

## PELAPISAN KHROM KERAS PADA POROS RODA UNTUK KEAUSAN YANG TERJADI PADA PERMUKAAN DIAMETER

**Moch. Variant Julianto**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [mochjulianto.19047@mhs.unesa.ac.id](mailto:mochjulianto.19047@mhs.unesa.ac.id)

**Akhmad Hafizh Ainur Rasyid**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [akhmadrasyid@unesa.ac.id](mailto:akhmadrasyid@unesa.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan ketebalan dan meninjau kesilindrisan yang dihasilkan setelah spesimen baja ST41 diberi lapisan logam krom keras. Setelah pelapisan pada spesimen, dilakukan analisis pengaruh arus listrik dan waktu pelapisan terhadap ketebalan dan kesilindrisan lapisan yang dihasilkan menggunakan uji statistik *two way anova*. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengguna mobil klasik dalam mereparasi poros roda bekas pakai agar bisa dipakai kembali serta dapat berkontribusi sebagai referensi dalam dunia pendidikan terkait pelapisan.

Metode penelitian yang digunakan menggunakan metode eksperimental untuk mengetahui pengaruh variasi pengujian arus listrik dan lama waktu pencelupan pada pelapisan logam krom keras terhadap ketebalan dan kesilindrisan lapisan yang dihasilkan. Pelapisan krom keras menggunakan variasi arus listrik 10A, 20A, 30A dan variasi lama waktu pencelupan 120 menit, 150 menit, 180 menit. Pengukuran ketebalan menggunakan alat *Coating Thickness Gauge* dalam skala  $\mu\text{m}$ . Nilai kesilindrisan diambil dari selisih diameter terbesar dengan diameter terkecil dalam satu titik uji lingkaran pada spesimen. Hasil pelapisan akan ditinjau ketebalan dan kesilindrisan (kerataan) pada lapisan krom keras yang berada pada permukaan spesimen. Spesimen berbentuk silinder dengan bahan baja ST41 yang berukuran sebesar D17 X P25 mm.

Hasil penelitian berdasarkan uji statistika *two way anova* menunjukkan bahwa variasi pengujian arus listrik berpengaruh terhadap ketebalan lapisan, variasi pengujian lama waktu pencelupan berpengaruh terhadap ketebalan lapisan, variasi pengujian arus listrik berpengaruh terhadap nilai kesilindrisan lapisan, dan variasi pengujian lama waktu pencelupan tidak berpengaruh terhadap nilai kesilindrisan lapisan. Nilai ketebalan tertinggi diperoleh pada variasi pengujian 30A selama 180 menit dengan ketebalan rata-rata sebesar sebesar 67,57  $\mu\text{m}$ . Nilai ketebalan terendah diperoleh pada variasi pengujian 10A selama 120 menit dengan ketebalan rata-rata sebesar 26,43  $\mu\text{m}$ . Nilai kesilindrisan tertinggi diperoleh pada variasi pengujian 30A selama 150 menit dengan nilai kesilindrisan sebesar 4,4  $\mu\text{m}$ . Nilai kesilindrisan terendah diperoleh pada variasi pengujian 10A selama 180 menit dengan nilai kesilindrisan sebesar 0,6  $\mu\text{m}$ .

**Kata Kunci:** Pelapisan Krom Keras, Ketebalan, Kesilindrisan.

### Abstract

*This research was carried out to increase the thickness and review the cylindrical results produced after ST41 steel specimens were coated with hard chromium metal. After coating the specimen, an analysis of the effect of electric current and coating time on the thickness and cylindrical coating was carried out using a two-way ANOVA statistical test. This research is expected to help classic car users in repairing used wheel axles so that they can be reused and can contribute as a reference in the world of education regarding coatings.*

*The research method used was an experimental method to determine the effect of variations in electric current testing and the length of immersion time on hard chromium metal coating on the thickness and cylindricality of the resulting layer. Hard chrome plating uses variations of electric current 10A, 20A, 30A and variations in immersion time of 120 minutes, 150 minutes, 180 minutes. Thickness measurements using the Coating Thickness Gauge on the  $\mu\text{m}$  scale. The cylindrical value is taken from the difference between the largest diameter and the smallest diameter at one circumference test point on the specimen. The results of the coating will be reviewed for the thickness and cylindrical (evenness) of the hard chrome layer on the surface of the specimen. Cylindrical specimen made of ST41 steel measuring D17 X P25 mm.*

*The results based on the two-way ANOVA statistical test show that variations in electric current testing affect coating thickness, variations in immersion time testing affect coating thickness, variations in electric current testing affect coating cylindrical values, and variations in immersion time testing have no effect on cylindrical values. layer. The highest thickness value was obtained in the 30A test variation for 180 minutes with an average thickness of 67.57  $\mu\text{m}$ . The lowest thickness value was obtained in the 10A test variation for 120 minutes with an average thickness of 26.43  $\mu\text{m}$ . The highest cylindrical value was obtained in the 30A test variation for 150 minutes with a cylindrical value of 4.4  $\mu\text{m}$ . The lowest cylindrical value was obtained in the 10A test variation for 180 minutes with a cylindrical value of 0.6  $\mu\text{m}$ .*

**Keywords:** Hard chrome plating, Thickness, Cylindrical.

## PENDAHULUAN

Poros roda pada mobil adalah suatu silinder untuk menghubungkan tenaga dari mesin pembakaran ke bagian roda. Poros roda pada mobil classic seperti VW Safari tersedia dalam keadaan second atau bekas pakai. Spare part dalam keadaan bekas pakai ini lapisan permukaannya sering tidak terawat sehingga berpotensi saat diaplikasikan mengalami kegagalan atau patah karena terjadi pengikisan diameter pada poros. Diameter yang tidak sesuai dengan nilai suaian pasak lubangnya, akan mengakibatkan benturan pada as roda dengan bearing karena ketidaksesuaian diameter antar permukaan yang terjadi. Maka dari itu perlu penanganan lebih lanjut mengenai poros roda dari segi diameternya.

Berdasarkan observasi penulis, penanganan sampai saat ini masih menggunakan media pengelasan pada diameter kemudian dibubut untuk perataannya. Hasil pengelasan tergantung pada keahlian operator pengelasannya, apabila hasil yang diperoleh terlalu keras maka akan berpotensi *crack* atau patah dalam as roda tersebut. Apabila hasil lasan terlalu lunak maka akan terjadi keausan pada diameter yang menyebabkan diameter pada poros berkurang kembali. Untuk menghindari hasil tersebut, penulis berinisiatif untuk membuat opsi baru mengenai perbaikan lapisan permukaan pada as roda yaitu dengan Pelapisan Logam media *Electroplating* menggunakan *Hardchrome*.

Tujuan pelapisan menggunakan *hardchrome* lebih kearah *engineering* daripada estetika, yaitu dari segi mekanik untuk meningkatkan kekerasan pada material dan daya tahan terhadap keausan akibat gesekan yang terjadi. *Hardchrome* dari kata “*Hard*” yang berarti keras menunjukkan ciri utama pada hasil pelapisan ini. Perubahan sifat material dari segi fisik yaitu bertambahnya diameter pada logam induk sesuai yang diinginkan.

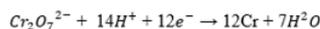
Pada penelitian sebelumnya, pelapisan *hardchrome* dapat meningkatkan sifat mekanik pada material seperti kekerasan material, meningkatkan daya tahan keausan, dan meningkatkan diameter pada material hingga 0,185 mm (Triatmaja, 2011). Hal yang perlu diperhatikan untuk mencapai diameter dan kesilindrisan pada poros roda yaitu variabel pengujian yang digunakan. Variabel pengujian bisa berupa arus listrik, arus yang digunakan, tegangan yang digunakan, dan lama waktu pencelupan pada proses elektroplating. (Nurbannasari, et al., 2014).

Elektroplating adalah suatu proses elektrolisis dengan cara mengendapkan suatu logam pelindung yang dikehendaki diatas logam lain melalui cara elektrolisis (Catur, 2016). Proses elektroplating mengubah sifat secara fisik, mekanik, dan sifat teknologi suatu material. Salah satu contoh perubahan fisik ketika material dilapisi dengan krom keras adalah bertambahnya diameter pada spesimen dan kerataan permukaannya (Nurbannasari & Ramelan, 2014).

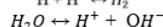
Berikut reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda saat proses pelapisan terjadi :

Pada katoda :

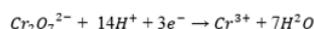
### Pengendapan Cr



### Evolusi $H^2$

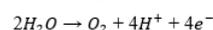


### Pembentukan Ion Cr

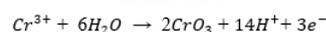


Kemudian pada anoda terjadi reaksi seperti berikut :

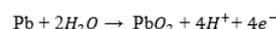
### Pelepasan $O_2$



### Oksidasi Ion Cr



### Pembentukan $PbO_2$



## METODE

### Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental untuk mengetahui pengaruh kuat arus dan lama waktu pencelupan terhadap ketebalan dan kesilindrisan lapisan khrom keras pada baja ST41 dengan :

- Pengujian Ketebalan menggunakan Coating Thickness Gauge.
- Pengujian Kesilindrisan menggunakan Coating Thickness Gauge.

### Waktu dan Tempat Penelitian

#### ➤ Tempat Penelitian

- Pelapisan logam dilakukan di Rajawali Chrome and Polishing, Dsn Candi Kota Sidoarjo.
- Persiapan Spesimen untuk pelapisan logam dilakukan di Anjadi Teknik, Kec. Asemrowo Kota Surabaya.

#### ➤ Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2023 – Maret 2023.

### Variabel Penelitian

#### ➤ Variabel Bebas

- Arus yang digunakan adalah disesuaikan dengan luas material yaitu 10, 20, 30 A
- Lama Waktu pencelupan yang digunakan adalah 120, 150, 180 menit.

#### ➤ Variabel Kontrol

- Suhu temperatur pelapisan 45 - 60° C
- Larutan  $CrO_3$
- Spesimen uji Baja ST41 dengan diameter 17 mm panjang spesimen 20 mm.
- Tegangan yang digunakan saat pelapisan adalah 12 volt.

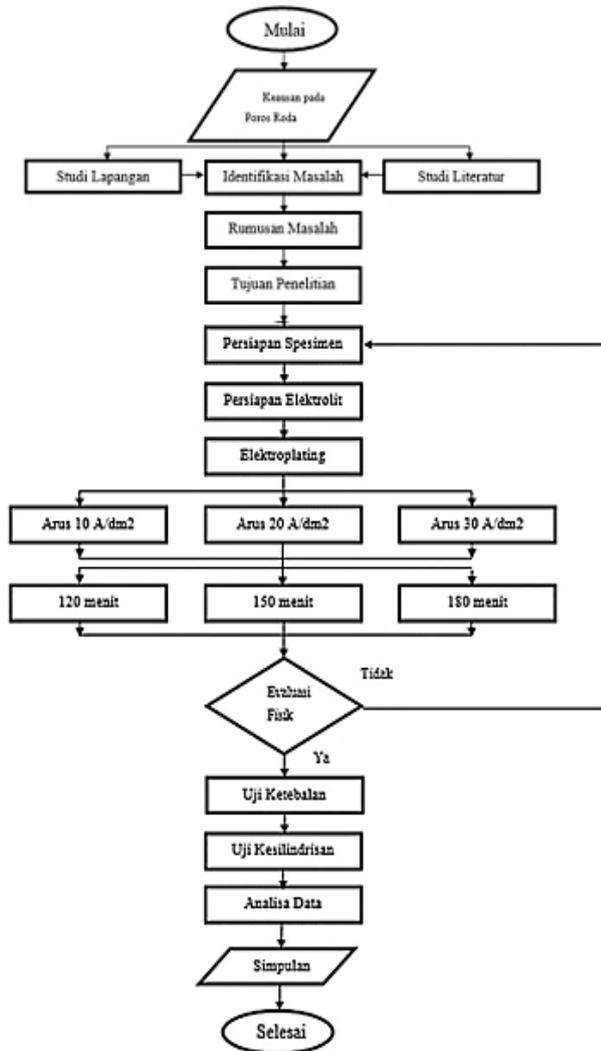
➤ **Variabel Terikat**

- Ketebalan Lapisan permukaan
- Kesilindrisan Permukaan Poros

**Spesimen Penelitian**

Spesimen penelitian berbentuk silinder berbahan baja ST41 dengan diameter sebesar 17 mm dan panjang 25 mm.

**Rancangan Penelitian**



Gambar 1. Flowchart

**Bahan, Peralatan, dan Instrumen Penelitian**

- **Bahan Penelitian**
  - Baja ST41
  - Larutan Kromium Trioksida
  - Anoda Timah (Pb)
  - Air Sabun yang Hangat
  - Katalis Asam Sulfat
  - Asam Klorida

➤ **Peralatan Penelitian**

- Bak Plating
- Power Supply
- Heater
- Thermocontrol
- Surface Grinding
- Rectifier

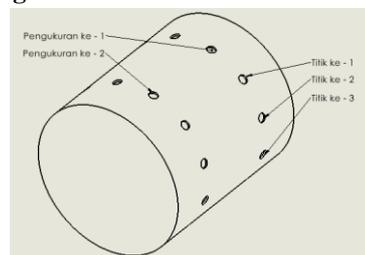
➤ **Instrumen Penelitian**

- Coating Thickness Gauge

**Langkah Kerja**

- Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan
- Persiapan spesimen uji St41.
- Pemotongan spesimen menjadi ukuran D17 x 20 mm sebanyak 9 spesimen dengan memvariabelkan kuat arus listrik dan lama waktu pencelupan.
- Perhitungan nilai suaian untuk menentukan target pencapaian ketebalan.
- Pemolesan atau penghalusan permukaan dengan *Surface Grinding*
- Pencucian spesimen menggunakan air sabun panas, kemudian dibilas air dan dilanjut dengan pencelupan pada cairan Asam Klorida.
- Pengeringan spesimen.
- Persiapan elektroplating meliputi bak plating dan  $CrO_3$ .
- Penuangan Kromium Trioksida, Asam Sulfat, dan Air di dalam bak *plating*.
- Pengadukan selama 30 menit.
- Tahap *elektroplating* untuk diuji ketebalan dengan Kesilindrisan sesuai dengan waktu dan Arus Listrik yang telah ditentukan :
  - Spesimen dengan jumlah 3 spesimen yang telah disiapkan dicelupkan ke dalam larutan elektrolit pada arus 10 A serta dengan variasi lama waktu pencelupan 120, 150 dan 180 menit.
  - Dengan cara yang sama, 3 spesimen berikutnya dicelupkan ke dalam larutan elektrolit pada dengan arus 20 A.
  - Kemudian 3 spesimen terakhir dicelupkan dengan arus 30 A.
- Pembilasan spesimen dengan air bersih.
- Pengeringan pada spesimen.
- Pengukuran nilai ketebalan dengan menggunakan *Coating Thickness Gauge*

**Teknik Pengambilan Data**



Gambar 2. Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data di tiap spesimen dilakukan 2 kali pengukuran. Di setiap pengukuran, diukur ketebalan lapisan menggunakan *coating thickness gauge* sebanyak 12 kali di 12 titik ukur melingkar yang tertera di gambar 2. Jadi dalam 1 spesimen, akan diperoleh 24 nilai ukur ketebalan.

Nilai kesilindrisan diambil dari selisih diameter terbesar dengan diameter terkecil pada tiap pengukuran. Semakin besar nilai kesilindrisan, maka lapisan permukaan semakin tidak rata karena jarak diameter terbesar dan terkecilnya terlalu jauh. Dikarenakan ada 2 pengukuran dalam 1 spesimen, maka akan diperoleh 2 nilai kesilindrisan pada masing – masing spesimen.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Uji Ketebalan**

Tabel 1. Nilai Ketebalan pada Spesimen

Arus (A)	Waktu (menit)	Rata - Rata Ketebalan (µm)	Σ Rata - Rata Ketebalan (µm)
10A	120	26,3	26,43
		26,55	
	150	30,31	29,98
		29,65	
	180	35,31	35,32
		35,32	
20A	120	30,97	31,16
		31,35	
	150	42,27	42,24
		42,21	
	180	50,91	51,20
		51,5	
30A	120	42,68	42,31
		41,94	
	150	55,86	55,94
		56,02	
	180	66,97	67,57
		68,16	

**Hasil Uji Kesilindrisan**

Tabel 2. Nilai Kesilindrisan pada Spesimen

Arus Listrik	Lama Waktu	Pengujian ke -	Nilai Kesilindrisan
10 AMPER	120 MENIT	Pengujian ke - 1	1
		Pengujian ke - 2	1
	150 MENIT	Pengujian ke - 1	1.5
		Pengujian ke - 2	1.5
	180 MENIT	Pengujian ke - 1	1.1
		Pengujian ke - 2	0.6
20 AMPER	120 MENIT	Pengujian ke - 1	2
		Pengujian ke - 2	2.8
	150 MENIT	Pengujian ke - 1	2
		Pengujian ke - 2	3
	180 MENIT	Pengujian ke - 1	3
		Pengujian ke - 2	3.5
30 AMPER	120 MENIT	Pengujian ke - 1	4
		Pengujian ke - 2	3.7
	150 MENIT	Pengujian ke - 1	4.4
		Pengujian ke - 2	3.5
	180 MENIT	Pengujian ke - 1	3.6
		Pengujian ke - 2	3.8

**Pembahasan Nilai Ketebalan**



Grafik 1. Nilai Rata – rata ketebalan

Dilihat dari hasil grafik perbedaan rata – rata ketebalan setiap spesimen, menunjukkan trend yang naik seiring perubahan variabel pengujian. Nilai rata – rata terendah didapatkan pada variabel 10A (1.00) 120 menit (1.00) dengan ketebalan 26,43 µm. Nilai tertinggi didapatkan pada variabel 30A (3.00) 180 menit (3.00) dengan 67,57 µm. Pada masing - masing arus (10A/ 20A/ 30A) memiliki tren yang naik dan pada seiringnya waktu masing – masing arus memiliki kemiringan yang berbeda – beda. Kemudian hasil ukur ketebalan akan dianalisis pengaruhnya terhadap variasi pengujian arus listrik dan lama waktu pencelupan menggunakan uji statistika *two way anova*.

Tabel 3. Hasil Statistika Ketebalan  
Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	17206.634 <sup>a</sup>	8	2150.829	1256.310	.000	.980
Intercept	340644.081	1	340644.081	198971.851	.000	.999
Waktu	5736.931	2	2868.466	1675.485	.000	.942
Arus	11221.572	2	5610.786	3277.287	.000	.970
Waktu * Arus	298.416	4	74.604	43.577	.000	.458
Error	352.676	206	1.712			
Total	359334.917	215				
Corrected Total	17559.310	214				

a. R Squared = .980 (Adjusted R Squared = .979)

Berdasarkan hasil uji statistik menggunakan metode *two way anova*, nilai signifikansi pada arus sebesar 0.000 sehingga variasi pengujian arus dapat mempengaruhi hasil ketebalan lapisan secara signifikan.

Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan “Kenaikan kuat arus listrik pada electroplating hardchrome dapat meningkatkan ketebalan lapisan pada permukaan”, Danang Tarwijayanto, 2013. Semakin besar arus yang dipakai, maka ion krom yang menempel pada katoda terjadi begitu cepat dengan banyaknya ion krom yang mengendap pada spesimen. Hal ini bisa terjadi karena dengan meningkatnya arus listrik, muatan listrik yang melewati elektrolit juga meningkat. Peningkatan ini menyebabkan jumlah elektron yang terlibat pembentukan zat krom pada katoda juga meningkat. Pada katoda, ion – ion positif yang terbentuk pada saat proses pembentukan ion krom ( $Cr^{3+}$ ) akan menerima elektron – elektron yang keluar dari katoda ( $12e^-$ ) sehingga membentuk atom netral ( $12Cr$ ) yang mengendap pada katoda (spesimen). Semakin banyak muatan listrik yang lewat dalam elektrolit,

semakin banyak ion - ion positif ( $Cr^{3+}$ ) yang tereduksi, semakin banyak endapan logam yang terbentuk. Hal ini sesuai dengan hukum faraday I yang mengatakan bahwa :

- Jumlah zat yang terbentuk pada elektroda selama proses elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir pada elektrolit.
- Jumlah zat yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama sebanding dengan berat ekivalen masing – masing zat tersebut (Berat zat yang terbentuk).

Kemudian pada hasil uji *two way anova* waktu pelapisan terhadap ketebalan, nilai signifikansi pada waktu diperoleh sebesar 0,000 sehingga variasi waktu pelapisan menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap hasil ketebalan. Hal ini sesuai dengan teori yang diungkapkan oleh Tapuyung pada tahun 2012 “Kuat arus listrik dan waktu proses mempengaruhi ketebalan dan massa yang semakin meningkat”. Lama waktu saat proses *electroplating* ini berkaitan dengan arus listrik.

**Semakin lama waktu pelapisan yang digunakan, maka distribusi muatan listrik (proses reduksi ion positif dengan elektron dari katoda) semakin sering terjadi.** Apabila proses distribusi muatan listrik memiliki waktu yang lama maka akan menyebabkan endapan logam akan meningkat di katoda. **Arus listrik berperan untuk mempercepat reaksi pembentukan Cr pada katoda dan lama waktu berperan sebagai waktu kerja distribusi arus pada elektroda.**

### Pembahasan Nilai Kesilindrisan

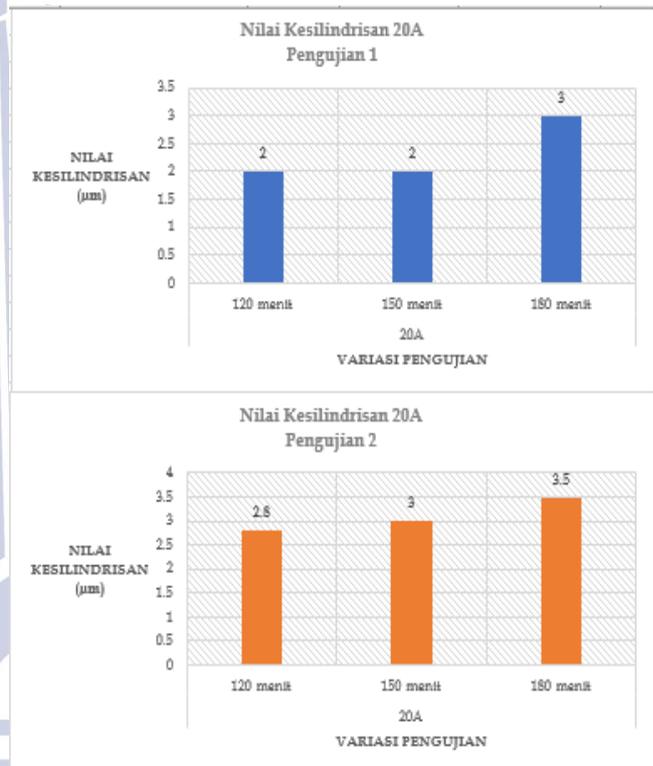


Grafik 2. Kesilindrisan Spesimen pada 10A dari 120 menit sampai 180 menit ( $\mu\text{m}$ ).

Pada grafik 2, pada arus 10A yang sama selama 120 menit – 180 menit alur grafik terbentuk secara fluktuatif.

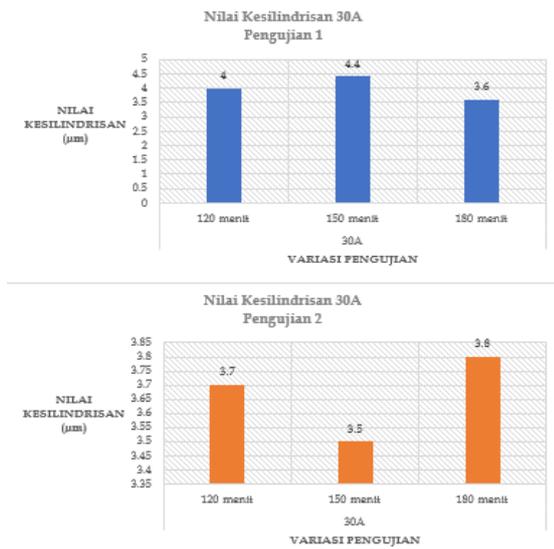
Pada arus listrik 10A yang sama, pada pengujian 1 memiliki nilai kesilindrisan sebesar 1  $\mu\text{m}$  pada saat 120 menit, nilai kesilindrisan sebesar 1,5  $\mu\text{m}$  pada saat 150 menit, dan nilai kesilindrisan sebesar 1,1  $\mu\text{m}$  pada saat 180 menit. Kemudian pada arus 10A yang sama, pada pengujian 2 memiliki nilai kesilindrisan sebesar 1  $\mu\text{m}$  pada saat 120 menit, nilai kesilindrisan sebesar 1,5  $\mu\text{m}$  pada saat 150 menit, dan nilai kesilindrisan sebesar 0,6  $\mu\text{m}$  pada saat 180 menit.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pencelupan yang digunakan (120 menit – 180 menit) menunjukkan nilai kesilindrisan yang fluktuatif (nilai kesilindrisan berubah – ubah tidak linear) membentuk alur grafik parabola.



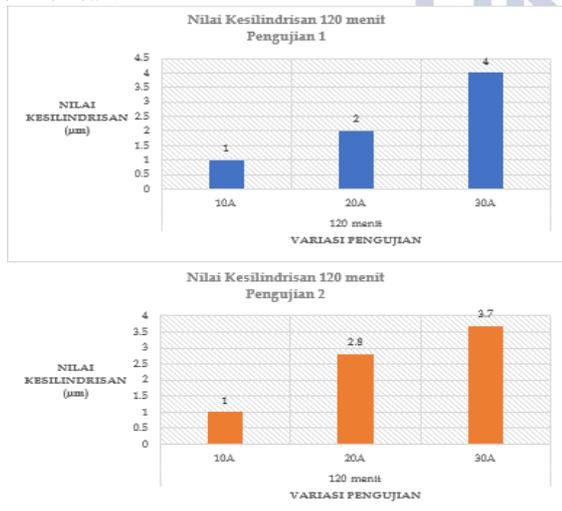
Grafik 3. Kesilindrisan pada 20 A dari 120 menit sampai 180 menit ( $\mu\text{m}$ ).

Kemudian pada grafik 3 pada arus 20A yang sama selama 120 menit – 180 menit alur grafik terbentuk secara linear meningkat. pada pengujian 1 memiliki nilai kesilindrisan sebesar 2  $\mu\text{m}$  pada saat 120 menit, nilai kesilindrisan sebesar 2  $\mu\text{m}$  pada saat 150 menit, dan nilai kesilindrisan sebesar 3  $\mu\text{m}$  pada saat 180 menit. Kemudian pada arus 20A yang sama, pada pengujian 2 memiliki nilai kesilindrisan sebesar 2,8  $\mu\text{m}$  pada saat 120 menit, nilai kesilindrisan sebesar 3  $\mu\text{m}$  pada saat 150 menit, dan nilai kesilindrisan sebesar 3,5  $\mu\text{m}$  pada saat 180 menit. Alur grafik pada pengujian 1 dan 2 memiliki pola yang sama yaitu semakin bertambahnya waktu pelapisan maka nilai kesilindrisan semakin meningkat.



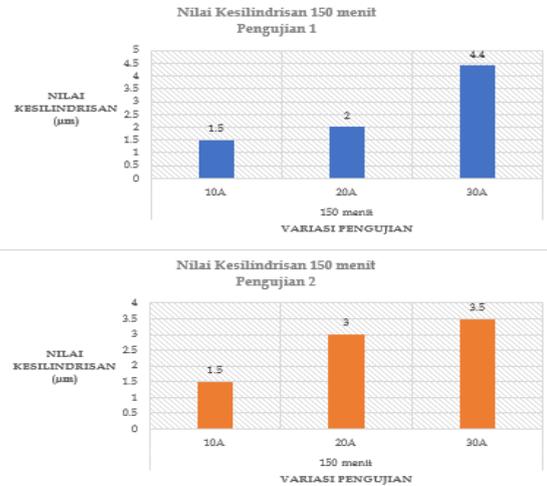
Grafik 4. Kesilindrisan pada 30 A dari 120 menit sampai 180 menit (μm).

Kemudian pada grafik 4.4, pada arus 30A yang sama selama 120 menit – 180 menit terjadi perbedaan bentuk pada tiap pengujian. Pada pengujian 1 memiliki nilai kesilindrisan sebesar 4 μm pada saat 120 menit, nilai kesilindrisan sebesar 4,4 μm pada saat 150 menit, dan nilai kesilindrisan sebesar 3,6 μm pada saat 180 menit. Kemudian pada pengujian 2 memiliki nilai kesilindrisan sebesar 3,7 μm pada saat 120 menit, nilai kesilindrisan sebesar 3,5 μm pada saat 150 menit, dan nilai kesilindrisan sebesar 3,8 μm pada saat 180 menit. Alur grafik pada pengujian membentuk parabola sedangkan pada pengujian yang ke 2 alur grafik membentuk parabola terbalik dari pengujian 1. Hasil pada masing – masing grafik (grafik 4.2, grafik 4.3, dan grafik 4.4) menunjukkan nilai kesilindrisan yang tidak sama. Nilai kesilindrisan yang didapatkan pada arus yang sama dalam rentang waktu 120 menit – 180 menit memberikan nilai kesilindrisan yang berbeda – beda pada alur grafiknya. Jadi berdasarkan data grafik perubahan lama waktu tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kesilindrisan.



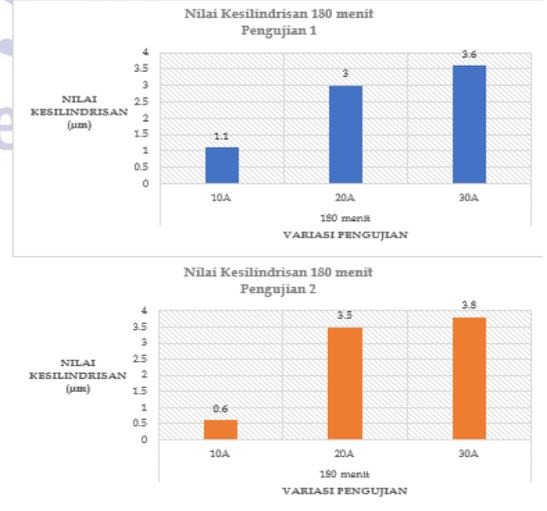
Grafik 5. Kesilindrisan pada 120 menit di masing – masing arus (μm).

Pada waktu 120 menit, pada pengujian 1 memiliki nilai kesilindrisan sebesar 1 μm pada arus 10A dan nilai kesilindrisan sebesar 4 μm dengan arus 30A. Kemudian pada waktu 120 menit yang sama, pada pengujian 2 nilai kesilindrisan dengan arus 10A menunjukkan nilai 1 μm dan pada arus 30A menunjukkan nilai 3,7 μm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar arus listrik yang digunakan pada pelapisan, maka nilai kesilindrisan yang diperoleh juga semakin besar.



Grafik 6. Kesilindrisan pada 150 menit di masing – masing arus (μm).

Pada grafik 4.6 dengan waktu pelapisan 150 menit yang sama, pada pengujian 1 memiliki nilai kesilindrisan sebesar 1,5 μm pada arus 10A dan nilai kesilindrisan sebesar 4,4 μm dengan arus 30A. Kemudian pada waktu 150 menit yang sama, pada pengujian 2 nilai kesilindrisan dengan arus 10A menunjukkan nilai 1,5 μm dan pada arus 30A menunjukkan nilai 3,5 μm. Ditinjau pada grafik ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai arus yang digunakan, maka nilai kesilindrisan yang diperoleh semakin besar juga yaitu dari 1,5 μm pada arus 10A dan 4,4 μm pada arus 30A.



Grafik 7. Kesilindrisan pada 180 menit di masing – masing arus (μm).

Pada grafik 4.7 dengan waktu pelapisan 180 menit yang sama, pada pengujian 1 memiliki nilai kesilindrisan sebesar 1,1  $\mu\text{m}$  pada arus 10A dan nilai kesilindrisan sebesar 3,6  $\mu\text{m}$  dengan arus 30A. Kemudian pada waktu 180 menit yang sama, pada pengujian 2 nilai kesilindrisan dengan arus 10A menunjukkan nilai 0,6  $\mu\text{m}$  dan pada arus 30A menunjukkan nilai 3,8  $\mu\text{m}$ . Ditinjau pada grafik ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai arus yang digunakan, maka nilai kesilindrisan yang diperoleh semakin besar juga yaitu dengan nilai terkecil sebesar 0,6  $\mu\text{m}$  pada arus 10A dan nilai terbesar sebesar 3,8  $\mu\text{m}$  pada arus 30A.

Nilai kesilindrisan terbesar diperoleh pada variasi pengujian 30A 150 menit dengan nilai kesilindrisan sebesar 4,4  $\mu\text{m}$ . Nilai kesilindrisan terkecil diperoleh pada variasi pengujian 10A 180 menit dengan nilai kesilindrisan sebesar 0,6  $\mu\text{m}$ .

Tabel 4. Hasil Statistik Nilai Kesilindrisan  
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SILINDER					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	141.320 <sup>a</sup>	9	15.702	91.766	.000
ARUS	22.374	2	11.187	65.380	.000
WAKTU	.181	2	.091	.529	.606
ARUS * WAKTU	1.209	4	.302	1.766	.220
Error	1.540	9	.171		
Total	142.860	18			

a. R Squared = .989 (Adjusted R Squared = .978)

Berdasarkan hasil uji *two way anova* arus listrik terhadap kesilindrisan, nilai signifikansi pada variasi pengujian arus pelapisan menunjukkan angka sebesar 0,000. Nilai signifikansi lebih kecil daripada 0,05, sehingga dapat disimpulkan variasi arus pelapisan terhadap perubahan hasil kesilindrisan berpengaruh secara signifikan.

Jumlah elektron yang terlibat dalam reaksi berbanding lurus dengan jumlah arus listrik yang digunakan (Sulastrri, 2017). Jadi disini penambahan arus listrik disertai dengan lama waktu yang terlibat menyebabkan jumlah elektron semakin banyak dalam proses pembentukan atom hidrogen netral. Polaritas yaitu kepolaran suatu unsur yang saling berikatan dan mengandung pasangan elektron bebas pada inti molekul. Maka dari itu "Semakin banyak pasangan elektron bebas (pasangan elektron yang tidak saling berikatan), maka akan semakin mudah membentuk senyawa hidrogen" (Pratita Ann, 2018). Atom netral H akan mengendap pada katoda dan sebagian lagi akan menguap membentuk gas  $H_2$  di udara. Hidrogen H yang mengendap pada katoda akan menyebabkan cacat lapisan yang disebut kerapuhan hidrogen (*hydrogen embrittlement*) (Azhar Saleh, 2014)

**Jadi apabila semakin tinggi arus yang digunakan, semakin banyak pasangan elektron tak berikatan, semakin mudah atom hidrogen netral yang terbentuk, maka semakin banyak terjadi ketidakrataan pada lapisan logam karena kerapuhan yang terjadi.** Jadi perbedaan variasi pengujian arus (10A, 20A, dan 30A) dapat memengaruhi kerataan lapisan pada spesimen.

Berdasarkan hasil uji *two way anova* variasi waktu terhadap kesilindrisan, nilai signifikansi pada variasi pengujian waktu pelapisan menunjukkan angka sebesar 0,606. Nilai signifikansi lebih besar daripada 0,05, sehingga dapat disimpulkan variasi waktu pelapisan terhadap perubahan hasil kesilindrisan tidak berpengaruh secara signifikan.

Atom H dapat masuk dalam ikatan logam lapisan karena keelektronegatifan yang terjadi pada katoda. Kekuatan senyawa hidrogen dipengaruhi oleh perbedaan elektonegativitas yang terjadi antar atom yang berada pada molekul. Semakin besar selisih tingkat elektronegatifnya, maka semakin besar kekuatan senyawa hidrogen yang akan dibentuk (Pratita Ann, 2018). Dalam penelitian ini, penulis tidak meneliti secara detail di bagian mana terjadi keelektronegatifan yang tinggi pada spesimen saat proses pelapisan, sehingga hal ini yang menyebabkan nilai kesilindrisan yang didapatkan pada arus yang sama dalam rentang waktu penelitian hasilnya tidak berbeda – beda..

Dikarenakan semakin tinggi tingkat keelektronegatifan, semakin besar kekuatan ikatan hidrogen pada katoda dan hal tersebut tidak dapat diketahui oleh penulis dibagian mana terjadi tingkat keelektronegatifan yang tinggi pada bagian spesimen saat proses pelapisan berlangsung sehingga mengakibatkan nilai kesilindrisan yang berbeda – beda pada tiap waktu pelapisan di arus listrik yang sama. Maka nilai kesilindrisan (ketidakrataan lapisan) yang dihasilkan pada grafik 4.2, grafik 4.3, dan grafik 4.4 menjadi tidak sama alur grafiknya.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan analisis data pada hasil pengujian ketebalan spesimen yang telah dilapisi krom keras dengan perbedaan variasi arus dan waktu didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Variasi pengujian arus listrik dapat mempengaruhi nilai ketebalan yang dihasilkan. Berdasarkan hasil uji statistik *two way anova*, nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 0,000. Nilai signifikansi yang diperoleh < 0,05 sehingga variasi arus listrik berpengaruh secara signifikan terhadap nilai ketebalan. Hal ini dibuktikan dengan nilai rata – rata ketebalan terbesar diperoleh pada arus 30 A dan nilai rata – rata terkecil diperoleh pada arus 10 A.
- Variasi pengujian lama waktu pencelupan dapat mempengaruhi nilai ketebalan yang dihasilkan. Berdasarkan hasil uji statistik *two way anova*, nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 0,000. Nilai signifikansi yang diperoleh < 0,05 sehingga variasi lama waktu pencelupan dapat berpengaruh secara signifikan terhadap nilai ketebalan. Hal ini dibuktikan bahwa nilai rata – rata ketebalan terbesar diperoleh dengan lama waktu pencelupan 180 menit dan nilai rata – rata ketebalan terkecil diperoleh pada waktu 120 menit.

- Variasi pengujian arus listrik dapat mempengaruhi nilai kesilindrisan yang dihasilkan pada permukaan spesimen. Berdasarkan hasil uji statistik two way anova, nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 0,000. Nilai signifikansi yang diperoleh  $< 0,05$  sehingga variasi pengujian arus listrik dapat berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kesilindrisan lapisan. Hal ini dibuktikan pada hasil grafik pengujian, nilai rata – rata kesilindrisan terbesar diperoleh pada arus 30 A dan nilai rata – rata kesilindrisan terkecil diperoleh pada arus 10 A.
- Variasi pengujian lama waktu pencelupan tidak dapat mempengaruhi nilai kesilindrisan yang dihasilkan pada permukaan spesimen. Berdasarkan hasil uji statistik two way anova, nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 0,606. Nilai signifikansi yang diperoleh  $> 0,05$  sehingga variasi pengujian lama waktu tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kesilindrisan permukaan. Hal ini dibuktikan pada hasil grafik 4.5, grafik 4.6, dan grafik 4.7 tidak menunjukkan bentuk yang tidak sama (tidak linear dan ada yang hampir sejajar).

#### Saran

- Kepada customer vw, dapat menggunakan variasi arus 20A dengan pencelupan selama 180 menit untuk memperoleh hasil yang sesuai pada poros roda yaitu mencapai ketebalan sebesar 100  $\mu\text{m}$ .
- Kepada akademisi, penelitian ini dapat dijadikan referensi selanjutnya terkait pengaruh arus listrik dan lama waktu pencelupan terhadap masing – masing nilai ketebalan dan kesilindrisan.
- Kepada akademisi, apabila data pengujian kurang dari 30, maka dapat memakai metode rancangan acak lengkap two way anova agar hasil data bisa lebih akurat dalam mencari pengaruh pada variabel pengujian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Astana Widi, I. K., & Sujana, W. (2019). Analisa Khromisasi Eletroplating pada Tool Steel . Jurnal Flywheel, 13.
- Catur, W. (2016). PENGARUH VARIASI WAKTU PROSES HARD CHROME PADA WASHER (RING) TERHADAP KETEBALAN DAN KEKERASAN LAPISAN . Universitas Negeri Semarang, 15.
- Nurbannasari, M., & Ramelan, A. (2014). Proses Pelapisan Kromium pada Plat Baja Karbon Rendah. Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri. Bandung.

Saleh, A. (2014). Pelapisan Logam, Buku Pegangan Industri Elektroplating. Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan Mesin.

Sato, T. G., & Hartanto, N. S. (2015). Menggambar Mesin menurut Standard ISO. Jakarta Timur: PT. Balai Pustaka (Persero).

Tarwijayanto. (2013). PENGARUH ARUS DAN WAKTU PELAPISAN HARD CHROME TERHADAP KETEBALAN LAPISAN DAN TINGKAT KEKERASAN MIKRO PADAPLAT BAJA KARBON RENDAH AISI 1026 DENGAN MENGGUNAKAN CrO<sub>3</sub> 250 gr/lit DAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,5 gr/lit PADA PROSES ELEKTROPLATING . MEKANIKA, 112.

Triatmaja, C. A. (2013). HARDCHROME PLATING PADA BAJA KARBON RENDAH. UNIVERSITAS SANATA DHARMA, 25.