

UJI KETEBALAN DAN KEKERASAN LAPISAN CHROM KERAS PLAT BAJA ST 37

Akhmad Syarief¹

Abstract-Crhrome plated processing has excellency rather than to others type of plating. Its excellence is : the resistance from worn out, crhrome plated resists to gas interference and the temperature under 500 °C.

Reseach methodology which is being done is experiment, in which is being tested as the sample of steel ST 37 product that is being plated with hard chrome. The testing is being done, invelop the test of hardness and thickness of chrome on steel ST 37.

Hard chrome plated increases the thickness and hardness also reduce the friction coefficient and change the performance /surface of the object being plated, the hardness of hard chrome plated is also interferred by use of tight current and interferred by the processing time, at the liquid concentration 200 gr/lit CrO₃ and 2,0 gr/lit H₂SO₄, and the thickness of hard chrome plated is interferred by tight current and also is interferred by the processing time, in the liquid concentration 200 gr/lit CrO₃ and 2,0 gr/lit H₂SO₄.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Proses lapis listrik merupakan salah satu proses akhir pada proses pengerjaan logam yang banyak diterapkan dalam industri logam maupun dalam industri permesinan untuk menghasilkan tampak rupa yang dekoratif (indah) serta perlindungan bagi logam dasar yang dilapisi dari pengaruh lingkungannya, juga menambah sifat-sifat logam sesuai dengan yang dikehendaki. Pelapisan khrom mempunyai keunggulan dibanding dengan jenis pelapisan yang lainnya. Seperti daya tahan terhadap keausan, lapisan khrom tahan terhadap pengaruh gas dan tahan terhadap temperatur dibawah 500°C.

Pada proses khrom keras ini diperlukan pengaturan rapat arus dan pengaturan waktu proses yang tepat untuk hasil pelapisan permukaan dengan ketebalan yang diinginkan sehingga meningkatkan nilai kekerasan dari logam yang dilapisinya (sama atau bahkan lebih dibandingkan dengan logam mulia) dan koefesien gesek yang rendah merupakan ciri khas dari lapisan khrom keras. Mengingat akan kegunaannya yang cukup luas didalam industri logam dan permesinan, pengembangan penelitian dan penggunaan lapisan khrom keras memang sudah saatnya dimulai. Cara pengerjaan dan pengaturan proses lapis khrom keras tidak sukar dan biayanya tidak terlalu mahal. Bertitik tolak dari hal tersebut di atas, maka dilakukan suatu penelitian mengenai proses khrom keras dengan menelaah pengaruh waktu dan rapat arus terhadap

hasil pelapisan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja karbon.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari peneltian adalah untuk mengetahui hubungan pengaruh waktu dan rapat arus terhadap ketebalan lapisan khrom keras dan juga terhadap kekerasan lapisan khrom keras pada konsentrasilarutan yang sama. Logam dasar yang dilapis adalah jenis baja perkakas yaitu lempengan plat baja ST-37. Sampel sebanyak 64 buah dengan ukuran panjang 80 mm, lebar 40 mm dan tebalnya 1,27 mm.

KAJIAN TEORITIS

Proses Lapis Listrik

Proses lapis listrik atau elektroplating adalah proses kimia yang dilakukan oleh arus listrik yang menimbulkan suatu proses pengendapan atau deposisi suatu logam pelindung yang dikehendaki di atas logam lain dengan cara elektrolisa, yaitu suatu proses yang dilakukan dengan bantuan bejana berisi larutan elektrolit dengan konsentrasi tertentu yang berfungsi sebagai tempat proses itu terjadi atau sebagai sel elektrolisanya. Pada larutan elektolit ini tercelup paling sedikit ada dua elektroda yang salah satunya berfungsi sebagai kutup positif (+) atau dikenal sebagai anoda dan yang lain berfungsi sebagai kutup negatif (-) atau katoda. Keduanya dihubungkan dengan arus searah untuk memperoleh perbedaan tegangan antara kedua elektroda yang dipasang dengan

tujuan agar proses elektrolisa berlangsung berkelanjutan.

Beberapa sifat dari elektrolisa adalah :

- Anoda:
- Kutub positif.
 - Terjadi pelepasan elektron keluar sirkuit.
 - Terjadi reaksi penguraian logam menjadi ion yang kemudian larut dalam larutan atau disebut sebagai reaksi oksidasi.

- Katoda:
- kutub negatif.
 - Menarik elektron dari luar sirkuit.
 - Terjadi reaksi pengendapan logam yang berasal dari larutan elektrolit atau proses reduksi.

Selama proses lapis listrik berlangsung terjadi reaksi kimia pada daerah elektroda dan larutan baik reaksi reduksi maupun reaksi oksidasi.

Faktor-faktor yang Berpengaruh pada Proses Pelapisan

Untuk mendapatkan hasil yang baik dalam proses pelapisan, faktor-faktor penunjangnya harus sesuai dan terkontrol dengan baik. Seperti : Larutan Elektrolit Rapat arus (hukum faraday), Pemilihan jenis pelapis, Kondisi operasi, Effisiensi arus, Hukum ohm dan Reaksi pada katoda dan anoda.

Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit adalah salah satu media yang dapat digunakan untuk proses pelapisan listrik yang dapat menyalurkan arus listrik dan ion-ion logam yang terbentuk pada anoda, harus mengandung bahan-bahan terlarut yang sangat diperlukan dalam proses lapis listrik. Seperti garam-garam logam yang akan digunakan untuk pelapisan, bahan sebagai buffer dan bahan tambah sebagai aditif. Juga ditambahkan bahan-bahan tertentu untuk mendapatkan hasil yang memuaskan dari proses pelapisan.

Rapat Arus (Hukum Faraday)

Rapat arus adalah arus total yang mengalir melalui sel menghasilkan perhitungan jumlah logam yang diendapkan secara keseluruhan. Ketebalan rata-rata akan tergantung kepada berat total logam yang diendapkan dan luas permukaan dimana endapan tersebut menyebar. Yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W = \frac{I \cdot t \cdot A}{z \cdot F}$$

dimana : W = berat endapan (gram),
I = arus listrik (Ampere)
t = waktu proses (menit),
A = berat atom
z = valensi
F = bilangan faraday = 96.500 coulomb

Harga A untuk logam-logam tertentu :

Ni = 19,0. Cr = 52. Zn = 14,3. Ag = 6,2

Dari rumus di atas dapat dicari volume pelapisan dinyatakan dengan rumus :

$$\text{Volume} = \frac{\text{berat}(\text{gram})}{\text{density} \left(\frac{\text{gram}}{\text{dm}^3} \right)}$$

Dan ketebalan lapisan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Ketebalan} = \frac{\text{volume} (\text{dm}^3)}{\text{luas penampang} (\text{dm}^2)}$$

Pemilihan Jenis Pelapis

Logam-logam yang umum digunakan sebagai logam pelapis pada proses lapis listrik antara lain adalah: Chrom, Perak, Seng, Tembaga, Ema, Nikel. Yang sering digunakan sebagai bahan pelapis adalah kuningan dan perunggu.

Pemilihan jenis logam pelapis berdasarkan:

- a. Tujuan pelapisan, yang dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :
 1. Untuk menambah daya tahan terhadap korosi
Contoh : pelapisan nikel, pelapisan seng.
 2. Untuk mendapatkan sifat permukaan yang lebih atau yang tidak dimiliki oleh logam induk yang dilapisi.
Contoh :
 - Lapis nikel untuk mengkilapkan benda kerja
 - Lapis khrom keras untuk meningkatkan kekerasan permukaan
 - Lapis khrom untuk meningkatkan sifat pelumasan komponen.
- b. Fungsi dari benda yang akan dilapisi. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan logam pelapis antara lain:
 - Faktor lingkungan, harus sesuai dengan fungsi, kondisi kerja dan tempat komponen tersebut bekerja.
 - Bentuk dari benda kerja yang akan dilapisi sesuai desain dan benda kerja.
 - Umur pelayanan, umur komponen yang direncanakan dengan kondisi kerja

standart sangat menentukan pemilihan logam pelapis untuk menjaga keawetan, keamanan dan ketelitian kerja suatu komponen.

- Logam dasar yang dilapisi, supaya khrom dapat menempel dengan baik pada baja, baja harus dilapisi dengan nikel terlebih dahulu.

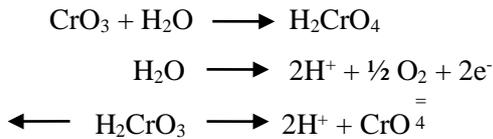
Kondisi Operasi

Kondisi operasi sangat mempengaruhi proses elektrolisa terutama hasil endapan yang dihasilkan. Berdasarkan pernyataan Ir. S. Juanda, bahwa penggunaan rapat arus yang semakin tinggi pada proses pelapisan, semakin besar pula laju pengendapan yang terjadi pada proses tersebut. Akibatnya, akan didapat struktur endapan yang kasar dan tidak homogen.

Efisiensi Arus

Dalam proses, jumlah perubahan kimia pada system akan sebanding dengan jumlah arus yang mengalir. Yang mengalami proses perubahan kimia yaitu :

- Pada larutan khrom terjadi penguraian asam kromat



- Pada garam logam yang akan diendapkan, terjadi penguraian garam-garam logam menjadi ion logam dan garamnya. Misalnya: Pada larutan nikel terjadi penguraian Nikel Sulfat



- Pada anoda : $\text{M} \longrightarrow \text{M}^+ + \text{e}^-$
- Pada katoda: $\text{M}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{M}$

Yang sangat berpengaruh pada produk hasil pelapisan adalah perubahan kimia pada pelapis karena menentukan ketebalan dari pelapis. Efisiensi berat yang ada adalah sebesar:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Berat endapan sebenarnya}}{\text{Berat endapan teoritis}}$$

Sehingga dapat kita ketahui efisiensi arus yang terdapat pada proses ini.

$$\text{Efisiensi arus} = \text{Efisiensi berat}$$

$$\frac{\text{Arus untuk pengendapan}}{\text{Arus terpasang pada proses}} = \frac{\text{Berat endapan sebenarnya}}{\text{Berat teoritis endapan}}$$

Hukum Ohm

Untuk mengetahui arus listrik yang dibutuhkan dapat dicari dengan menggunakan Hukum Ohm yang dirumuskan sebagai berikut:

$$I = \frac{V}{R}$$

Dimana:

I = Arus yang mengalir (Ampere),

V= Tegangan (Volt),

R =Tahanan (Ohm)

Dengan menaikkan tegangan, arus yang mengalir juga akan bertambah, yang terbaca pada amperemeter yang terpasang pada rangkaian. Pada umumnya lapis listrik membutuhkan tegangan sebesar 6 – 12 volt dan untuk rapat arus tergantung pada proses yang akan dilakukan.

Reaksi pada Katoda dan Anoda

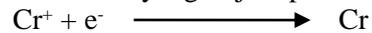
Reaksi yang terjadi pada kedua elektroda adalah :

1. Anoda, Reaksi kimia yang terjadi:



Ion-ion yang terbentuk yaitu ion logam khrom positif dan elektron sebagai hasil uraian dari anoda. Ion logam akan masuk ke dalam larutan sedangkan elektron akan menuju sirkuit luar. Karena adanya suplai ion logam dari anoda, ion logam yang ada pada larutan elektrolit tetap stabil walaupun ion logam ini diambil untuk proses pengendapan pada katoda. Anoda akan berkurang volumenya.

2. Katoda, reaksi yang terjadi pada katoda:



Endapan yang timbul pada katoda ini berasal dari ion-ion khrom yang bergabung dengan elektron yang berasal dari sumber arus.

Pengukuran Ketebalan dan Pengujian Kekerasan

Pengukuran ketebalan dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur mikro meter, dilakukan pada tiap benda kerja yang telah mengalami proses, yaitu:

- Rapat arus proses (20, 30, 40 ,50) Ampere/ dm²
- Waktu proses (30, 60, 90, 120) menit

Cara pengukurannya pertama-tama kita ukur benda kerja yang belum mengalami proses pelapisan, kemudian kita lakukan lagi pengukuran terhadap benda kerja yang telah mengalami proses pelapisan. Dari kedua hasil pengukuran tersebut lalu dikurangkan, maka didapat hasil ketebalan dari lapisan khrom tersebut.

Sedangkan pengujian kekerasannya dilakukan dengan uji kekerasan Rockwell. Uji kekerasan rockwell paling banyak dipergunakan dalam pengujian kekerasan dikarenakan sifat-sifatnya, yaitu: cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja yang diperkeras dan ukuran lekukannya kecil.

Pada pengukuran kekerasan dengan cara ini digunakan indentor dengan memakai kerucut intan dengan sudut puncak 120o, ujung agak bulat, berjari-jari 0,2 mm dan memakai bola baja dengan diameter 1 / 16".

Beban yang digunakan adalah 60, 100, 150 kg. Karena kekerasan Rockwell tidak tergantung pada beban dari penumbuk, maka diperlukan keterangan kombinasi dengan cara memberikan awalan huruf pada angka kekerasan yang menunjukkan kombinasi beban dan penumbuk tertentu dengan skala beban yang digunakan.

Ukuran spesimen yang akan digunakan sebanyak 64 spesimen adalah :

Panjang: 80 mm, Lebar: 40 mm, Tebal: 1,27 mm

Bentuk spesimen yang direncanakan seperti pada gambar di bawah ini:

METODE

Ukuran spesimen plating

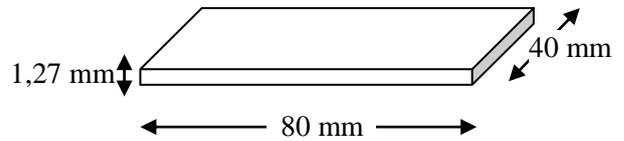
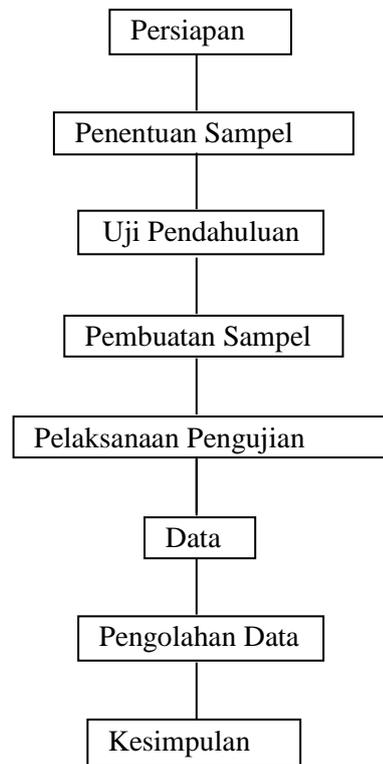


Diagram Alir Percobaan



Tabel 1. Skala Kekerasan Rockwell

SKALA KEKERASAN ROCKWELL	KOMBINASI INDENTOR DARI BEBAN		
	INDENTOR SKALA KEKERASAN ROCKWELL	BEBAN UTAMA (KG) KOMBINASI INDENTOR DARI BEBAN	
A	Kerucut intan Bola baja = 1 / 16"	60	BEBAN UTAMA (KG)
B		100	
C	Kerucut intan Bola baja = 1 / 16"	150	60
D		100	100
E	Kerucut intan Bola baja = 1 / 8"	100	150
F		60	100
G	Kerucut intan Bola baja = 1 / 16"	150	100
		F	60
	G	150	150

Proses Pengerjaan

1. Spesimen direndam dahulu di dalam larutan HCL sampai kelihatan putih. Hal ini dimaksudkan untuk membersihkan spesimen

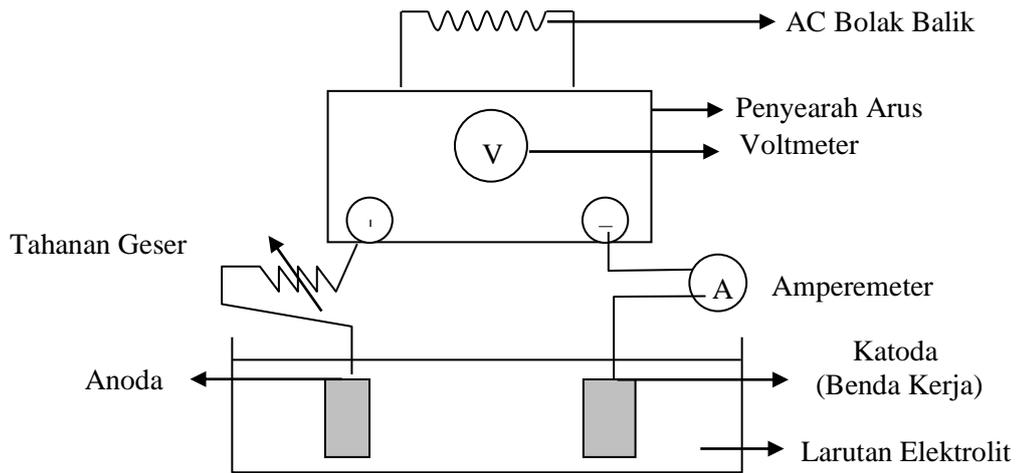
dari karat dan lapisan logam lain, agar logam yang akan dilapisi dapat menempel dengan sempurna.

2. Spesimen dicuci lagi dengan sabun untuk menetralkan HCL dan menghilangkan sisa-sisa kotoran yang masih menempel.
3. Kemudian dimasukkan air yang telah dicampur dengan swapel untuk
4. menghilangkan sisa minyak yang masih menempel pada permukaan benda uji.
5. Dalam proses pembersihan ini harus benar-benar teliti jangan sampai ada logam yang masih kotor atau masih ada minyak yang menempel sebab dalam proses selanjutnya akan berakibat cacatnya logam yang akan dilapisi.
6. Setelah itu spesimen dimasukkan ke dalam bak pelapisan khrom keras, berisi :
 - Chromium trioksida (CrO_3) = 200 gr / lt.
 - Asam sulfat (H_2SO_4) = 2 gr / lt
 - Air murni (aquades) = 2 / 3 volume bak.
 - Volume bak = 378 lt

Rapat Arus	Waktu				Jumlah
	30	60	90	120	
20	6,2	8,9	9,9	11,8	149,1
	5,9	9	10,3	12	
	7	8,6	10,2	12	
	6	8,8	10,2	12,3	
30	7,1	9,7	11,5	13,2	167
	7	10	11,7	13,5	
	7	9,8	11,5	13,3	
	6,8	10,2	11,7	13	
40	7,9	11	12,8	15,2	189,2
	8,5	11	13,3	14,9	
	8	10,8	12,9	15,4	
	8,3	11	13	15,2	
50	9,4	11,9	13,6	16,8	209,3
	9,6	12,1	13,9	17	
	9,3	11,8	13,8	17	
	9,6	12,3	14,2	17	
Jumlah	123,6	166,9	194,5	229,6	714,6

Perlakuan Variabel-variabel Penelitian

Variabel yang diamati dalam percobaan ini adalah besarnya angka kekerasan dan



Gambar 1. Rangkaian Sirkuit Percobaan

ketebalan dari baja ST 37 setelah mendapatkan lapisan krom keras yang dilakukan dengan mengubah faktor-faktor tertentu. Semua larutan dibuat sama dan pengambilan datanya dilakukan dengan menggunakan larutan yang terpisah dengan tujuan agar setiap proses pelapisan dengan menggunakan larutan yang standart.

Kondisi operasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan variasi rapat arus dan waktu proses.

- Rapat arus divariasi 4 kali yaitu 20, 30, 40, 50 Ampere / dm²
- Waktu proses divariasi 4 kali yaitu 30 , 60 , 90, 120 menit
- Dengan perlakuan sebanyak 4 kali

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengumpulan data pada uji kekerasan rockwell dan uji ketebalan dengan menggunakan mikro meter, maka didapat tabel sebagai berikut :

Rapat Arus	Waktu				Jumlah
	30	60	90	120	
20	0,02	0,03	0,05	0,06	0,65
	0,01	0,03	0,05	0,06	
	0,02	0,04	0,04	0,07	
	0,01	0,04	0,05	0,07	
30	0,03	0,06	0,07	0,09	0,95
	0,03	0,05	0,07	0,09	
	0,02	0,04	0,07	0,09	
	0,02	0,05	0,07	0,10	
40	0,04	0,06	0,10	0,12	1,24
	0,03	0,07	0,09	0,11	
	0,03	0,06	0,09	0,11	
	0,04	0,06	0,10	0,13	
50	0,04	0,07	0,09	0,15	1,46
	0,04	0,07	0,10	0,15	
	0,04	0,08	0,11	0,14	
	0,05	0,08	0,10	0,15	
Jumlah	0,47	0,89	1,25	1,69	4,30

Tabel 4 – 1 Data Uji Kekerasan Lapisan Khrom Keras

Kekerasan awal dari baja ST-37 adalah 46 HRC

Tabel 4 – 2 Data Uji Ketebalan Lapisan Khrom Keras

Ketebalan awal dari baja ST-37 adalah 1,27 mm

Pengolahan Data

Dengan menggunakan analisa varian dua arah dari data hasil penelitian tersebut, maka dapat dicari harga-harga sebagai berikut :

A. Perbedaan Rapat Arus dan waktu proses terhadap kekerasan lapisan khrom keras.

Perhitungan :

$$FK = \frac{(T...)^2}{rcn} = \frac{(6,2 + 5,9 +)^2}{64}$$

$$= \frac{(714,6)^2}{64} = \frac{51065316}{64} = 7978,96$$

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk} - \frac{(T...)^2}{rcn}$$

$$= \{(6,2)^2 + (5,9)^2 + + (17)^2\} - FK$$

$$= 8491,84 - 7978,96 = 512,88$$

Dari tabel 4.1. maka pada n pangamatan tiap-tiap perlakuannya dapat diperoleh tabel sebagai berikut:

Rapat Arus	Waktu				Jumlah
	30	60	90	120	
20	25,1	35,3	40,6	48,1	149,1
30	27,9	39,7	46,4	53	167
40	32,7	43,8	52	60,7	189,2
50	37,9	48,1	55,5	67,8	209,3
Jumlah	123,6	166,9	194,5	229,6	714,6

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{cn} - FK$$

$$= \frac{\{(149,1)^2 + (167)^2 + (189,2)^2 + (209,3)^2\}}{4 \cdot 4} - FK$$

$$= \frac{129722,94}{16} - 7978,96 = 128,72$$

$$JKB = \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{rn} - FK$$

$$= \frac{\{(123,6)^2 + (166,9)^2 + (194,5)^2 + (229,6)^2\}}{4 \cdot 4} - FK$$

$$= \frac{133678,98}{16} - 7978,96 = 375,98$$

$$JKP = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c}{n} - FK$$

$$= \frac{\{(25,1)^2 + (27,9)^2 + + (67,8)^2\}}{4} - FK$$

$$= \frac{33957,86}{4} - 7978,96 = 510,51$$

- **JKAB** = JKP - JKA - JKB
= 510,51 - 128,72 - 375,98 = 5,81

- **JKG** = JKT - JKA - JKB - JKAB

Rapat Arus	Waktu				Jumlah
	30	60	90	120	
20	0,06	0,14	0,19	0,26	0,65
30	0,10	0,20	0,28	0,37	0,95
40	0,14	0,25	0,38	0,47	1,24
50	0,17	0,30	0,40	0,59	1,46
Jumlah	0,47	0,89	1,25	1,69	4,30

$$= 512,88 - 128,72 - 375,98 - 5,81 = 2,37$$

Nilai varian dari masing-masing suku tersebut adalah :

$$1. S_1^2 = \frac{JKA}{r-1} = \frac{128,72}{4-1} = 42,91$$

$$2. S_2^2 = \frac{JKB}{c-1} = \frac{375,98}{4-1} = 125,33$$

$$3. S_3^2 = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)} = \frac{5,81}{(4-1)(4-1)} = 0,646$$

$$4. S_4^2 = \frac{JKB}{rc(n-1)} = \frac{2,37}{4 \cdot 4(4-1)} = 0,0494$$

Nilai F_{hitung} dari masing-masing sumber keragaman

Untuk faktor A = F_1 hitung

$$= \frac{S_1^2}{S_4^2} = \frac{42,91}{0,0494} = 868,62$$

Untuk faktor B = F_2 hitung

$$= \frac{s_2^2}{s_4^2} = \frac{125,33}{0,0494} = 2537,04$$

Untuk faktor interaksi A dan B = F_3

$$hitung = \frac{s_3^2}{s_4^2} = \frac{0,646}{0,0494} = 13,08$$

Dari tabel analisa varian terlihat bahwa masing-masing $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada pengaruh A dan B serta interaksi AB sehingga dapat kita katakan bahwa H_0 ditolak, yang berarti kita akan menerima H_1 . Dengan demikian perbedaan rapat

arus dan waktu proses berpengaruh terhadap kekerasan lapisan khrom .

Dari tabel 4.2. maka pada n pangamatan tiap-tiap perlakuannya diperoleh tabel:

B. Perbedaan Rapat Arus dan waktu proses terhadap ketebalan lapisan khrom keras.

Dari rumus yang sama, maka didapat :

$$* FK = \frac{18,49}{64} = 0,2889$$

$$* JKT = 0,3684 - 0,2889 = 0,0795$$

$$* JKA = \frac{4,9924}{16} - 0,2889 = 0,0778$$

$$* JKB = \frac{5,4316}{16} - 0,2889 = 0,0506$$

$$* JKP = \frac{1,4666}{4} - 0,2889 = 0,0778$$

$$* JKAB = 0,0778 - 0,0232 - 0,0506 = 0,004$$

$$* JKG = 0,0795 - 0,0232 - 0,0506 - 0,004 = 0,0017$$

Nilai varian dari masing-masing suku tersebut adalah :

$$1. S_1^2 = \frac{0,0232}{4-1} = 0,0073$$

$$2. S_2^2 = \frac{0,0506}{4-1} = 0,01687$$

$$3. S_3^2 = \frac{0,004}{4-1} = 0,000444$$

$$4. S_4^2 = \frac{0,0017}{4 \cdot 4(4-1)} = 0,0000354$$

Nilai F_{hitung} dari masing-masing sumber keragaman

1. Untuk faktor A = F_1 hitun

Tabel 4 – 3 Analisa Varian Untuk Kekerasan Lapisan

Sumber	Keragaman	DB	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Pengaruh A	A	3	128,72	42,91	868,62	2,80
Pengaruh B	B	3	375,98	125,33	2537,04	2,80
Interaksi AB	AB	9	5,81	0,646	13,08	2,08
Galat	-	48	2,37	0,0494		
Total		63	512,88	168,94		

Tabel 4-4 Analisa arian Untuk Ketebalan Lapisan

Sumber	Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}
Pengaruh A	A	3	0,0232	0,00773	218,36	2,80
Pengaruh B	B	3	0,0506	0,01687	476,55	2,80
Interaksi AB	AB	9	0,004	0,000444	12,54	2,08
Galat	-	48	0,0017	0,0000354		
Total		63	0,0795	0,0251		

$$= \frac{0,00773}{0,0000354} = 218,36$$

2. Untuk faktor B = F₂ hitung

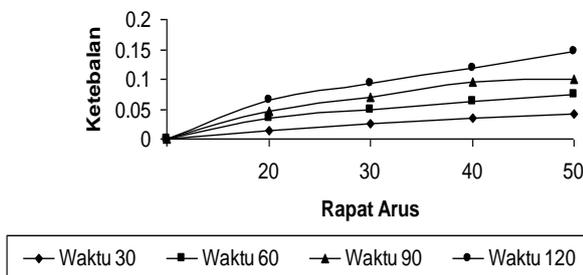
$$= \frac{0,01687}{0,0000354} = 476,55$$

3. Untuk faktor interaksi A dan B = F₃ hitung

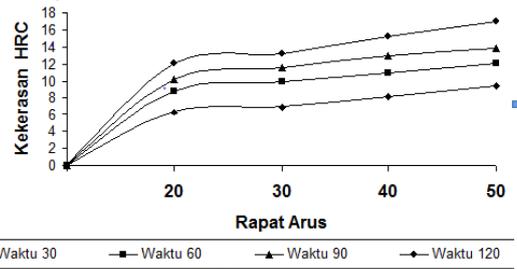
$$= \frac{0,000444}{0,0000354} = 12,543.$$

Dari tabel analisa varian terlihat bahwa masing-masing F_{hitung} > F_{tabel} pada pengaruh A dan B serta interaksi AB sehingga dapat kita katakan bahwa H₀ ditolak, yang berarti kita akan menerima H₁. Dengan demikian perbedaan rapat arus dan waktu proses berpengaruh terhadap ketebalan lapisan khrom .

Besarnya peningkatan kekerasan dan ketebalan lapisan pada proses pelapisan khrom keras karena pengaruh rapat arus dan waktu proses dapat dilihat pada grafik berikut :



Grafik 1 Peningkatan Kekerasan Lapisan yang Dipengaruhi oleh Rapat Arus dan waktu proses



Grafik 2. Peningkatan Ketebalan Lapisan yang Dipengaruhi oleh Rapat Arus dan Waktu proses

Pembahasan

Dari hasil analisis terhadap data sampel penelitian pengaruh rapat arus dan waktu proses terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan, dengan mengambil faktor kesalahan (α) 5% didapatkan hitungan analisis sebagai berikut:

- a. Efek baris (beda rapat arus) terhadap kekerasan lapisan pada baja ST-37
 * F_{hitung} = 868,62 * F_{tabel} = 2,80
 Maka didapat F_{hitung} > F_{tabel}, hal ini berarti H₀ ditolak, sehingga perbedaan rapat arus berpengaruh terhadap kekerasan permukaan baja ST-37.
- b. Efek kolom (beda waktu proses) terhadap kekerasan lapisan pada baja ST-37.
 * F_{hitung} = 2537,04 * F_{tabel} = 2,80
 Maka didapat F_{hitung} > F_{tabel}, hal ini berarti H₀ ditolak, sehingga perbedaan waktu proses berpengaruh terhadap kekerasan permukaan baja ST-37.
- c. Efek interaksi antara beda rapat arus dan waktu proses terhadap kekerasan lapisan pada baja ST-37
 * F_{hitung} = 13,08, * F_{tabel} = 2,08

Maka didapat F_{hitung} > F_{tabel}, hal ini berarti H₀ ditolak. Dalam hal ini menunjukkan adanya interaksi yang kuat antara penggunaan rapat arus yang berbeda dengan

variasi waktu proses terhadap kekerasan permukaan baja ST-37.

d. Efek baris (beda rapat arus) terhadap ketebalan lapisan pada baja ST-37

$$* F_{hitung} = 218,36 \quad * F_{tabel} = 2,80$$

Maka didapat $F_{hitung} > F_{tabel}$, hal ini berarti H_0 ditolak, jadi perbedaan rapat arus berpengaruh terhadap ketebalan permukaan baja ST-37.

e. Efek kolom (beda waktu proses) terhadap ketebalan lapisan pada baja ST-37

$$* F_{hitung} = 476,55 \quad * F_{tabel} = 2,80$$

Maka didapat $F_{hitung} > F_{tabel}$, hal ini berarti H_0 ditolak, jadi perbedaan waktu proses berpengaruh terhadap ketebalan permukaan baja ST-37.

f. Efek interaksi antara beda rapat arus dan waktu proses terhadap ketebalan lapisan pada baja ST-37. $F_{hitung} = 12,54$, $F_{tabel} = 2,08$

aka didapat $F_{hitung} > F_{tabel}$, hal ini berarti H_0 ditolak. Jadi terjadi interaksi yang kuat antara penggunaan rapat arus yang berbeda dengan variasi waktu proses terhadap kekerasan permukaan baja ST-37.

Pengaruh Rapat Arus Terhadap kekerasan dan Ketebalan Lapisan

Proses pengendapannya dipengaruhi oleh beda potensial antara larutan dan benda kerja sebagai katoda. Yang disebabkan oleh adanya energi listrik dari sirkuit luar yang dialirkan masuk ke dalam larutan melalui perantara anoda dan katoda.

Proses pengendapan ion-ion khrom pada waktu proses pelapisan sangat dipengaruhi oleh rapat arus yang merupakan ukuran besar energi yang dimasukkan ke dalam larutan. Hal ini sesuai dengan rumusan hubungan rapat arus dan ketebalan hasil dari proses pelapisan yang berpengaruh terhadap kekerasan hasil pelapisan sebelumnya. Rumusan tersebut adalah :

$$t = \frac{T \cdot cd}{F \cdot 60}, \text{ dimana : } t = \text{Ketebalan (mm)},$$

$cd = \text{rapat arus (A/dm}^2\text{)},$

$T = \text{Waktu (menit)},$

$F = \text{faktor untuk setiap logam tertentu.}$

Pengaruh Waktu Proses Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan

Dari data, lama waktu dalam proses pelapisan listrik sangat berpengaruh terhadap ketebalan lapisan. Dalam pelapisan khrom keras, ketebalan lapisan sangat mempengaruhi besarnya nilai kekerasan permukaan hasil pelapisan. Hal ini sesuai dengan rumus berikut :

$$t = \frac{T \cdot cd}{F \cdot 60}$$

Dari rumus di atas dapat diketahui bahwa ketebalan lapisan berbanding lurus dengan lama waktu proses. Sehingga semakin lama waktu proses akan menghasilkan lapisan semakin tebal pula. Dalam penelitian ini, waktu proses yang dianggap optimal adalah waktu proses selama 120 menit. Karena hasil pelapisannya mempunyai nilai kekerasan yang sangat tinggi.

KESIMPULAN

Dari uraian dan pembahasan mengenai pelapisan khrom keras, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Pelapisan khrom keras selain menambah ketebalan dan kekerasan juga mengurangi koefisien gesek serta memperbaiki tampak rupa dari benda kerja yang dilapis.
- Kekerasan lapisan khrom keras selain dipengaruhi oleh penggunaan rapat arus juga dipengaruhi oleh waktu proses, pada konsentrasi larutan 200 gr / lt CrO_3 dan 2,0 gr / lt H_2SO_4
- Ketebalan lapisan khrom keras selain dipengaruhi oleh penggunaan rapat arus juga dipengaruhi oleh waktu proses, pada konsentrasi larutan 200 gr / lt CrO_3 dan 2,0 gr/lt H_2SO_4

DAFTAR PUSTAKA

- Harini**, *Kimia dan Elektrokimia Pelapisan*, Diklat Teknisi Lapis Listrik, Bandung, 1984.
- Anton J. Hartomo, Tomojiro Koneko**, *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)* Andi Offset, Yogyakarta, 1992.
- Indra Kusumah Necky**, *Proses Pelapisan Tembaga, Nikel dan Khrom*, Diklat Teknisi Lapis Listrik, Bandung, 1984.
- Galerman FT, et al**, *Pelapisan Khrom Keras*, LMN – LIPI, Bandung, 1985.
- Sriati Djapri**, *Metalurgi Mekanik*, Edisi ke-3 Jilid I, Erlangga, Jakarta, 1993.
- Sudjana**, *Metode Statistika*, Tarsito, Bandung, 1992

Beumer, Anwir B.S., (1994), *Ilmu Bahan Logam*, Bhratara Jakarta

Kalpalijian S., 1997 "*Manufacturing Processes for Engineering Materials*" Addison Wesley PC

Kalpalijian S., 1995 "*Manufacturing Engineering & technology*" Addison Wesley PC

John A. Schey., 2000, "*Introduction to Manufacturing Processes*", 3thed., McGraw Hill Book Company