

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Penelitian

Pada penelitian proses hard anodizing dimana menggunakan perhitungan rapat arus atau current density. Adapun contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan} &= 2 (30 \times 60) + 2 (6 \times 60) + (30 \times 6) \\ &= 4500 \text{ mm}^2 = 0.450 \text{ dm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rapat arus 1.5 A} &= \frac{1.5 \text{ A}}{0.450 \text{ dm}^2} \\ &= 3.33 \text{ A/dm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rapat Arus 2.0 A} &= \frac{2.0 \text{ A}}{0.450 \text{ dm}^2} \\ &= 4.44 \text{ A/dm}^2 \end{aligned}$$

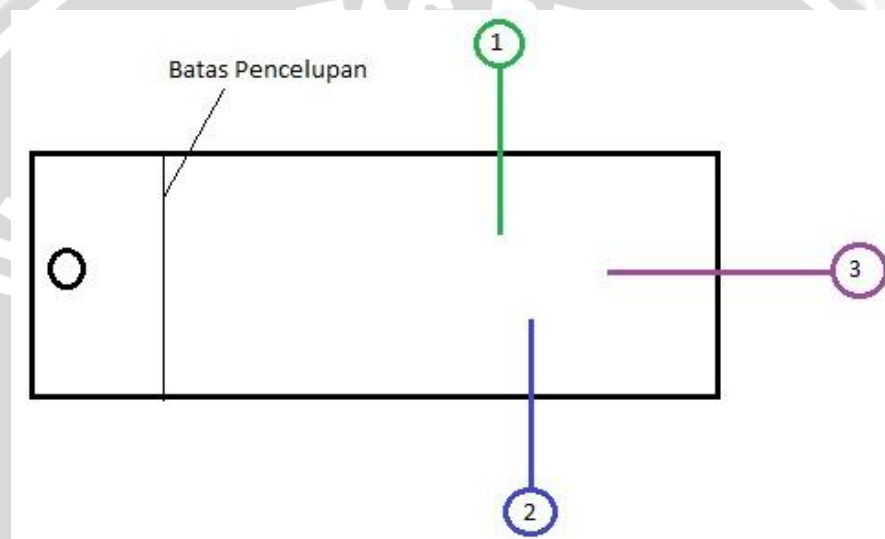
Penelitian ini dilakukan tiga pengulangan pada setiap variasinya. Ada 2 pengujian yang dilakukan pada spesimen hasil perlakuan *anodizing*. Pengujian yang utama adalah kekasaran permukaan dan porositas pada hasil *anodizing*. Berikut ini adalah data dari hasil pengujian :

Tabel 4.1 : Data hasil pengujian kekasaran permukaan

Arus Listrik (A)		Tegangan listrik (V)								
		15V			20V			25V		
		Kekasaran Permukaan (μm)								
1.5 A	1	0.26	0.28	0.26	0.34	0.35	0.33	0.43	0.46	0.44
	2	0.28	0.27	0.26	0.33	0.36	0.36	0.45	0.45	0.43
	3	0.27	0.30	0.30	0.36	0.35	0.36	0.45	0.43	0.46
2A	1	0.41	0.28	0.29	0.33	0.33	0.39	0.45	0.46	0.46
	2	0.26	0.33	0.32	0.40	0.39	0.42	0.45	0.45	0.46
	3	0.30	0.23	0.31	0.30	0.40	0.42	0.46	0.47	0.46

Pada pengujian kekasaran pada permukaan, pengambilan data menggunakan alat uji kekasaran permukaan dengan jenis *Mitutoyo SJ 301*. Saat pengambilan data dilakukan

perulangan sebanyak 3 kali setiap spesimen kemudian dilakukan perulangan pengambilan sebanyak 18 spesimen. Setelah semua data kekasaran permukaan diperoleh, kemudian data diolah menggunakan *Microsoft Excel 2007* sehingga dapat dihitung nilai rata-rata dari kekasaran permukaan. Selanjutnya memplotkan data dalam bentuk grafik. Dengan data setelah diolah dalam grafik maka mempermudah dalam menganalisa dan membahas data hasil dari kekasaran permukaan hasil *hard anodizing*. Adapun tambahan ilustrasi dari skema pengujian di beberapa titik untuk pengujian kekasaran permukaan sebagai berikut.



Gambar 4.1 letak titik pengambilan data pengujian kekasaran permukaan

Pada gambar 4.1 diatas dapat dijelaskan bahwa prosedur dari proses pengambilan data dari nilai kekasaran pada permukaan. Dimana sensor berjalan sejalan dengan garis yang di tunjukkan pada gambar diatas. Angka didalam lingkaran menunjukkan urutan pengambilan data tiap spesimen untuk uji kekasaran pada permukaan. Pemilihan penempatan titik pengujian dilakukan pada 3 sisi yang berbeda karena agar mengetahui perbedaan nilai kekasaran pada tiap sisi permukaan.

Tabel 4.2 : Data pengujian porositas rata-rata permukaan.

<i>Tegangan listrik</i>		<i>15V</i>	<i>20V</i>	<i>25V</i>
<i>Arus</i>	<i>Spesimen</i>			
<i>1.5A</i>	<i>1</i>	15.7%	37.2%	53.3%
	<i>2</i>	15.6%	37.4%	52.2%
	<i>3</i>	15.5%	37.6%	53.5%
<i>2A</i>	<i>1</i>	21.3%	42.3%	60.4%
	<i>2</i>	21.7%	42.5%	60.2%
	<i>3</i>	21.5%	41.8%	60.3%

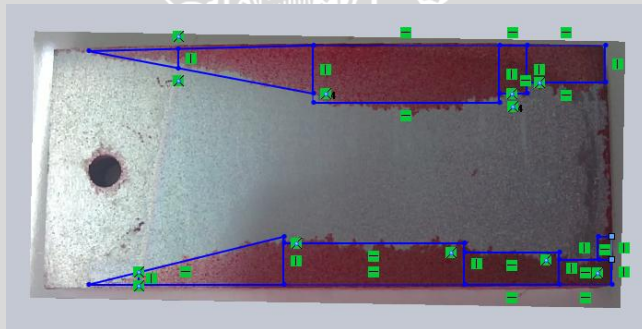
Pada pengujian porositas permukaan hasil *hard anodizing* menggunakan prosedur pengujian NDT yaitu dengan *liquid penetrant*. Prosedur pengujiannya sesuai dengan metodologi pada bab 3. Hasil dari pengujian porositas difoto dengan menggunakan kamera agar dapat melihat luasan daerah yang mengalami perbedaan warna pada permukaan spesimen. Setelah file foto dalam bentuk *.JPEG* siap kemudian diolah dengan menggunakan *software adobe photoshop* untuk proses *crop* dan mengubah format *JPEG* menjadi *PSD*. Setelah itu file tersebut di buka dengan *software Solid Works 2012*. Penggunaan *software* ini bertujuan untuk memberikan *gridline* dalam perhitungan luas permukaan porositas. Adapun penjelesan pengambilan data dijelaskan seperti di bawah ini :





Gambar 4.2 Foto spesimen hasil proses *liquid penetrant*.

Pada gambar 4.2 adalah hasil dari spesimen uji porositas pada permukaan, dapat terlihat permukaan berwarna merah merupakan bercak dari developer yang menandakan adanya porositas pada permukaan spesimen. Kemudian pada gambar 4.3 dibawah merupakan hasil grind agar memudahkan perhitungan luasan permukaan porositas.



Gambar 4.3 Proses *gridline* perhitungan luasan permukaan porositas permukaan.

Pada tabel 4.1 adalah data presentase porositas pada permukaan rata-rata aluminium hasil hard anodizing. Perhitungan menggunakan dengan menghitung luasan yang berwarna merah yang mengidentifikasi porositas. Perhitungan dengan contoh sebagai berikut :

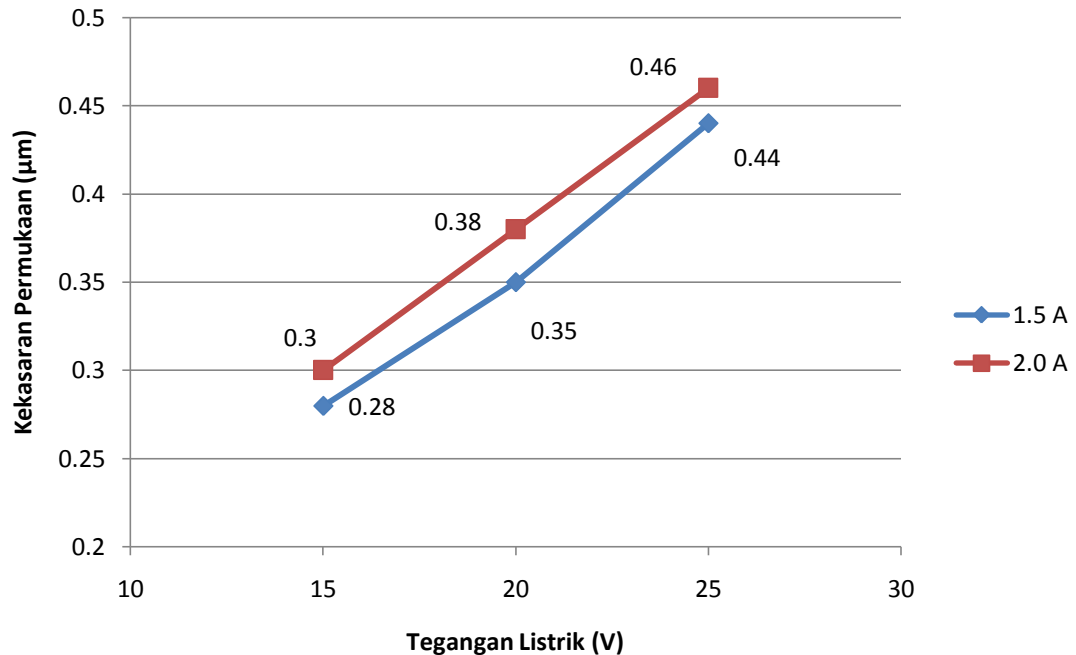
$$\text{Porositas} = \frac{\text{Luas porositas}}{\text{Luas total permukaan}} \times 100\%$$

$$\frac{2.77}{17.7} \times 100\% = 15.6\%$$

## 4.2 Analisa Grafik

### 4.2.1 Grafik Hubungan Antara Kekasaran Permukaan Dengan Tegangan Listrik

Dari hasil pengujian dan perhitungan data dengan variasi tegangan listrik dengan variasi kuat arus, didapatkan besarnya nilai kekasaran permukaan dari hasil *hard anodizing* aluminium 6061. Agar mempermudah menganalisa data tersebut maka hasil dari perhitungan tersebut digambarkan dalam sebuah grafik. Pada gambar 4.1 dibawah menunjukkan grafik hubungan antara kekasaran permukaan dengan tegangan listrik pada aluminium 6061 hasil *hard anodizing*.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Tegangan Listrik Dan Kuat Arus Terhadap Kekasaran Permukaan Aluminium 6061 Hasil *Hard Anodizing*

Pada saat proses *hard anodizing* yang dilakukan selama 60 menit. Terlihat pada grafik pada kuat arus sebesar 1.5A dengan voltase 15V, kekasaran permukaan rata rata mengalami peningkatan menjadi 0.28. Saat tegangan listrik dinaikan menjadi 20V nilai kekasaran aluminium 6061 meningkat menjadi 0.35. Begitu pula pada saat proses dan tegangan listrik dinaikkan menjadi 25V maka nilai kekasaran permukaan juga meningkat menjadi 0.44.

Pada gambar 4.1 diatas juga menunjukkan hubungan tegangan listrik dengan kuat arus sebesar 2A terhadap nilai kekasaran permukaan aluminium 6061 hasil *hard anodizing*. Pada saat tegangan listrik 15V nilai kekasaran rata-ratanya meningkat menjadi 0.30. Ketika tegangan listrik dinaikkan mejadi 20V nilai rata-rata kekasaran permukaan meingkat juga menjadi 0.38. begitu pula pada saat tegangan listrik 25V nilai kekasaran permukaannya meningkat menjadi 0.46.

Grafik diatas dapat dilihat peningkatan nilai rata-rata kekasaran permukaan hasil *hard anodizing* aluminium 6061 mengalami peningkatan yang dimana di variasikan tegangan listrik dengan kuat arus terhadap kekasaran pada permukaan aluminium. Disimpulkan bahwa peningkatan kekasaran permukaan meningkat seiring dengan meningkatnya kuat arus atau voltase yang diberikan selama proses *anodizing*. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan selama proses maka beda potensial yang terjadi semakin besar sehingga energi untuk ionisasi yang dihasilkan akan semakin besar juga. Akibat dari energi ionisasi yang semakin besar ini adalah semakin besarnya energi untuk melepaskan ikatan ion pada titanium yang sebagai katoda. Pada saat proses berlangsung,yang pertama kali mengalami proses ionisasi adalah larutan elektrolit. Saat energi ionisasi di berikan larutan  $H_3PO_4$  mengalami ionisasi menjadi :



Kemudian  $H_2O$  hasil ionisasi dari  $H_3PO_4$  mengalami reaksi dan menjadi :



Setelah larutan elektrolit mengalami proses ionisasi dan tiap zat terurai menjadi seperti diatas, maka pada proses selanjutnya yg mengalami reaksi adalah pada anoda yang mana terjadi pada aluminium 6061. Pada anoda terjadi reaksi redoks sebagai berikut :



Kemudian dari reaksi ionisasi  $H_3PO_4$  diatas yang menghasilkan  $O^{2-}$  yang dimanfaatkan oleh ion aluminium untuk membentuk lapisan oksida pada permukaan dengan reaksi sebagai berikut :





Pada tahap berikutnya setelah lapisan oksida pada aluminium maka energi ionisasi digunakan untuk melepaskan ikatan pada titanium yang posisinya sebagai katoda pada proses. Pada titanium terjadi proses reduksi dengan proses sebagai berikut :



Dapat dilihat pada reaksi diatas dihasilkan atom atom Ti yang mana selanjutnya atom ini bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  hasil dari ionisasi  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Hasil dari reaksi ini adalah pembentukan titanium dioksida dengan proses sebagai berikut :

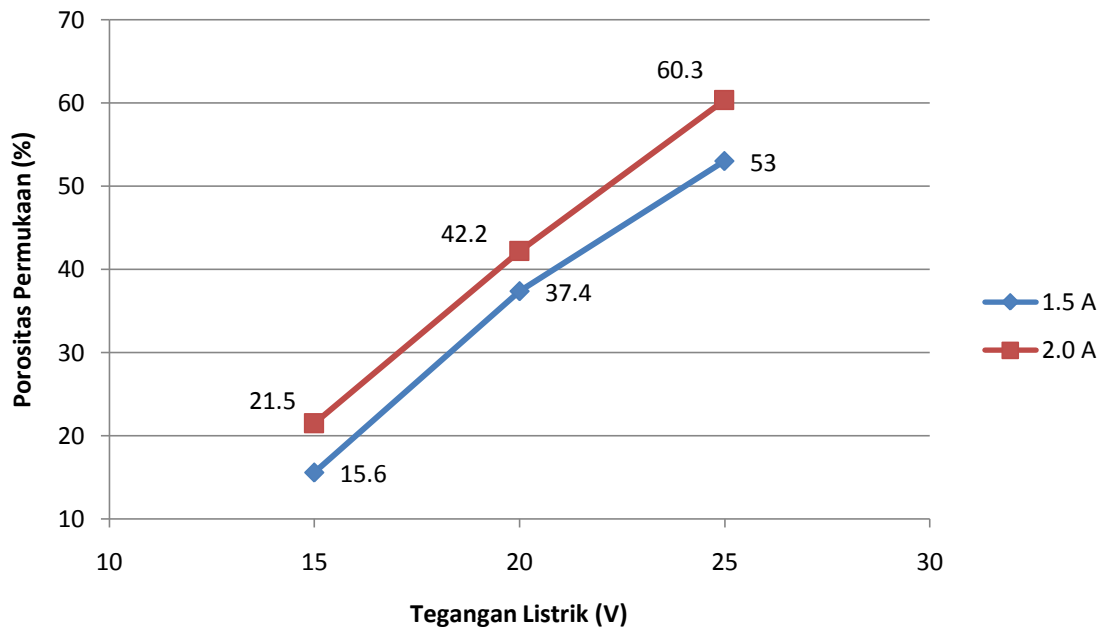


Hasil dari proses diatas adalah  $\text{TiO}_2$  atau yang disebut juga titanium dioksida.  $\text{TiO}_2$  ini yang nantinya akan menempel pada permukaan aluminium 6061 dan dapat meningkatkan sifat mekanik dari aluminium tersebut. Pembentukan dan penempelan  $\text{TiO}_2$  ini pada permukaan aluminium dipengaruhi oleh besarnya tegangan listrik dan arus yang digunakan pada saat proses berlangsung. Besar nilai kekasaran permukaan pada aluminium 6061 ini juga dipengaruhi oleh tegangan listrik dan arus. Dengan semakin tingginya tegangan pada proses, maka terjadi beda potensial yang semakin tinggi sehingga energi ionisasi menjadi semakin besar. Semakin besar energi ionisasi maka energi yang digunakan melepaskan ikatan ion titanium juga semakin besar. Semakin besar ikatan ion dari titanium yang terlepas, maka semakin besar pula ion dari  $\text{TiO}_2$  yang menempel pada permukaan aluminium. Semakin tingginya tegangan yang diberikan maka meningkatkan energi kinetis dari ion  $\text{TiO}_2$ . Energi kinetis ini adalah kemampuan berpindah atau menempel ion  $\text{TiO}_2$  menuju ke permukaan aluminium. Dengan semakin banyaknya ion  $\text{TiO}_2$  yang menempel maka kekasaran pada permukaan aluminium 6061 hasil *hard anodizing* akan semakin meningkat.

#### 4.2.2 Grafik Hubungan Antara Porositas Permukaan Dengan Tegangan Listrik

Hasil penelitian didapatkan nilai besaran porositas pada permukaan aluminium 6061 hasil *hard anodizing*. Untuk mempermudah menganalisa data maka hasil perhitungan

tersebut digambarkan dalam bentuk grafik. Pada gambar 4.2 dibawah ini menjelaskan grafik hubungan antara tegangan listrik dengan porositas pada permukaan aluminium 6061 hasil *hard anodizing*



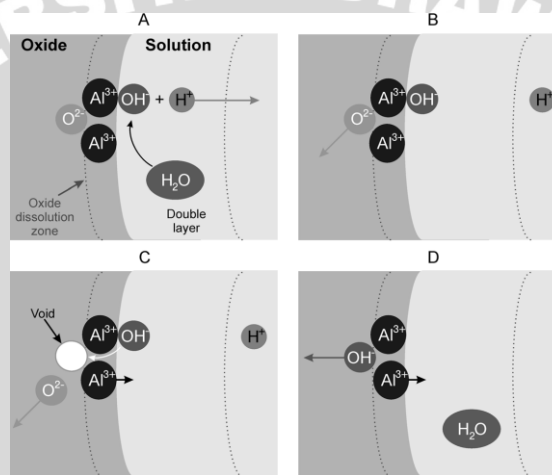
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Tegangan Listrik Dan Kuat Arus Terhadap Porositas Pada Permukaan Aluminium 6061 Hasil *Hard Anodizing*

Grafik diatas terlihat pada kuat arus 1.5A dengan voltase bervariasi yang mana semakin meningkat nilai porositas pada permukaan aluminium 6061. Pada saat voltase 15V nilai porositas rata-rata pada permukaan meningkat menjadi 15.6%. kemudian saat voltase naik menjadi 20V nilai porositas rata-rata mengalami peningkatan menjadi 37.4%. sedangkan pada saat 25V nilai porositas rata-rata juga mengalami peningkatan menjadi 53%.

Gambar 4.2 diatas juga dapat terlihat terjadi peningkatan nilai porositas pada permukaan pada arus 2A hasil *hard anodizing* aluminium 6061. Ketika proses diperlakukan pada voltase sebesar 15V nilai porositas rata-rata meningkat menjadi 21.5%. Kemudian pada saat voltase dinaikkan menjadi 20V maka porositas rata-rata

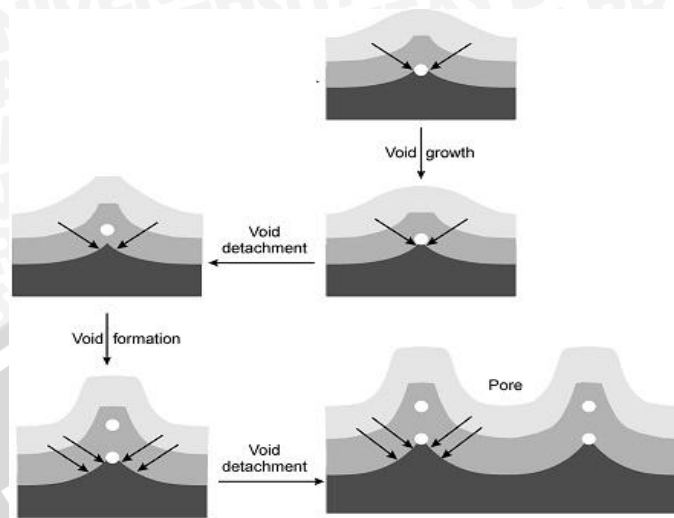


permukaan meningkat menjadi 42.2%. Pada voltase 25V porositas juga mengalami peningkatan menjadi 60.3%. kesimpulan dari grafik diatas adalah dengan semakin tingginya tegangan listrik yang diberikan selama proses maka nilai porositas rata-rata permukaannya juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi tegangan dan kuat arus yang diberikan maka nilai muatan listrik pada proses juga meningkat. Hal ini akan menyebabkan adanya muatan listrik pada lapisan oksida, akibatnya adalah melemahnya ikatan antara Al-O yang dapat dijelaskan dari skema dibawah ini :



Gambar 2.9 Mekanisme Peluruhan  
Sumber: Sulka, 2008: 29

Pada gambar diatas pada gambar (a) terlihat lapisan oksida dari alimunium. ikatan Al<sup>3+</sup> dan O<sup>2-</sup> semakin melemah dan lapisan mengalami peluruhan seiring dengan meningkatnya medan listrik pada lapisan oksida dan ion H<sub>2</sub>O ikatannya juga melemah. H<sub>2</sub>O yang melemah terurai menjadi OH<sup>-</sup> dan H<sup>+</sup>. kemudian pada gambar (c) terlihat ion Al dan O terurai. Lemahnya ikatan ini menyebabkan terjadinya void pada lapisan yang menyebabkan awal mulanya terbentuk lapisan porous. Lemahnya ikatan juga membuat ion O<sup>2-</sup> menuju kearah lapisan dan Al<sup>3+</sup> kearah larutan. Void yang terjadi merupakan awal mulanya terbentuknya *porous* yang akan dijelaskan pada gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 2.10 Mekanisme Pembentukan *porous*

Sumber: Sulka, 2008: 25

Dengan semakin besarnya proses peluruhan tersebut maka, arah dari orientasi ion Al dan O yang berlawanan menyebabkan terjadinya gaya tarik menarik di lapisan oksida. Akibat dari gaya tarik menarik dan besarnya peluruhan ini yang mengakibatkan terbentuknya lapisan *porous*. Besarnya muatan listrik yang terjadi seiring dengan bertambahnya tegangan listrik dan kuat arus menyebabkan adanya penghantar listrik bermuatan logam yang menumbuk masuk kedalam lapisan. Proses inilah yang menyebabkan persentase poros pada permukaan mengalami kecenderungan meningkat.