kedalam larutan elektrolit dengan varian tegangan dan jarak elektroda yang sudah ditentukan.
 - Suhu elektrolit dipanaskan menggunakan *heater* dengan suhu 50°C .
 - Setelah selesai proses elektroplating dilakukan pembilasan air bersih.
- Tahap pelapisan krom
 - Sampel yang sudah disiapkan dimasukkan kedalam bak krom dengan varian tegangan dan jarak elektroda yang sudah ditentukan.
 - Suhu elektrolit dipanaskan menggunakan *heater* dengan suhu 50°C .

Pengaruh Tegangan Listrik Dan Jarak Elektroda Proses Pelapisan Nikel Krom

- Setelah selesai proses elektroplating dilakukan pembilasan air bersih dan kemudian spesimen dikeringkan (*drying*).
- Tahap uji akhir setelah proses pelapisan nikel-krom
 - Pengujian ketebalan lapisan menggunakan alat *microprocessor coating thickness gauge*, caranya dengan menempelkan sensor pada permukaan lapisan yang ingin diketahui nilai ketebalannya dan hasil ketebalannya akan ditampilkan pada layar.
 - Pengujian kekasaran menggunakan *surface tester*, dengan cara meletakkan sensor pada permukaan datar pada spesimen dan nantinya hasil kekasaran spesimen dapat dilihat pada layar digital.
- Pengujian kekerasan dengan prosedur dan pembacaan hasil pada pengujian kekerasan adalah sebagai berikut:
 - Memasang indenter bola baja (*Diamond Cone Indenter*) dengan skala pembebanan dan meletakkan spesimen pada posisi yang benar.
 - Meletakkan permukaan spesimen pada indenter
 - Melakukan proses pengujian
 - Mencatat nilai kekerasan pada 3 titik yang tertera pada layar dan dihitung nilai rata-ratanya.

Teknik Analisis Data

Setelah data diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dengan cara mengolah data yang sudah terkumpul. Data dari hasil pengujian dimasukkan sehingga diperoleh data yang bersifat deskriptif kuantitatif, untuk menerjemahkan dalam bentuk deskripsi, hasil penelitian ditafsirkan dengan metode kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Tegangan Listrik dan Jarak Elektroda Terhadap Karakteristik Baja St 42

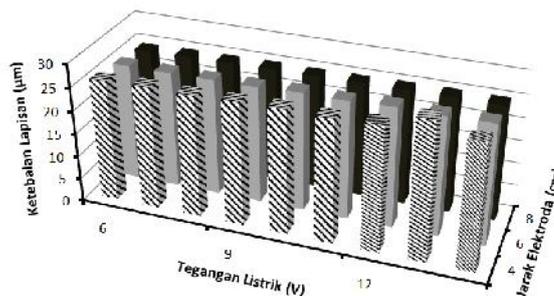
- Ketebalan Lapisan Nikel krom

Secara terperinci nilai kekasaran pada tiap variasi tegangan listrik dan jarak elektroda dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Rata-rata Ketebalan (μm) Berdasarkan Tegangan dan jarak Elektroda

Tegangan (V) \ Jarak (cm)	4	6	8
6	26,06	25,26	24,50
	26,28	25,22	24,68
	26,11	25,26	24,78
9	26,44	25,3	24,92
	26,68	25,7	24,9
	26,42	25,6	24,92
12	26,9	25,98	25,06
	29,58	25,88	25,12
	27	25,94	25,08

Nilai rata-rata ketebalan berdasarkan tegangan dan jarak elektroda seperti dalam tabel di atas untuk lebih jelasnya dapat dianalisis menggunakan gambar grafik seperti di bawah ini.



Gambar 2. Hubungan ketebalan lapisan dengan jarak elektroda dan tegangan listrik

Gambar di atas menunjukkan adanya kenaikan nilai ketebalan yang disebabkan dengan seiring kenaikan tegangan listrik yang diberikan pada tiap-tiap spesimen, semakin tinggi tegangan yang diberikan maka jumlah muatan yang mengalir dan menempel pada katoda akan semakin banyak dan menyebabkan lapisan yang dihasilkan semakin tebal. Pengaruh jarak pada gambar diatas dapat dilihat bahwa semakin dekat jarak antara anoda dan katoda, maka ketebalannya akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan adanya *throwing power*. Semakin dekat jarak anodadan katoda maka hambatan dari larutan tersebut akan semakin kecil dan *throwing power* juga akan semakin besar sehingga mempengaruhi kerapatan nikel krom dan ketebalan lapisan nikel krom tersebut akan semakin bertambah.

Jika dilihat dengan analisis statistik dengan Minitab, untuk mengetahui adanya pengaruh dari setiap variabel, dapat dijelaskan melalui persamaan matematis regresi antara lain:

$$\text{Ketebalan} = 27,3 + 0,155 \text{ tegangan} - 0,487 \text{ jarak}$$

Persamaan regresi di atas dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan nilai tegangan sebesar satu satuan maka diikuti pula dengan kenaikan nilai ketebalan sebesar 0,155. Sedangkan setiap kenaikan untuk nilai jarak sebesar satu satuan maka akan diikuti dengan penurunan nilai ketebalan sebesar 0,487. Hipotesis untuk pengaruh tegangan listrik dan jarak elektroda terhadap ketebalan lapisan nikel krom dapat dilihat di bawah ini.

H_0 = Tegangan listrik dan jarak elektroda tidak berpengaruh signifikan terhadap ketebalan lapisan nikel krom.

H_a = Tegangan listrik dan jarak elektroda berpengaruh signifikan terhadap ketebalan lapisan nikel krom.

Pada bagian *analysis of variance* (Lampiran 1), dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh apabila nilai *P value* kurang dari batas kritis penelitian atau alpha. Nilai *P Regression* pada *analysis of variance* sebesar 0,000 dimana $< 0,05$ dan $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($35,70 > 3,40$) maka H_0 ditolak, dan dapat disimpulkan bahwa secara simultan tegangan listrik dan jarak elektroda

mempunyai pengaruh signifikan terhadap ketebalan lapisan nikel krom.

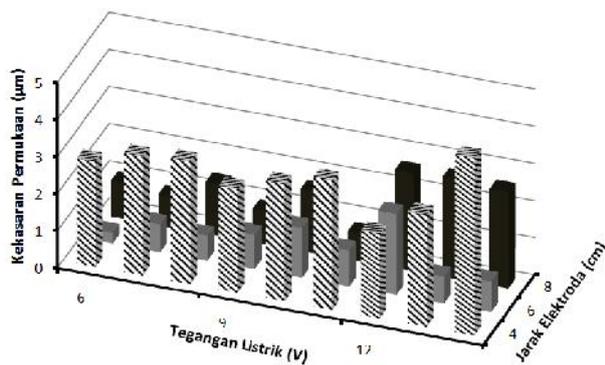
- Kekasaran Permukaan

Hasil pengujian kekasaran permukaan spesimen setelah elektroplating dengan variasi tegangan listrik dan jarak elektroda dari spesimen baja St. 42 dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Rata-rata kekasaran berdasarkan tegangan dan jarak elektroda

Tegangan (V) \ Jarak (cm)	4	6	8
6	2,84	0,28	0,97
	3,20	0,75	0,85
	3,30	0,67	1,40
9	2,79	0,93	0,92
	3,15	1,35	1,67
	3,18	0,96	0,76
12	2,27	2,17	2,65
	3,01	0,72	2,68
	4,77	0,82	2,60

Agar lebih jelas, hubungan antara kekerasan lapisan nikel krom, jarak elektroda, dan tegangan listrik dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 3. Hubungan tegangan listrik dan jarak elektroda terhadap kekasaran permukaan

Gambar di atas menunjukkan bahwa jika tegangan operasional semakin tinggi, maka nilai kekasaran meningkat. Tetapi dalam satu kondisi tegangan operasional, peningkatan jarak elektroda pada proses pelapisan terdapat ketidakaturan kenaikan nilai kekasaran. Gambar di atas menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan lapisan nikel krom lebih dominan dipengaruhi oleh tegangan dari pada oleh jarak elektroda. Namun demikian nilai kekasaran terendah dari tiap-tiap kondisi tegangan operasional terjadi pada jarak elektroda 6 cm. Jika dilihat pada gambar di atas nilai kekasaran untuk jarak 4 cm pada berbagai tegangan lebih besar dari nilai kekasaran raw material sebesar 2µm. Disimpulkan bahwa kualitas kekasaran pada jarak 4 cm untuk semua variasi tegangan menghasilkan lapisan permukaan yang kurang baik.

Berdasarkan hasil analisa data dengan regresi berganda untuk mengetahui pengaruh tegangan listrik dan jarak elektroda terhadap hasil pelapisan nikel krom secara statistik, dapat dijelaskan dengan persamaan matematis regresi:

$$\text{Kekasaran} = 3,07 + 0,138 \text{ tegangan} - 0,397 \text{ jarak}$$

Persamaan regresi diatas dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan nilai tegangan sebesar satu satuan maka diikuti pula dengan kenaikan nilai kekasaran sebesar 0,138. Sedangkan setiap kenaikan untuk nilai jarak sebesar satu satuan maka akan diikuti dengan penurunan nilai kekasaran sebesar 0,397. Hipotesis untuk pengaruh tegangan listrik dan jarak elektroda terhadap kekasaran lapisan nikel krom dapat dituliskan seperti pada pernyataan di bawah.

H_0 = Tegangan listrik dan jarak elektroda tidak berpengaruh signifikan terhadap kekasaran lapisan nikel krom.

H_a = Tegangan listrik dan jarak elektroda berpengaruh signifikan terhadap kekasaran lapisan nikel krom.

Hasil *analysis of variance*, dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh apabila nilai *P value* kurang dari batas kritis penelitian atau alpha. Nilai *P Regression* pada *analysis of variance* sebesar 0,002 di mana $< 0,05$ dan $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($8,29 > 3,40$) maka H_0 diterima. Disimpulkan bahwa tegangan listrik dan jarak elektroda berpengaruh terhadap kekasaran permukaan lapisan nikel krom.

- Kekerasan Setelah Elektroplating

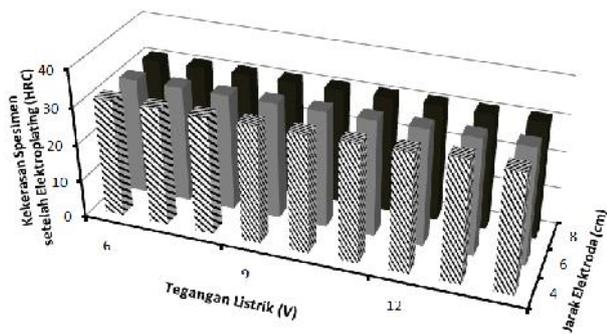
Hasil perhitungan kekerasan raw material dan spesimen setelah elektroplating nikel krom dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 3. Rata-rata kekerasan (HRC) berdasarkan tegangan dan jarak elektroda

Tegangan (V) \ Jarak (cm)	4	6	8
6	31,48	31,28	31,14
	31,42	31,26	31,12
	31,44	31,28	31,12
9	31,62	31,32	31,16
	31,56	31,34	31,18
	31,66	31,28	31,16
12	31,74	31,38	31,22
	32,48	31,36	31,2
	31,82	31,36	31,22

Agar lebih jelas, hubungan antara kekerasan lapisan nikel krom, jarak elektroda, dan tegangan listrik dapat dilihat pada gambar di bawah.

Pengaruh Tegangan Listrik Dan Jarak Elektroda Proses Pelapisan Nikel Krom



Gambar 4. Hubungan Kekerasan, Jarak, dan Tegangan

Gambar di atas menunjukkan adanya kenaikan nilai kekerasan yang disebabkan dengan seiring kenaikan tegangan listrik yang diberikan pada tiap-tiap spesimen, semakin tinggi tegangan yang diberikan maka jumlah muatan yang mengalir dan menempel pada katoda akan semakin banyak dan menyebabkan lapisan yang dihasilkan semakin tebal. Pengaruh jarak pada gambar di atas dapat dilihat bahwa semakin dekat jarak antara anoda dan katoda maka kekerasannya akan semakin meningkat. Kekerasan ini juga dipengaruhi oleh interaksi antara ion dopan (ion elektroplating) dengan spesimen, yaitu interaksi antara Fe dan Ni yang memiliki sifat lebih keras.

Berdasarkan hasil analisa data dengan regresi linier berganda menggunakan Minitab (Lampiran 2) untuk mengetahui pengaruh tegangan listrik dan jarak elektroda proses pelapisan nikel krom terhadap kekerasan spesimen setelah proses elektroplating dapat dijelaskan dengan persamaan matematis regresi di bawah ini.

$$\text{Kekerasan} = 31,8 + 0,04 \text{ tegangan} - 0,132 \text{ jarak}$$

Persamaan regresi di atas dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan nilai tegangan sebesar satu satuan maka diikuti pula dengan kenaikan nilai kekerasan sebesar 0,04. Sedangkan setiap kenaikan untuk nilai jarak sebesar satu satuan maka akan diikuti dengan penurunan nilai kekerasan sebesar 0,132. Hipotesis untuk pengaruh tegangan listrik dan jarak elektroda terhadap kekerasan lapisan nikel krom dapat dituliskan seperti pada pernyataan di bawah.

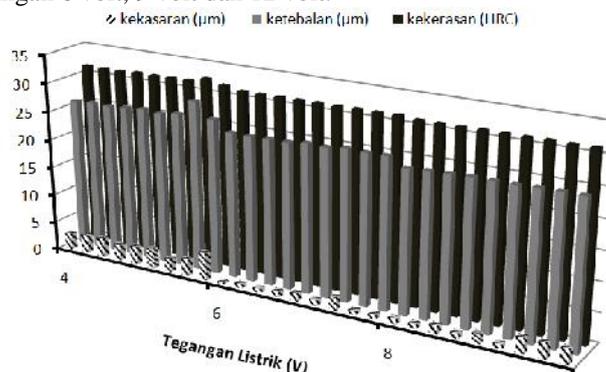
H_0 = Tegangan listrik dan jarak elektroda tidak berpengaruh signifikan terhadap kekerasan spesimen setelah elektroplating.

H_a = Tegangan listrik dan jarak elektroda berpengaruh signifikan terhadap kekerasan spesimen setelah elektroplating.

Hasil *analysis of variance*, disimpulkan bahwa ada pengaruh apabila nilai P value kurang dari batas kritis penelitian atau alpha. Nilai P *Regression* pada *analysis of variance* sebesar 0,000 di mana $< 0,05$ dan $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($26,90 > 3,40$) maka H_0 di tolak, dan dapat disimpulkan bahwa secara simultan tegangan listrik dan jarak elektroda mempunyai pengaruh signifikan terhadap kekerasan spesimen setelah elektroplating.

Hubungan Ketebalan, Kekasaran dan Kekerasan

Gambar grafik hubungan ketebalan, kekasaran, dan kekerasan dibutuhkan untuk menjelaskan apakah ada pengaruh dari masing-masing variabel terikat. Gambar grafik di bawah merupakan masing-masing hasil uji pada tegangan 6 volt, 9 volt dan 12 volt.



Gambar 5. Hubungan ketebalan, kekasaran, dan kekerasan spesimen setelah elektroplating

Jika melihat hasil gambar di atas, ketebalan lapisan nikel krom mempengaruhi naiknya nilai kekerasan. Dapat disimpulkan bahwa jika jarak elektroda semakin dekat maka nilai kekerasan (HRC) yang juga akan semakin besar, hal ini karena lapisan nikel krom semakin tebal. Tebal lapisan nikel yang semakin besar ini memiliki kerapatan yang lebih tinggi sehingga kekerasan permukaan bahan semakin besar.

Sedangkan untuk nilai kekasaran cenderung mengalami ketidakteraturan, tetapi bisa dilihat perubahannya dengan melihat tegangan listrik.

Jika dilakukan analisis statistik dengan menggunakan Minitab didapatkan hasil antara ketebalan dengan kekasaran menghasilkan P value 0,577 dan *pearson correlation* 0,577, untuk kekerasan dengan kekasaran menghasilkan P value 0,001 dan *pearson correlation* 0,584. Sedangkan hubungan ketebalan dengan kekerasan menghasilkan P value 0,00 dan *pearson correlation* 0,981. Jadi untuk hubungan masing-masing variabel terikat P value $< 0,05$, sehingga hasilnya adalah ada korelasi antara ketebalan, kekasaran, dan kekerasan, namun diantara variabel-variabel terikat dalam penelitian ini yang paling erat hubungannya adalah antara ketebalan dan kekerasan karena *pearson correlation* sebesar 0,981 atau mendekati 1.

Tegangan Listrik dan Jarak Elektroda yang Optimal untuk Proses Pelapisan Nikel Krom

Jika dilihat dari hasil pelapisan nikel krom, maka lapisan permukaan yang paling mengkilap dan halus adalah spesimen dengan kode material kelompok A2 dengan tegangan 6 volt dan jarak elektroda 6 cm kode material A2.1 dengan nilai kekasaran paling kecil, yaitu $0,28 \mu\text{m}$. Hasil pelapisan yang baik adalah jika kekasaran material lebih halus dari kekasaran sebelum elektroplating dan warna material mengkilap, karena tujuan pelapisan nikel krom lebih ditekankan pada unsur

dekoratif. Nilai kekerasan pada golongan A2 juga lebih tinggi dibanding dengan kekerasan *raw material*.



Gambar 6. Spesimen dengan Tingkat Kekasaran Rendah

Kekasaran tertinggi terjadi pada spesimen dengan kode material C1.3 sebesar $4,77 \mu\text{m}$ dengan jarak terdekat, yaitu 4 cm dan tegangan 12 volt. Hasil pelapisan pada gambar 4.15 menunjukkan permukaan lapisan terdapat bintik-bintik kasar secara merata. Hal ini yang mengakibatkan nilai kekasaran menjadi meningkat.



Gambar 7. Spesimen dengan Tingkat Kekasaran Tinggi

Jadi bisa disimpulkan dalam penelitian ini, untuk hasil pelapisan yang optimal adalah pada tegangan 6 volt dan jarak 4 cm, karena dari segi tampilan dan kehalusan permukaan mendukung untuk tujuan dekoratif pelapisan nikel krom.

PENUTUP

Simpulan

Penelitian tentang pengaruh tegangan listrik dan jarak elektroda terhadap karakteristik baja St 42 ini dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Hasil analisis statistik untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat antara lain: Tegangan listrik dan jarak elektroda mempunyai pengaruh signifikan terhadap ketebalan lapisan nikel krom, karena nilai *P value* 0,000 dimana $< 0,05$ dan $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($35,70 > 3,40$). Tegangan listrik dan jarak elektroda berpengaruh terhadap kekasaran permukaan lapisan nikel krom, karena *P value* 0,002 di mana $< 0,05$ dan $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($8,29 > 3,40$). Tegangan listrik dan jarak elektroda mempunyai pengaruh signifikan terhadap kekerasan spesimen

setelah elektroplating, karena *P value* 0,000 di mana $< 0,05$ dan $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($26,90 > 3,40$).

- Variabel-variabel terikat antara lain: ketebalan, kekerasan, dan kekerasan yang paling erat hubungannya adalah ketebalan dan kekerasan, dengan nilai *P value* 0,00 dan *pearson correlation* 0,981.
- Hasil pelapisan yang optimal adalah pada tegangan 6 volt dan jarak 4 cm, karena dari segi tampilan dan kehalusan permukaan mendukung untuk tujuan dekoratif pelapisan nikel krom.

Saran

Saran yang peneliti sampaikan adalah sebagai berikut:

- Jika melakukan proses pelapisan nikel krom, perlu dijaga agar konsentrasi *boume* pada cairan nikel krom tetap konstan agar menghasilkan lapisan dengan kualitas yang baik.
- Sebaiknya rentang waktu antara proses polishing dengan proses pelapisan tidak terlalu lama, hal ini untuk menghindari spesimen terkena korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyani, I.A.S., dan Triadi A.A.A., (2009). *Pengaruh Kuat Dan Distribusi Arus Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Lapisan Krom Pada Stoneware Dan Earthenware*. Mataram: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- Ahmad, M.A. (2011). *Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom Pada Pelat Baja dengan Proses Electroplating*. Makasar: Universitas Hasanudin.
- Anwar, Sanwil, (2008). *Variabel Tegangan Terhadap Hasil Electroplating pada Alat Penyepuh Logam*. Padang: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang.
- Kurneli, Osye, dkk. (2013) *Pengaruh Variasi Jarak antara Anoda dengan Katoda Hard Chrome terhadap Kekerasan pada Baja Aisi 1025 Hasil Perlakuan Panas Tempering*. Malang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas teknik, Universitas Brawijaya.