

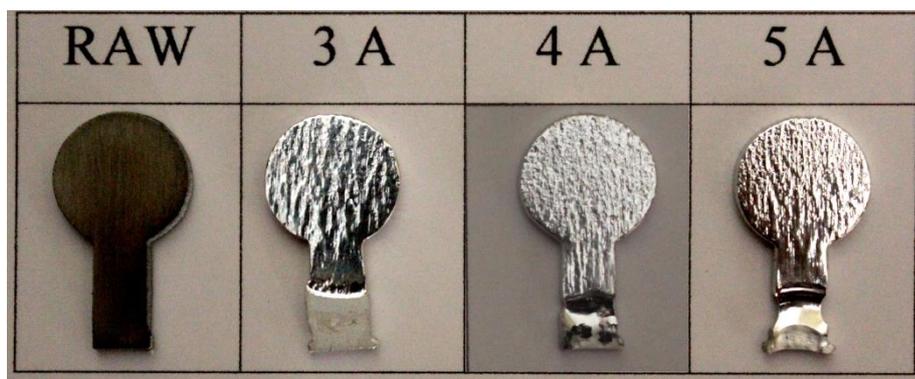
## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil *Anodizing*

Hasil *anodizing* aluminium 1XXX dengan variasi intensitas arus 0,016A/mm<sup>2</sup>, 0,022A/mm<sup>2</sup>, 0,028A/mm<sup>2</sup> dan waktu pencelupan 10 menit, terdapat kegagalan atau tidak terbentuknya tekstur kulit jeruk pada permukaan aluminium, hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti jarak anoda dan katoda serta temperatur elektrolit saat proses *anodizing*. Kegagalan dan keberhasilan pembentukan tekstur kulit jeruk pada permukaan aluminium dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar 4.1 Kegagalan dari proses *anodizing* aluminium seri 1XXX.



Gambar 4.2 Hasil *anodizing* tekstur kulit jeruk pada aluminium seri 1XXX.

Setelah dilakukan proses *anodizing* pada aluminium seri 1XXX juga terjadi pengurangan tebal benda kerja, pengukuran ketebalan benda kerja dengan

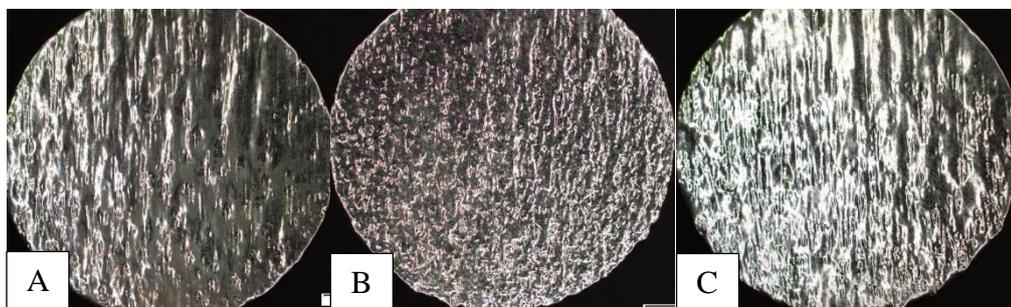
menggunakan alat micrometer dengan 3 titik pengukuran, dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tebal ketebalan aluminium

No	Variasi	Tebal benda kerja (rata-rata)
1	Raw Material	2,663 mm $\pm$ 0,005 SD
2	0,016 A/mm <sup>2</sup>	2, 463 mm $\pm$ 0,005 SD
3	0,022 A/mm <sup>2</sup>	2, 443 mm $\pm$ 0,005 SD
4	0,028 A/mm <sup>2</sup>	2, 41 mm $\pm$ 0,01 SD

#### 4.2. Hasil Pengujian Makro

Setelah dilakukan foto makro, didapat hasil foto permukaan dari 3 spesimen variasi intensitas arus 0,016A/mm<sup>2</sup>, 0,022A/mm<sup>2</sup>, 0,028A/mm<sup>2</sup> dengan menggunakan perbesaran masing-masing 8 kali. Hasil pengujian foto makro ditunjukkan pada Gambar 4.3.

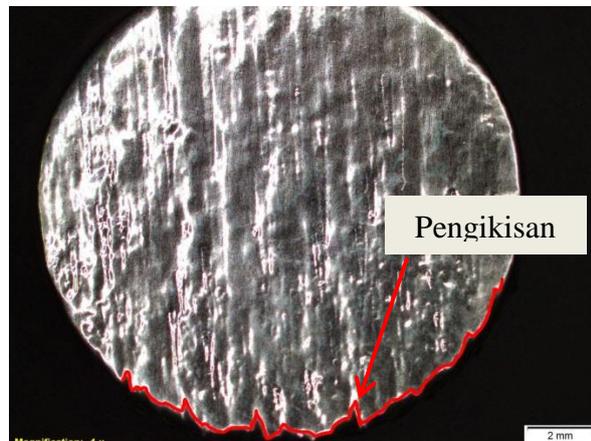


Gambar 4.3 Foto makro aluminium seri 1XXX setelah *anodizing* dengan arus (A) intensitas arus 0,016A/mm<sup>2</sup>. (B) intensitas arus 0,022A/mm<sup>2</sup>. (C) intensitas arus 0,028A/mm<sup>2</sup>.

Dari hasil pengujian foto makro pada Gambar (A) dengan intensitas arus 0,016A/mm<sup>2</sup> dan waktu pencelupan 10 menit, dapat terlihat mulai terbentuknya lapisan oksida seperti tekstur kulit jeruk namun belum merata pada bagian atas permukaan aluminium. Karakteristik dari permukaan tersebut memiliki bentuk yang menonjol panjang dan kasar.

Dari hasil pengujian foto makro pada Gambar (B) dengan intensitas arus  $0,022\text{A}/\text{mm}^2$  dan waktu pencelupan 10 menit, dapat terlihat tekstur kulit jeruk mulai merata dan terdapat titik-titik (*dotted surface*) yang homogen dan tersebar merata pada permukaan aluminium serta ketika terkena cahaya pada permukaan aluminium ini memberi kesan yang mengkilap yang disebabkan pantulan cahaya dari *dotted surface*.

Dari hasil pengujian foto makro pada Gambar (C) dengan intensitas arus  $0,028\text{A}/\text{mm}^2$  dan waktu pencelupan 10 menit, dapat terlihat permukaan aluminium mengalami peluruhan dan juga pada sisi luar aluminium, hal ini diakibatkan besarnya arus yang digunakan yang sering disebut peluruhan karena medan listrik yang terlalu besar (*field-assisted dissolution*) dan terkonsentrasi pada *barrier layer* dan menyebabkan kenaikan temperatur, ditunjukkan pada Gambar 4.4.

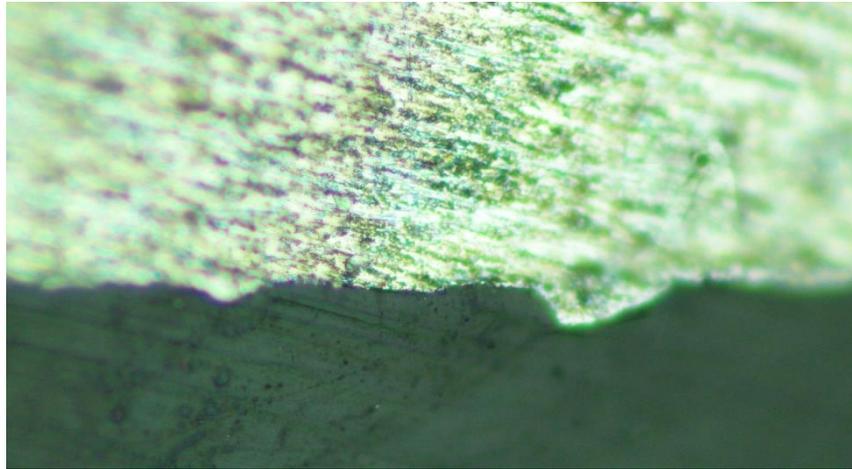


Gambar 4.4 Pengikisan aluminium

### 4.3. Hasil Pengujian Mikro Ketebalan Lapisan

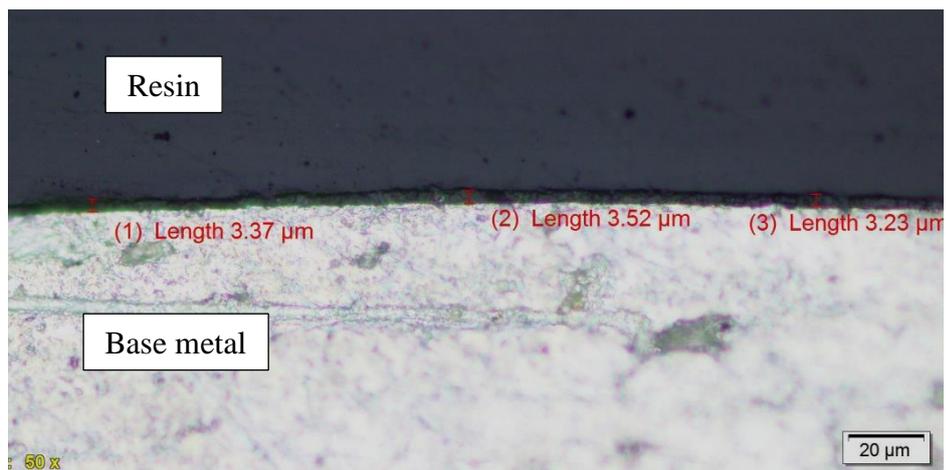
Pengujian foto mikro ini dilakukan untuk mengetahui seberapa tebal lapisan oksida pada aluminium seri 1XXX setelah dilakukan proses *anodizing* dengan variasi intensitas arus  $0,016\text{A}/\text{mm}^2$ ,  $0,022\text{A}/\text{mm}^2$ , dan  $0,028\text{A}/\text{mm}^2$ . Pengujian ini dilakukan dengan perbesaran 200 kali dan 500 kali. Hasil pengujian foto makro sebagai berikut :

1. Foto mikro aluminium sebelum dilakukan proses *anodizing*, tidak terlihat lapisan oksida alami pada permukaan aluminium, ditunjukkan pada Gambar 4.5



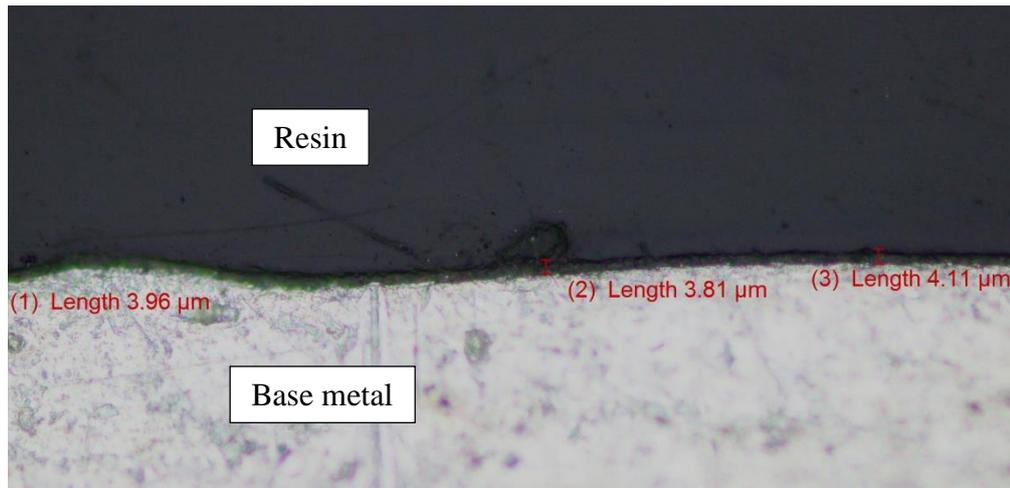
Gambar 4.5 Foto mikro ketebalan lapisan *raw material*

2. Foto mikro aluminium setelah diproses *anodizing* dengan menggunakan intensitas arus  $0,016\text{A}/\text{mm}^2$  dengan waktu 10 menit menunjukkan adanya lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium dengan ketebalan lapisan oksida rata-rata  $3,37\ \mu\text{m}$ , ditunjukkan pada Gambar 4.6.



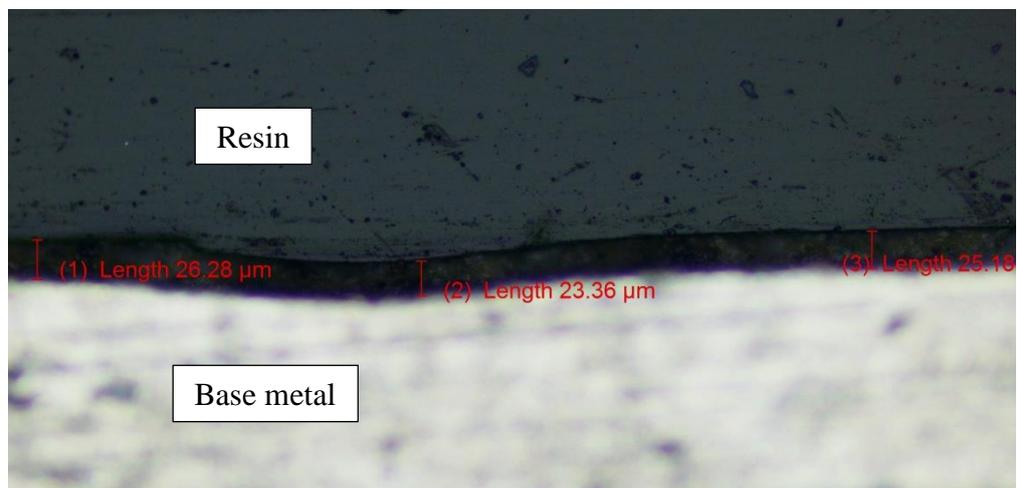
Gambar 4.6 Foto mikro ketebalan lapisan intensitas arus  $0,016\ \text{A}/\text{mm}^2$

3. Foto mikro aluminium setelah diproses *anodizing* dengan menggunakan intensitas arus  $0,022\text{A/mm}^2$  dengan waktu 10 menit menunjukkan adanya lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium dengan ketebalan lapisan oksida rata-rata  $3,96\ \mu\text{m}$ , ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Foto mikro ketebalan lapisan intensitas arus  $0,022\ \text{A/mm}^2$

4. Foto mikro aluminium setelah diproses *anodizing* dengan intensitas arus  $0,028\text{A/mm}^2$  menunjukkan adanya lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium terlihat semakin menebal dengan ketebalan lapisan oksida rata-rata  $24,94\ \mu\text{m}$ , ditunjukkan pada Gambar 4.8.

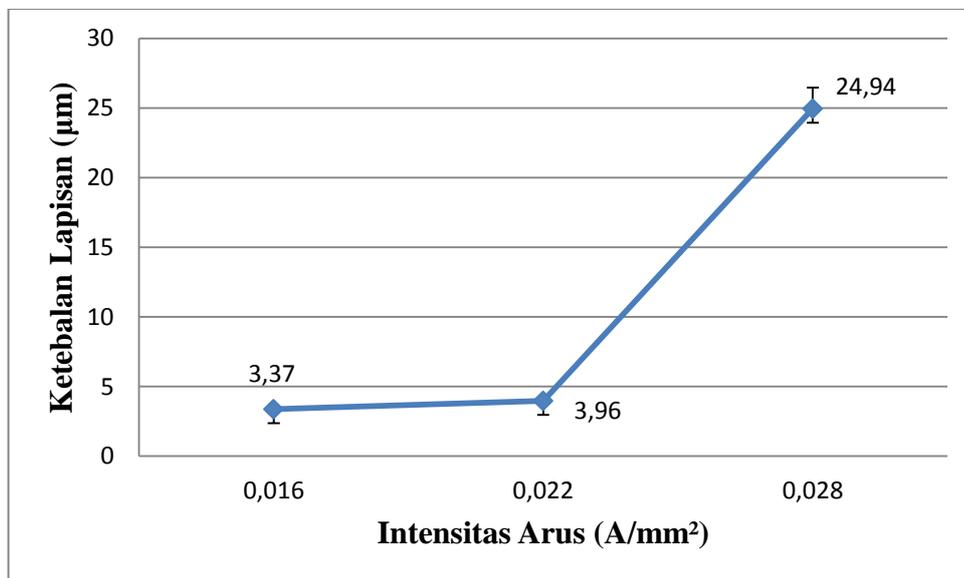


Gambar 4.8 Foto mikro ketebalan lapisan intensitas arus  $0,028\ \text{A/mm}^2$

Tabel 4.2 Hasil pengukuran ketebalan lapisan oksida aluminium 1 XXX

Variasi Intensitas Arus (A/mm <sup>2</sup> )	Ketebalan lapisan (μm)	Ketebalan lapisan rata-rata (μm)
0,016	3,37	3,37
	3,52	
	3,23	
0,022	3,96	3,96
	3,81	
	4,11	
0,028	26,28	24,94
	23,36	
	25,18	

Hasil pengukuran ketebalan lapisan oksida rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.2. Kemudian ditampilkan dalam grafik variasi intensitas arus terhadap ketebalan lapisan oksida rata-rata, ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara intensitas arus yang digunakan pada proses *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida.

Gambar 4.9 diatas menunjukkan grafik antara ketebalan lapisan oksida pada permukaan aluminium setelah diproses *anodizing* terhadap variasi intensitas arus variasi  $0,016\text{A/mm}^2$ ,  $0,022\text{A/mm}^2$ , dan  $0,028\text{A/mm}^2$ . Pada intensitas arus  $0,016\text{A/mm}^2$  menghasilkan ketebalan lapisan oksida rata-rata  $3,37\ \mu\text{m}$ . Selanjutnya pada intensitas arus  $0,022\text{A/mm}^2$  menghasilkan ketebalan lapisan oksida rata-rata  $3,96\ \mu\text{m}$ . Kemudian pada intensitas arus  $0,028\text{A/mm}^2$  menghasilkan ketebalan lapisan oksida rata-rata  $24,94\ \mu\text{m}$ . Sehingga ketebalan lapisan oksida yang paling tinggi pada intensitas arus  $0,028\text{A/mm}^2$  dengan ketebalan rata-rata  $24,94\ \mu\text{m}$ .

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa variasi intensitas arus proses *anodizing* pada penelitian ini dapat mempengaruhi ketebalan lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium seri 1XXX, dimana semakin besar intensitas arus yang digunakan maka semakin tebal juga lapisan oksida yang terbentuk hal ini disebabkan oleh lapisan oksida yang terbentuk semakin banyak dan rapat sejalan dengan bertambahnya arus yang diberikan. Penelitian yang dilakukan Shantiarsa (2009) mengenai variasi arus listrik *anodizing* terhadap ketebalan lapisan pada aluminium seri 2024-T3. Dari hasil penelitian *anodizing* dengan arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere pada waktu 10 menit mengalami peningkatan ketebalan lapisan oksida berurut-turut sebesar  $2,47\ \mu\text{m}$ ,  $3,5\ \mu\text{m}$ , dan  $4,16\ \mu\text{m}$ . Penelitian tersebut menyimpulkan semakin bertambahnya arus yang diberikan pada proses anodizing maka menghasilkan ketebalan lapisan oksida yang semakin tebal.

#### **4.4. Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan**

Pengujian kekerasan permukaan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan permukaan aluminium seri 1XXX sebelum dan sesudah dilakukannya proses *anodizing* dengan intensitas arus  $0,016\text{A/mm}^2$ ,  $0,022\text{A/mm}^2$ , dan  $0,028\text{A/mm}^2$ . Pengujian kekerasan ini menggunakan metode *Micro Vickers Hardness Test* dengan pembebanan 25gf. Hasil pengujian kekerasan permukaan ditunjukkan pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan permukaan aluminium.

Variasi (A/mm <sup>2</sup> )	Posisi Titik Uji	d <sub>1</sub> (μm)	d <sub>2</sub> (μm)	d <sub>rata-rata</sub> (μm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan rata-rata (VHN)
RM	Acak	31.0	30.0	30.5	49.8	50,36
		30.0	31.0	30.5	49.8	
		30.0	30.0	30.0	51.5	
0,016	Acak	33.0	31.0	32.0	45.3	44,83
		33.0	32.0	32.5	43.9	
		33.0	31.0	32.0	45.3	
0,022	Acak	32.0	32.0	32.0	45.3	46,5
		31.0	31.0	31.0	48.2	
		30.5	33.0	31.75	46.0	
0,028	Acak	31.0	31.0	31.0	48.2	47,96
		31.0	31.0	31.0	48.2	
		30.5	32.0	31.25	47.5	

Contoh perhitungan nilai kekerasan (VHN) pada posisi titik injakan acak untuk pengujian raw material aluminium.

Diketahui : P = 25 gf

$$P = 25\text{gf} \times 10^{-3} \text{ kgf} = 0,025\text{kgf}$$

$$d_{\text{rata-rata}} = 30,5 \mu\text{m} \times 10^{-3} \text{ mm} = 0,0305 \text{ mm}$$

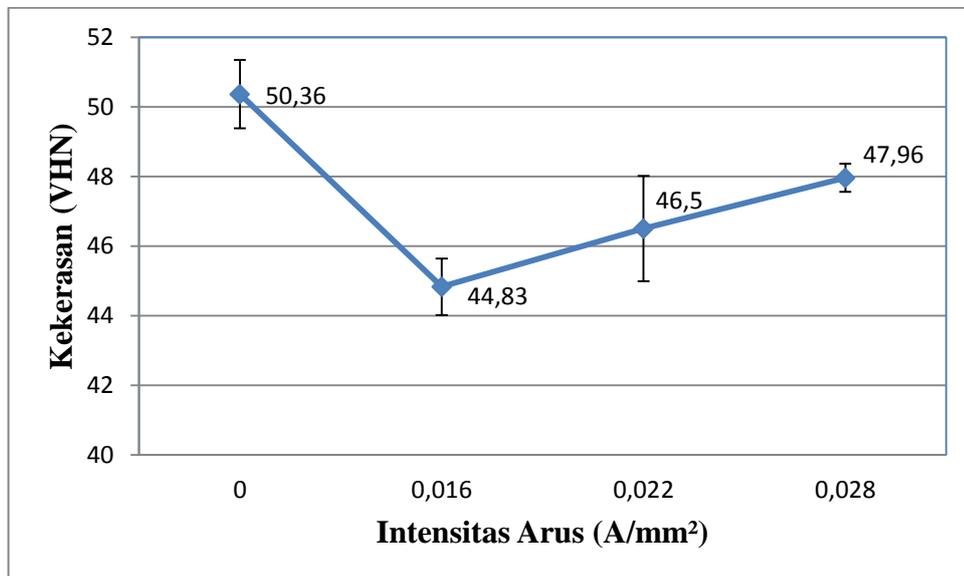
Ditanyakan : VHN = ?

$$\text{Penyelesaian : VHN} = \frac{1.854 \times P}{(d)^2}$$

$$\text{VHN} = \frac{1.854 \times 0.025}{(0,0305^2)}$$

$$\text{VHN} = 49,8$$

Dari Tabel 4.3 nilai kekerasan dan perhitungan diatas lalu dikonversi menjadi grafik hubungan antara nilai kekerasan permukaan aluminium terhadap variasi intensitas arus pada proses *anodizing* yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik hubungan antara intensitas arus listrik dengan nilai kekerasan (VHN) setelah proses *anodizing*.

Gambar 4.10 diatas menunjukkan hubungan antara intensitas arus pada *anodizing* dengan variasi intensitas arus 0,016A/mm<sup>2</sup>, 0,022A/mm<sup>2</sup>, dan 0,028A/mm<sup>2</sup> terhadap nilai kekerasan permukaan aluminium. Dari grafik diatas dapat diketahui nilai kekerasan pada *raw material* sebelum diproses *anodizing* sebesar 50,36 VHN. Setelah diproses *anodizing* pada intensitas arus 0,016A/mm<sup>2</sup> didapat nilai kekerasan rata-rata sebesar 44,83 VHN. Selanjutnya kekerasan rata-rata pada 0,022A/mm<sup>2</sup> menghasilkan kekerasan sebesar 46,5 VHN. Lalu pada pada 0,028A/mm<sup>2</sup> menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 47,96 VHN. Sehingga nilai kekerasan tertinggi pada proses *anodizing* sebesar 47,96 VHN pada 0,028A/mm<sup>2</sup> dan nilai kekerasan paling rendah pada intensitas arus 0,016A/mm<sup>2</sup> sebesar 44,83 VHN.

Dari hasil pengujian kekerasan yang ditampilkan pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pengaruh variasi intensitas arus yang digunakan pada proses *anodizing* dapat mempengaruhi nilai kekerasan pada permukaan aluminium seri 1XXX, dimana menurunnya nilai kekerasan permukaan aluminium setelah diproses *anodizing* kemudian dengan bertambahnya intensitas arus meningkat

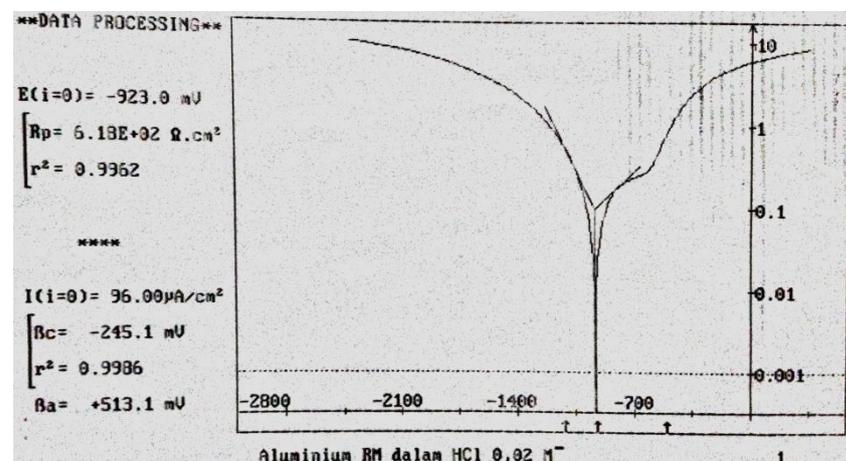
juga nilai kekerasannya namun tidak melebihi nilai kekerasan permukaan aluminium sebelum diproses *anodizing*. Hal ini diduga karena pemakaian arus yang tinggi menghasilkan diameter *porous* dan jumlah porositas semakin bertambah dan meningkatnya temperatur elektrolit.

Pernyataan Priyanto (2012) tentang pengaruh variasi arus listrik terhadap kekerasan permukaan aluminium 5XXX dengan variasi arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere dengan waktu pencelupan pada proses *anodizing* selama 30 menit. Dari hasil penelitiannya juga mengalami penurunan nilai kekerasan seiring bertambahnya arus. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pengaruh arus yang semakin tinggi dapat menurunkan nilai kekerasan dari permukaan aluminium *anodizing*.

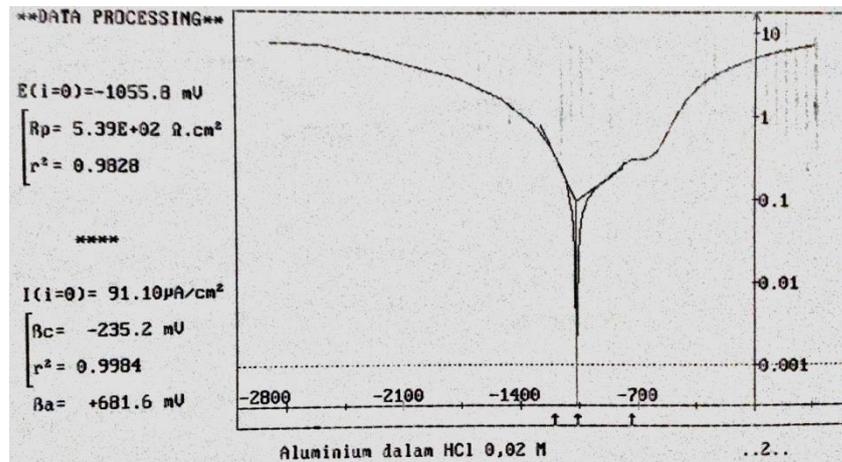
#### 4.5. Hasil Pengujian Laju Korosi

Pengujian korosi dilakukan untuk mengetahui seberapa baik resistensi aluminium seri 1XXX terhadap korosi dengan mencari nilai laju korosi. Pengujian laju korosi dilakukan dengan pengamatan ( $I_{kor}$ ) dalam larutan HCL dengan konsentrasi 4%.

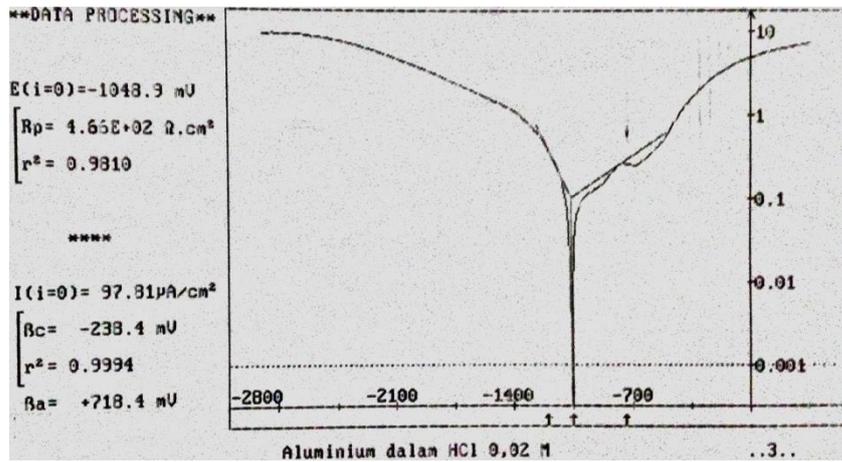
Penetapan nilai laju korosi berbanding lurus dengan nilai intensitas korosi ( $I_{kor}$ ) suatu logam. Gambar 4.11, 4.12, 4.13, dan 4.14 memperlihatkan diagram *tafel* korosi aluminium seri 1XXX yang dilakukan dalam larutan HCL dengan konsentrasi 4%.



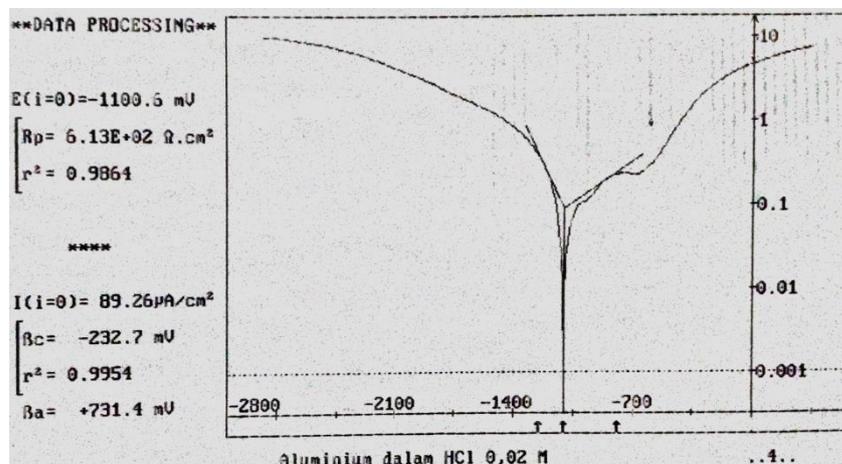
Gambar 4.11 Diagram *tafel* raw material aluminium



Gambar 4.12 Diagram *tafel* aluminium dengan intensitas arus  $0,016 \text{ A}/\text{mm}^2$



Gambar 4.13 Diagram *tafel* aluminium dengan intensitas arus  $0,022 \text{ A}/\text{mm}^2$



Gambar 4.14 Diagram *tafel* aluminium dengan intensitas arus  $0,028 \text{ A}/\text{mm}^2$

Hasil pengujian laju korosi ditunjukkan pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil pengujian laju korosi.

Variasi (A/mm <sup>2</sup> )	I Korosi (μA/cm <sup>2</sup> )	Laju Korosi (mm/yr)	Metode Uji
RM	96,000	1,045	Elektrokimia
0,016	91,100	0,992	Elektrokimia
0,022	97,810	1,065	Elektrokimia
0,028	89,260	0,972	Elektrokimia

Contoh perhitungan laju korosi (mm/yr) untuk pengujian raw material aluminium.

Diketahui : K (Constant factor) = 0,00327 mm/yr

α (massa atom Al) = 26,981

i (I korosi) = 96,000 μA/cm<sup>2</sup>

n (elektron valensi Al) = 3

ρ (berat jenis Al) = 2,7 g/cm<sup>3</sup>

Ditanyakan : CR (Corrosion rate) = ?

Penyelesaian :  $CR = K \frac{\alpha \times i}{n \times \rho}$

$$CR = 0,00327 \times \frac{26,981 \times 96,000 \mu A/cm^2}{3 \times 2,7 g/cm^3}$$

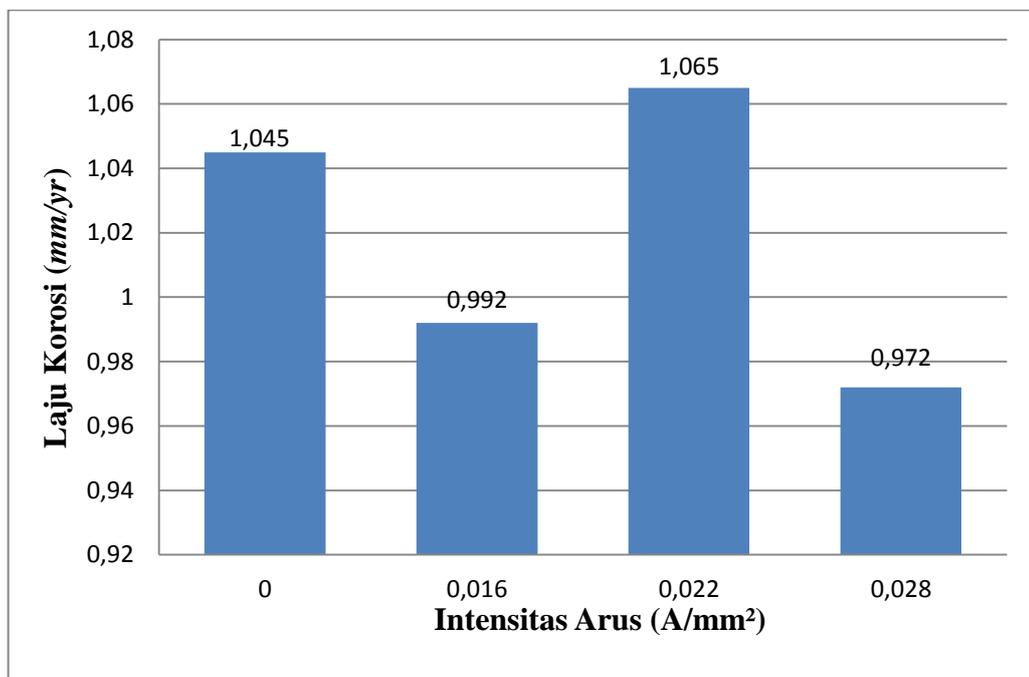
$$CR = 1,045 mm/yr$$

Penilaian tingkat ketahanan korosi dari hasil perhitungan di atas dapat ditunjukkan pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Tingkat ketahanan korosi relatif (Fontana ,1910)

Ketahanan Korosi Relatif	Kecepatan Korosi (mm/yr)
Luar biasa	< 0,02
Baik sekali	0,02 – 0,1
Baik	0,15 – 0,5
Cukup	0,5 – 1,25
Jelek	1,25 – 5
Jelek Sekali	> 5

Dari Tabel laju korosi 4.5 dan perhitungan diatas lalu dikonversi menjadi grafik hubungan antara nilai laju korosi terhadap variasi intensitas arus pada proses *anodizing* yang ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik hubungan antara intensitas arus listrik dengan laju korosi

Gambar 4.15 diatas menunjukkan hubungan antara kuat arus dengan laju korosi aluminium seri 1XXX sebelum dan sesudah dilakukannya proses *anodizing* dengan variasi intensitas arus 0,016A/mm<sup>2</sup>, 0,022A/mm<sup>2</sup>, dan 0,028A/mm<sup>2</sup>. Dari Gambar 4.15 diatas dapat diketahui nilai laju korosi aluminium sebelum diproses *anodizing* sebesar 1,045 mm/yr. Setelah dilakukan proses *anodizing* dengan intensitas arus 0,016A/mm<sup>2</sup> didapat nilai laju korosi 0,992 mm/yr. Kemudian pada intensitas arus 0,022A/mm<sup>2</sup> didapatkan nilai laju korosi 1,065 mm/yr. Selanjutnya pada intensitas arus 0,028A/mm<sup>2</sup> didapatkan nilai laju korosi sebesar 0,972 mm/yr. Sehingga nilai penurunan laju korosi yang optimal terjadi pada intensitas arus 0,028A/mm<sup>2</sup> dengan laju korosi 0,972 mm/yr.

Dari hasil pengujian korosi dalam larutan HCL yang ditampilkan pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pengaruh variasi arus yang digunakan pada

proses *anodizing* dapat mempengaruhi laju korosi pada aluminium seri 1XXX. Laju korosi sebelum diproses *anodizing* sebesar 1,045 mm/yr, namun setelah diproses *anodizing* dengan intensitas arus 0,016A/mm<sup>2</sup> mengalami penurunan laju korosi menjadi 0,992 mm/yr. Kemudian laju korosi mengalami kenaikan yang cukup tinggi pada intensitas arus 0,022A/mm<sup>2</sup> sebesar 1,065 mm/yr yang mungkin disebabkan terbentuknya pori-pori yang semakin besar pada lapisan oksida sehingga setelah lapisan oksida terkorosi maka proses korosi berlanjut pada logam aluminium. Namun laju korosi kembali menurun pada intensitas arus 0,028A/mm<sup>2</sup> sebesar 0,972 mm/yr yang diduga dikarenakan menebalnya lapisan oksida yang terbentuk. Nugroho (2012) meneliti pengaruh rapat arus terhadap laju korosi pada aluminium paduan 2024-t3 di lingkungan air laut dengan rapat arus 0,7 A/dm<sup>2</sup>, 1,50 A/dm<sup>2</sup>, 2,25 A/dm<sup>2</sup>, dan 3,00 A/dm<sup>2</sup>. Dari hasil penelitian ini juga mendapatkan hasil yang fluktuatif. Semakin besar rapat arus yang digunakan maka akan semakin turun laju korosinya. Namun demikian penurunan laju korosi ini tidak berjalan terus karena pada rapat arus tertentu akan dicapai hasil yang optimum.