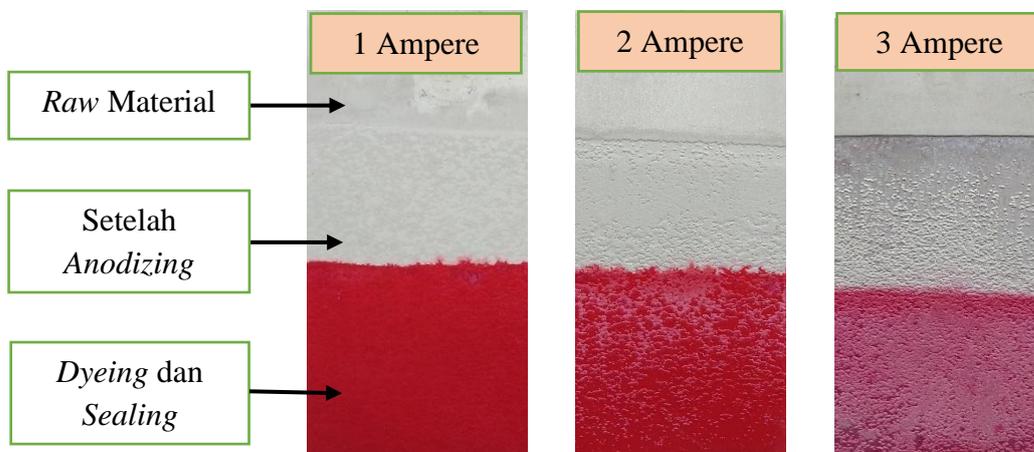


BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

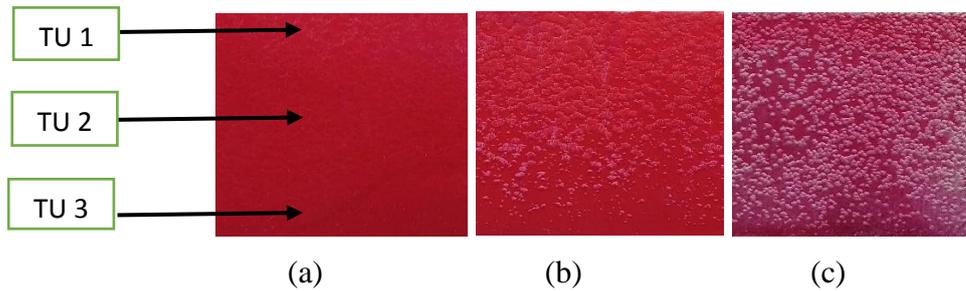
Setelah pengujian *anodizing* dilakukan, maka data yang diperoleh dari pengujian tersebut dijabarkan dalam beberapa sub-sub pembahasan dari masing-masing setiap jenis pengujian.



Gambar 4.1 Spesimen aluminium seri 2XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.

4.1. Hasil Pengujian Visual

Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, maka dilakukan pengujian kecerahan warna (RGB) menggunakan *adobe photoshop CS6*, dimana akan didapat data perbandingan antara hasil visual pada kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere, setelah proses *anodizing* dan *dyeing*. Pada pengujian ini menggunakan foto dari tangkapan kamera 13 MP (*Mega Pixel*) *smartphone* Oppo f1 selfie. Berikut merupakan uraian dari hasil pengujian yang sudah dilakukan.



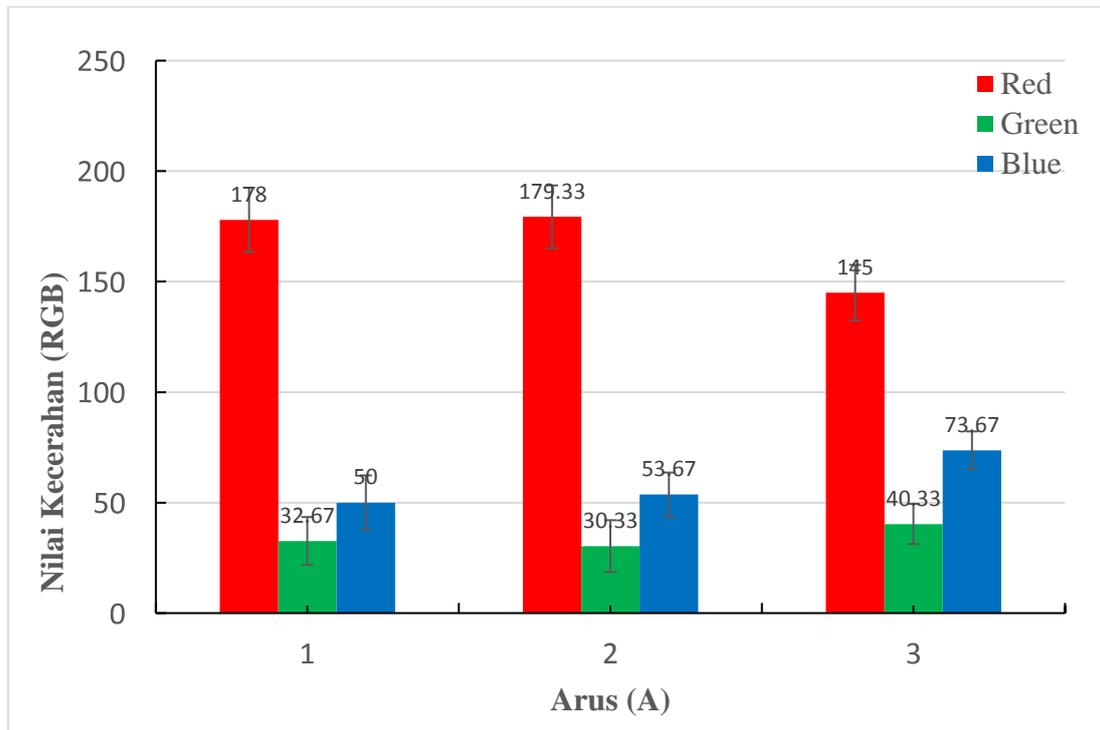
Gambar 4.2 Spesimen aluminium setelah proses *anodizing* dan *dyeing* setelah dilakukan pengujian visual dengan *adobe photoshop*, (a) arus 1 Ampere, (b) arus 2 Ampere dan (c) arus 3 Ampere. (TU) Titik Uji

Gambar diatas menunjukkan gambar hasil uji visual menggunakan *adobe photoshop CS6*, dan berikut adalah tabel hasil pengujian kecerahan warna (RGB).

Tabel 4.1 Hasil uji kecerahan warna (RGB) pada variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere setelah proses *anodizing* dan *dyeing*

No	Variasi Arus (A)	Densitas A/dm ²	Warna	Titik uji 1	Titik uji 2	Titik uji 3	Rata-rata kecerahan warna (RGB) (%)	
				(%)	(%)	(%)		
1	1	10.141	Red	212	170	152	178	86.86
2			Green	59	22	17	32.67	
3			Blue	80	38	32	50	
4	2	19.70	Red	211	176	151	179.33	87.73
5			Green	58	23	10	30.33	
6			Blue	78	41	42	53.67	
7	3	27.77	Red	142	173	120	145	86.3
8			Green	34	62	25	40.33	
9			Blue	68	94	59	73.67	

Dari hasil tabel 4.1 hasil pengujian kecerahan warna diatas maka dapat disimpulkan menggunakan gambar 4.3 Grafik hubungan antara kuat arus listrik dengan nilai kecerahan warna (RGB) berikut :



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara kuat arus listrik dengan nilai kecerahan warna (RGB).

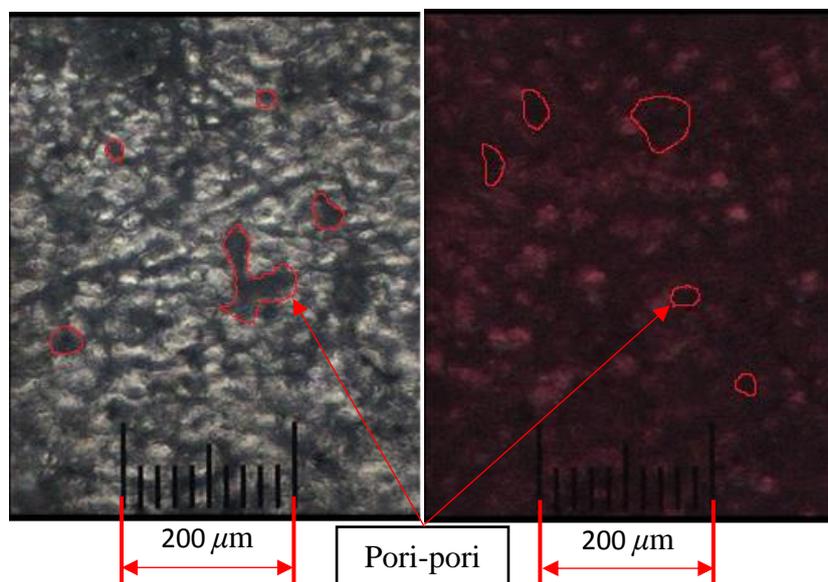
Gambar 4.3 diatas menunjukkan hasil kecerahan warna (GRB) pada kuat arus 1 Ampere sebesar R 178 %, 32.67 %, B 50 %, untuk kuat arus 2 Ampere sebesar R 179.33 %, G 30.33 %, B 53.67 %, dan kuat arus 3 Ampere sebesar R 145 %, G 40.33 %, B 73.67 %. Grafik 4.6 juga menjelaskan bahwa komposisi warna yang mendominasi adalah warna *red* dan *blue*, hal itu diduga disebabkan oleh pori-pori ketebalan lapisan oksida yang terbentuk setelah proses *anodizing* dan *dyeing* mengakibatkan kecerahan warna (RGB) menjadi buram. Dan warna utama yang digunakan pada proses *anodizing* dan *dyeing* adalah warna merah.

Untuk kecerahan warna (RGB) tertinggi pada kuat arus 2 Ampere sebesar R 179.33 %, G 30.33 %, B 53.67 %. Hal itu diduga disebabkan oleh pori-pori pada lapisan oksida yang kecil dan homogen, sehingga cairan warna yang masuk pada lapisan oksida sedikit, akibatnya kecerahan warna pada kuat arus 2 Ampere adalah yang paling tinggi dibandingkan dengan kuat arus 1 Ampere dan 3 Ampere. Seperti pernyataan Santhiarsa, (2010) menyebutkan bahwa penurunan tingkat kecerahan diakibatkan oleh bertambahnya ketebalan lapisan dan permukaan menjadi semakin tidak rata. Hanggara, (2010)

menyebutkan bahwa faktor utama yang mempengaruhi kecerahan warna adalah waktu tunggu dari proses *anodizing* ke proses pewarnaan yang relatif lama (tidak langsung), selain itu faktor waktu proses pencelupan juga mempengaruhi hasil pewarnaan. Dari analisa diatas, pada kuat arus 3 Ampere terlihat permukaan aluminium tidak rata dan kasar dibandingkan dengan kuat arus 1 Ampere dan 2 Ampere, karena waktu yang digunakan pada proses *anodizing* terlalu lama, sehingga mengakibatkan warna lebih transparan dan permukaan aluminium tampak mengkilap, maka dapat disimpulkan bahwa kuat arus dan waktu dalam proses *anodizing* sangat mempengaruhi ukuran dan bentuk pori-pori lapisan oksida yang dihasilkan, sehingga dapat mempengaruhi kecerahan warna (RGB).

4.2. Hasil Pengujian Foto Struktur Mikro permukaan

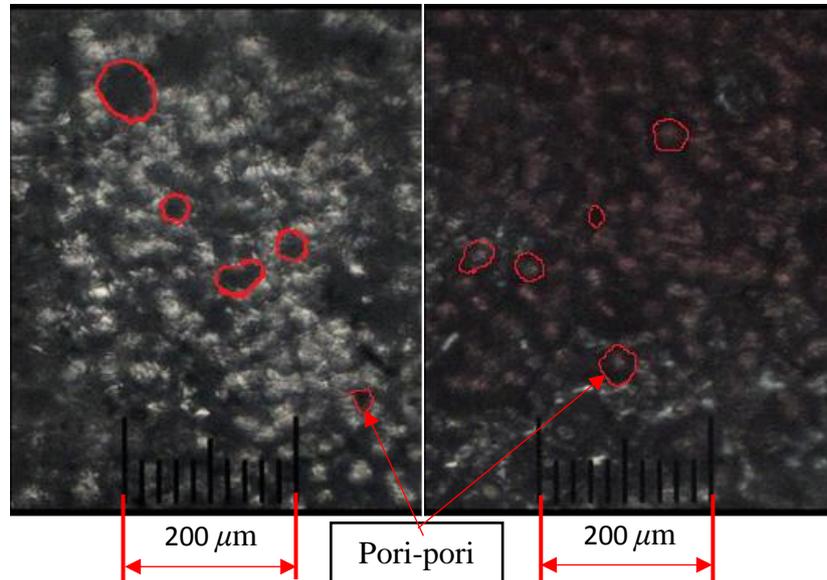
Pengujian foto struktur mikro ini ditujukan untuk mengetahui seberapa besar pori-pori pada permukaan aluminium setelah proses *anodizing* dan *dyeing* pengujian ini dilakukan dengan ukuran $20\ \mu\text{m}$ setiap stripnya dimana terdapat 10 strip maka di dapat hasil $200\ \mu\text{m}$.



Gambar 4.4. Foto mikro permukaan aluminium pada arus 1 Ampere permukaan aluminium.

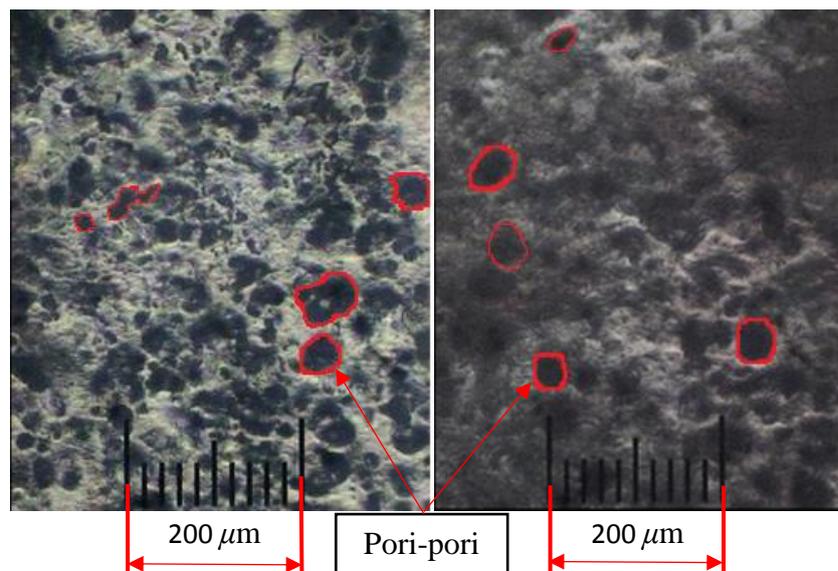
Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengujian foto mikro pada arus 1 Ampere, dapat disimpulkan bahwa pori-pori yang terdapat pada 1 Ampere terlihat bentuk pori-pori yang

bulat kecil-kecil merata pada saat proses *anodizing*, maka ketika pencelupan *dyeing* warna yang masuk akan merata dan hasil warna menjadi tebal.



Gambar 4.5. Foto mikro permukaan aluminium pada arus 2 Ampere permukaan aluminium.

Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengujian foto mikro pada arus 2 Ampere, dapat disimpulkan bahwa pori-pori yang terdapat pada 2 Ampere terlihat bentuk pori-pori yang bulat merata pada saat proses *anodizing*, maka ketika pencelupan *dyeing* warna yang masuk akan merata dan hasil warna tidak terlalu tebal.



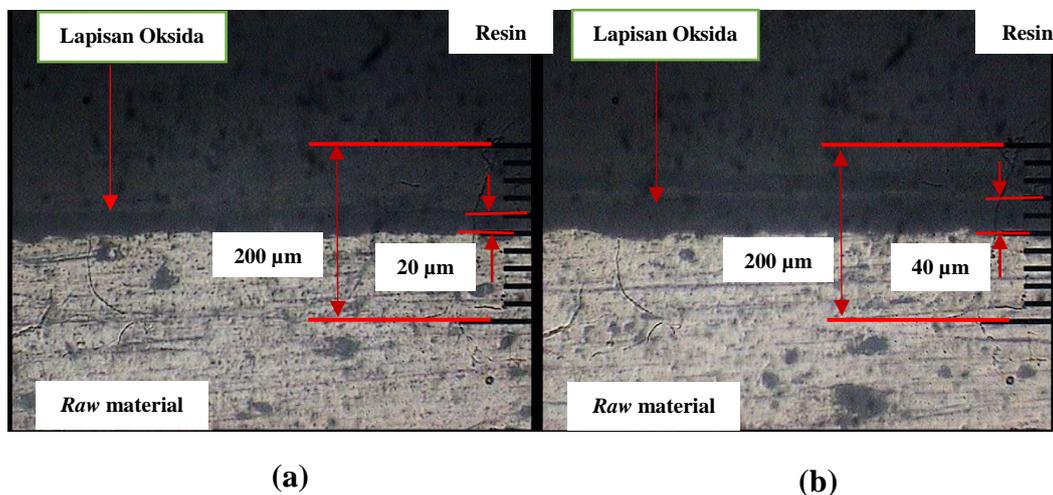
Gambar 4.6. Foto mikro permukaan aluminium pada arus 3 Ampere permukaan aluminium.

Gambar 4.6 menunjukkan hasil pengujian foto mikro pada arus 3 Ampere, dapat disimpulkan bahwa pori-pori yang terdapat pada 3 Ampere terlihat bentuk pori-pori yang sangat besar dan berbeda-beda bentuknya pada saat proses *anodizing*, maka ketika pencelupan *dyeing* warna yang masuk sangat tipis.

Dari hasil pengujian foto struktur mikro permukaan diatas maka dapat diketahui bahwa kuat arus dan waktu pencelupan pada proses *anodizing* sangat berpengaruh pada pori-pori aluminium, karena semakin besar arus dan semakin lama waktu pencelupan akan mengakibatkan pori-pori menjadi lebih besar sehingga warna yang masuk akan lebih sedikit.

4.3. Hasil Pengujian Foto Struktur Mikro

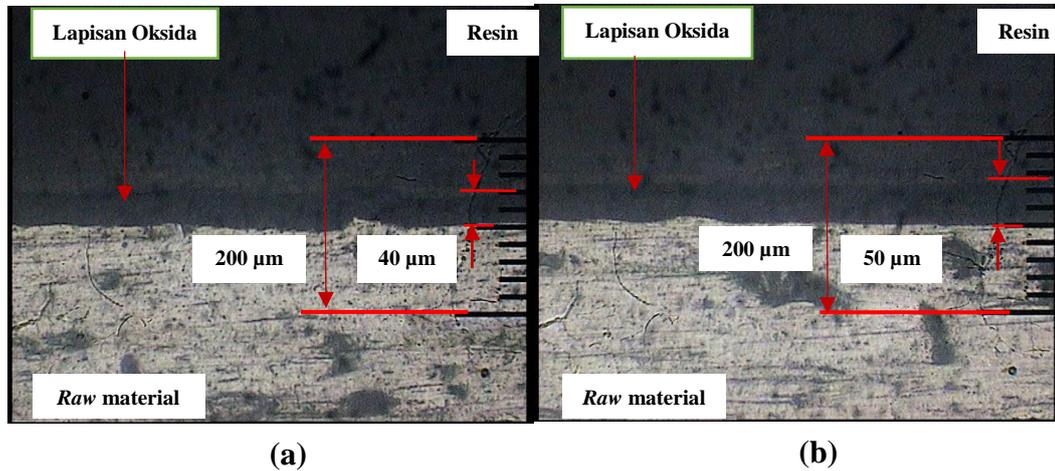
Pengujian foto struktur mikro ini ditujukan untuk mengetahui seberapa besar ketebalan lapisan oksida pada aluminium setelah proses *anodizing* dan *dyeing*. Pengujian ini dilakukan dengan pembesaran 200 kali, dimana ada 10 strip dan setiap strip mempunyai nilai $20 \mu\text{m}$.



Gambar 4.7 Foto mikro variasi kuat arus 1 Ampere, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *dyeing*.

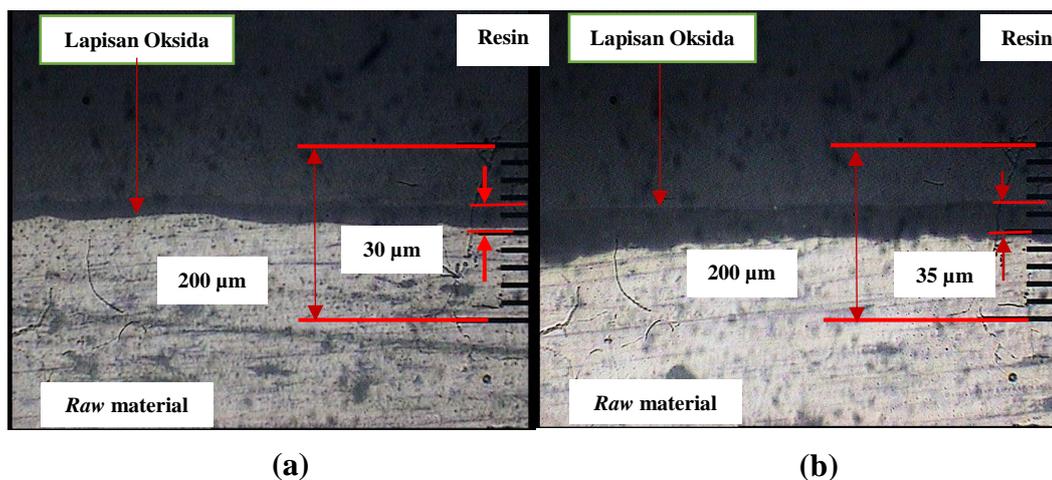
Gambar 4.7 (a) menunjukkan hasil pengujian ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* pada kuat arus 1 Ampere, tegangan 18 Volt, suhunya tercatat 29°C sampai 35°C , waktu pencelupan 20 menit sebesar $20 \mu\text{m}$. Gambar 4.7 (b) setelah proses

dyeing dengan variabel yang sama ketebalan lapisan oksida berubah menjadi $40\ \mu\text{m}$. Peningkatan tersebut diduga karena cairan pewarna yang masuk ke dalam pori-pori setelah *dianodizing*.



Gambar 4.8 Foto mikro variasi kuat arus 2 Ampere, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *dyeing*.

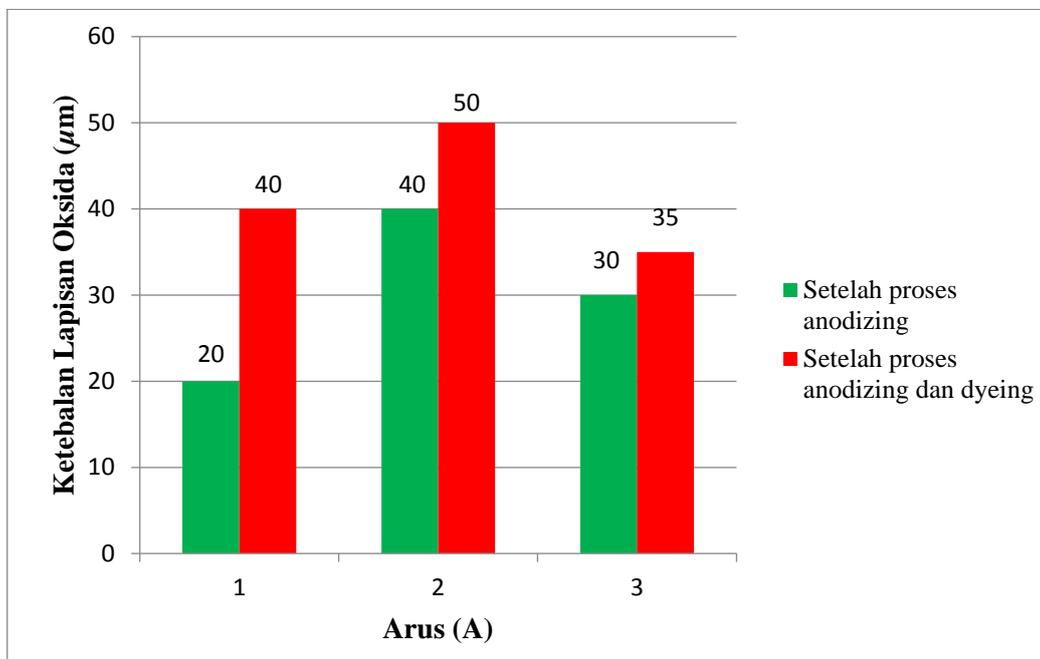
Gambar 4.8 (a) menunjukkan hasil pengujian ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* pada kuat arus 2 Ampere, tegangan 18 Volt, suhunya tercatat 37°C sampai 43°C , waktu pencelupan 20 menit sebesar $40\ \mu\text{m}$. Gambar 4.8 (b) setelah proses *dyeing* dengan variabel yang sama ketebalan lapisan oksida $50\ \mu\text{m}$. Peningkatan ketebalan lapisan oksida setelah *anodizing* dan *dyeing* diduga karena pori-pori yang dihasilkan lebih besar dan tidak merata sehingga cairan pewarna yang masuk sedikit.



Gambar 4.9 Foto mikro variasi kuat arus 3 Ampere, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *dyeing*.

Gambar 4.9 (a) menunjukkan hasil pengujian ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* pada kuat arus 3 Ampere, tegangan 18 Volt, suhunya tercatat 39°C sampai 42°C, waktu pencelupan 20 menit sebesar 30 μm . Gambar 4.9 (b) setelah proses *dyeing* dengan variabel yang sama ketebalan lapisan oksida 35 μm . Peningkatan tersebut diduga karena pori-pori yang dihasilkan sangat besar dan lebar sehingga cairan pewarna yang masuk ke dalam pori-pori setelah *dianodiz* keluar dan tidak meresap.

Dari hasil pengujian struktur foto mikro ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* dan *dyeing* diatas, maka dapat disimpulkan menggunakan grafik pada gambar 4.10



Grafik 4.10 diatas menunjukkan pada variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere setelah proses *anodizing*, menghasilkan ketebalan lapisan oksida sebesar 20 μm , 40 μm , 30 μm secara berurutan. Grafik diatas juga menunjukkan ketebalan lapisan oksida setelah proses *dyeing* sebesar 40 μm , 50 μm , 35 μm secara berurutan. Tidak ada perubahan ketebalan lapisan oksida secara signifikan diduga karena variasi kuat arus yang digunakan berdekatan. Ketebalan lapisan oksida setelah *anodizing* pada arus 3 Ampere menurun hal ini diduga karena perpindahan ion-ion elektrolit yang kurang baik dan temperatur elektrolit yang meningkat. Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Purnama, D. dkk, (2012) juga menyebutkan bahwa semakin meningkatnya temperatur,

akibatnya akan menurunkan ketebalan lapisan oksida yang terbentuk. Hal itu terjadi karena temperatur meningkatkan kemampuan larutan elektrolit untuk melarutkan lapisan oksida.

4.4. Hasil Pengujian Kekerasan/*Vickers* Permukaan

Pengujian kekerasan permukaan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan permukaan *raw material*, setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dengan variasi kuat arus listrik 1 Ampere, 2 Ampere dan 3 Ampere. Pengujian dilakukan dengan pembebanan 200 gf. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel dan grafik dibawah ini

Tabel 4.2 Hasil pengujian kekerasan permukaan aluminium setelah proses *anodizing* dan *dyeing*

No	Variasi	Posisi Titik Uji		d ₁	d ₂	d _{rata-rata} (μ m)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata-rata (VHN)
				(μ m)	(μ m)			
1	<i>Raw Material</i>	Acak		75	75	75	65.92	79.16
				66	66	66	85.12	
				65.5	65.5	65.5	86.43	
2	Arus 1 Ampere	<i>Anodizing</i>	Acak	58	58	58	110.23	102.22
				63	63	63	93.42	
				60	60	60	103	
	<i>sealing</i>	Acak	60	60	60	103	112.67	
			53	53	53	132		
			60	60	60	103		
3	Arus 2 Ampere	<i>Anodizing</i>	Acak	73	72	72.5	70.54	92.75
				66	66	66	85.12	
				58	52	55	122.58	
	<i>sealing</i>	Acak	70	70	70	75.67	100.83	
			61	61	61	99.65		
			54	54	54	127.16		
4	Arus 3 Ampere	<i>Anodizing</i>	Acak	54	55	54.5	124.84	115.42
				58	58	58	110.23	
				59.5	56	57.75	111.18	
	<i>sealing</i>	Acak	53	46	49.5	151.33	125.28	
			56.5	56.5	56.5	116.16		
			58.5	58.5	58.5	108.35		

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

Diketahui : $P = 200 \text{ gf}$

$$d_{\text{rata-rata}} = \frac{75+75}{2} = 75 \text{ mm}$$

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

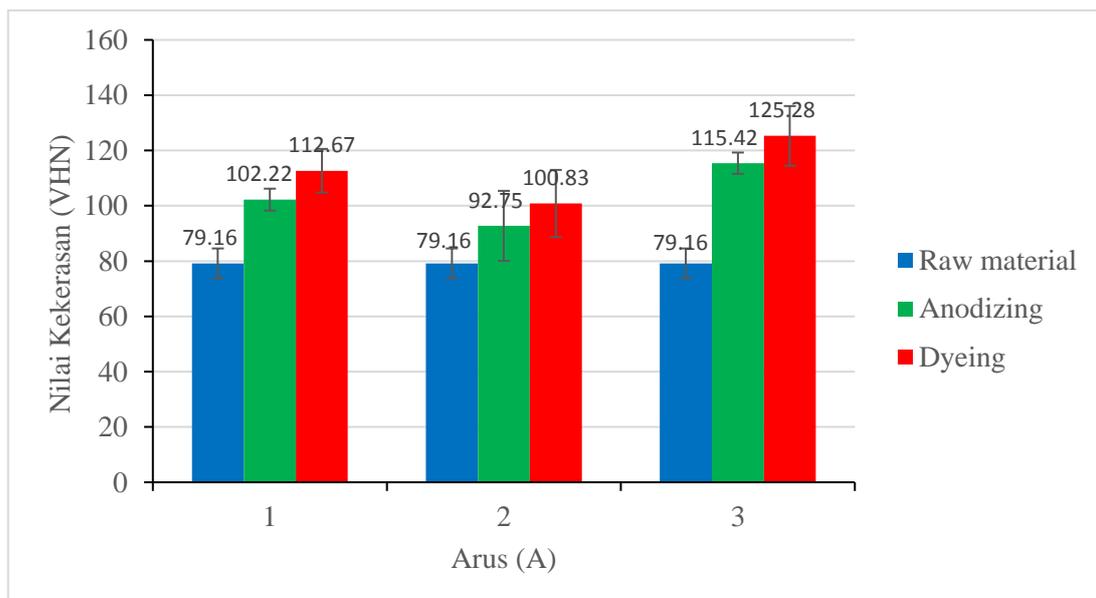
$$\text{VHN} = \frac{1.854 \times 200}{(75^2)} = 0.06592 \cdot \mu\text{m} \times 10^3$$

$$\text{VHN} = 65.92 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Kekerasan rata - rata} = \frac{65.92 + 85.12 + 86.42}{3}$$

$$\text{VHN} = 79.15 \text{ VHN}$$

Dari tabel dan perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan menggunakan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik hubungan antara kuat arus listrik dengan nilai kekerasan (VHN) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.

Grafik 4.11 tersebut menunjukkan pada *raw material* menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 79,16 VHN, 79,16 VHN, 79,16 VHN secara berurutan. Pada variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere setelah proses *anodizing*, menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 102,22 VHN, 92,75 VHN, 115,42 VHN secara berurutan. Setelah proses *dyeing* pada variasi kuat arus yang sama menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 112,67 VHN, 100,83 VHN, 125,28 VHN secara berurutan. Nilai kekerasan rata-rata setelah *anodizing* dan *dyeing* mencapai titik maksimum pada kuat arus 3 Ampere sebesar 115,42 VHN dan 125,28 VHN, sedangkan nilai kekerasan paling rendah pada kuat arus 2 Ampere sebesar 92,75 VHN dan 100,83 VHN. Sedangkan pengujian pada (Prasetya, 2016), pada arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere setelah proses *anodizing* menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 44,36 VHN, 44,16 VHN, 45,3 VHN secara berurutan. Setelah proses *dyeing* pada variasi arus yang sama sebesar 44,43 VHN, 52,1 VHN, 48,73 VHN secara berurutan.

Dari hasil perbandingan diatas dapat diketahui bahwa ada perbedaan kekerasan dengan penelitian Prasetya (2016) pada arus 2 Ampere setelah proses *dyeing* kekerasan naik, sedangkan pada penelitian ini pada arus 2 Ampere menurun itu di sebabkan karena kekerasan rata-rata mengalami fluktuasi yang disebabkan oleh pengaruh ketebalan lapisan oksida, karena ketebalan lapisan oksida tertinggi setelah proses *dyeing* yaitu pada kuat arus 2 Ampere.

Pernyataan Santhiarsa (2009) menyebutkan hasil penelitian menunjukkan bahwa arus listrik dan waktu pencelupan pada proses *hard anodizing* berpengaruh terhadap kekerasan, hal ini disebabkan oleh lapisan aluminium oksida yang terbentuk makin banyak dan rapat sejalan dengan naiknya arus listrik sehingga kekerasan lapisanpun makin meningkat. Proses *dyeing* juga berpengaruh terhadap kekerasan rata-rata, karena cairan warna akan masuk ke pori-pori lapisan oksida yang mengakibatkan kekerasan rata-rata setelah proses *dyeing* lebih tinggi dibandingkan setelah proses *anodizing*. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar aluminium oksida yang terbentuk, akibatnya aluminium akan semakin keras dan semakin besar ketebalan lapisan oksida, maka kekerasan rata-rata akan semakin turun.

4.4. Perbandingan hasil pengujian

Hasil pengujian ini dibandingkan dengan hasil pengujian-pengujian yang telah dilakukan sebelumnya oleh pihak lain.

1. Pengujian kecerahan warna (RGB)

Pada hasil pengujian ini kecerahan warna (RGB) tertinggi pada kuat arus 2 Ampere sebesar R 179.33 %, G 30.33 %, B 53.67 %, dan yang paling rendah pada 3 Ampere sebesar R 145 %, G 40.33 %, B 73.67 %. Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Prasty, A.,Y (2016) tentang pengaruh variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere dan waktu *anodizing* 10 menit. Didapat kecerahan warna tertinggi pada arus 1 Ampere (RGB) sebesar R 35.66 %, G 181.33 %, B 63 %, dan yang terendah pada arus 2 Ampere sebesar R 5.33 %, G 76 %, B 38.66 %. Santhiarsa, N.N., (2009) tentang pengaruh kuat arus listrik 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere dan waktu proses *anodizing*. Didapat nilai kecerahan tertinggi pada arus 1 Ampere dan waktu *anodizing* 10 menit sebesar 11519.53 lumens/m², dan yang terendah 3 Ampere dengan waktu *anodizing* 10 menit sebesar 10596.78 lumens/m².

Berdasarkan hasil perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kuat arus yang digunakan maka dapat menurunkan nilai kecerahan warna (RGB) aluminium.

2. Pengujian ketebalan lapisan oksida

Pada hasil pengujian ini ketebalan lapisan kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere dan 3 Ampere sebesar 20 μm , 40 μm , 30 μm secara berurutan. Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Prasty, A.,Y (2016) tentang pengaruh variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere dan waktu *anodizing* 10 menit. Didapat nilai ketebalan lapisan oksida tertinggi pada kuat arus 2 Ampere sebesar 120 μm , dan terendah pada kuat arus 3 Ampere sebesar 10 μm . Priyanto, A., (2012) tentang pengaruh kuat arus listrik 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere terhadap kekerasan permukaan logam aluminium 5XXX. Didapat nilai tertinggi ketebalan lapisan oksida pada kuat arus 3 Ampere sebesar 70 μm dan terendah pada arus 1 Ampere sebesar 40 μm .

Berdasarkan hasil perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa ketebalan lapisan oksida tertinggi pada pengujian Prasty, A.,Y (2016) pada kuat arus 2 Ampere

sama sebesar 120 μm . Perbedaan waktu *anodizing* dan logam aluminium sebagai anoda dapat mempengaruhi nilai ketebalan aluminium.

3. Pengujian kekerasan permukaan aluminium

Pada hasil pengujian ini kekerasan *vickers* permukaan tertinggi pada kuat arus 3 Ampere sebesar 125,28 VHN, dan terendah pada kuat arus 2 Ampere sebesar 100,83 VHN. Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Prastya, A.,Y (2016) tentang pengaruh variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere dan waktu *anodizing* 10 menit. Didapat nilai kekerasan permukaan aluminium tertinggi pada kuat arus 2 Ampere sebesar 52,1 VHN dan terendah pada kuat arus 1 Ampere sebesar 44,43 VHN. Santhiarsa, (2009) Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus listrik dan waktu pencelupan pada proses hard anodizing berpengaruh terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan, dimana pada arus listrik 3 Ampere dan waktu pencelupan 30 menit didapat hasil yang paling keras sebesar 121.00 gr/ μm dan ketebalan paling tinggi sebesar 5 μm . Hasil yang terendah didapat pada arus listrik 1 Ampere dan waktu pencelupan 10 menit yaitu kekerasan sebesar 76,46 gr/ μm dan ketebalan sebesar 2 μm .

Berdasarkan hasil perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan tertinggi didapat pada hasil pengujian ini sebesar 125,28 VHN pada kuat arus 3 Ampere. Perbedaan nilai kekerasan dapat disebabkan beberapa faktor, diantaranya logam aluminium yang digunakan sebagai anoda, kuat arus dan waktu *anodizing*. Turunnya tingkat kekerasan pada arus 2 Ampere diakibatkan oleh pengaruh suhu yang tinggi, karena semakin tinggi suhu pada proses *anodizing* maka kekerasan akan semakin menurun.