









## BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

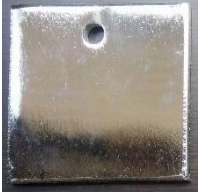

### 4.1 Pengamatan Secara Visual

Pengamatan secara visual adalah pengamatan yang dilakukan secara langsung dengan melihat dan membandingkan spesimen benda kerja sebelum dan sesudah proses elektroplating. Persiapan pembuatan spesimen ini menggunakan plat strip baja karbon rendah dengan dimensi panjang 40 mm, lebar 38 mm, dan tebal 3,8 mm. Kemudian dilakukan proses penghalusan permukaan spesimen benda kerja. Pada penelitian pelapisan elektroplating ini menggunakan larutan elektrolit (Ni) sebagai bahan untuk melapisi baja. Gambar spesimen sebelum dan sesudah proses elektroplating dapat dilihat pada Tabel 4.1 , yang terdiri dari 3 macam variabel waktu dan tegangan.

**Tabel 4.1** Perbandingan Spesimen Secara Visual

No	Foto Spesimen	Tegangan	Waktu	Keterangan
1.		-	-	Spesimen sebelum pelapisan
2.		3 Volt	8 Menit	Lapisan Nikel tampak kasar dan tidak merata
3.		3 Volt	16 Menit	Masih terlihat kasar tetapi lapisan hampir merata

No	Foto Spesimen	Tegangan	Waktu	Keterangan
4.		3 Volt	24 Menit	Lapisan tampak halus dan sudah merata
5.		3,5 Volt	8 Menit	Permukaan tampak kasar
6.		3,5 Volt	16 Menit	Masih terlihat kasar tetapi lapisan hampir merata
7.		3,5 Volt	24 Menit	Lapisan merata ke seluruh permukaan dan terlihat halus
8.		4 Volt	8 Menit	Belum merata, masih terlihat serat spesimen

No	Foto Spesimen	Tegangan	Waktu	Keterangan
9.		4 Volt	16 Menit	Lapisan merata ke seluruh permukaan
10.		4 Volt	24 Menit	Lapisan tampak merata dan sangat halus

Berdasarkan pengamatan yang dilihat secara visual pada spesimen setelah proses elektroplating dapat dilihat bahwa spesimen yang menggunakan variabel waktu 8 menit belum terlapisi dengan baik dan tidak merata, masih terlihat goresan-goresan pada permukaan. Untuk spesimen dengan variabel waktu 16 menit terlihat permukaan spesimen cukup terlapisi dengan baik tetapi masih kurang merata pada seluruh permukaan. Sedangkan spesimen yang menggunakan variabel waktu 24 menit, seluruh permukaan spesimen terlapisi dengan baik dan merata.

Dari Tabel 4.1 tersebut dapat disimpulkan bahwa kerataan hasil pelapisan sangat bergantung pada lama waktunya walaupun juga dipengaruhi oleh tegangan. Semakin besar tegangan maka waktu yang dibutuhkan untuk proses pelapisan akan semakin singkat/sedikit. Jika tegangan yang digunakan cukup besar dan waktu proses pelapisan terlalu lama, spesimen akan terlapisi dengan merata tetapi permukaan tidak cukup halus atau menjadi kasar. Proses elektroplating membutuhkan waktu dan tegangan yang tepat.

#### 4.2 Pengukuran dan Perhitungan Ketebalan Hasil Proses Elektroplating

Analisa data rata-rata pengukuran dan perhitungan berat pelapisan sebelum dan sesudah terhadap spesimen uji baja karbon plat strep, sesudah proses elektroplating warna silver Nickel (Ni) dengan variabel tegangan berbeda antara lain 3V 3,5V dan 4V dengan variabel waktu berbeda juga antara lain 8 menit 16 menit dan 24 menit dari total 27 sampel spesimen uji.

Rumus untuk mendapatkan luas permukaan

$$L = 2 \{ (p.l) + (l.t) + (p.t) \}$$

Dimana :

l : lebar

p : panjang

t : tebal

Rumus untuk mendapatkan berat logam yang diendapkan

$$W = \frac{I \times t \times A}{Z \times F}$$

Dimana :

W : berat logam yang diendapkan (gram)

I : kuat arus (ampere)

T : waktu pelapisan (detik)

A : berat atom logam nikel 58,7 gram/mol

Z : elektron valensi nikel 2

F : bilangan faraday terapan 96500 Coulomb

Rumus perhitungan tebal pelapisan

$$T = \frac{W}{L \times \rho}$$

Dimana :

T : tebal lapisan logam ( $\mu\text{m}$ )

W : berat logam yang diendapkan (gram)

L : luas permukaan ( $\text{mm}^2$ )

$\rho$  : density nikel ( $8,9 \text{ gram/cm}^3 = 0,0089 \text{ gram/mm}^3$ )

Dari hasil proses electroplating dimasukan dalam tabel berikut :

**Tabel 4.2** Data rata-rata berat pada proses elektroplating warna silver nickel (Ni) variasi tegangan 3 Volt dengan waktu 8, 16, & 24 menit

No	Dimensi (mm)	Volt	Arus (Ampere)	Waktu (menit)	Berat sebelum dan rata-rata (gram)		Berat sesudah dan rata-rata (gram)	
1	43x42x3	3	2,9	8	51	50,66	51	50,66
2	43x42x3		2,9		50		50	
3	43x42x3		3,0		51		51	
4	43x42x3		16	3,0	51	50,33	51	50,66
5	43x42x3			3,1	50		50	
6	43x42x3			3,1	50		50	
7	43x42x3		24	3,1	50	49,66	51	50,66
8	43x42x3			3,2	51		52	
9	43x42x3			3,2	48		49	
10	43x42x3	3,5	3,7	8	48	49	48	49,33
11	43x42x3		3,7		51		51	
12	43x42x3		3,8		48		48	
13	43x42x3		16	3,8	50	50	51	51,33
14	43x42x3			3,8	50		51	
15	43x42x3			3,9	50		51	
16	43x42x3		24	3,9	51	50,33	52	51,66
17	43x42x3			4,0	51		52	
18	43x42x3			4,0	49		51	
19	43x42x3	4	4,0	8	48	49,33	49	49,66
20	43x42x3		4,1		49		49	
21	43x42x3		4,1		51		51	
22	43x42x3		16	4,2	48	48,66	49	50
23	43x42x3			4,2	49		50	
24	43x42x3			4,3	49		50	
25	43x42x3		24	4,3	49	49,33	51	51,66
26	43x42x3			4,4	49		51	
27	43x42x3			4,4	50		52	

Keterangan Tabel 4.2 diatas sebagai berikut :

Tabel dimensi merupakan dimensi atau ukuran dari spesimen uji yang digunakan pada pelapisan. Tabel tegangan (volt) merupakan tegangan yang digunakan pada proses pelapisan dengan 3 variasi 3V, 3,5V, dan 4V. Tabel arus (ampere) adalah arus yang didapatkan dari proses elektroplating sesuai dengan tegangan yang digunakan. Tabel waktu yang digunakan pada proses pelapisan dengan 3 variasi waktu 8 menit, 16 menit, dan 24 menit. Tabel berat sebelum pelapisan merupakan berat sebelum dilakukan proses pelapisan yang diukur menggunakan timbangan digital. Tabel berat sesudah pelapisan merupakan berat sesudah dilakukan proses pelapisan yang diukur menggunakan timbangan digital.

❖ **SPEKIMEN 1 :**

$$\begin{aligned}\Rightarrow L &= 2 \{ (p.l) + (l.t) + (p.t) \} \\ &= 2 \{ (43\text{mm} \times 42\text{mm}) + (42\text{mm} \times 3\text{mm}) + \\ &\quad (43\text{mm} \times 3\text{mm}) \} \\ &= 2 \{ (1806\text{mm}^2) + (126\text{mm}^2) + (129\text{mm}^2) \} \\ &= 2 \{ 2061\text{mm}^2 \} \\ &= 4122 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Jadi luas permukaan spesimen uji **4122 mm<sup>2</sup>**

$$\begin{aligned}\Rightarrow W &= \frac{IxtxA}{ZxF} \\ &= \frac{2,9 \text{ A} \times 480 \text{ s} \times 58,7 \text{ gram/mol}}{2 \times 96500 \text{ C}} \\ &= \frac{81710,4}{193000} \\ &= 0,42 \text{ gram}\end{aligned}$$

- Berat logam yang mengendap di permukaan spesimen **0,42 gram**

$$\begin{aligned}\Rightarrow T &= \frac{W}{Lx \rho} \\ &= \frac{0,42 \text{ gram}}{4122\text{mm}^2 \times 0,0089 \text{ gram/mm}^3}\end{aligned}$$

$$= \frac{0,42 \text{ gram}}{36,7 \text{ gram/mm}^{-1}}$$

$$= 0,011 \text{ mm (11}\mu\text{m)}$$

- Jadi ketebalan pelapisan logam nikel sebesar **0,011 mm** atau **(11 $\mu$ m)**

**Tabel 4.3** Tebal rata-rata proses elektroplating dengan variasi tegangan 3V 3,5V dan 4V dan variasi waktu 8,16, dan 24 menit.

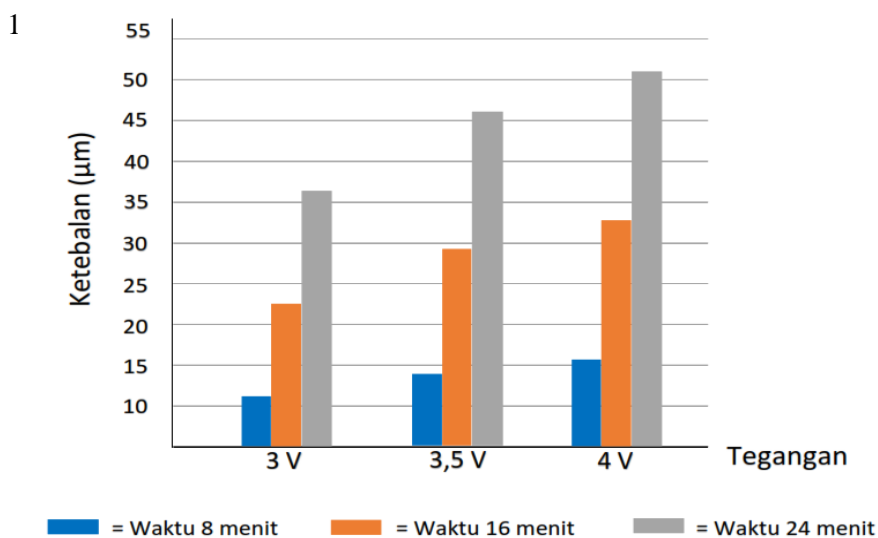
No	Tegangan (V)	t (Menit)	Arus (A)	W (gram)	T ( $\mu$ m)	T <sup>2</sup> ( $\mu$ m)
1	3	8	2,9	0,42	11	11,0
2			2,9	0,42	11	
3			3,0	0,43	11	
4		16	3,0	0,87	23	23,3
5			3,1	0,90	23	
6			3,1	0,90	24	
7		24	3,1	1,35	36	37,3
8			3,2	1,40	38	
9			3,2	1,40	38	
10	3,5	8	3,7	0,54	14	14,0
11			3,7	0,54	14	
12			3,8	0,55	14	
13		16	3,8	1,10	29	29,3
14			3,8	1,10	29	
15			3,9	1,13	30	
16		24	3,9	1,70	46	46,7
17			4,0	1,75	47	
18			4,0	1,75	47	
19	4	8	4,0	0,58	15	15,7
20			4,1	0,59	16	
21			4,1	0,59	16	
22		16	4,2	1,22	33	33,7
23			4,2	1,22	34	
24			4,3	1,25	34	
25		24	4,3	1,88	51	51,7
26			4,4	1,92	52	
27			4,4	1,92	52	

Keterangan Tabel 4.3 diatas sebagai berikut :

Tabel tegangan (V) merupakan tegangan yang digunakan pada proses pelapisan dengan 3 variasi 3V, 3,5V, dan 4V. Tabel waktu (t) adalah lama waktu yang digunakan pada proses pelapisan dengan 3 variasi waktu 8 menit, 16 menit, dan 24 menit. Tabel arus (A) adalah arus yang didapatkan dari proses elektroplating sesuai dengan tegangan yang digunakan. Tabel berat logam mengendap (W) merupakan berat logam yang mengendap pada spesimen uji setelah proses pelapisan dengan perhitungan secara teoritis. Tabel tebal pelapisan (T) merupakan tebal lapisan logam nikel yang mengendap pada spesimen uji yang dihitung menggunakan perhitungan teoritis. Tabel tebal rata-rata (T2) merupakan tebal rata-rata lapisan logam nikel yang mengendap pada spesimen uji yang dihitung menggunakan perhitungan teoritis.

Hasil yang diperoleh dari perhitungan ketebalan pada proses elektroplating, dapat diketahui dalam tabel 4.3 bahwa penelitian ini dapat diketahui ketebalan lapisan dengan 3 variasi waktu 8 menit, 16 menit, 24 menit dan variasi tegangan 3 V, 3,5 V 4 V. Untuk mengetahui nilai dari ketebalan pelapisan, dihitung dengan menggunakan hukum faraday. Kemudian dirata-rata dan dapat diketahui hasil ketebalan yang cukup jelas ialah pada variasi waktu 24 menit dan tegangan 4 volt Hasil yang didapatkan senilai 51,6  $\mu\text{m}$ . dan sebaliknya pada variasi waktu 8 menit dan variasi tegangan 3 V dihasilkan nilai ketebalan 11  $\mu\text{m}$ . Kenaikan tebal pelapisan dapat dilihat pada pada pada gambar grafik 4.1

**Gambar 4.1** Grafik Perbandingan Tegangan, Waktu & Tebal Pelapisan





Keterangan gambar 4.1 pada grafik :

Grafik batang biru yang pertama dengan tegangan 3V dan waktu 8 menit menunjukkan angka ketebalan sebesar 11 $\mu$ m. Grafik batang biru yang kedua dengan tegangan 3,5V menunjukkan angka ketebalan sebesar 14 $\mu$ m. dan grafik batang biru yang ketiga dengan tegangan 4V menunjukkan angka ketebalan sebesar 15,7 $\mu$ m.

Grafik batang warna orange yang pertama dengan tegangan 3V dan waktu 16 menit menunjukkan angka ketebalan sebesar 23,3 $\mu$ m. Grafik batang orange yang kedua dengan tegangan 3,5V menunjukkan angka ketebalan sebesar 29,3 $\mu$ m. dan grafik batang orange yang ketiga dengan tegangan 4V menunjukkan angka ketebalan sebesar 33,7 $\mu$ m.

Grafik batang warna abu yang pertama dengan tegangan 3V dan waktu 24 menit menunjukkan angka ketebalan sebesar 37,3 $\mu$ m. Grafik batang orange yang kedua dengan tegangan 3,5V menunjukkan angka ketebalan sebesar 46,7 $\mu$ m. dan grafik batang orange yang ketiga dengan tegangan 4V menunjukkan angka ketebalan sebesar 51,7 $\mu$ m.

### 4.3 Data Hasil Pengujian Mikro Vickers

Pengujian kekerasan dengan metode vickers dilaksanakan dengan cara menekan material atau spesimen dengan indentor intan yang berbentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan-permukaan yang berhadapan 136°.

$$VHN = \frac{1,8544 \times P}{D^2}$$

VHN = nilai kekerasan Vickers (HV)

P = besarnya beban (kgf)

D = lebar diagonal indentasi (mm)

Vickers Hrdness Number (VHN) ialah angka yang berkaitan dengan suatu gaya dan luas permukaan proses indentasi, untuk menentukan maka luas permukaan jejak dapat menggunakan rumus sebagai Analisa dari pengujian micro vickers terhadap spesimen uji baja karbon plat strip sesudah proses elektoplating warna silver Nickel (Ni) dengan variabel tegangan berbeda antara lain 3V 3,5V dan 4V dengan variabel waktu berbeda juga antara lain 8, 16 & 24 menit dari total sampel 28 spesimen uji, 1 spesimen uji tanpa proses pelapisan dan 27 spesimen uji setelah proses pelapisan. Dari hasil pengujian dimasukan dalam tabel berikut :

**Tabel 4.4** Data pengujian Mikro Vickers 3V dengan variasi waktu 8,16,24 menit.

---

No	Tegangan (volt)	Waktu Pelapisan (menit)	Penekanan 1		Penekanan 2		Penekanan 3		D Rata-Rata ( $\mu\text{m}$ )
			D1 ( $\mu\text{m}$ )	D2 ( $\mu\text{m}$ )	D1 ( $\mu\text{m}$ )	D2 ( $\mu\text{m}$ )	D1 ( $\mu\text{m}$ )	D2 ( $\mu\text{m}$ )	
0			3.53	3.50	3.55	3.52	3.49	3.57	3.52
1	3	8	3.36	3.24	3.48	3.32	3.34	3.29	3.34
2			3.10	3.27	3.38	3.24	3.33	3.37	3.28
3			3.42	3.48	3.37	3.45	3.39	3.40	3.42
4		16	3.27	3.10	3.21	3.18	3.22	3.16	3.19
5			3.24	3.14	3.26	3.16	3.26	3.25	3.22
6			3.14	3.22	3.12	3.23	3.18	3.14	3.17
7		24	3.15	3.12	3.19	3.11	3.12	3.10	3.13
8			3.13	3.19	3.12	3.21	3.14	3.12	3.15
9			3.16	3.18	3.13	3.15	3.10	3.12	3.14
10	3,5	8	3.23	3.27	3.21	3.31	3.30	3.28	3.27
11			3.35	3.29	3.24	3.30	3.27	3.34	3.30
12			3.22	3.28	3.25	3.23	3.25	3.22	3.24
13		16	2.76	2.72	2.78	2.68	2.77	2.71	2.74
14			2.94	3.06	2.88	2.93	2.80	2.73	2.89
15			2.84	2.76	2.71	2.73	2.78	2.70	2.75
16		24	2.62	2.72	2.63	2.58	2.60	2.55	2.62
17			2.55	2.46	2.60	2.53	2.58	2.46	2.53
18			2.52	2.60	2.54	2.50	2.56	2.58	2.55
19	4	8	3.10	3.19	3.15	3.11	3.10	3.13	3.13
20			3.22	3.30	3.13	3.16	3.19	3.25	3.21
21			3.28	3.23	3.21	3.30	3.23	3.20	3.24
22		16	2.77	2.68	2.65	2.61	2.61	2.63	2.66
23			2.58	2.67	2.63	2.56	2.54	2.51	2.58
24			2.52	2.55	2.50	2.57	2.52	2.55	2.54
25		24	2.43	2.38	2.33	2.34	2.36	2.31	2.36
26			2.47	2.32	2.35	2.28	2.43	2.37	2.37
27			2.35	2.40	2.23	2.33	2.28	2.31	2.32

Keterangan Tabel 4.4 diatas sebagai berikut :

Tabel tegangan (volt) merupakan tegangan yang digunakan pada waktu proses pelapisan dengan variasi tegangan 3V, 3,5V, dan 4V. Tabel waktu pelapisan adalah lama waktu yang digunakan pada proses pelapisan dengan variasi waktu 8 menit, 16 menit, dan 24 menit Tabel penekanan 1 terdiri dari D1 dn D2 yaitu diagonal yang didapatkan dari proses uji kekerasan mikro vickers yang pertama. Tabel penekanan 2 terdiri dari D1 dan D2 yaitu diagonal yang didapatkan dari proses uji kekerasan mikro vickers yang kedua. Tabel penekanan 3 terdiri dari D1 dn D2 yaitu diagonal yang didapatkan dari proses uji kekerasan mikro vickers yang ketiga. Tabel D rata-rata adalah hasil dari rata-rata diagonal yang didapatkan dari proses penekanan yang pertama sampai yang terakhir.

❖ **SPESIMEN 0 (Sebelum Pelapisan) :**

$$\begin{aligned} \text{HVN} &= 1854 \frac{P}{d^2} \\ &= 1,854 \frac{500 \text{ gf}}{(3,52 \mu\text{m})^2} \\ &= 1,854 \frac{500}{12,39} \\ &= \frac{927}{12,39} = 74,81 \text{ HV} \end{aligned}$$

❖ **SPESIMEN 1 :**

$$\begin{aligned} \text{HVN} &= 1854 \frac{P}{d^2} \\ &= 1,854 \frac{500 \text{ gf}}{(3,34 \mu\text{m})^2} \\ &= 1,854 \frac{500}{11,15} \\ &= \frac{927}{11,15} = 83,13 \text{ HV} \end{aligned}$$

---

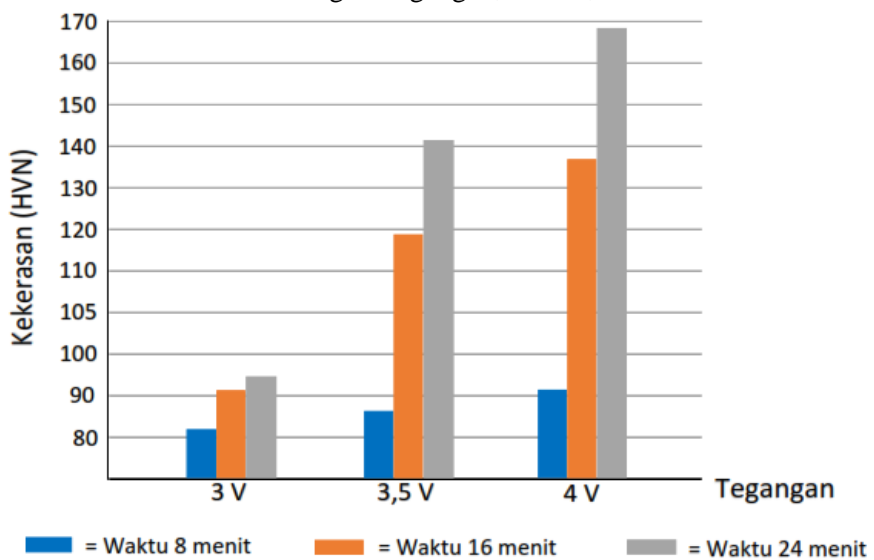
**Tabel 4.5** Data rata-rata hasil pengujian kekerasan vickers pada proses elektroplating dengan variasi tegangan 3V.3,5V.4V dan variasi waktu 8,16,24 menit. Waktu penekanan 15 detik dan beban 500gf.

No	Tegangan (Volt)	Waktu (Menit)	D ( $\mu\text{m}$ )	HVN (HV)	HVN rata-rata (HV)	
0	-	-	3.52	74.81	74.81	
1	3	8	3.34	83.13	82.89	
2			3.38	86.23		
3			3.42	79.3		
4			16	3.19		91.15
5		3.22		89.4		
6		3.17		92.3		
7		24	24	3.13	94.68	94.08
8				3.15	93.44	
9				3.14	94.11	
10	3,5	8	3.27	86.71	86.76	
11			3.3	85.2		
12			3.24	88.36		
13		16	16	2.74	123.6	119.07
14				2.89	111.01	
15				2.75	122.61	
16		24	24	2.62	135.13	140.86
17				2.53	144.84	
18				2.55	142.61	
19	4	8	3.13	94.68	91.01	
20			3.21	90		
21			3.24	88.36		
22		16	16	2.66	131.11	138.07
23				2.68	139.39	
24				2.54	143.7	
25		24	24	2.36	166.7	168.08
26				2.37	165.24	
27				2.32	172.3	

Keterangan tabel 4.5 sebagai berikut :

Pada tabel 4.5 yang terdiri dari variasi tegangan 3V, 3,5V dan 4V dan variasi waktu pelapisan 8 menit, 16 menit, dan 24 menit, nilai dari kekerasan dapat dilihat dari perhitungan dan didapatkan HVN rata-ratanya. D merupakan rata-rata diagonal hasil indentasi penekanan pada saat pengujian mikro Vickers, yang dilakukan 3 kali penekanan di titik yang berbeda setiap spesimen. Besar tegangan dan lama waktu pelapisan sangat mempengaruhi nilai HVN. Semakin kecil nilai D (diagonal) yang didapat saat pengujian maka akan semakin besar nilai HVN.

**Gambar 4.2** Grafik Perbandingan Tegangan, Waktu, dan Kekerasan Vickers



Keterangan gambar 4.1 pada grafik :

Grafik batang warna biru yang pertama dengan tegangan 3V dan waktu 8 menit menunjukkan angka kekerasan sebesar 82,89 HV. Grafik batang warna biru yang kedua dengan tegangan 3,5V menunjukkan angka kekerasan sebesar 86,76 HV. dan grafik batang warna biru yang ketiga dengan tegangan 4V menunjukkan angka kekerasan sebesar 91,01 HV.

Grafik batang warna orange yang pertama dengan tegangan 3V dan waktu 16 menit menunjukkan angka ketebalan sebesar 90,95 HV. Grafik batang warna orange yang kedua dengan tegangan 3,5V menunjukkan angka kekerasan sebesar 119,07 HV. dan grafik batang warna orange yang ketiga dengan tegangan 4V menunjukkan angka kekerasan sebesar 138,07 HV.

Grafik batang warna abu yang pertama dengan tegangan 3V dan waktu 24 menit menunjukkan angka kekerasan sebesar 94,08 HV. Grafik batang warna orange

yang kedua dengan tegangan 3,5V menunjukkan angka kekerasan sebesar 140,86 HV. dan grafik batang warna orange yang ketiga dengan tegangan 4V menunjukkan angka kekerasan sebesar 168,08 HV.