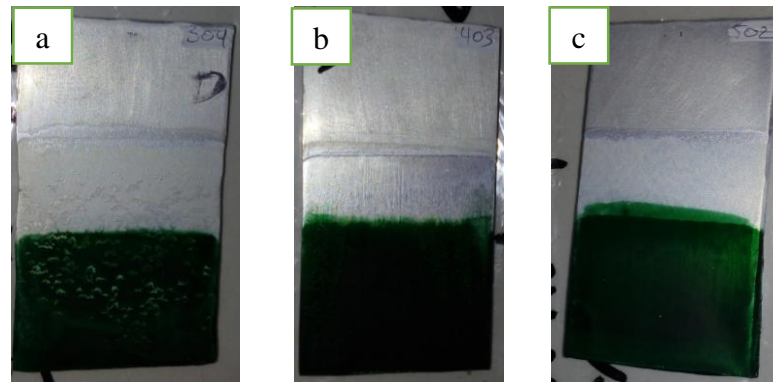


BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

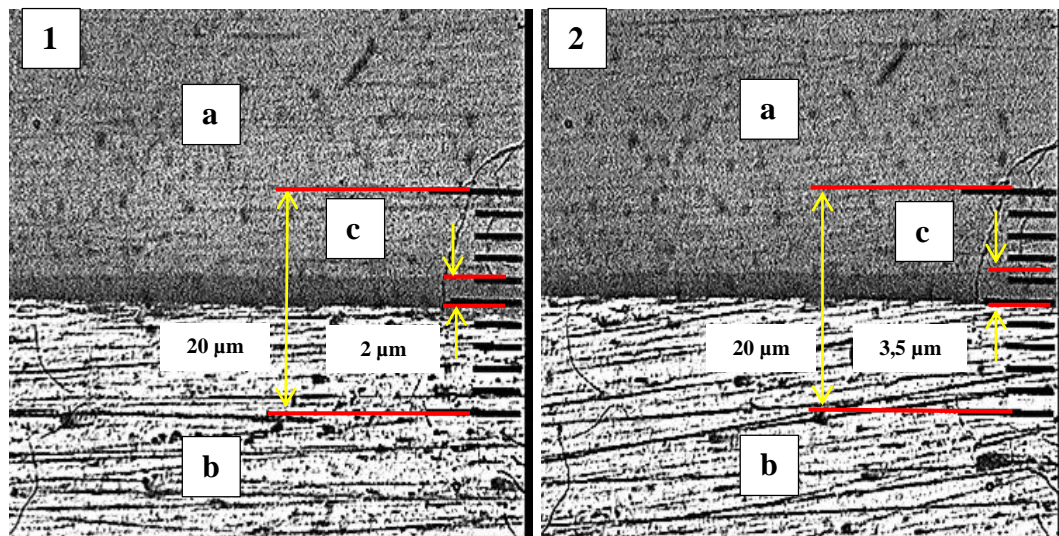
Setelah dilakukan pengujian *anodizing* pada aluminium seri 1xxx, maka diperoleh data-data pengujian yang kemudian dijabarkan melalui beberapa sub-sub pembahasan dari masing-masing jenis pengujian. Berikut adalah spesimen setelah proses *anodizing* dan *dyeing* sebelum dilakukan pengujian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing* sebelum dilakukan pengujian (a) *anodizing* pada konsentrasi 30% H_2SO_4 , (b) *anodizing* pada konsentrasi 40% H_2SO_4 , (c) *anodizing* pada konsentrasi 50% H_2SO_4 .

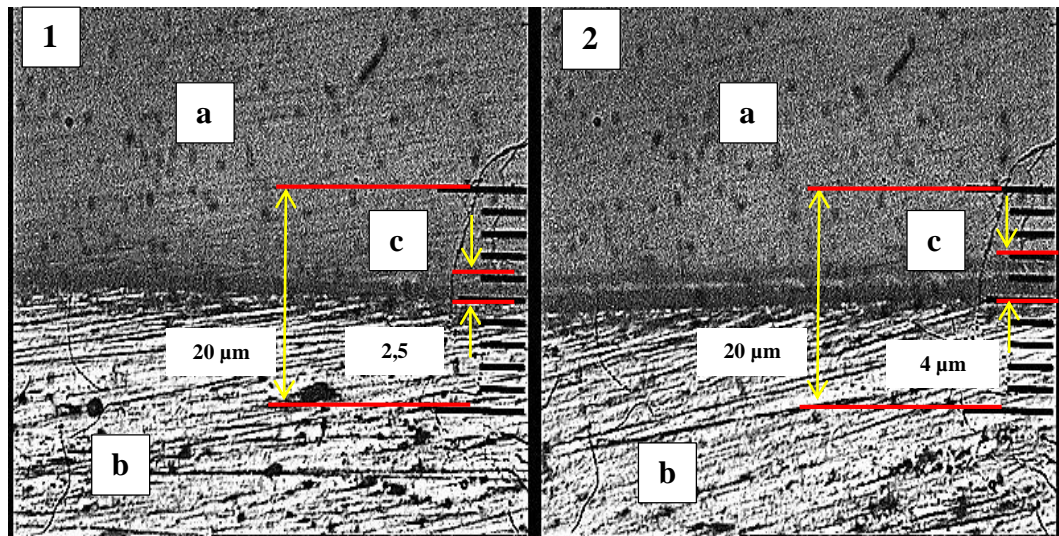
4.1. Hasil Pengamatan Foto Struktur Mikro

Pengujian foto struktur mikro ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar ketebalan lapisan oksida 3 spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dengan 3 variasi konsentrasi larutan *anodiz* yang telah dilakukan sebelumnya. Sebelum dilakukan pengamatan pada struktur mikro lapisan aluminium, spesimen dimounting terlebih dahulu menggunakan resin agar mempermudah proses pengamatan foto mikro. Pengujian ini dilakukan dengan pembesaran 200 kali, dimana ada 10 strip dan setiap strip mempunyai nilai 2 μm .



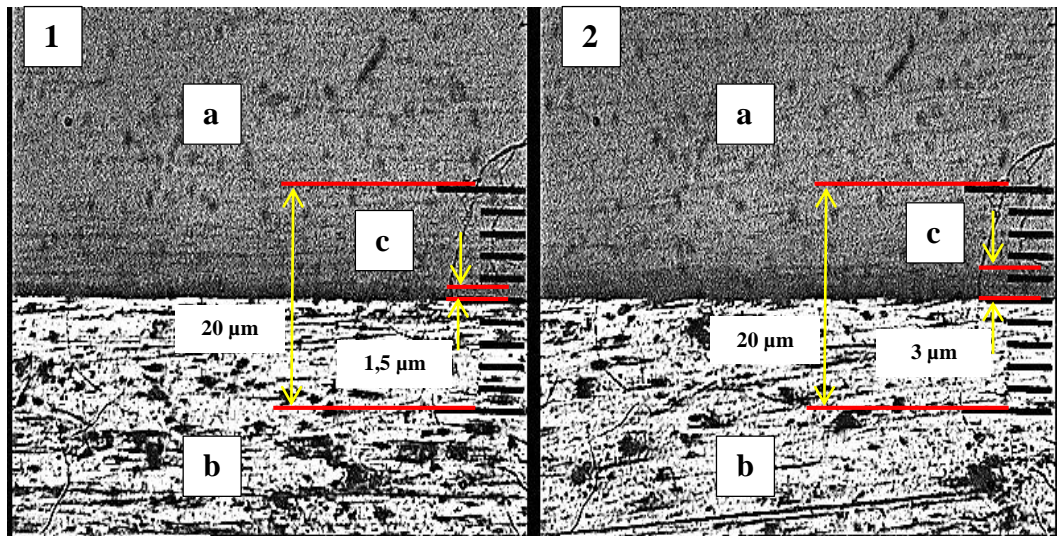
Gambar 4.2 Foto mikro variasi konsentrasi *anodiz* 30%, (1). Setelah proses *anodizing*, (2). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, (a). Resin, (b). *Raw material*, (c). Ketebalan lapisan oksida.

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengujian ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* pada konsentrasi 30% dengan kuat arus 3 Ampere dan tegangan 18 Volt, dengan waktu pencelupan 10 menit sebesar $2\ \mu\text{m}$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 (1). Sedangkan untuk ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dengan variabel yang sama sebesar $3,5\ \mu\text{m}$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 (2).



Gambar 4.3 Foto mikro variasi konsentrasi *anodiz* 40%, (1). Setelah proses *anodizing*, (2). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, (a). Resin, (b). *Raw material*, (c). Ketebalan lapisan oksida.

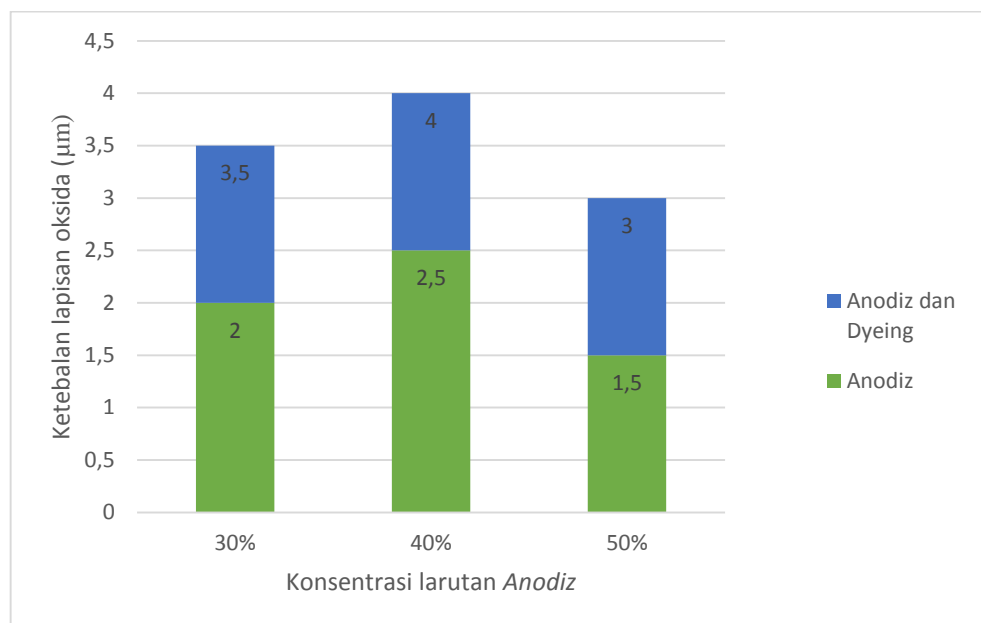
Gambar 4.3 menunjukkan hasil pengujian ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* pada konsentrasi *anodiz* 40% kuat arus 3 Ampere dan tegangan 18 Volt, dengan waktu pencelupan 10 menit sebesar $2,5 \mu\text{m}$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 (1). Sedangkan untuk ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dengan variabel yang sama sebesar $4 \mu\text{m}$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 (2).



Gambar 4.4 Foto mikro variasi konsentrasi *anodiz* 50%, (1). Setelah proses *anodizing*, (2). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, (a). Resin, (b). *Raw material*, (c). Ketebalan lapisan oksida.

Gambar 4.4 hasil pengujian ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* pada variasi konsentrasi *anodiz* 50% kuat arus 3 Ampere dan tegangan 18 Volt, dengan waktu pencelupan 10 menit sebesar $1,5 \mu\text{m}$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 (1). Sedangkan untuk ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dengan variabel yang sama sebesar $3 \mu\text{m}$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 (2).

Kemudian dari semua hasil pengujian foto mikro ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* maupun *dyeing*, dapat disimpulkan menggunakan grafik berikut:



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara konsentrasi larutan *Anodiz* dengan ketebalan lapisan oksida (μm) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.

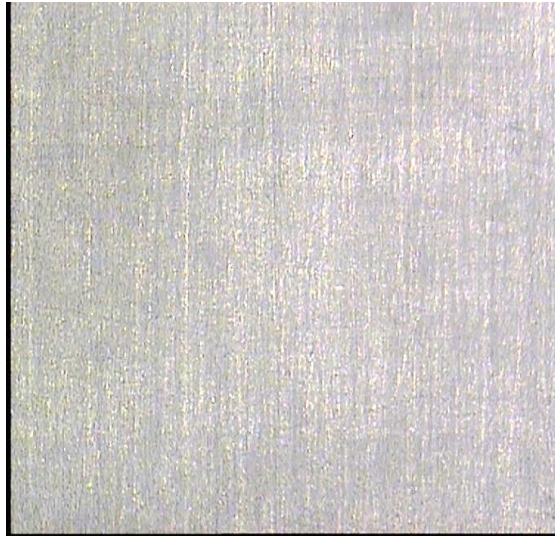
Berdasarkan gambar 4.5 menunjukkan bahwa variasi konsentrasi asam sulfat pada larutan *anodiz* dalam proses *anodizing* mempengaruhi ketebalan lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan dari aluminium seri 1XXX. Ini karena pada variasi konsentrasi asam sulfat pada larutan *anodiz* 30%, 40%, dan 50% setelah proses *anodizing* menghasilkan ketebalan lapisan oksida pada permukaan aluminium sebesar $2 \mu\text{m}$, $2,5 \mu\text{m}$, dan $1,5 \mu\text{m}$ secara berurutan. Sedangkan pada variasi konsentrasi asam sulfat yang sama setelah proses *anodizing* dan *dyeing* menghasilkan nilai ketebalan lapisan oksida sebesar $3,5 \mu\text{m}$, $4 \mu\text{m}$, dan $3 \mu\text{m}$ secara berurutan. Kemudian untuk ketebalan lapisan oksida tertinggi pada konsentrasi larutan 40% setelah proses *anodizing* sebesar $2,5 \mu\text{m}$, sedangkan nilai ketebalan lapisan oksida yang paling kecil setelah proses *anodizing* pada konsentrasi larutan *anodiz* 50% adalah sebesar $1,5 \mu\text{m}$. Perbedaan ketebalan lapisan ini disebabkan oleh daya hantar larutan elektrolit yang berbeda karena perbedaan komposisi larutan asam sulfat, pada komposisi larutan *anodiz* dengan konsentrasi 30% daya hantar larutan elektrolit tidak terlalu tinggi sehingga dengan waktu pencelupan 10 menit pertumbuhan lapisan oksida pada permukaan aluminium belum begitu maksimal, sedangkan pada komposisi larutan *anodiz* dengan konsentrasi 40% daya hantar

larutan elektrolit sudah optimum karena pada konsentrasi ini pertumbuhan lapisan oksida pada permukaan aluminium lebih cepat dan tingkat pelarutan lapisan oksida tidak terlalu tinggi sehingga lapisan yang terbentuk menjadi lebih tebal, namun pada komposisi larutan *anodiz* dengan konsentrasi 50% daya hantar larutan elektrolit sudah sangat tinggi sehingga dengan waktu pencelupan 10 menit pertumbuhan lapisan oksida pada permukaan aluminium sangat tinggi namun karena pertumbuhan lapisan oksida yang terlalu tinggi justru akan meningkatkan kecepatan pemakanan logam induk dan melarutkan kembali lapisan oksida terluar sehingga lapisan oksida yang terbentuk cenderung lebih tipis.

Dari penelitian yang dilakukan Rohman, didapatkan kesimpulan bahwa setiap penambahan konsentrasi elektrolit yang diberikan menyebabkan semakin tebalnya lapisan oksida yang terbentuk setelah proses *anodizing*. Dikarenakan semakin tinggi konsentrasi asam sulfat, hambatan yang terjadi pada larutan elektrolit semakin menurun. Hal ini mengakibatkan arus listrik yang mengalir lebih besar pada tegangan yang sama, akibatnya reaksi yang terjadi semakin cepat, maka didapat tebal lapisan yang semakin meningkat. Sementara hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sulistijono, didapatkan bahwa variasi konsentrasi larutan elektrolit yang diberikan pada proses *anodizing* memiliki suatu besaran yang optimum, dimana pada proses *anodizing* ketebalan lapisan oksida yang terbentuk maksimum pada konsentrasi tertentu dan bila telah melewati batas maksimum akan menyebabkan ketebalan lapisan oksida yang terbentuk justru semakin berkurang. Pengurangan tebal lapisan yang terjadi disebabkan cepatnya reaksi oksidasi yang terjadi sehingga lapisan oksida yang sudah terbentuk akan lebih cepat meluluh dan menyebabkan penipisan lapisan oksida yang sudah terbentuk.

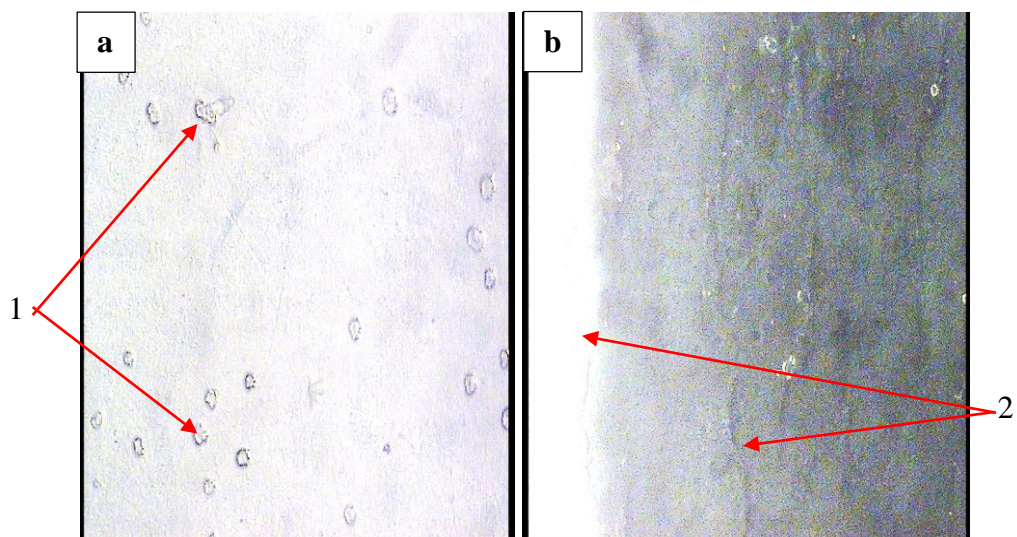
4.2. Hasil Pengujian Foto Struktur Makro Permukaan

Pengujian foto struktur makro ini ditujukan untuk mengetahui struktur permukaan aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing*. Pengujian ini dilakukan dengan pembesaran 50 kali. Berikut adalah hasil pengujian foto makro struktur permukaan *raw material*, spesimen setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.



Gambar 4.6 Foto makro *raw material*

Gambar 4.6 menunjukkan hasil pengujian foto makro *raw material*, maka dapat disimpulkan bahwa struktur permukaan *raw material* belum terbentuk lapisan oksida dan masih terlihat permukaan aluminium yang belum dilakukan perlakuan dan proses *anodizing*. Berikut adalah hasil pengujian foto makro struktur permukaan pada konsentrasi asam sulfat pada larutan *anodiz* 30%, 40%, dan 50%.

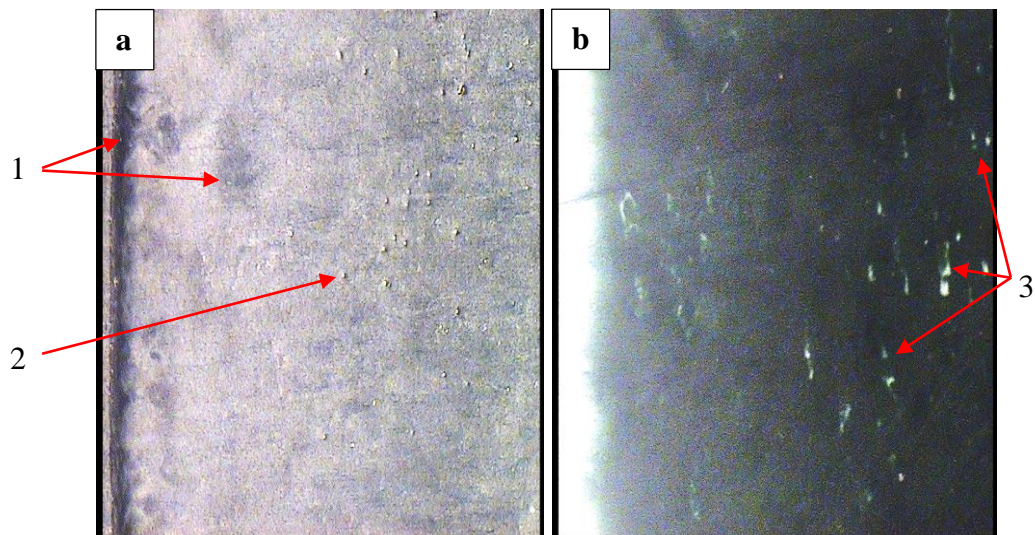


Gambar 4.7 Foto makro variasi konsentrasi larutan *anodiz* 30% asam sulfat, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, (1). *Pitting castle and moat*, (2). *Segregational Streaking*

Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah dianodizing, dari gambar di atas dapat dianalisis bahwa pada Gambar 4.7 (a) setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium terbuka namun masih kurang homogen, sebagian juga terlihat pori-pori yang besar, serta beberapa bulatan-bulatan kecil yang disebabkan ketidak murnian asam sulfat pada konsentrasi 30% dan masih terlihat goresan bekas proses pengamplasan. Sedangkan pada Gambar 4.7 (b) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, pori-pori aluminium sudah mulai tertutup secara merata, akan tetapi dari tampilan visual permukaannya masih terlihat kasar pada beberapa bagian, hal itu disebabkan karena larutan asam sulfat yang digunakan bukan asam sulfat murni sehingga terdapat zat-zat pengotor yang menyebabkan pori-pori yang terbentuk ukurannya tidak merata, maka menyebabkan pada proses *dyeing*, larutan pewarna yang masuk pori-pori aluminium kurang maksimum dan tidak merata.

Pada proses *anodizing* ini juga terjadi beberapa kecacatan yang dapat dilihat pada Gambar 4.7 (a) bagian 1 (*Pitting castle and moat*), adalah cacat pada permukaan *anodizing* yang disebabkan oleh beberapa parameter antarlain tidak sempurnanya pembersihan permukaan pada proses *cleanning* dan *rinsing*. Biasanya *Pitting castle and moat* terjadi di seluruh permukaan logam secara merata dan menyebabkan permukaan logam setelah proses *anodizing* menjadi tidak rata atau tidak mengkilap. Sesuai namanya jenis pitting ini meninggalkan bekas seperti sebuah lubang dengan daerah pusat yang belum diserang (*The Castle*) yang di kelilingi lingkaran bekas serangan (*The Moat*). Geometri dari cacat *Pitting castle and moat* hanya jelas di bawah permukaan mikroskop namun pada beberapa kasus terdapat cacat dengan ukuran yang besar, ini disebabkan karena aluminium adalah jenis logam yang relatif lunak sementara beberapa jenis zat pengotor memiliki tingkat kekerasan yang jauh di atas aluminium, sehingga zat pengotor yang ada menjadi tertanam di permukaan aluminium hingga meninggalkan bekas rongga. Cacat ini dapat dicegah dengan menjaga kebersihan permukaan aluminium dan juga larutan *anodizing* yang digunakan atau menggunakan larutan *cleanning* yang dioprasikan pada suhu sekitar 70°C. (Short, 2003)

Selain itu pada gambar 4.7 (b) bagian 2 terdapat jenis cacat *Segregational Streaking*, merupakan cacat pada material yang terlihat setelah proses *desmut* atau *anodizing*, sebenarnya ini bukan merupakan cacat yang terjadi karena proses *anodizing* melainkan cacat yang terjadi karena material yang digunakan memiliki karakteristik metalurgi yang berbeda atau memiliki variasi distribusi dan ukuran butir pada paduan sehingga menghasilkan permukaan aluminium seperti berserat atau bergelombang. Cacat ini dapat dihilangkan dengan memperhatikan proses pengecoran logam dan persiapan mekanik pada saat proses produksi. (European aluminium *anodizing*, 2014).



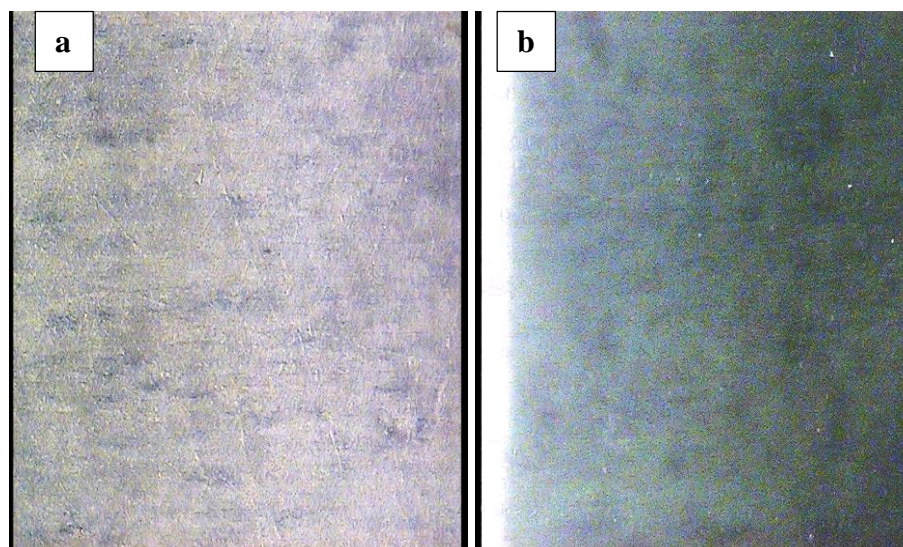
Gambar 4.8 Foto makro variasi konsentrasi larutan *anodiz* 40% asam sulfat, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, (1). *Anodizing Burn*, (2). *Pitting castle and moat*, (3). *Gas Trapping*

Gambar 4.8 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah di *anodizing*, dari gambar di atas maka dapat disimpulkan bahwa pada Gambar 4.8 (a) setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium mulai terbuka namun ukurannya masih kurang besar dan merata karena proses *anodizing* terhalang zat pengotor yang berasal dari asam sulfat yang tidak murni, sehingga pori-pori yang terbentuk pada bagian tertentu masih belum sempurna namun jika dibandingkan dengan variasi konsentrasi larutan asam sulfat pada *anodiz* diproses

anodizing 30% pori yang terbentuk sudah lebih baik karena zat pengotor yang ada konsentrasinya lebih sedikit. Sedangkan pada Gambar 4.8 (b) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, pori-pori aluminium sudah tertutup, namun pada beberapa bagian terdapat pori yang belum terbuka karena pada proses *anodiz* bagian tersebut terhalang oleh gelembung yang terbentuk selama proses *anodiz*, namun secara visual warna yang ada di permukaannya terlihat lebih halus dan lebih homogen dibandingkan dengan variasi konsentrasi 30%. Hal itu diduga karena pori-pori yang terbentuk lebih besar dan lebih merata, sehingga pada proses *dyeing*, larutan pewarna yang masuk pada pori-pori aluminium lebih baik.

Pada proses *anodizing* ini juga terjadi beberapa kecacatan yang dapat dilihat pada Gambar 4.8 (a) bagian 1 (*Anodizing Burn*), adalah cacat pada lapisan oksida yang ditandai dengan adanya area yang lebih gelap atau kehitam-hitaman daripada area sekitarnya. Cacat ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain arus yang berlebihan pada proses *anodiz*, proses anodasi yang tidak merata terhadap benda kerja, dan kontak listrik yang buruk antara benda kerja dengan sumber listrik sehingga arus listrik yang ada pada aluminium terlokalisasi dan tidak merata lalu menyebabkan lapisan anoda kelebihan muatan. (European aluminium *anodizing*, 2014)

Selain itu pada permukaan aluminium juga terdapat *Gas Trapping* yang ditunjukkan Gambar 4.8 (b) bagian 3, adalah bagian yang mengalami cacat karena terkuncinya gelembung gas yang terbentuk pada titik-titik tertentu selama proses *anodizing* sehingga pada daerah yang terperangkap gelembung gas hasil *anodizing* ini tidak mengalami proses oksidasi dengan sempurna karena gelembung gas yang menempel pada permukaan aluminium memiliki sifat seperti isolator listrik pada proses *anodizing* atau seperti lapisan pelindung pada proses *dyeing*, sehingga menyebabkan terhambatnya proses *anodizing* atau tidak menempelnya lapisan warna pada permukaan logam yang sudah di *anodizing*. Cacat ini dapat terlihat jelas setelah proses *anodiz* atau setelah proses *dyeing*. (European aluminium *anodizing*, 2014)



Gambar 4.9 Foto makro variasi konsentrasi larutan *anodiz* 50% asam sulfat, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*

Gambar 4.9 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah di *anodizing*, dari gambar di atas maka dapat disimpulkan bahwa pada Gambar 4.9 (a) setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium yang terbentuk sudah sangat baik karena lebih homogen daripada konsentrasi larutan asam sulfat 30% dan 40%, akan tetapi pada permukaannya terlihat goresan-goresan bekas pengamplasan. Sedangkan pada Gambar 4.9 (b) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, pori-pori aluminium sudah tertutup oleh larutan pewarna dan larutan *sealing*. Secara visual permukaannya terlihat lebih halus dan sangat pekat jika dibandingkan pada konsentrasi 30% dan 40%, namun hasil dari proses *dyeing* terlihat lebih tipis dibandingkan dengan variasi konsentrasi 30% dan 40%. Hal itu disebabkan karena pori-pori yang terbentuk pada permukaan aluminium sudah mulai terlarut oleh larutan *anodiz* yang lebih keras, sehingga pada proses *dyeing*, cairan warna yang masuk pada pori-pori aluminium lebih tipis karena kedalaman pori-pori yang ada lebih kecil dibandingkan dengan pori-pori yang terdapat pada konsentrasi 30% dan 40%.

Dari pengamatan yang telah dilakukan secara visual oleh Rohman didapatkan bahwa hasil *anodizing* dengan menggunakan variasi konsentrasi elektrolit asam sulfat, menghasilkan sampel dengan lapisan oksida yang cenderung

lebih tebal pada permukaan lapisan aluminium oksida seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam sulfat pada larutan elektrolit sehingga lapisan yang terbentuk menjadi lebih pekat dan terlihat lebih mengkilap dari pada hasil percobaan *anodizing* sebelumnya.

Sementara pada pengamatan yang dilakukan oleh Sulistijono (2006), menyatakan bahwa kualitas dyeing akan semakin baik dengan semakin tebalnya lapisan oksida yang ada. Itu karena dengan semakin baiknya pori yang ada pada permukaan akan memudahkan penyerapan larutan pewarna, sedangkan jika tekstur pori yang terbentuk kurang memadai maka akan mengurangi daya serap pewarna yang ada.

4.3. Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers* pada Permukaan Aluminium

Pengujian kekerasan permukaan bertujuan untuk membandingkan nilai kekerasan permukaan *raw material*, ketebalan lapisan oksida setelah *anodizing* dan *dyeing* pada aluminium 1XXX. Pengujian ini dilakukan menggunakan metode *Vickers Micro Hardness (VHN)* dengan pembebanan 25 gf. Hasil dari pengujian tersebut kemudian dihitung untuk mengetahui tingkat kekerasan pada permukaan aluminium seri 1XXX yang sudah di *anodizing* dengan variasi asam sulfat pada larutan *anodiz*.

Berikut adalah contoh perhitungan nilai kekerasan rata-rata (VHN) ketebalan lapisan oksida pada *raw material*.

$$\text{Kekerasan rata - rata} = \frac{1,854 \cdot P}{(d^2)}$$

Diketahui :

$$P = 25 \text{ (gf)}$$

$$P = 25 \text{ gf} \cdot 10^{-3} \text{ kgf}$$

$$P = 0,025 \text{ kgf}$$

$$d_{\text{rata-rata}} = \frac{35,5+35,75+35,5}{3} (\mu\text{m}) = 35,58 \mu\text{m} \cdot 10^{-3} = 0,03558 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan rata – rata} = \frac{1,854 \cdot 0,025}{(d^2)}$$

$$\text{Kekerasan rata – rata} = \frac{1,854 \cdot 0,025}{(0,03558^2)}$$

$$\text{Kekerasan rata – rata} = 36,61 \text{ VHN}$$

Contoh perhitungan nilai kekerasan rata-rata (VHN) ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dengan variasi konsentrasi asam sulfat 30%, 40% dan 50% pada larutan *anodiz*.

(Perhitungan lebih lengkap disajikan pada lampiran)

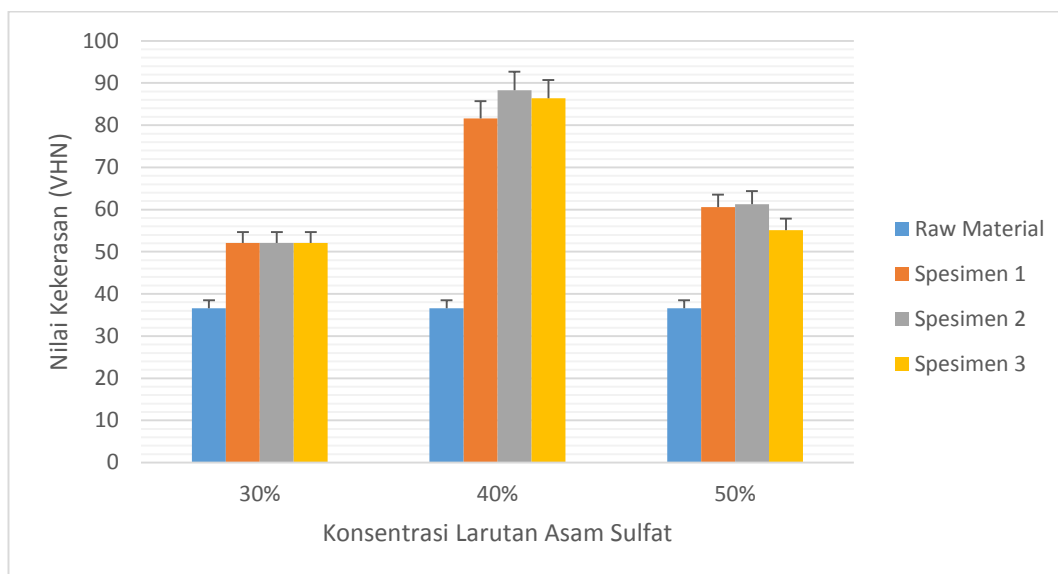
Berikut ini adalah hasil pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan pada aluminium seri 1XXX sebelum dan sesudah *anodizing* serta *dyeing* dengan variasi konsentrasi asam sulfat larutan *anodiz* pada proses *anodizing*. (Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3)

Tabel 4.1 Hasil pengujian kekerasan *raw material*

No	Posisi Titik Uji	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d _{rata-rata} (μm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata – rata (VHN)
1	Acak	36,0	35,0	35,50	36,8	36,63 \pm 0,288
2	Acak	36,5	35,0	35,75	36,3	
3	Acak	36,0	35,0	35,50	36,8	

Tabel 4.2 Hasil pengujian dan perhitungan kekerasan ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* dengan variasi konsentrasi asam sulfat 30%, 40% dan 50% pada larutan *anodiz*.

No	Kode spesimen	Posisi Titik Uji	d ₁ (µm)	d ₂ (µm)	d _{rata-rata} (µm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata-rata (VHN)	Kekerasan (VHN)
1.	301	Acak	29,0	28,0	28,50	57,1	52,07 ± 4,214	52,144 ± 2,233
2.		Acak	30,0	31,0	30,50	49,8		
3.		Acak	30,0	31,0	30,50	49,8		
4.	302	Acak	30,0	30,0	30,00	51,5	52,07 ± 1,039	
5.		Acak	30,0	30,0	30,00	51,5		
6.		Acak	27,0	32,0	29,50	53,3		
7.	304	Acak	30,0	30,0	30,00	51,5	52,07 ± 1,039	
8.		Acak	30,0	30,0	30,00	51,5		
9.		Acak	29,0	30,0	29,50	53,3		
10.	401	Acak	23,0	22,0	22,50	91,6	81,59 ± 8,809	85,766 ± 7,104
11.		Acak	26,0	24,0	25,00	74,2		
12.		Acak	25,0	23,0	24,00	80,5		
13.	403	Acak	23,0	22,5	22,75	89,6	88,25 ± 7,695	
14.		Acak	22,0	22,0	22,00	95,8		
15.		Acak	24,0	24,0	24,00	80,5		
16.	404	Acak	24,0	24,0	24,00	80,5	86,36 ± 5,621	
17.		Acak	23,0	23,0	23,00	87,6		
18.		Acak	22,0	23,0	22,50	91,6		
19.	501	Acak	28,0	26,0	27,00	63,6	60,55 ± 12,928	59,4 ± 6,783
20.		Acak	26,0	30,0	28,00	59,1		
21.		Acak	28,0	28,0	28,00	59,1		
22.	502	Acak	30,0	31,0	30,50	49,8	61,29 ± 11,201	
23.		Acak	26,0	25,0	25,50	71,3		
24.		Acak	25,0	28,0	26,50	66,0		
25.	503	Acak	29,0	28,0	28,50	57,1	55,11 ± 3,233	
26.		Acak	28,0	29,0	28,50	57,1		
27.		Acak	30,0	30,0	30,00	51,5		

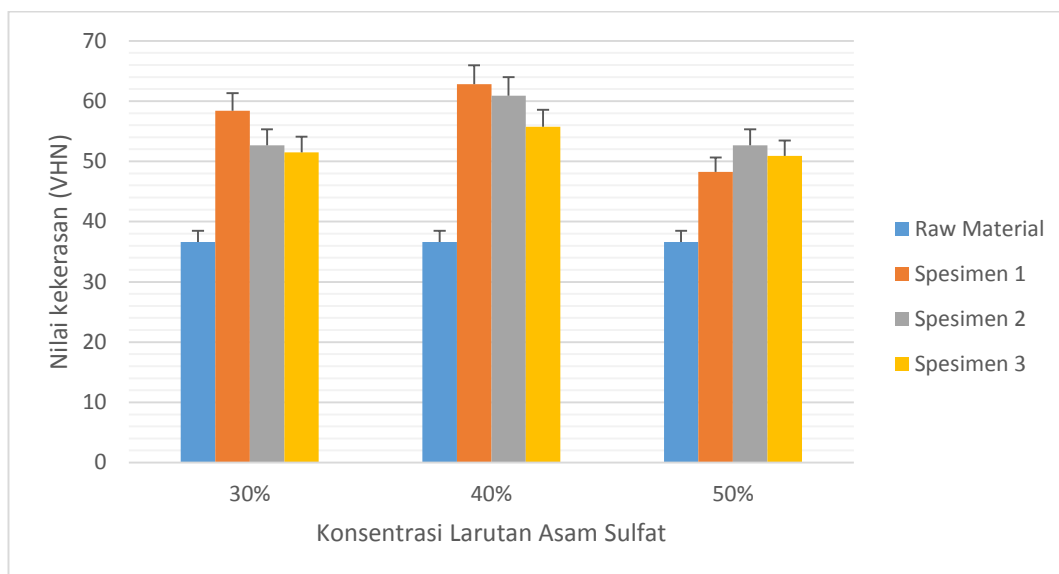


Gambar 4.10 Grafik perbandingan antara nilai kekerasan (VHN) dengan konsentrasi asam sulfat pada larutan *anodiz* setelah proses *anodizing*.

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian mikro vikers pada permukaan aluminium yang telah di *anodizing* dengan variasi konsentrasi asam sulfat, dari grafik di atas dapat dianalisis bahwa pada konsentrasi larutan asam sulfat 30% kekerasan permukaan yang terbentuk masih terlalu rendah, walaupun tingkat kekerasan antara aluminium yang tidak diberi perlakuan dan aluminium yang di *anodizing* sudah meningkat dari yang awalnya $36,63 \pm 0,28$ (VHN) menjadi $52,07 \pm 4,21$ (VHN) sedangkan pada konsentrasi larutan elektrolit 40% kekerasan permukaan yang dihasilkan beragam dengan hasil tertinggi diperoleh oleh spesimen ke-2 dengan tingkat kekerasan $88,25 \pm 7,69$ (VHN) dan kekerasan terendah berada pada kekerasan $81,59 \pm 8,80$ (VHN), namun secara keseluruhan hasil dari konsentrasi asam sulfat 40% merupakan hasil tertinggi, dan pada konsentrasi asam sulfat 50% kekerasan permukaan aluminium yang didapat mulai mengalami penurunan diduga ini dikarenakan konsentrasi asam sulfat yang digunakan terlalu tinggi sehingga melarutkan pori yang sudah terbentuk, tingkat kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen ke-2 dengan tingkat kekerasan $61,29 \pm 11,20$ (VHN) sedangkan tingkat kekerasan ter rendah pada konsentrasi 50% terdapat pada spesimen ke-3 dengan tingkat kekerasan $55,11 \pm 3,23$ (VHN).

Tabel 4.3 Hasil pengujian dan perhitungan kekerasan ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dengan variasi konsentrasi asam sulfat 30%, 40%, dan 50% pada larutan *anodiz*.

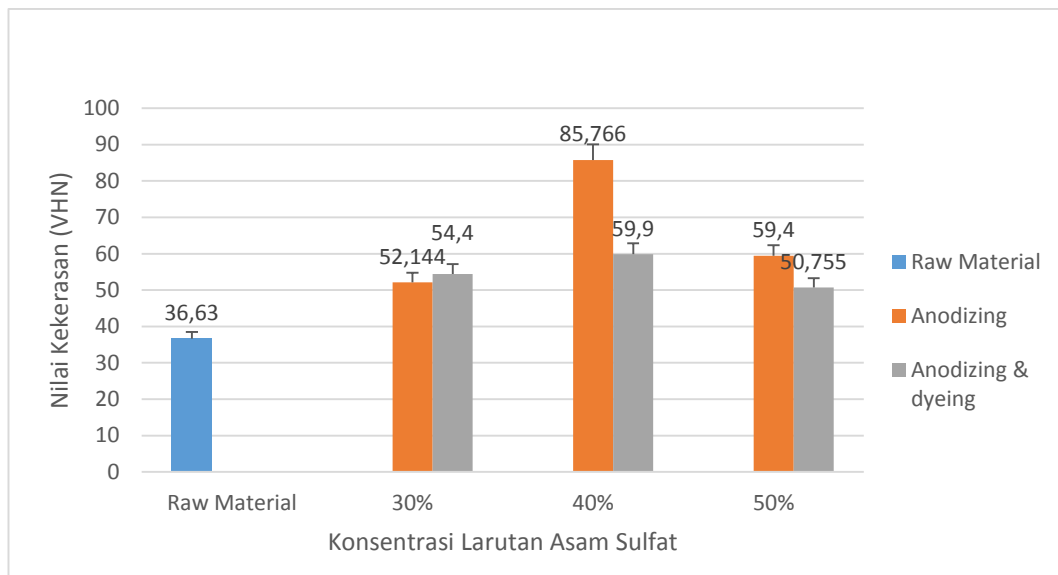
No	Kode spesimen	Posisi Titik Uji	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d _{rata-rata} (μm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata – rata (VHN)	Kekerasan (VHN)
1.	301	Acak	27,0	26,0	26,50	66,0	58,42 ± 6,518	54,4 ± 5,253
2.		Acak	30,0	29,0	29,50	53,3		
3.		Acak	29,0	28,0	28,50	57,1		
4.	302	Acak	31,0	31,0	31,00	48,2	52,66 ± 4,465	
5.		Acak	28,0	31,0	29,50	53,3		
6.		Acak	28,0	29,0	28,50	57,1		
7.	304	Acak	30,0	29,0	29,50	53,3	51,50 ± 1,750	
8.		Acak	29,0	31,0	30,00	51,5		
9.		Acak	31,0	30,0	30,50	49,8		
10.	401	Acak	27,0	27,0	27,00	63,6	62,80 ± 1,327	59,9 ± 3,942
11.		Acak	27,0	27,0	27,00	63,6		
12.		Acak	28,0	27,0	27,50	61,3		
13.	403	Acak	27,0	27,0	27,00	63,6	60,92 ± 3,458	
14.		Acak	27,0	30,0	28,50	57,1		
15.		Acak	28,5	26,0	27,25	62,4		
16.	404	Acak	30,0	29,0	29,50	53,3	55,75 ± 2,968	
17.		Acak	27,0	29,0	28,00	59,1		
18.		Acak	29,0	29,0	29,00	55,1		
19.	501	Acak	31,5	31,0	31,25	47,5	48,23 ± 12,928	50,756 ± 3,947
20.		Acak	32,0	31,0	31,50	46,7		
21.		Acak	29,0	31,5	30,25	50,7		
22.	502	Acak	29,0	29,0	29,00	55,1	52,66 ± 12,928	
23.		Acak	29,0	29,0	29,00	55,1		
24.		Acak	30,0	32,0	31,00	48,2		
25.	503	Acak	31,0	31,0	31,00	48,2	50,93 ± 5,138	
26.		Acak	29,0	28,0	28,50	57,1		
27.		Acak	31,0	31,0	31,00	48,2		



Gambar 4.11 Grafik perbandingan antara nilai kekerasan (VHN) dengan konsentrasi asam sulfat pada larutan *anodiz* setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian mikro vikors pada permukaan aluminium yang telah di *anodizing* dan *dyeing* dengan variasi konsentrasi asam sulfat, dari grafik di atas dapat dianalisis bahwa pada konsentrasi larutan asam sulfat 30% kekerasan permukaan yang terbentuk sudah sangat baik, dengan kekerasan yang tertinggi berada pada $58,42 \pm 6,51$ (VHN) sedangkan tingkat kekerasan yang terendah pada konsentrasi asam sulfat 30% berada pada $51,50 \pm 1,75$. Pada konsentrasi larutan elektrolit 40% kekerasan permukaan yang dihasilkan beragam dengan hasil tertinggi diperoleh oleh spesimen pertama dengan tingkat kekerasan $62,80 \pm 1,32$ (VHN) dan kekerasan terendah berada pada kekerasan $55,75 \pm 2,96$ (VHN), namun secara keseluruhan hasil dari konsentrasi asam sulfat 40% masih merupakan hasil tertinggi, dan pada konsentrasi asam sulfat 50% kekerasan permukaan aluminium yang didapat mulai mengalami penurunan diduga ini dikarenakan konsentrasi asam sulfat yang digunakan terlalu tinggi sehingga melarutkan pori yang sudah terbentuk, tingkat kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen ke-2 dengan tingkat kekerasan $52,66 \pm 12,92$ (VHN) sedangkan tingkat kekerasan ter rendah pada konsentrasi 50% terdapat pada spesimen ke-3 dengan tingkat kekerasan $48,23 \pm 12,92$ (VHN).

Dari data grafik dan perhitungan diatas, maka dapat dianalisis dan disimpulkan menggunakan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik perbandingan antara nilai kekerasan (VHN) rata-rata dengan konsentrasi asam sulfat pada larutan *anodiz* setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.

Grafik diatas menunjukkan pada variasi konsentrasi asam sulfat larutan *anodiz* pada proses *anodizing* dari data yang sudah didapat dapat ditarik kesimpulan bahwa ketebalan lapisan oksida yang terbentuk pada aluminium seri 1XXX juga dipengaruhi oleh penambahan konsentrasi asam sulfat, karena semakin tebal lapisan yang dihasilkan akan meningkatkan kekerasan lapisan oksida, hal ini dapat diamati pada gambar 4.12 karena dengan konsentrasi 30%, 40%, dan 50% setelah proses *anodizing* akan menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar $52,14 \pm 2,233$ VHN, $85,76 \pm 7,104$ VHN, dan $59,40 \pm 6,783$ VHN secara berurutan. Sedangkan pada variasi konsentrasi yang sama setelah proses *anodizing* dan *dyeing* menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar $54,40 \pm 5,253$ VHN, $59,90 \pm 3,942$ VHN, dan $50,75 \pm 3,947$ VHN secara berurutan. Kemudian untuk nilai kekerasan tertinggi pada konsentasi asam sulfat 40% setelah proses *anodizing* sebesar $85,76 \pm 7,104$ VHN, sedangkan nilai kekerasan tertinggi setelah proses *anodizing* dan *dyeing* pada konsentrasi larutan yang sama yaitu sebesar $59,90 \pm 3,942$ VHN, untuk nilai kekerasan terrendah ada pada konsentasi asam sulfat 30% setelah proses *anodizing* sebesar $52,14 \pm 2,233$ VHN, sedangkan nilai kekerasan terrendah setelah proses *anodizing* dan *dyeing* terdapat pada konsentrasi 50% yaitu sebesar $50,75 \pm 3,947$ VHN. Pada konsentrasi asam sulfat 40% dan 50% terjadi penurunan kekerasan pada bagian *dyeing* hal itu dapat disebabkan oleh perbedaan suhu pada larutan elektrolit.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Saputra Adi (2012), bahwa dengan adanya penambahan temperatur pada larutan anodiz akan mempercepat pertumbuhan lapisan oksida namun dengan nilai kekerasan yang lebih rendah pada waktu yang sama. Secara umum hasil pengujian kekerasan ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Rohman dengan variasi konsentrasi larutan elektrolit didapatkan bahwa pengaruh variasi konsentrasi elektrolit asam sulfat yang digunakan dalam proses *anodizing*, mempengaruhi kekerasan material yang digunakan. Hal ini berhubungan dengan ketebalan lapisan yang terbentuk pada penambahan konsentrasi asam sulfat, karena semakin tebal lapisan yang dihasilkan mempunyai struktur poros yang tinggi, sehingga mengalami penurunan kekerasan terhadap lapisan yang terbentuk. Sementara pada penelitian *anodizing* dengan variasi konsentrasi asam sulfat yang dilakukan oleh Sidharta (2014), didapatkan kesimpulan bahwa semakin tingginya konsentrasi asam sulfat yang digunakan maka akan semakin menurunkan tingkat kekerasan dari logam aluminium.