

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Data yang diperoleh

Berat awal spesimen *Grinding Ball* kurang lebih 100 gram.

Tabel 4.1 Data berat awal setelah elektroplating

| Variasi | | Pengulangan | Berat Setelah Elektroplating |
|---------|----------|-------------|------------------------------|
| Anoda | waktu | | |
| Zinc | 15 menit | 1 | 100.09 gram |
| | | 2 | 100.12 gram |
| | | 3 | 101.33 gram |
| | 30 menit | 1 | 101.53 gram |
| | | 2 | 103.77 gram |
| | | 3 | 104.29 gram |
| | 45 menit | 1 | 102.67 gram |
| | | 2 | 104.22 gram |
| | | 3 | 104.12 gram |
| | 60 menit | 1 | 109.50 gram |
| | | 2 | 117.68 gram |
| | | 3 | 111.67 gram |
| Nikel | 15 menit | 1 | 101.85 gram |
| | | 2 | 101.98 gram |
| | | 3 | 102.53 gram |
| | 30 menit | 1 | 102.23 gram |
| | | 2 | 102.34 gram |
| | | 3 | 103.10 gram |
| | 45 menit | 1 | 103.68 gram |
| | | 2 | 103.13 gram |
| | | 3 | 104.92 gram |
| | 60 menit | 1 | 111.49 gram |
| | | 2 | 104.19 gram |
| | | 3 | 110.9 gram |
| Khrom | 15 menit | 1 | 101.23 gram |
| | | 2 | 102.67 gram |
| | | 3 | 99.60 gram |
| | 30 menit | 1 | 102.19 gram |
| | | 2 | 103.75 gram |
| | | 3 | 103.68 gram |
| | 45 menit | 1 | 105.85 gram |
| | | 2 | 103.96 gram |
| | | 3 | 102 gram |
| | 60 menit | 1 | 105.97 gram |
| | | 2 | 108.45 gram |
| | | 3 | 113.08 gram |



4.1.2 Perhitungan ketebalan lapisan

Perhitungan ketebalan lapisan pada elektroplating dapat dilakukan secara teoritis menggunakan persamaan Faraday (2-3) dengan asumsi lapisan tersebut seragam sepanjang permukaan. Berikut contoh perhitungan ketebalan teoritis :

- ρ = Density of Zinc = 7.14 gram/cm³
- I = arus listrik = 4 A
- t = waktu pelapisan = 900 detik
- A = massa atom = 65.38 gram/mol
- Z = Valensi = 2

$$\begin{aligned} 1. \text{ Luas permukaan spesimen} &= \text{luas bola} = 4 \times \pi \times r^2 \\ &= 4 \times 3.14 \times 1.5 \times 1.5 \\ &= 28.26 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Rapat arus (Current density)} &= \frac{\text{Arus}}{\text{Luas permukaan}} = \frac{4 \text{ ampere}}{28.26 \text{ cm}^2} \\ &= 0.1415 \text{ A/cm}^2 \\ &= 14.15 \text{ A/dm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Berat endapan} = W &= \frac{A.I.t}{z.96500} = \frac{65.38 \times 4 \times 900}{2 \times 96500} \\ &= \frac{235268}{193000} \\ &= 1.219 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ Volume} = V &= \frac{\text{berat endapan}}{\text{massa jenis}} = \frac{1.219 \text{ gram}}{7.14 \text{ gram/cm}^3} \\ &= 0.1707 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5. \text{ Tebal} = T &= \frac{\text{volume}}{\text{luas permukaan}} = \frac{0.1707 \text{ cm}^3}{28.26 \text{ cm}^2} \\ &= 0.0060403 \text{ cm} \\ &= 60.403 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapat ketebalan teoritis setelah elektroplating. Data tersebut dibandingkan dengan data ketebalan aktual yang diukur dengan alat *Permascope MPOD*. Data di tabelkan dalam tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Data hasil pengujian ketebalan

| Variasi | | Pengulangan | ketebalan lapisan | | | Rata-Rata | rata - rata Tebal aktual | Tebal teoritis |
|---------|-------|-------------|-------------------|---------|---------|------------|-----------------------------|-------------------|
| anoda | waktu | | titik 1 | titik 2 | titik 3 | | | |
| Zinc | 15 | 1 | 10.9 | 10.4 | 7.8 | 9.7 | 9.41 | 60.40 |
| | | 2 | 10.8 | 10.2 | 6.8 | 9.2666667 | | |
| | | 3 | 10.6 | 10.5 | 6.7 | 9.2666667 | | |
| | 30 | 1 | 17.4 | 15.1 | 12.8 | 15.1 | 16.66 | 120.76 |
| | | 2 | 19.9 | 19 | 18.8 | 19.2333333 | | |
| | | 3 | 18.1 | 17.5 | 11.4 | 15.6666667 | | |
| | 45 | 1 | 28.1 | 21.2 | 16.4 | 21.9 | 21.01 | 181.15 |
| | | 2 | 26.8 | 20.1 | 16.7 | 21.2 | | |
| | | 3 | 27.3 | 18.3 | 14.2 | 19.9333333 | | |
| | 60 | 1 | 30.3 | 21.9 | 17.8 | 23.3333333 | 26.74 | 241.53 |
| | | 2 | 32.4 | 26.2 | 10.9 | 23.1666667 | | |
| | | 3 | 59.6 | 29.3 | 12.3 | 33.7333333 | | |
| Nikel | 15 | 1 | 10.2 | 8.4 | 6.3 | 8.3 | 8.63 | 43.50 |
| | | 2 | 11 | 6.9 | 6.9 | 8.2666667 | | |
| | | 3 | 11.7 | 9.1 | 7.2 | 9.3333333 | | |
| | 30 | 1 | 15.3 | 16.1 | 19.4 | 16.9333333 | 15.58 | 87.002 |
| | | 2 | 16.1 | 11.4 | 15.5 | 14.3333333 | | |
| | | 3 | 14.7 | 19.2 | 12.6 | 15.5 | | |
| | 45 | 1 | 22.4 | 17.3 | 11.6 | 17.1 | 19.07 | 130.503 |
| | | 2 | 19.6 | 21.2 | 18 | 19.6 | | |
| | | 3 | 23.8 | 20 | 17.8 | 20.5333333 | | |
| | 60 | 1 | 27.5 | 24.6 | 20.7 | 24.2666667 | 23.76 | 174.004 |
| | | 2 | 25.3 | 23.2 | 21.9 | 23.4666667 | | |
| | | 3 | 26.7 | 22 | 22 | 23.5666667 | | |
| Khrom | 15 | 1 | 9 | 8.2 | 6 | 7.7333333 | 7.04 | 31.75 |
| | | 2 | 7.3 | 8 | 5 | 6.7666667 | | |
| | | 3 | 7.8 | 6.1 | 6 | 6.6333333 | | |
| | 30 | 1 | 11.6 | 9.5 | 7.9 | 9.6666667 | 9.42 | 63.50 |
| | | 2 | 13.4 | 8.8 | 7 | 9.7333333 | | |
| | | 3 | 12.3 | 8.1 | 6.2 | 8.8666667 | | |
| | 45 | 1 | 19 | 14.2 | 13.6 | 15.6 | 15.45 | 95.25 |
| | | 2 | 16.3 | 11.7 | 15 | 14.3333333 | | |
| | | 3 | 17.8 | 19.1 | 12.4 | 16.4333333 | | |
| | 60 | 1 | 25.2 | 21.7 | 24.1 | 23.6666667 | 21.12 | 127.004 |
| | | 2 | 19.7 | 23.3 | 18.2 | 20.4 | | |
| | | 3 | 18.6 | 21 | 18.3 | 19.3 | | |

Ketebalan dalam mikron(μm)

4.1.3 Perhitungan laju keausan

Perhitungan laju keausan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan wight loss. Faktor yang mempengaruhi laju keausan tersebut adalah putaran kritis. Putaran kritis yang menyebabkan terjadi gaya *impact* dan gaya gesek pada sistem pengujian.

Putaran kritis *grinding ball*

$$\begin{aligned} N_c &= \frac{\omega^2}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{2g}{D_m} \right]^{1/2} \\ &= \frac{42.3}{D_m^{1/2}} \text{ rev/min} \quad (2 - 12) \\ &= \frac{42,3}{0.03^{1/2}} \text{ rev/min} \\ &= 244.219 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Perhitungan tersebut merupakan putaran sentrifugal minimal yang harus dibuat oleh instalasi *ball mill*. Selanjutnya setelah pengujian laju keausan, spesimen ditimbang berat akhirnya agar mengetahui nilai laju keausan.

$$V = \frac{B}{t} \quad (2 - 6)$$

$$\begin{aligned} \text{laju keausan} &= \frac{\text{berat setelah elektroplating} - \text{berat setelah laju keausan}}{\text{waktu pengujian}} \\ &= \frac{100.09 \text{ gram} - 99.1 \text{ gram}}{5400 \text{ detik}} \\ &= \frac{1.8 \text{ gram}}{5400 \text{ detik}} \\ &= 0.0003333 \text{ gram/detik} \\ &= 0.3333 \text{ mgram/detik} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Data berat akhir setelah pengujian laju keausan

| Variasi | | Pengulangan | Berat Setelah Elektroplating | Berat setelah Pengujian laju keausan | Laju keausan | rata - rata laju keausan |
|---------|----------|-------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------------------|
| Anoda | waktu | | | | | |
| Zinc | 15 menit | 1 | 100.9 gram | 99.1 gram | 0.000333333 | 0.000235185 |
| | | 2 | 100.12 gram | 99.24 gram | 0.000162963 | |
| | | 3 | 101.33 gram | 100.2 gram | 0.000209259 | |
| | 30 menit | 1 | 101.53 gram | 100.16 gram | 0.000253704 | 0.000208025 |
| | | 2 | 103.77 gram | 102.87 gram | 0.000166667 | |
| | | 3 | 104.29 gram | 103.19 gram | 0.000203704 | |
| | 45 menit | 1 | 102.67 gram | 101.52 gram | 0.000212963 | 0.000237037 |
| | | 2 | 104.22 gram | 102.86 gram | 0.000251852 | |
| | | 3 | 104.12 gram | 102.79 gram | 0.000246296 | |
| | 60 menit | 1 | 109.50 gram | 107.1 gram | 0.000444444 | 0.000359259 |
| | | 2 | 117.68 gram | 116.09 gram | 0.000294444 | |
| | | 3 | 111.67 gram | 109.84 gram | 0.000338889 | |
| Nikel | 15 menit | 1 | 101.85 gram | 100.82 gram | 0.000190741 | 0.000180864 |
| | | 2 | 101.98 gram | 101.3 gram | 0.000125926 | |
| | | 3 | 102.53 gram | 101.63 gram | 0.000225926 | |
| | 30 menit | 1 | 102.23 gram | 101.42 gram | 0.00015 | 0.000150617 |
| | | 2 | 102.34 gram | 101.28 gram | 0.000196296 | |
| | | 3 | 103.10 gram | 102.53 gram | 0.000105556 | |
| | 45 menit | 1 | 103.68 gram | 102.68 gram | 0.000205556 | 0.000232716 |
| | | 2 | 103.13 gram | 103.13 gram | 0.000238889 | |
| | | 3 | 104.92 gram | 103.92 gram | 0.000253704 | |
| | 60 menit | 1 | 111.49 gram | 109.76 gram | 0.00032037 | 0.000287037 |
| | | 2 | 104.19 gram | 102.88 gram | 0.000242593 | |
| | | 3 | 110.9 gram | 109.29 gram | 0.000298148 | |
| Khrom | 15 menit | 1 | 101.23 gram | 100.63 gram | 0.000111111 | 0.00015679 |
| | | 2 | 102.67 gram | 101.84 gram | 0.000153704 | |
| | | 3 | 99.60 gram | 99.6 gram | 0.000205556 | |
| | 30 menit | 1 | 102.19 gram | 101.62 gram | 0.000105556 | 0.0000895 |
| | | 2 | 103.75 gram | 103.45 gram | 0.000055556 | |
| | | 3 | 103.68 gram | 103.1 gram | 0.000107407 | |
| | 45 menit | 1 | 105.85 gram | 104.35 gram | 0.000277778 | 0.000228395 |
| | | 2 | 103.96 gram | 102.52 gram | 0.000266667 | |
| | | 3 | 102 gram | 101.24 gram | 0.000140741 | |
| | 60 menit | 1 | 105.97 gram | 104.85 gram | 0.000207407 | 0.000259259 |
| | | 2 | 108.45 gram | 106.8 gram | 0.000305556 | |
| | | 3 | 113.08 gram | 112.08 gram | 0.000264815 | |

4.2 Analisis Statistik

4.2.1 Analisis Varian

Dari hasil pengujian di atas dilakukan analisis varian dua arah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi anoda dan waktu pelapisan elektroplating, serta interaksi dari keduanya terhadap laju keausan grinding ball. Dengan mengkonversi satuan dan menjumlahkan data pada tiap sel pengujian, maka tabel pengujian dapat dirubah seperti tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4.4 Data perhitungan Laju keausan (mgram/detik)

| Variasi Anoda | Pengulangan ke - | waktu pelapisan(menit) | | | | Σ |
|---------------|------------------|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | 15 | 30 | 45 | 60 | |
| Zinc | 1 | 0.333333 | 0.253704 | 0.212963 | 0.444444 | 3.118518 |
| | 2 | 0.162963 | 0.166667 | 0.251852 | 0.294444 | |
| | 3 | 0.209259 | 0.203704 | 0.246296 | 0.338889 | |
| Nikel | 1 | 0.190741 | 0.15 | 0.205556 | 0.32037 | 2.553705 |
| | 2 | 0.125926 | 0.196296 | 0.238889 | 0.242593 | |
| | 3 | 0.225926 | 0.105556 | 0.253704 | 0.298148 | |
| Khrom | 1 | 0.111111 | 0.105556 | 0.277778 | 0.207407 | 2.201854 |
| | 2 | 0.153704 | 0.055556 | 0.266667 | 0.305556 | |
| | 3 | 0.205556 | 0.107407 | 0.140741 | 0.264815 | |
| Σ | | 1.718519 | 1.344446 | 2.094446 | 2.716666 | 7.874077 |

Kemudian dilakukan perhitungan statistik diperoleh data sebagai berikut :

- Faktor koreksi (FK) :

$$\begin{aligned}
 FK &= \frac{[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk}]^2}{r \times c \times n} \\
 &= \frac{7.874^2}{3 \times 4 \times 3} \\
 &= 1.7222
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat total (JKT) :

$$\begin{aligned}
 JKT &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - FK \\
 &= [(0.333333)^2 + (0.162963)^2 + (0.209259)^2 + \dots + (0.264815)^2] - 1.7222 \\
 &= 1.9517 - 1.7222 \\
 &= 0.2294
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat pengaruh A (JKA) :

$$\begin{aligned} JKA &= \frac{\sum_{i=1}^r T_{i\dots}^2}{c \cdot n} - FK \\ &= \frac{\{(1.718519)^2 + (1.344446)^2 + (2.094446)^2\}}{3 \times 4} - 1.7222 \\ &= -0,3449 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat pengaruh B (JKB) :

$$\begin{aligned} JKB &= \frac{\sum_{j=1}^c T_{\dots j}^2}{r \cdot n} - FK \\ &= \frac{\{(3.118518)^2 + (2.553705)^2 + (2.201854)^2\}}{3 \times 3} - 1.7222 \\ &= 0.6216 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP) :

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij\dots}^2}{n} - FK \\ &= \frac{\{(1.718519)^2 + (1.344446)^2 + (2.094446)^2 + \dots + (2.201854)^2\}}{3} - 1.7222 \\ &= 10.8185 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat pengaruh interaksi A dan B (JKAB) :

$$\begin{aligned} JKAB &= JKP - JKA - JKB \\ &= 10.8185 - (-0,3449) - 0.6216 \\ &= 10.5419 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG) :

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JKA - JKB - JKAB \\ &= 0.2294 - (-0,3449) - 0.6216 - 10.5419 \\ &= -10.5891 \end{aligned}$$

- Nilai varian dari masing – masing perlakuan sebagai berikut :

1. Nilai varian pengaruh A

$$S_A^2 = \frac{JKA}{r-1} = \frac{-0,3449}{3-1} = -0.1724$$

2. Nilai varian pengaruh B

$$S_B^2 = \frac{JKB}{c-1} = \frac{0.6216}{4-1} = 0.2072$$

3. Nilai variasi interaksi A dan B

$$S_{AB}^2 = \frac{JKAB}{(r-1) \times (c-1)} = \frac{10.5419}{(4-1) \times (3-1)} = 1.7569$$

4. Nilai variasi galat

$$S^2 = \frac{JKG}{r \times c \times (n-1)} = \frac{-10.5891}{3 \times 4 \times (3-1)} = -0.4412$$

Dari rumus diatas dapat dicari nilai F_{hitung} yang digunakan untuk menentukan ada atau tidaknya pengaruh variasi anoda dan waktu pelapisan elektroplating, serta interaksi antara keduanya terhadap laju keausan *grinding ball* menggunakan metode uji F.

- Nilai F_{hitung} dari masing – masing sumber keragaman sebagai berikut :

1. Untuk faktor A :

$$F_{A \text{ hitung}} = \frac{S_A^2}{S^2} = \frac{-0.1724}{-0.4412} = 0.3908$$

2. Untuk faktor B :

$$F_{B \text{ hitung}} = \frac{S_B^2}{S^2} = \frac{0.2072}{-0.4412} = -0.4696$$

3. Untuk faktor AB :

$$F_{AB \text{ hitung}} = \frac{S_{AB}^2}{S^2} = \frac{1.7569}{-0.4412} = -3.9821$$

- Nilai F_{tabel} dari masing – masing sumber keragaman sebagai berikut :

1. Untuk faktor A :

$$F_{tabel} \text{ untuk } V_1 = r - 1 = 3 - 1 = 2,$$

dan $V_2 = r \times c \times (n - 1) = 3 \times 4 \times (3-1) = 24$ adalah 3.4028

2. Untuk faktor B :

$$F_{tabel} \text{ untuk } V_1 = c - 1 = 4 - 1 = 3,$$

dan $V_2 = r \times c \times (n - 1) = 3 \times 4 \times (3-1) = 24$ adalah 3.0088

3. Untuk faktor AB :

$$F_{tabel} \text{ untuk } V_1 = (r - 1) \times (c - 1) = (3 - 1) \times (4 - 1) = 6,$$

dan $V_2 = r \times c \times (n - 1) = 3 \times 4 \times (3-1) = 24$ adalah 2.5082

Tabel 4.5 Hasil Analisis Varian Dua Arah

| Sumber Keragaman | db | Jumlah Kuadrat | Varian (KT) | F_{hitung} | F_{tabel} |
|-------------------|----|----------------|-------------|--------------|-------------|
| Pengaruh A | 2 | - 0,3449 | - 0.1724 | 0.3908 | 3.4028 |
| Pengaruh B | 3 | 0.6216 | 0.2072 | - 0.4696 | 3.0088 |
| Interaksi A dan B | 6 | 10.5419 | 1.7569 | - 3.9821 | 2.5082 |
| Galat | 24 | - 10.5891 | - 0.4412 | | |
| Total | 35 | | | | |

Pengambilan kesimpulan

4.2.2 Analisis Persamaan Linear

Analisa persamaan linear digunakan mengetahui hubungan antara variasi anoda dan waktu pelapisan elektroplating, serta interaksi antara keduanya terhadap laju keausan *grinding ball*. Analisa ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program Microsoft Excel, dengan persamaan umum sebagai berikut :

Persamaan linear : $y = a + b x$

dengan : $y =$ variabel terikat (laju keausan)

$x =$ variabel bebas (variasi anoda dan waktu pelapisan)

$$b = \frac{n\sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \sum y_i}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$a = y - bx$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

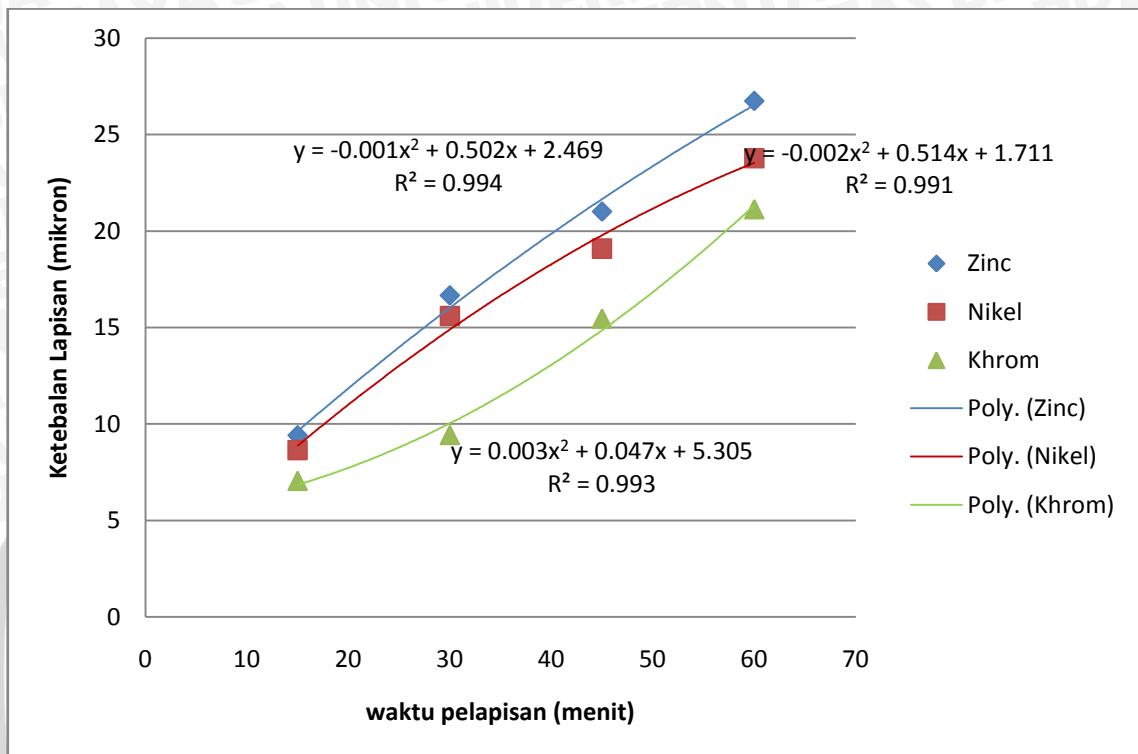
$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

Sebagai contoh persamaan linear untuk elektroplating seng pada tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Perhitungan persamaan linear untuk elektroplating seng

4.2 Pembahasan

4.2.1 Grafik hubungan antara waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan elektroplating



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan elektroplating

Pada gambar 4.1 menunjukkan grafik hubungan antara waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan elektroplating. Variasi anoda yang digunakan juga memberikan pengaruh pada ketebalan yang dihasilkan. Pada grafik khrom elektroplating berada diposisi bawah, sedangkan grafik nikel elektroplating pada posisi tengah dan zinc elektroplating pada posisi paling atas.

Pada waktu pelapisan 15 menit, nilai ketebalan lapisan yang dihasilkan zinc elektroplating adalah $9,4 \mu\text{m}$, nikel elektroplating sebesar $8,6 \mu\text{m}$ dan khrom elektroplating $7,04 \mu\text{m}$. Begitu juga pada waktu pelapisan 30 menit dengan nilai ketebalan lapisan pada zinc elektroplating adalah $16,6 \mu\text{m}$, nikel elektroplating sebesar $15,5 \mu\text{m}$ dan khrom elektroplating sebesar $9,4 \mu\text{m}$. Sehingga semakin lama waktu pelapisan elektroplating maka ketebalan lapisan yang dihasilkan juga meningkat.

Hal ini sesuai dengan hukum elektrolisis faraday “Jumlah bahan yang terdekomposisi saat elektrolisa berbanding lurus dengan kuat arus dan waktu dalam larutan elektrolit.”

$$W = \frac{e \cdot I \cdot t}{96500} \text{ (gr)}$$

Dengan :

W : massa endapan pelapis (gr)

I : Arus (ampere)

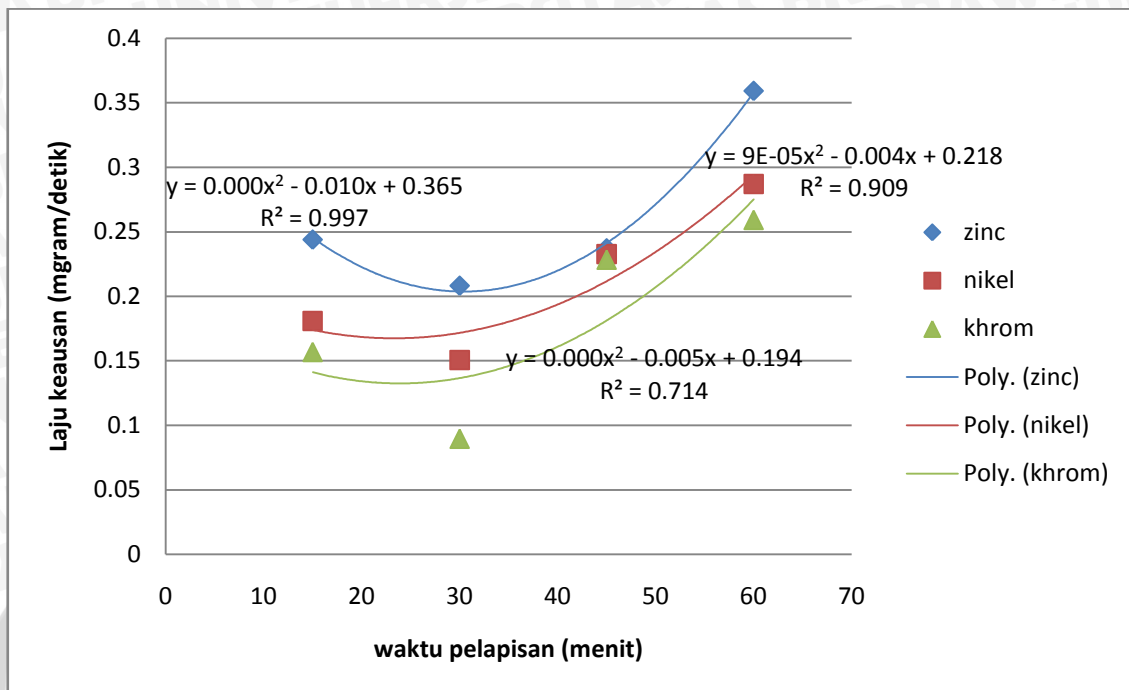
t : Waktu (detik)

e : berat equivalen kimia (massa atom dibagi dengan valensinya)

Dengan demikian, variasi anoda juga berpengaruh pada ketebalan, terbukti dengan perbedaan berat equivalen masing – masing anoda yang digunakan $e_{zinc} = 32,69$; $e_{nikel} = 29,35$ dan $e_{khrom} = 17,33$. Sehingga kecenderungan lapisan yang memiliki berat equivalen terbesar makin tebal lapisan terbentuk pada katoda.



4.2.2 Grafik Hubungan waktu pelapisan elektroplating terhadap laju keausan *grinding ball*



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara waktu pelapisan elektroplating terhadap laju keausan *grinding ball*.

Pada gambar menunjukkan grafik hubungan antara waktu pelapisan elektroplating terhadap laju keausan. Variasi anoda memberikan pengaruh pada laju keausan yang dihasilkan. Hal ini juga dikarenakan lapisan yang sebelumnya dihasilkan pada elektroplating. Pada grafik khrom elektroplating berada diposisi bawah, sedangkan grafik nikel elektroplating pada posisi tengah dan zinc elektroplating pada posisi paling atas.

Pada waktu pelapisan 15 menit, nilai ketebalan lapisan yang dihasilkan zinc elektroplating adalah $2,35 \times 10^{-1}$ mgram/detik, nikel elektroplating sebesar $1,8 \times 10^{-1}$ mgram/detik dan khrom elektroplating $1,5 \times 10^{-1}$ mgram/detik Begitu juga pada waktu pelapisan 30 menit dengan nilai ketebalan lapisan pada zinc elektroplating adalah $2,09 \times 10^{-1}$ mgram/detik, nikel elektroplating sebesar $1,5 \times 10^{-1}$ mgram/detik dan khrom elektroplating sebesar $8,9 \times 10^{-2}$ mgram/detik.

Pada waktu pelapisan 15 menit dan 30 menit laju keausan semakin menurun dikarenakan lapisan pada *grinding ball* tidak begitu tebal, hal ini menyebabkan lapisan tersebut memiliki ikatan yang kuat antara logam katoda dengan logam pelapisnya. Pada saat bertumbukan dengan sesama *grinding ball* ataupun menghancurkan pasir kuarsa,

gaya impact dan gaya gesek disebar merata pada permukaan dan ke dalam bola. Lapisan elektroplating yang terkelupas dari *grinding ball* lebih sedikit sesuai bidang kontak gaya tersebut.

Sedangkan pada waktu pelapisan 45 menit dan 60 menit laju keausan meningkat dikarenakan lapisan pada *grinding ball* lebih tebal, hal ini akibat adanya jarak antara logam katoda dan logam pelapis yang menyebabkan lapisan memiliki ikatan yang lebih lemah. Pada saat bertumbukan dengan sesama *grinding ball* maupun menghancurkan pasir kuarsa, gaya impact dan gaya gesek juga disebar merata pada permukaan dan ke dalam bola. Namun lapisan lebih mudah mengalami retakan, jika ada sedikit retakan pada lapisan elektroplating dan retakan itu melebar maka akan mengelupas lapisan logam disekitarnya lebih banyak.

