



## **PENGARUH WAKTU DAN TEMPERATUR LARUTAN TERHADAP KETEBALAN DAN KEKERASAN PERMUKAAN LAPISAN HASIL ELEKTROPLATING KUNINGAN PADA BAJA**

**Yuli Yetri<sup>1</sup>, Ultra Marsedi<sup>2</sup>, Jon Affi<sup>3</sup>, Desmarita Leni<sup>4</sup>**

<sup>1,4</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang, Padang

<sup>2,3</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

Email : yuliyetri@pnp.ac.id

### **Abstract**

*Brass electroplating process has been analyzed on the steel surface for the thickness and hardness of the coating. The electroplating process was carried out on low carbon steel ST 37 by varying the time (10 minutes, 15 minutes, 20 minutes and 25 minutes), and the temperature of the solution (40 °C, 45 °C, 50 °C, and 55 °C). To determine the quality of the coating results were observed using a stereo microscope and Vicker hard test equipment to measure the thickness and hardness. The test results show that the increase in time and temperature is proportional to the thickness and hardness value obtained. The lowest average thickness and hardness value was 11,323  $\mu\text{m}$  182.4 VHN at 40 °C with 10 minutes coloring time. While the highest average thickness and hardness values were 29.333  $\mu\text{m}$  and 218.8 VHN were obtained at a temperature of 55 °C for 25 minutes. The observations showed a significant increase in thickness and hardness values after 20 minutes. This shows that the higher the solution temperature, it will reduce the absorption of hydrogen into the sludge resulting in an increase in the surface hardness of the resulting layers due to more sediment attached to the cathode. The increase in time and temperature of the solution given is directly proportional to the thickness and hardness value produced on the metal surface.*

**Keywords:** electroplating; brass; temperature; thickness; hardness.

### **Abstrak**

Telah dilakukan analisa proses elektroplating kuningan pada permukaan baja terhadap ketebalan dan kekerasan hasil lapisannya. Proses elektroplating dilakukan terhadap baja karbon rendah ST 37 dengan memvariasikan waktu (10 menit, 15 menit, 20 menit, dan 25 menit), dan temperatur larutan (40°C, 45°C, 50°C, dan 55°C). Untuk mengetahui kualitas hasil lapisan diamati dengan menggunakan mikroskop stereo dan alat uji keras Vicker untuk mengukur ketebalan dan kekerasannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan waktu dan suhu sebanding dengan ketebalan dan nilai kekerasan. Nilai rata-rata ketebalan dan kekerasan terendah 11,323  $\mu\text{m}$  182,4 VHN pada 40°C dengan waktu pewarnaan 10 menit. Sedangkan nilai rata-rata ketebalan dan kekerasan tertinggi 29,333  $\mu\text{m}$  dan 218,8 VHN yang diperoleh pada temperatur 55°C selama 25 menit. Hasil pengamatan menunjukkan peningkatan nilai ketebalan dan kekerasan secara signifikan setelah waktu 20 menit. Hal ini menunjukkan semakin tinggi suhu larutan, akan mengurangi penyerapan hidrogen ke endapan sehingga terjadi peningkatan kekerasan permukaan dari lapisan yang dihasilkan akibat dari semakin banyak sedimen yang menempel pada katoda. Peningkatan waktu dan temperatur larutan yang diberikan berbanding lurus dengan ketebalan dan nilai kekerasan yang dihasilkan di permukaan logam.

**Kata kunci:** elektroplating; kuningan; temperatur; ketebalan; kekerasan.

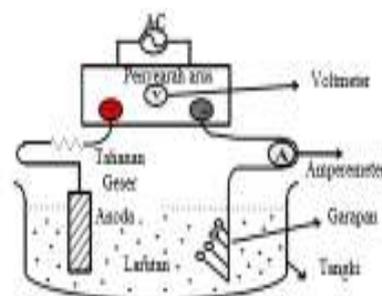
## 1. PENDAHULUAN

Elektroplating merupakan proses perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam tersebut mengendap pada benda padat konduktif dan membentuk lapisan logam. Lapisan logam yang mengendap disebut sebagai deposit. Proses pelapisan logam secara elektroplating merupakan fenomena kebalikan dari korosi [1]. Dalam teknologi pengerjaan logam, proses lapis listrik termasuk ke dalam proses pengerjaan akhir (metal finishing). Adapun fungsi dan tujuan dari pelapisan logam adalah: memperbaiki tampak rupa (*decorative*), melindungi substrat dan dekorasi, meningkatkan ketahanan produk terhadap gesekan (abrasi), memperbaiki kehalusan atau bentuk permukaan toleransi logam dasar, dan membentuk benda kerja dengan endapan (*electroforming*) [1].

Parameter-parameter yang mempengaruhi pada proses elektroplating adalah konsentrasi larutan, rapat arus, waktu dan temperatur. Konsentrasi larutan ini berkaitan dengan nilai pH dari larutan. Jika nilai pH melebihi dari yang diijinkan, maka terjadi sumuran pada permukaan produk dan lapisan, sehingga lapisan yang terjadi terlihat kasar pada permukaan benda yang dilapisi. Pada proses lapis listrik rapat arus yang diperhitungkan adalah rapat arus katoda, yaitu banyaknya arus listrik yang diperlukan untuk mendapatkan atom-atom logam pada tiap satuan luas permukaan benda kerja yang dilapisi. Faktor rapat arus memegang peranan sangat penting dalam proses lapis listrik, karena akan mempengaruhi efisiensi pelapisan dan reaksi reduksi oksidasi. Temperatur terlalu rendah dan rapat arus yang cukup optimum mengakibatkan hasil pelapisan menjadi kasar dan kusam. Tetapi jika temperatur tinggi dengan rapat arus yang optimum maka, hasil pelapisan menjadi tidak merata. Kenaikan temperatur menyebabkan naiknya konduktifitas dan difusitas larutan elektrolit, berarti tahanan elektrolit mengecil sehingga potensial dibutuhkan untuk mereduksi ion-ion logam berkurang [2]. Waktu pelapisan mempengaruhi kuantitas dari hasil pelapisan yang terjadi dipermukaan produk yang dilapisi. Hal ini sesuai dengan hukum Faraday yang berbunyi jumlah zat-zat yang terbentuk dan terbebas dengan elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit [3].

Ada beberapa jenis logam yang dijadikan sebagai bahan pelapis material pada proses elektroplating, salah satunya adalah kuningan (Cu-Zn). Kuningan lebih kuat dan lebih keras dari pada tembaga, tetapi tidak sekuat atau sekeras seperti baja. Kuningan sangat mudah untuk dibentuk dan bertindak sebagai konduktor panas yang baik dan umumnya tahan terhadap korosi dari garam [4]. Dibandingkan dengan bahan pelapis lain, kuningan memiliki harga yang relatif murah dan memiliki tampak rupa yang menarik, namun informasi umum dari pelapisan kuningan tidak di ekspos secara luas. Berdasarkan faktor di atas maka penulis melakukan penelitian tentang pelapisan elektroplating kuningan pada baja dengan variasi waktu dan temperatur larutan. Untuk mengetahui pengaruh waktu dan temperatur larutan terhadap ketahanan lapisan sehingga perlu dilakukan pengujian ketebalan lapisan dan kekerasan permukaan.

Pada proses elektroplating logam yang dilapisi berfungsi sebagai katoda (elektroda negatif), sedangkan logam pelapis sebagai anoda (elektroda positif). Dalam prosesnya arus mengalir dari kutub positif ke kutub negatif sedangkan aliran elektron mengalir dari kutub negatif ke kutub positif. Pada elektroplating arus yang dipakai adalah arus searah (DC) [5]. Rangkaian dasar elektrik elektroplating dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Dasar Elektrik untuk Elektroplating [6]

Mekanisme terjadinya pelapisan logam adalah dimulai dari dikelilinginya ion-ion logam oleh molekul-molekul pelarut yang mengalami polarisasi. Di dekat permukaan katoda, terbentuk daerah *Electrical Double Layer (EDL)* yang bertindak seperti lapisan dielektrik. Adanya lapisan EDL memberi beban

tambahan bagi ion-ion untuk menembusnya. Dengan gaya dorong beda potensial listrik dan dibantu oleh reaksi kimia, ion-ion logam akan menuju permukaan katoda dan menangkap elektron dari katoda, sambil mendeposisikan diri di permukaan katoda. Dalam kondisi equilibrium, setelah ion-ion mengalami *discharge* menjadi atom-atom kemudian menempatkan diri pada permukaan katoda [7].

Pada proses ini, apabila suatu potensial diberikan ke dalam sel itu sehingga komponen menjadi katoda dan batangan atau lempengan logam penyalut menjadi anoda, ion-ion logam penyalut dari larutan mengendap ke permukaan komponen sementara dari anoda ion-ion juga terus terlarut. Proses elektroplating bukan logam murni saja, tetapi juga dapat diterapkan untuk logam paduan. Ketebalan lapisan dan kehalusan ukuran butiran yang dihasilkan dapat dikendalikan dengan baik, sehingga lapisan bisa bebas dari porositas [8].

Basmal, dkk [9] meneliti pengaruh suhu dan waktu elektroplating terhadap nilai ketebalan dan kekasaran permukaan, menyimpulkan bahwa suhu dan waktu pelapisan berpengaruh signifikan terhadap nilai ketebalan dan kekasaran permukaan namun demikian pengaruh suhu lebih besar dari pada waktu [9]. Sudarmono Rizki Yulianto [10] meneliti pengaruh variasi temperatur terhadap kekerasan serta ketebalan baja karbon rendah dengan pelapisan nickel krom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan dan kekerasan semakin bertambahnya temperatur cairan, maka ketebalan dan kekerasan semakin meningkat. Akan tetapi pada suhu 60 °C, ketebalan dan kekerasan menurun dikarenakan ion-ion krom yang menempel pada permukaan spesimen mempunyai sifat jenuh, sehingga dapat merusak ikatan lapisan spesimen yang mengakibatkan penurunan dan kekerasan permukaan spesimen [10].

Pada prinsipnya proses pelapisan logam dengan metode elektroplating merupakan rangkaian yang terdiri dari sumber arus listrik searah, anoda, katoda serta larutan elektrolit [11]. Rangkaian disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu sistem lapis listrik yang terdiri dari sirkuit luar, katoda, larutan pelapis, dan anoda [11].

Kualitas dari hasil pelapisan (elektroplating) dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu:

1. Konsentrasi larutan

Konsentrasi berkaitan dengan nilai pH dari larutan. Pada larutan elektrolit mempunyai batas-batas pH yang diizinkan agar proses tersebut berlangsung baik, berkisar antara 1,5-5,2. Jika nilai pH melebihi dari nilai yang diizinkan maka terjadi sumuran pada permukaan produk dan lapisan nikel kasar pada permukaan benda yang dilapisi.

2. Rapat arus

Rapat arus adalah harga yang menyatakan jumlah arus listrik yang mengalir persatuan luas permukaan elektroda. Rapat arus terbagi dua yaitu: rapat arus anoda dan rapat arus katoda. Temperatur dan waktu pelapisan.

Temperatur terlalu rendah dan rapat arus yang cukup optimum mengakibatkan hasil pelapisan menjadi kasar dan kusam, tetapi jika temperatur tinggi dengan rapat arus yang optimum maka, hasil pelapisan menjadi tidak merata. Kenaikan temperatur menyebabkan naiknya konduktifitas dan difusitas larutan elektrolit, berarti tahanan elektrolit mengecil sehingga potensial dibutuhkan untuk mereduksi ion-ion logam berkurang [2].

Waktu pelapisan mempengaruhi terhadap kuantitas dari hasil pelapisan yang terjadi dipermukaan produk yang dilapisi. Hal ini sesuai dengan hukum Faraday yang berbunyi jumlah zat-zat yang terbentuk dan terbebas dengan elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit. Jumlah zat yang dihasilkan oleh arus listrik juga sebanding dengan ekuivalen masing-masing zat tersebut [3], seperti Persamaan (1).

$$W = \frac{I e t}{F} \quad (1)$$

Dimana:

- W = Berat endapan lapisan (gr)  
 i = Arus yang mengalir (A)  
 t = Waktu pelapisan (s)  
 e = Berat ekuivalen (gr)  
 F = Konstanta Faraday 96.500 (C)

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Material yang digunakan

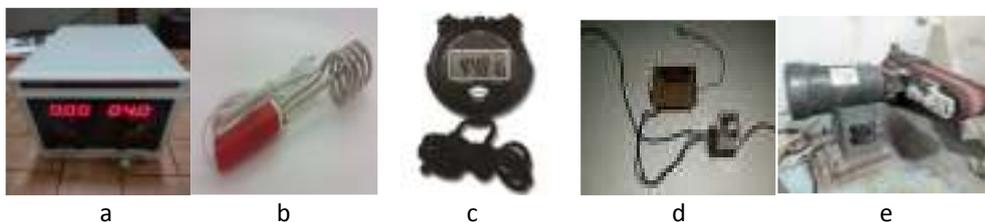
Spesimen uji (katoda) yang digunakan yaitu sampel pelat baja karbon rendah (ST-37) dengan ukuran (50x50) mm dan ketebalan 4 mm. Kemudian permukaan spesimen diampas secara bertahap dengan amplas hingga terlihat *finishing*-nya terlihat seperti pada Gambar 2. Langkah berikutnya adalah pembersihan kotoran-kotoran lain dengan menghindari kontak langsung antara spesimen dengan tangan dan benda-benda di sekitar selama proses pembersihan, pelapisan sampai pengeringan selesai dilakukan. Anoda sebagai bahan pelapis yang digunakan yaitu kuningan. Anoda dipotong dengan ukuran (10x10) mm dan tebal 0,2 mm, hal ini dimaksudkan agar bidang muka spesimen (katoda) dan anoda dapat diletakkan dengan posisi sejajar.



Gambar 2. Spesimen Setelah Diampas

### 2.2 Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: *Rectifier, Heater, Stopwatch, Rangkaian Termostat, dan Mesin Poles Nanofin*. *Rectifier* (penyearah arus) yang digunakan untuk memberikan variasi tegangan *output* 4 Volt dan kuat arus sebesar 2 Ampere. *Rectifier* ATTEN APS 3005S, dengan tegangan input AC 220V, 50/60 Hz, dan tegangan output 0-30 V/0-5 A dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. a). *Rectifier Power Supply*, b). *Heater*, c). *Stopwatch*, d). *Termostat*, e). *Amplas Belt*

*Heater* digunakan untuk memanaskan larutan elektrolit sesuai dengan variasi temperatur pada proses elektroplating. Variasi temperatur yang diberikan adalah 40°C, 45°C, 50°C, dan 55°C dengan batas temperatur yang diperbolehkan  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Penggunaan temperatur tersebut mengacu dari penelitian sebelumnya dengan temperatur 40°C, 45°C, 50°C, 55°C dan 60°C, dimana pada temperatur 60°C menyebabkan penurunan nilai ketebalan dan kekerasan [10]. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan variasi temperatur sampai 55°C. *Heater* JIAMEI dengan daya 1000 W, dan tegangan 220 V yang digunakan pada proses elektroplating ini berbentuk spiral seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

*Stopwatch* seperti pada Gambar 3 digunakan untuk mengukur lamanya waktu pelapisan sesuai dengan variasi yang ditentukan dalam penelitian. Variasi waktu yang digunakan pada pengujian ini ialah 10 menit, 15 menit, 20, dan 25 menit.

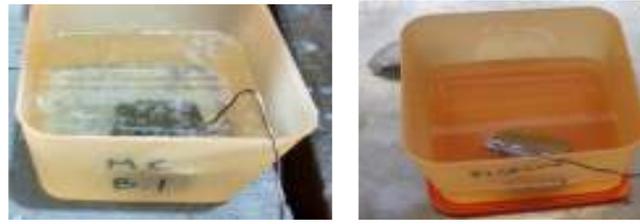
Termostat adalah alat yang digunakan untuk mengatur variasi temperatur yang dipakai pada saat pelapisan elektroplating, seperti terlihat pada Gambar 3. Termostat menahan temperatur yang dibaca oleh sensor kemudian relay akan memutus arus ketika berada pada temperatur yang diinginkan.

Pembersihan permukaan spesimen dilakukan bertahap, pertama dilakukan pengamplasan dengan menggunakan amplas *belt* yang dapat dilihat pada Gambar 3. Tujuannya untuk meratakan

permukaan spesimen baja yang awalnya tidak rata dan berkarat. Selanjutnya dilakukan pemolesan permukaan dengan mesin poles Nanofin 644427 dengan tegangan 250 V/50 Hz, dan kecepatan maksimal 600 rpm, agar permukaan baja yang awalnya masih kasar menjadi halus agar proses pelapisan bisa dilakukan dengan optimal.

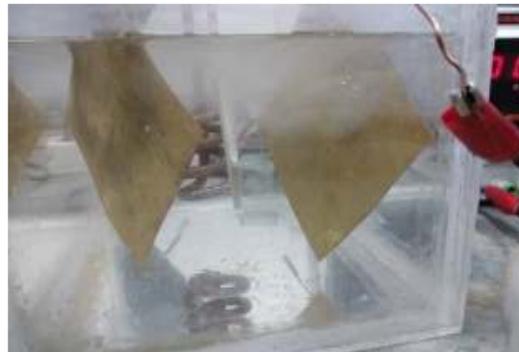
### 2.3 Proses Electroplating

Sebelum dilakukan pelapisan terlebih dahulu spesimen dibersihkan dari lemak dan kotoran yang menempel di permukaan dengan larutan *metal cleaner* (NaOH) selama 10 menit. Selanjutnya bilas menggunakan *aquades* supaya larutan sebelumnya tidak menempel pada spesimen. Setelah itu dilakukan pembersihan menggunakan larutan *pickling* (HCl) selama 1 menit agar spesimen benar-benar bersih dari kotoran dan lemak yang prosenya seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. a). *Metal Cleaner* (NaOH), b). Larutan *Pickling* (HCl)

Kemudian dibilas kembali menggunakan *aquades* dan setelah itu dilanjutkan dengan proses elektroplating dengan mengatur *rectifier* pada tegangan 4 Volt dan arus 2 Ampere. Anoda kuningan ditempatkan pada dudukan dengan terminal positif. Elektrolit dipanaskan sesuai dengan variasi temperatur yang dibutuhkan. Kemudian dilakukan pemasangan terminal negatif pada katoda dan dicelupkan ke dalam elektrolit. Setelah itu, hidupkan *power rectifier* dan *stopwatch*, ketika variasi waktu yang dibutuhkan sudah tercapai matikan power supplay lalu keluarkan katoda atau spesimen yang sudah terlapis, selanjutnya spesimen dikeringkan dengan *dryer*. Rangkaian dari proses pelapisan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses Pelapisan (Electroplating)

Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan spesimen menggunakan alat uji keras Vicker (*Vicker Hardness Tester*) Shimadzu HMV-2, dengan beban HV1 0.01N – HV2 (98,07 mN-19,614N), dan tegangan 240V, 300VA 50/60Hz. Pengukuran ketebalan lapisan dilakukan menggunakan alat mikroskop stereo Olympus GX71F, dengan daya 150 W, *Power Supply* 220-240V, dan Frekuensi 50/60Hz dengan pembesaran 50x. Hasil dari pengukuran ketebalan ditampilkan pada monitor yang terhubung dengan mikroskop yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. a). Alat Uji Kekerasan *Vicker*, b). Mikroskop Optik Stereo

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah pengujian dilakukan maka didapatkan hasil mengenai pengaruh waktu dan temperatur pada pelapisan plat baja dengan kuningan yang dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu pengujian ketebalan dan kekerasan permukaan lapisan.

#### 3.1 Pengaruh Waktu dan Temperatur Larutan Terhadap Ketebalan Lapisan

Besar perubahan nilai ketebalan dari lapisan pada material baja setelah dilakukan proses elektroplating dilihat melalui mikroskop optik. Pada Gambar 7 dapat dilihat lapisan hasil elektroplating dengan pengamatan perbesaran 50x. Dari gambar tersebut terlihat jelas perbedaan warna baja dengan lapisan permukaan yang bewarna kuning. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik, nilai ketebalan rata-rata pada variasi temperatur 40°C, 45°C, 50 °C, dan 55 °C dengan waktu pencelupan selama 10 menit, 15 menit , 20 menit, dan 25 menit untuk semua spesimen dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 7. Pelapisan Pada Temperatur 40°C dengan Variasi Waktu, a). 10 menit, dan b). 15 menit

Tabel 1. Nilai ketebalan dengan Variasi Waktu dan Temperatur

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)			
		40	45	50	55
1	10	11,323	12,397	12,437	12,790
2	15	14,253	14,493	15,720	20,357
3	20	17,363	22,410	23,587	26,223
4	25	23,760	26,457	27,617	29,333

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat nilai ketebalan lapisan berbading lurus dengan kenaikan waktu pelapisan dan temperatur larutan. Pada temperatur 40°C dengan variasi waktu 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit didapatkan hasil berturut-turut 11,323  $\mu\text{m}$ , 14,253  $\mu\text{m}$ , 17,363  $\mu\text{m}$  dan 23,760  $\mu\text{m}$ . Nilai yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan anoda chrom sebagai pelapis dengan variasi waktu 20 menit dan 25 menit nilai ketebalan 13,25  $\mu\text{m}$  dan 20,54  $\mu\text{m}$  [16]. Begitu juga pada temperatur 45°C, 50°C dan 55°C nilai ketebalan juga meningkat bersamaan dengan peningkatan temperatur yang diberikan, tetapi peningkatan nilai ketebalan dengan variasi temperatur memiliki kenaikan yang tidak terlalu tinggi jika dibandingkan dengan pemberian variasi waktu yang dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan hasil yang didapatkan untuk pemberian variasi waktu pengujian didapatkan peningkatan nilai ketebalan antara 11,323  $\mu\text{m}$  sampai 23,760  $\mu\text{m}$ . Pada tabel tersebut juga terlihat pengaruh temperatur lebih terlihat kenaikan ketebalannya jika waktu yang diberikan besar dari 20 menit, sedangkan pada waktu kurang dari 20 menit terlihat peningkatan ketebalan yang sangat kecil.

Jadi peningkatan nilai ketebalan lapisan dipengaruhi oleh variasi waktu pelapisan dan temperatur larutan yang diberikan, dimana dengan pemberian variasi waktu pelapisan lebih efektif dalam meningkatkan nilai ketebalan lapisan dibandingkan dengan pemberian variasi temperatur, hal ini sesuai dengan hukum Faraday, bahwa ketebalan lapisan dipengaruhi oleh arus yang dialirkan dan waktu pelapisan [3]. Nilai ketebalan rata-rata paling rendah terdapat pada temperatur 40°C dengan waktu pencelupan selama 10 menit adalah sebesar 11,323  $\mu\text{m}$ . Dan nilai rata-rata ketebalan tertinggi terdapat pada variasi temperatur larutan 55°C dengan waktu 25 menit sebesar 29,333  $\mu\text{m}$ .

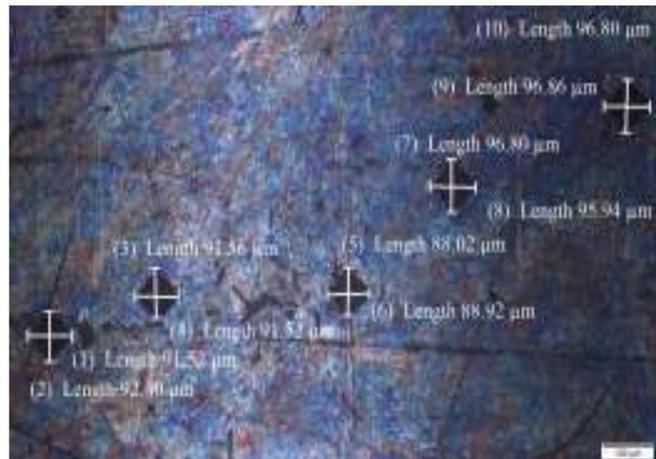
### 3.2 Uji Kekerasan

Pengujian pengukuran kekerasan dilakukan menggunakan alat uji Vicker Hardness Tester. Sebelum melakukan pelapisan dilakukan pengujian kekerasan permukaan terhadap spesimen awal tanpa dilapisi, seperti yang terlihat pada Tabel 2 yang bertujuan untuk dapat melihat pengaruh nilai kekerasan setelah dilakukan pelapisan.

Tabel 2. Nilai Kekerasan Baja Tanpa Pelapisan

No	Nilai Kekerasan (VHN)
1	166
2	163
3	164
4	168
5	163
rata-rata	164,8

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat nilai rata-rata kekerasan baja tanpa dilapisi sebesar 164,8 VHN. Setelah itu dilakukan pelapisan dengan variasi waktu pencelupan dan temperatur larutan. Kemudian dilakukan pengujian kekerasan permukaan terhadap spesimen yang telah dilapisi dengan melakukan 5 titik pengujian. Gambar 8 menunjukkan contoh titik pengujian kekerasan waktu 10 menit dan temperatur 40°C.



Gambar 8. Titik Pengujian Kekerasan pada waktu 10 menit dan Temperatur 40°C

Dari pengujian kekerasan pada permukaan lapisan didapatkan data dengan hasil rata-rata kekerasan yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Kekerasan (VHN) dengan Variasi Waktu dan Temperatur

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)			
		40	45	50	55
1	10	182,4	183,6	185,4	185,4
2	15	186,2	186,6	193,2	194,8
3	20	190,2	195,2	209,2	213,4
4	25	198,8	214,6	217,2	218,8

Pada Tabel 3 ditunjukkan semakin lama waktu pelapisan dan semakin tinggi temperatur larutan yang diberikan maka nilai kekerasan semakin tinggi dan hal ini berbanding lurus dengan kenaikan nilai ketebalan yang terbentuk. Pada waktu 10 menit dan temperatur 55°C memiliki nilai kekerasan permukaan sebesar 185,4 VHN. Sedangkan pada waktu 25 menit memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dari waktu pelapisan 10, 15 dan 20 menit. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pelapisan semakin banyak ion yang melekat pada katoda, sehingga semakin besar masa yang diendapkan, hal ini sesuai dengan hukum Faraday [3]. Dari Tabel 3 juga dapat dilihat bahwa kenaikan temperatur mempengaruhi kenaikan kekerasan permukaan lapisan, tetapi kenaikannya tidak terlalu tinggi. Seperti yang dapat dilihat pada waktu pengujian 10 menit pada temperatur 40°C nilai kekerasan sebesar 182,4 VHN, ketika temperatur dinaikkan menjadi 45°C nilai kekerasan meningkat menjadi sebesar 183,6 VHN. Begitu juga untuk temperatur 50°C dan 55°C dengan nilai 185,4 VHN dan 185,4 VHN. Hal tersebut juga dialami pada pengujian dengan pemberian variasi waktu 15 menit, 20 menit dan 25 menit, terjadi peningkatan kekerasan, namun peningkatan kekerasan yang terlihat jelas kenaikannya adalah pada variasi waktu lebih dari 20 menit. Berarti semakin tinggi temperatur larutan biasanya penyerapan hidrogen pada endapan berkurang dan ukuran butir endapan juga mengalami penurunan, sehingga akan meningkatkan kekerasan permukaan pada lapisan yang terbentuk [13].

#### 4. SIMPULAN

Dari data yang didapatkan ditarik simpulan bahwa lamanya waktu yang diberikan dan temperatur larutan yang digunakan mempengaruhi ketebalan dan kekerasan hasil lapisan elektroplating. Peningkatan variasi waktu dan temperatur yang diberikan berbanding lurus dengan ketebalan dan kekerasan yang dihasilkan. Peningkatan nilai ketebalan dan kekerasan meningkat signifikan setelah waktu lebih dari 20 menit. Nilai ketebalan dan kekerasan tertinggi diperoleh pada waktu 25 menit pada temperatur larutan 55°C.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Harnowo Supriadi, Z., "*Pengaruh Rapat Arus Dan Temperatur Elektrolit Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Efisiensi Katoda Pada Elektroplating Tembaga Untuk Baja Karbon Sedang*", Jurnal Mechanical. Vol. 4, No. 1, pp. 30-38, 2013.
- [2]. Syamsa, B. S., "*Pengaruh Parameter Proses Pelapisan Nikel Terhadap Ketebalan Lapisan*", Jurnal Teknik Mesin, Vol. 9, No. 1, pp. 25-30, 2009.
- [3]. Soleh Wahyudi, Syoni Soepriyanto, M. Zaki Mubarak, Sutarno, Pengaruh Konsentrasi Tembaga dan Rapat Arus Terhadap Morfologi Endapan Elektrodeposisi Tembaga, ENSAINS: Vol. 2 Nomor. 3, pp.176-181, September 2019.
- [4]. Resti, R. M., *Meningkatkan Ketahanan Korosi Logam Kuningan (CuZn) Dengan Pelapisan Perak (Ag) Menggunakan Metode Elektroplating*. Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. 2015.
- [5]. Abdul Rasyad, Budi Arto, 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. pp. 173-182, pp. 173-182, 2018.
- [6]. Rangkaian dasar Elektroplating (20 Agustus 2015). Universitas Sumatera Utara. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/44516/3/Chapter%20II.pdf>
- [7]. Al Hasa, M. (2007), *Pengaruh Rapat Arus Listrik dan Waktu Pelapisan Terhadap Ketebalan Lapisan Nikel pada Foil Uranium*. Jurnal Urania, Vol. 13, No. 1, pp. 1-10, Januari 2007.
- [8]. Trethewey, K. R., *Korosi : untuk mahasiswa sains dan rekayasa / Kenneth R. John Chamberlain ; alih bahasa Alex Tri Kantjono Widod.*. Jakarta: Gramedia,1991.
- [9]. Basmal, B. D., "*Pengaruh Suhu Dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel Pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan Dan Kekasaran*". ROTASI, Vol. 14, No. 2, pp. 23-28. 2012.
- [10]. Widodo, S. R., "*Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Proses Pelapisan Nikel Khrom Terhadap Kualitas Ketebalan Dan Kekerasan Pada Baja ST. 40*", Prosiding Seminar Nasional Fakultas Teknik UMSIDA. 2013.
- [11]. Basmal, "*Pengaruh Rapat Arus Dan Waktu Pelapisan Proses Elektroplating Terhadap Ketebalan Lapisan Krom*". POLITEKNOSAINS, Vol. X, No. 2, pp. 1-10, 2011.
- [13]. Kumar, S., "*Factor Effecting Electro-Deposition Process*". *International Journal of Current Engineering and Technology.*, Vol.5, No.2, pp. 700-703, 2015.