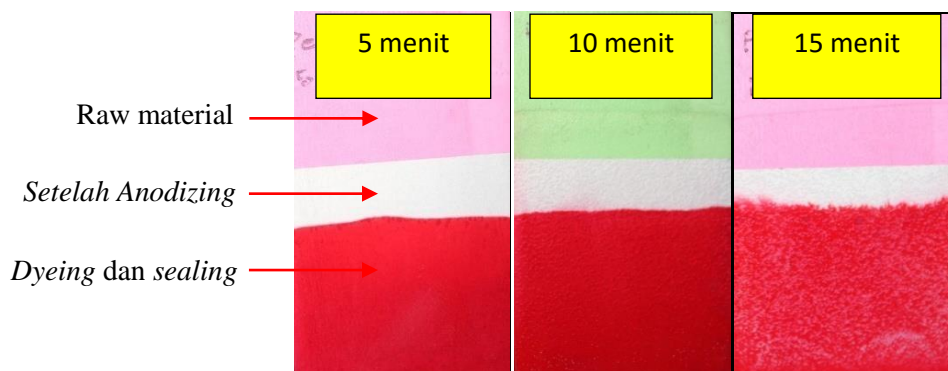


## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

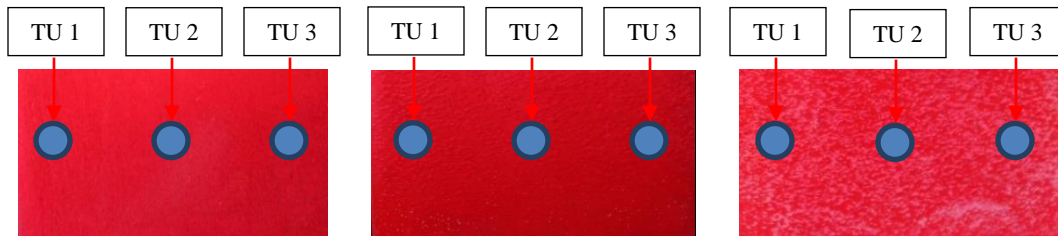
#### 4.1 Hasil pengamatan kecerahan spesimen *anodizing*

Setelah dilakukan pengujian maka diperoleh data-data pengujian material. Kemudian data dijelaskan pada sub-sub pembahasan dari masing-masing jenis pengujian. Berikut adalah 3 lapis kondisi spesimen sebelum dan setelah proses *anodizing* kemudian dilakukan pengujian yang ditunjukkan pada gambar 4.1



**Gambar 4.1** Spesimen aluminium 1XXX setelah melalui proses *anodizing*.

Spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dilakukan pengujian kecerahan warna (RGB) menggunakan *adobe photoshop Cs2*, dimana akan di dapat data perbandingan antara hasil visual pada variasi waktu 5, 10 dan 15 menit, setelah proses *anodizing* dan *dyeing*. Berikut adalah hasil pengujian kecerahan dengan *bringhtnees auto level* Ditunjukkan pada gambar 4.2



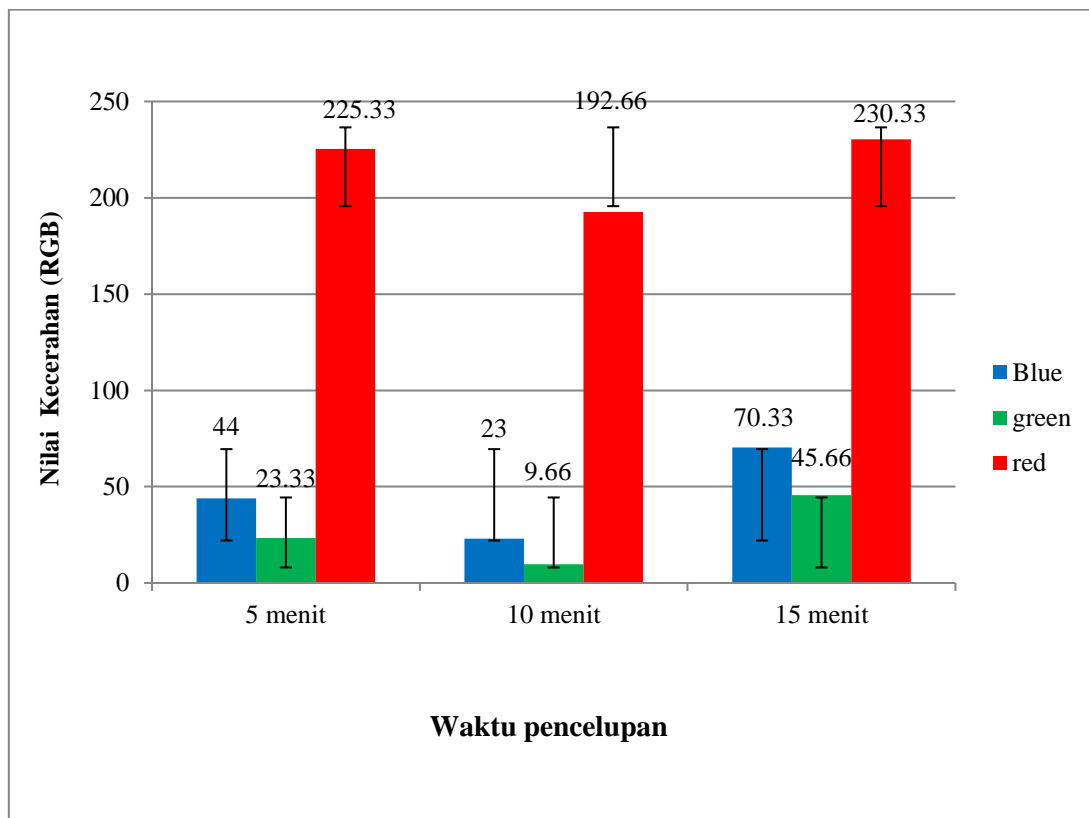
**Gambar 4.2** Spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing* setelah dilakukan pengujian visual dengan *adobe photoshop*, (a) waktu celup 5 menit, (b) waktu celup 10 menit dan, (c) waktu celup 15 menit. (TU) Titik Uji

Gambar 4.2 menunjukkan gambar hasil uji visual menggunakan *adobe photoshop CS2*, dan berikut adalah table hasil pengujian kecerahan warna (RGB).

**Tabel 4.1** Hasil uji kecerahan warna (RGB) pada variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit, setelah proses *anodizing* dan *dyeing*

No	Waktu (menit)	Warna	Titikuji 1 (%)	Titikuji 2 (%)	Titikuji 3 (%)	Rata-rata kecerahanwarna (RGB) (%)
1.	5	Red	243	230	203	225,33
		Green	29	26	15	23,33
		Blue	53	49	30	44
2.	10	Red	202	198	178	192,66
		Green	10	7	12	9,66
		Blue	23	22	24	23
3.	15	Red	237	229	225	230,33
		Green	33	20	84	45,66
		Blue	44	49	118	70,33

Dari tabel hasil pengujian kecerahan warna diatas maka diperoleh grafik hubungan antara lama waktu proses *anodizing* terhadap kecerahan warna yang dihasilkan, dapat disimpulkan menggunakan grafik berikut:



**Gambar 4.3** Grafik hubungan antara waktu pencelupan *anodizing* terhadap kecerahan warna (RGB)

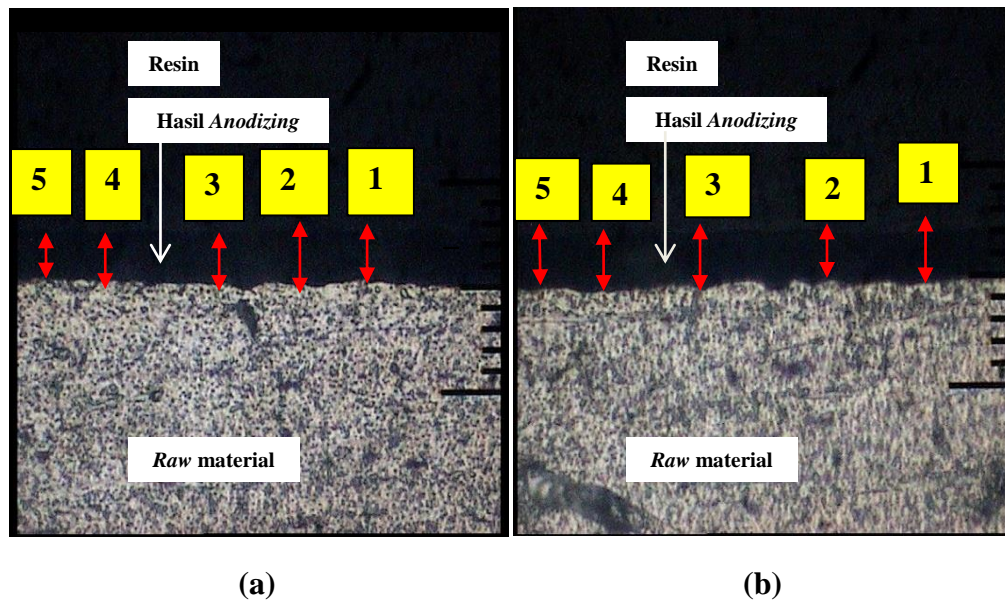
Gambar 4.3 diatas menunjukkan hasil kecerahan warna (GRB) pada waktu pencelupan 5 Menit R 225.33 %, G 23.33 %, B 44 %, untuk waktu pencelupan 10 Menit sebesar R 192.66 %, G 9.66 %, B 23 %, dan waktu pencelupan 15 Menit sebesar R 230.33 %, G 45.66 %, B 70.33 %. Grafik 4.3 juga menjelaskan bahwa komposisi 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.

Kemudian, untuk kecerahan warna (RGB) tertinggi pada waktu pencelupan 15 Menit sebesar R 230.33 %, G 45.66 %, B 70.33 %. 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 waktu pencelupan 15 Menit adalah yang paling tinggi dibandingkan dengan waktu pencelupan 5 dan 10 Menit. Seperti pernyataan Santhiarsa, N.N., (2010) menyebutkan bahwa peningkatan ketebalan lapisan oksida menyebabkan lapisan oksida yang semakin tebal dan tidak rata, sehingga menyebabkan tingkat kecerahan yang rendah (buram). Hanggara, A.D., dkk, (2010) juga 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, maka dapat disimpulkan bahwa ukuran dan bentuk pori-pori lapisan oksida, ketebalan lapisan oksida, dan waktu tunggu dari proses *anodizing* ke proses *dyeing* yang relatif lama akan mempengaruhi kecerahan warna (RGB).

#### 4.2 Hasil Pengujian Foto Struktur Mikro

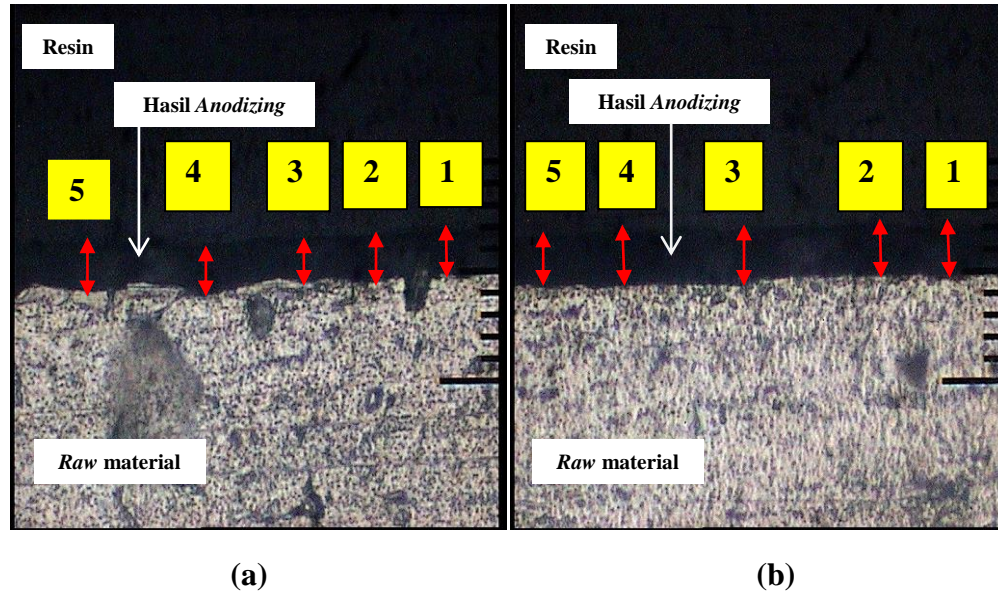
Dari hasil pengamatan foto struktur mikro yang telah dilakukan bertujuan untuk mengetahui tebal lapisan oksida (*porous anodic coating*) pada 3 spesimen aluminium *anodizing*. Foto mikro ketebal lapisan oksida (*porous anodic coating*) didapat pada 3 spesimen dengan perbesaran 200 kali. Adapun hasil pengamatan ketebalan lapisan yang terbentuk pada spesimen dilakukan dengan metode pembuatan cetakan yang terbentuk dari resin, agar memudahkan pada saat pengamatan foto mikro.



**Gambar 4.4**, Foto mikro pada spesimen variasi waktu pencelupan *anodizing* 5 menit.

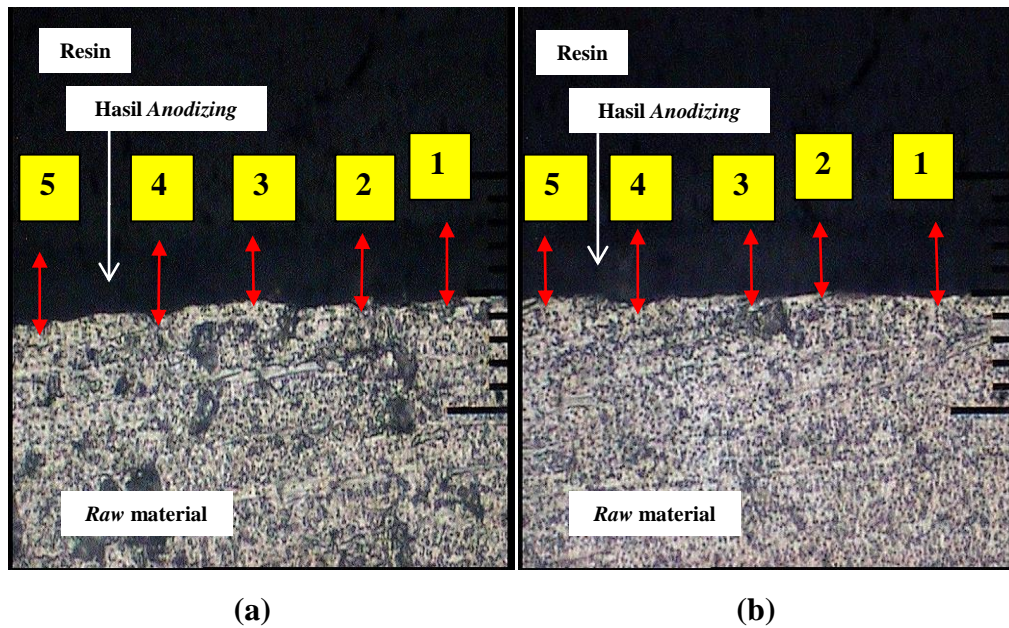
(a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.

Gambar 4.4 Menunjukkan proses *anodizing* dengan variasi lama waktu pencelupan 5 menit, kuat arus 2 Ampere dan tegangan 18 Volt. dimana setiap strip untuk perbesaran 200 kali mempunyai nilai ketebalan lapisan oksida dengan rata-rata sebesar 53.6  $\mu\text{m}$  dan 56  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 4.5** Foto mikro pada spesimen variasi waktu pencelupan *anodizing* 10 menit, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.

Gambar 4.5 Menunjukkan proses *anodizing* dengan variasi lama waktu pencelupan 10 menit, kuat arus 2 Ampere dan tegangan 18 Volt. dimana tiap strip untuk perbesaran 200 kali mempunyai nilai ketebalan lapisan oksida dengan rata rata sebesar 50.4  $\mu\text{m}$  dan 52.8  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 4.6** Foto mikro pada spesimen variasi waktu pencelupan *anodizing* 15 menit, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.

Gambar 4.6 Menunjukkan proses *anodizing* dengan variasi lama waktu pencelupan 15 menit, kuat arus 2 Ampere dan tegangan 18 Volt. dimana tiap strip untuk perbesaran 200 kali mempunyai nilai ketebalan lapisan oksida dengan rata rata sebesar 69.6  $\mu\text{m}$  dan 71.2  $\mu\text{m}$ .

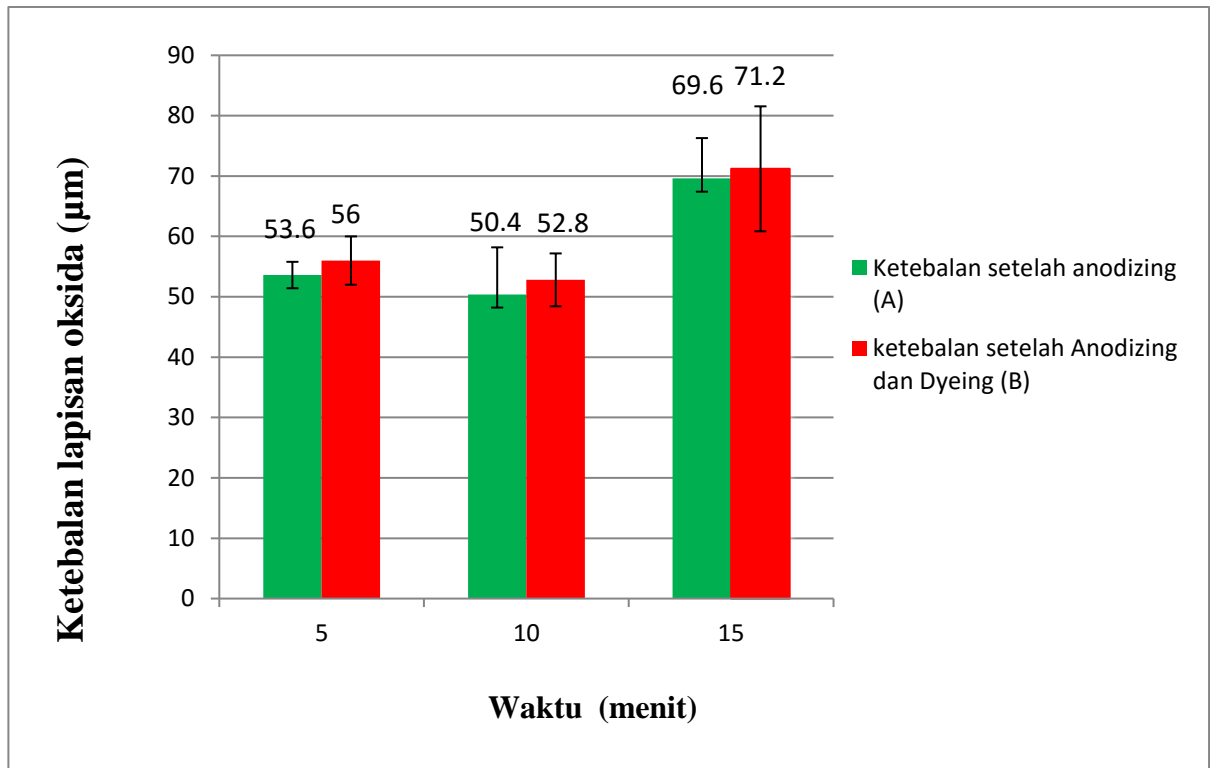
**Tabel 4.2** Hasil pengukuran struktur mikro *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida setelah *anodizing* dan *sealing*.

NO	Waktu (menit)	Posisi	ketebalan	Rata-rata ( $\mu\text{m} \pm \text{SD}$ )
1	5 menit (A)	1	52	$53.6 \pm 2.19$
		2	56	
		3	56	
		4	52	
		5	52	
2	5 menit (B)	1	56	$56 \pm 4$
		2	52	
		3	52	
		4	60	
		5	60	
3	10 menit (A)	1	48	$50.4 \pm 7.79$
		2	40	
		3	48	
		4	56	
		5	60	
4	10 Menit (B)	1	48	$52.8 \pm 4.38$
		2	52	
		3	60	
		4	52	
		5	52	
5	15 menit (A)	1	64	$69.6 \pm 6.69$
		2	72	
		3	68	
		4	64	
		5	80	
6	15 menit (B)	1	80	$71.2 \pm 10.35$
		2	76	
		3	60	
		4	80	
		5	60	

Kemudian dari hasil pengukuran dan pengujian struktur mikro ketebalan lapisan oksida diatas, maka ditampilkan grafik hubungan antara lama waktu



pencelupan pada proses *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida setelah *anodizing* dan *sealing* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.11



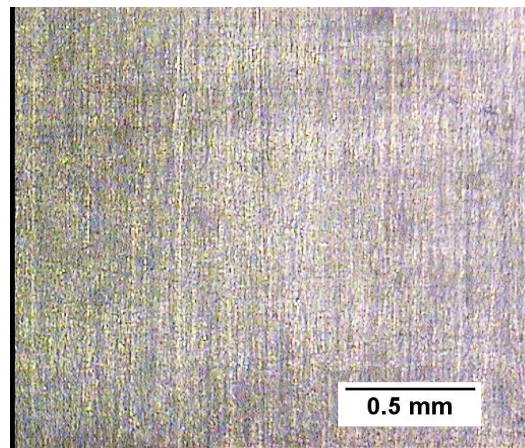
**Gambar 4.7** Grafik hubungan antara lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida setelah *anodizing* dan *disealing*.

Dari grafik diatas menunjukkan hubungan antara ketebalan lapisan oksida pada permukaan aluminium *anodizing* dengan variasi lama waktu pencelupan selama 5 menit pada proses *anodizing* menghasilkan nilai ketebalan lapisan oksida sebesar 53,6 µm dengan ketebalan lapisan oksida setelah melalui proses *sealing* sebesar 56 µm, ketebalan yang sama juga didapat pada variasi lama waktu pencelupan *anodizing* 10 menit yaitu sebesar 50.4 µm dengan ketebalan lapisan oksida setelah melalui proses *sealing* sebesar 52.8 µm, kemudian ketebalan yang sama pada variasi lama waktu pencelupan 15 menit yaitu sebesar 69,6 µm dengan ketebalan lapisan oksida setelah melalui *sealing* tetap yaitu sebesar 71,2 µm. Dapat disimpulkan bahwa

pengaruh variasi lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* yang digunakan mempengaruhi ketebalan lapisan oksida pada proses *anodizing*. ketebalan oksida hanya berbeda sedikit setelah melalui proses *dyeing* dan *sealing*. Kenaikan ketebalan kecil karena interval variasi waktu yang digunakan terlalu dekat. Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Pujianta dan Ary (2008), hasil penelitian didapat bahwa semakin lama waktu penahanan pencelupan *anodizing* maka akan menaikkan ketebalan lapisan oksida. Hal itu disebabkan karena perpindahan ion-ion pada larutan elektrolit semakin bertambah, dimana ion-ion tersebut merapat dan membentuk suatu lapisan oksida aluminium.

### 4.3 Hasil pengujian foto struktur makro

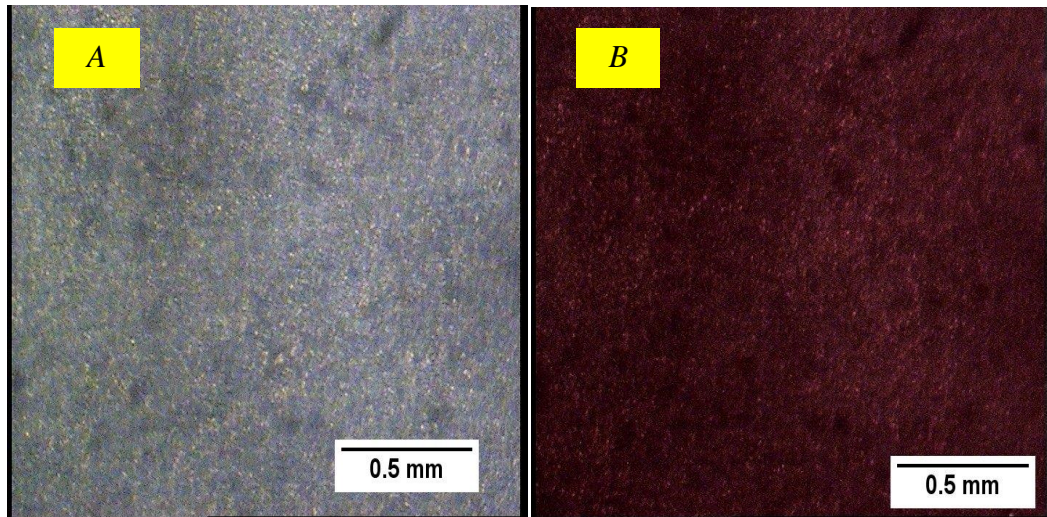
Dari hasil pengamatan foto struktur makro yang telah dilakukan bertujuan untuk mengetahui struktur permukaan makro aluminium sebelum dan sesudah di proses *anodizing*. Foto struktur makro permukaan aluminium didapat pada raw material aluminium dan 3 spesimen aluminium *anodizing* dengan waktu pencelupan selama 5 menit, 10 menit dan 15 menit menggunakan perbesaran 50 kali.



**Gambar 4.8** Foto struktur permukaan makro aluminium seri 1XXX

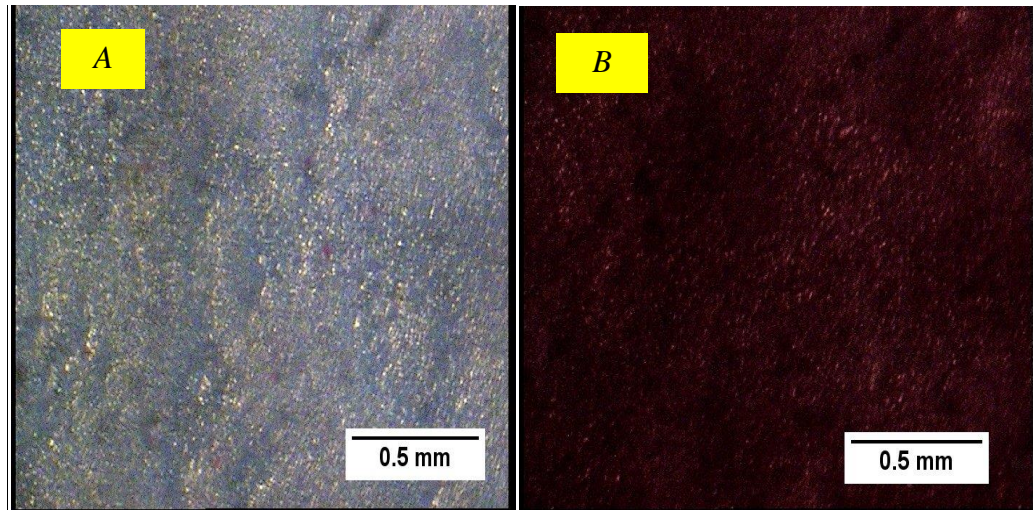
Gambar 4.8 Menunjukkan pengamatan struktur makro raw material aluminium seri 1XXX sebelum di proses *anodizing*. Dari hasil pengujian pada raw material

aluminium 1XXX, maka didapat kesimpulan bahwa struktur raw material masih menampilkan bekas goresan setelah proses pengamplasan dari logam aluminium 1XXX.



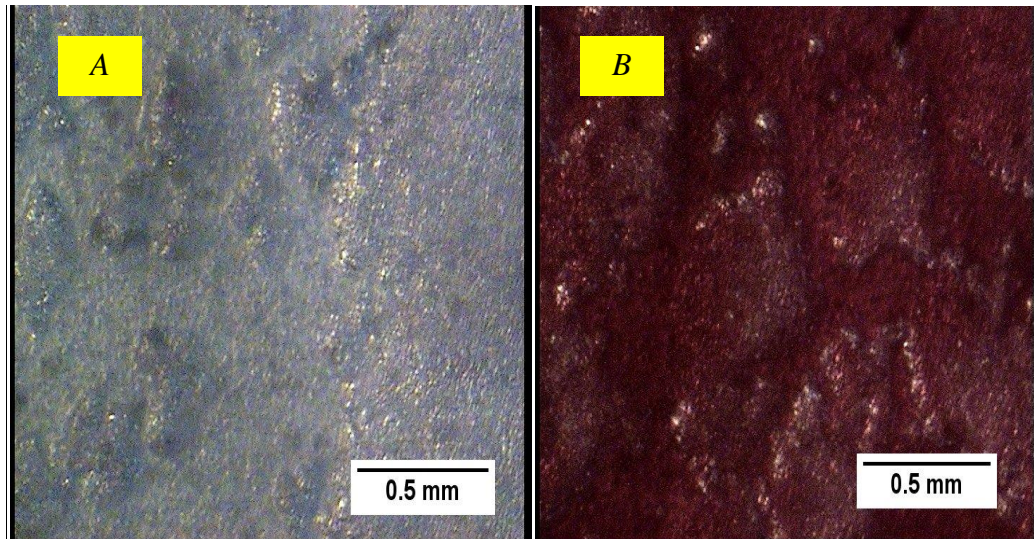
**Gambar 4.9** Foto makro variasi waktu pencelupan 5 menit, (A). Setelah proses anodizing, (B). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*

Gambar 4.9 menunjukkan hasil pengujian foto makro, kemudian dapat disimpulkan bahwa pada Gambar 4.9 (A) setelah proses *anodizing*. untuk variasi 5 menit pori-pori sudah terbentuk dan lapisan oksida yang terbentuk sudah terlihat homogen, walaupun masih ada sebagian pori-pori yang melebar. pada Gambar 4.9 (B) kemudian setelah proses *dyeing* warna terlihat terang dibandingkan dengan variasi 10 dan 15. Hal ini disebabkan karena pori-pori yang terbentuk terlihat lebih kecil dan homogen, jadi cairan warna yang masuk kedalam pori-pori lebih sedikit.



**Gambar 4.10** Foto makro variasi waktu pencelupan 10 menit, (A). Setelah proses anodizing, (B). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*

Gambar 4.10 Pengamatan struktur makro aluminium seri 1XXX dengan variasi lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* 10 menit, kuat arus 2 Ampere dan tegangan 18 Volt. Kemudian pada hasil pengujian foto makro dapat disimpulkan bahwa pada Gambar 4.10 (A) setelah proses *anodizing*, pori-pori aluminium tampak cenderung mengecil dari variasi waktu sebelumnya, namun demikian ukuran pori masih tampak homogen kecil dan merata. Sedangkan pada Gambar 4.10 (B) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, pori-pori aluminium sudah tertutup, secara visual permukaan terlihat halus namun warna lebih pekat dibanding variasi yang sebelumnya.

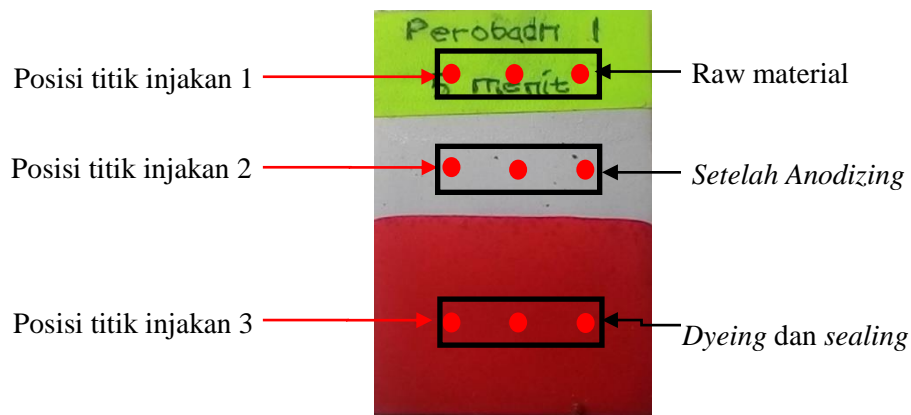


**Gambar 4.11** Foto makroviasi waktu pencelupan 15 menit, (A). Setelah proses *anodizing*, (B). Setelah proses *anodizing dandyeing*

Gambar 4.11 Menunjukkan Pengamatan struktur makro aluminium seri 1XXX dengan variasi lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* 15 menit, kuat arus 2 Ampere dan tegangan 18 Volt. Kemudian pada hasil pengujian foto makro dapat disimpulkan bahwa pada Gambar 4.11 (A) setelah proses *anodizing* permukaan aluminium sudah terbentuk lapisan oksida . Pori-pori yang terbentuk tidak beraturan sebagian besar sebagian kecil. Sedangkan pada Gambar 4.11 (B) setelah proses *dyeing*, pori-pori yang sebelumnya terbuka telah tertutup oleh cairan warna. Akan tetapi permukaan lapisan oksida masih terlihat kasar dan tidak beraturan. Hal ini di sebabkan waktu yang digunakan pada proses *anodizing* terlalu lama, sehingga pori-pori terlihat lebih kasar dibanding dengan proses *anodizing* sebelumnya .

#### 4.4 Hasil pengujian pengujian kekerasan (VHN)

Setelah melakukan proses *anodizing* dengan variasi lama waktu pencelupan 5,10 dan 15 menit, spesimen kemudian di uji kekerasannya dengan menggunakan metode *Vickers Micro Hardness (VHN)*. Keuntungan pengujian dengan metode *Vickers* adalah bekas penekanan kecil, pengukuran teliti, dan *range* ukuran besar. Pengujian dilakukan untuk membandingkan nilai kekerasan lapisan oksida yang terbentuk pada proses *anodizing* pada logam aluminium 1XXX pada spesimen *anodizing* dengan variaasi lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* 5 menit, 10menit dan 15menit. Pengujian dengan menggunakan pembebanan pada spesimen raw material aluminium, spesimen *anodizing* dan spesimen *anodizing* yang sudah di *sealing* sebesar 50 gf dengan waktu pembebanan selama 15 detik. Berikut contoh titik injakan acak yang di ujikan pada spesimen, ditunjukkan pada gambar 4.12



**Gambar 4.12** Contoh titik injakan acak yang di ujikan untuk uji kekerasan (VHN)

Prinsip dasar pengujian kekerasan dengan *VHN*, dari hasil penumbukan akan diperoleh satu bekas injakan penumbuk pada benda uji. Bekas injakan ini kemudian diukur pada diagonal (*d*). Besar diagoanal rata-rata dimasukkan ke persamaan, dan hasilnya akan diperoleh angka kekerasan *Vickers*. Pengujian kekerasan (*Vickers*) dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik S1 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Adapun nilai kekerasan masing-masing spesimen terlihat pada table 4.3

serta Grafik hubungan antara waktu pencelupan (menit) dengan nilai kekerasan (VHN) setelah proses *anodizing* dan *sealing* ditunjukkan pada gambar 4.13.

Contoh perhitungan nilai kekerasan (VHN) pada posisi titik injakan acak untuk pengujian *raw material* aluminium 1XXX.

Diketahui :

$$\text{Kekerasan rata-rata} = \frac{1.854 \times P}{(d)^2}$$

Diketahui :

$$P = 50 \text{ (gf)}$$

$$P = 50 \text{ (gf)} \cdot 10 \times 10^{-3} \text{ kgf}$$

$$P = 0,050 \text{ kgf}$$

$$d^{\text{rata-rata}} = 45,50 \mu\text{m} \times 10^{-3} \text{ mm} = 0,0450 \text{ mm}$$

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

$$\text{VHN} = \frac{1.854 \times 0,050}{(0,0455)^2}$$

$$\text{VHN} = \frac{0.0927}{0,002070}$$

$$\text{VHN} = 44.77 \text{ VHN}$$

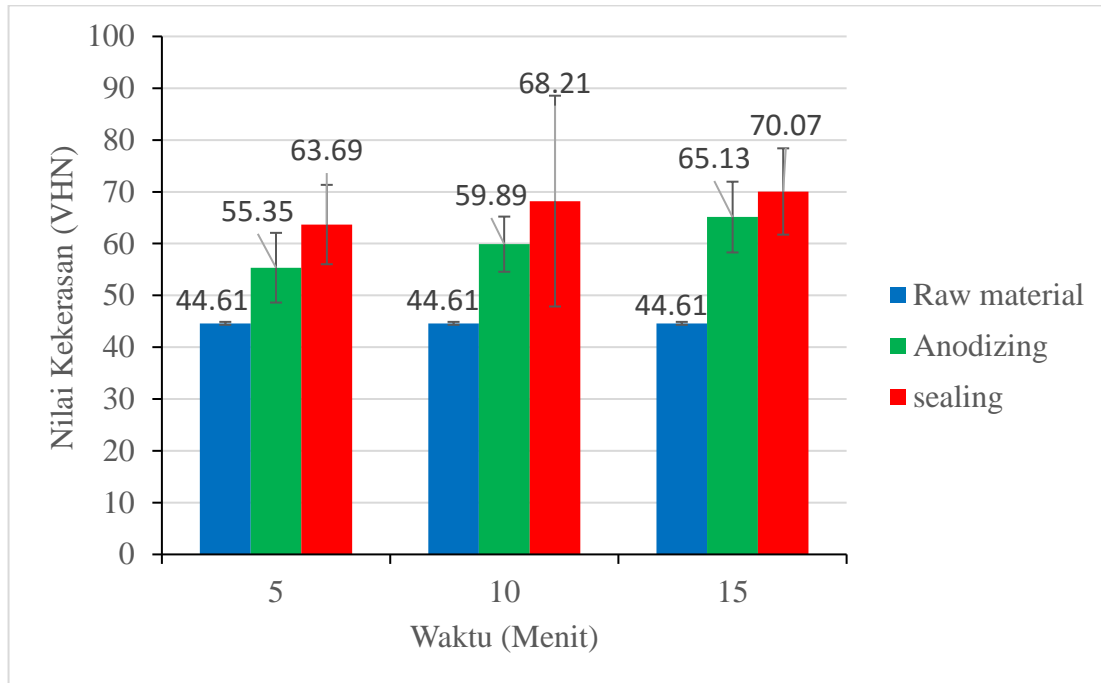
Hasil dari pengujian kekerasan dan hasil perhitungan selanjutnya di tampilkan pada table 4.3

**Tabel 4.3** Hasil pengujian kekerasan spesimen aluminium 1XXX sebelum dan sesudah diproses *anodizing* dilanjutkan dengan *dyeing* dan *sealing*

No	Variasi	Posisi Titik Uji		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>rata-rata</sub> ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata-rata (VHN)	SDEV
				( $\mu\text{m}$ )	( $\mu\text{m}$ )				
1	Raw Material	Acak		46	45	45.5	44.78	44.61	0.28
				46.5	45	45.75	44.29		
				46	45	45.5	44.78		
2	Waktu 5 Menit	<i>Anodizing</i>	Acak	44	44	44	47.88	55.35	6.73
				39	39	39	60.95		
				37.5	43	40.25	57.22		
		<i>sealing</i>	Acak	39.6	39.6	39.6	59.11	63.69	7.66
				36.5	35	35.75	72.53		
				39.5	39.5	39.5	59.41		
3	Waktu 10 Menit	<i>Anodizing</i>	Acak	40	41.5	40.75	55.82	59.89	5.32
				37.5	37.5	37.5	65.92		
				40	40	40	57.94		
		<i>sealing</i>	Acak	33.5	33.5	33.5	82.60	68.21	20.35
				41.5	41.5	41.5	53.82		
4	Waktu 15 Menit	<i>Anodizing</i>	Acak	36.5	35.5	36	71.53	65.13	6.83
				40	40	40	57.94		
				37.5	37.5	37.5	65.92		
		<i>sealing</i>	Acak	36.5	32	34.25	79.02	70.07	8.33
				36.5	37	36.75	68.64		
				38.5	38.5	38.5	62.54		

Dari tabel dan perhitungan kekerasan mikro *vickers* diperoleh grafik perbandingan nilai kekerasan permukaan aluminium 1XXX ditunjukkan pada Gambar 4.13





**Gambar 4.13** Grafik hubungan antara waktu pencelupan (menit) dengan nilai kekerasan (VHN) dan nilai standar deviasinya setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, *sealing*.

Grafik diatas menunjukkan nilai rata rata kekerasan pada *Raw material* sebesar 44,61 VHN, 44,61 VHN, 44,61 VHN secara berurutan. hubungan antara lama waktu pencelupan variasi waktu 5 menit, 10 menit dan 15 menit dengan nilai kekerasan serta standar deviasinya yang terbentuk pada permukaan setelah proses *anodizing*. Kekerasan rata-rata yang terbentuk yaitu sebesar 55,35 VHN, 59,89 VHN, dan 65,13 VHN secara berurutan. Sedangkan nilai kekerasan permukaan pada variasi lama waktu pencelupan yang sama setelah proses *dyeing* kemudian di-*sealing* menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 63,69 VHN, 68,21 VHN, dan 70,07 VHN secara berurutan. kemudian Nilai kekerasan tertinggi setelah proses *anodizing* sebesar 65,13 VHN pada variasi waktu pencelupan selama 15 menit. Sedangkan nilai kekerasan tertinggi setelah melalui proses *dyeing dan sealing* sebesar 70,07 VHN pada variasi waktu pencelupan *anodizing* yang sama. Dari hasil pengujian yang

ditampilkan pada grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa lama waktu pencelupan yang digunakan pada proses *anodizing* mempengaruhi naiknya nilai kekerasan dari alumunium 1XXX setelah di-*anodizing*.

Dari hasil analisa diatas, fluktuasi nilai kekerasan rata-rata diduga disebabkan oleh pengaruh dari ketebalan lapisan oksida, karena ketebalan lapisan oksida tertinggi yang dihasilkan setelah proses *dyeing* yaitu pada waktu 15 menit. Seperti yang diutarakan Eka, A., (2010) menyebutkan bahwa pembentukan aluminium oksida, mengakibatkan aluminium mentah menjadi hidrat aluminium dan mengakibatkan alumunium menjadi lebih keras. 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 tinggi.