

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Pengujian

Dalam penelitian ini terdapat 2 macam data yang akan diambil, yang pertama yaitu data kekasaran dan yang kedua yaitu data pengujian foto mikrostruktur. Berikut data yang telah didapat.

#### 4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekasaran dengan Variasi Tegangan dan Suhu

Dari pengujian kekasaran dengan variasi tegangan dan suhu pada proses *electropolishing* di dapat data seperti berikut dimana untuk kekasaran di Laboratorium Metrologi Industri di Jurusan Mesin Universitas Brawijaya dengan kekasaran awal sebelum dilakukan proses *electropolishing* adalah 1.975  $\mu\text{m}$  dan untuk hasil setelah *electropolishing* dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1

Data Pengujian Kekasaran Permukaan dengan Variasi Tegangan dan Suhu

			Sebelum <i>Electropolishing</i>	Sesudah <i>Electropolishing</i>				
No.	Tegangan (v)	Suhu (°C)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Ra ( $\mu\text{m}$ )	$\Sigma$	Rata-Rata Ra ( $\mu\text{m}$ )		
1.	4	40	1.975	1,189	3,635	1,212		
				1,248				
				1,198				
		50		1,108	3,405		1,135	
				1,151				
				1,146				
	60	1.975	1,015	3,179	1,060			
			1,095					
			1,069					
2.	6	40	1.975	1,015	2,922	0,974		
				0,972				
				0,935				
		50		1.975	0,913		2,732	0,911
					0,921			
					0,898			
	60	1.975	0,856	2,541	0,847			
			0,844					
			0,841					
3.	8	40	1.975	0,793	2,468	0,823		
				0,838				
				0,837				
		50		1.975	0,773		2,316	0,772
					0,753			

			Sebelum <i>Electropolishing</i>	Sesudah <i>Electropolishing</i>		
				0,79		
		60	1.975	0,225	0,684	0,228
				0,23		
				0,229		

#### 4.1.2 Data Hasil Pengujian Foto Mikrostruktur

##### 4.1.2.1 Data Hasil Pengujian Foto Mikrostruktur Sebelum di *Electropolishing*

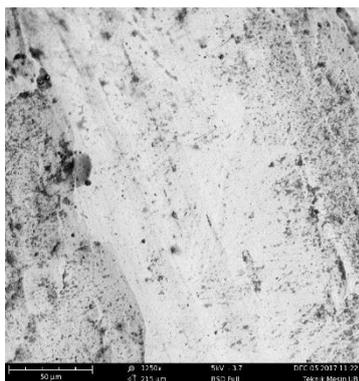
Dari proses sebelum *electropolishing* didapatkan data foto mikrostruktur. Berikut foto yang berhasil diambil dengan pembesaran 1250x.



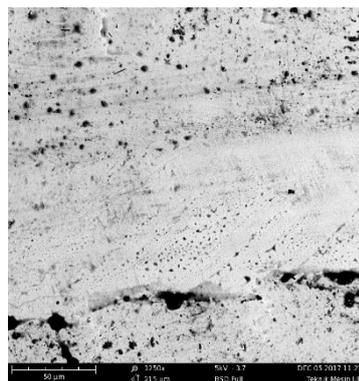
Gambar 4.1 Hasil foto uji mikrostruktur sebelum *electropolishing*

##### 4.1.2.2 Data Hasil Pengujian Foto Mikrostruktur Sesudah di *Electropolishing*

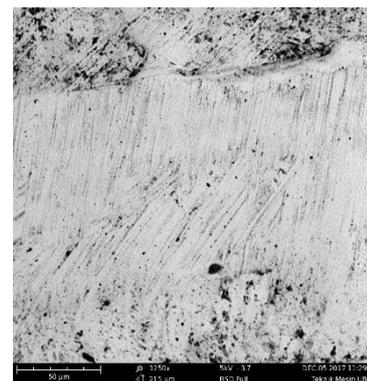
Dari hasil proses *electropolishing* dengan tegangan 4,6,8 volt dan suhu 40°C, 50°C dan 60°C didapatkan data foto mikrostruktur. Berikut foto yang berhasil diambil dengan pembesaran 1250x.



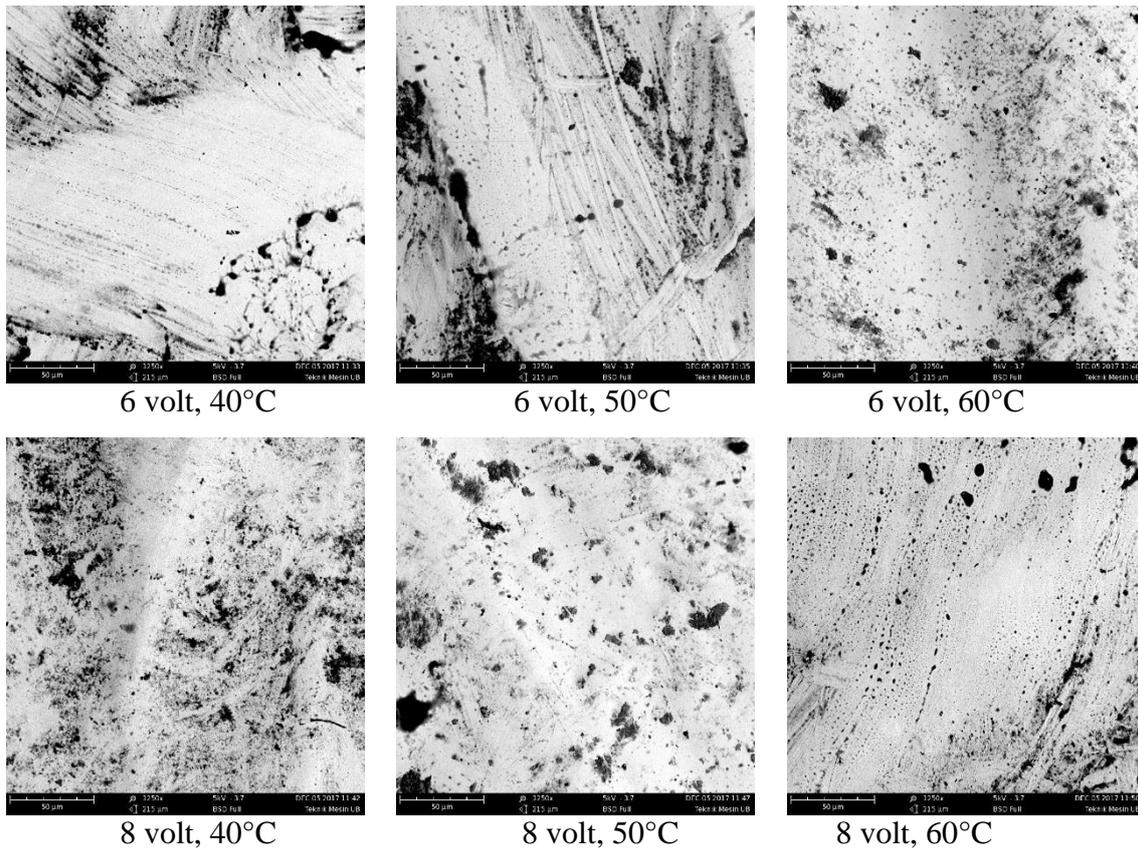
4 volt, 40°C



4 volt, 50°C



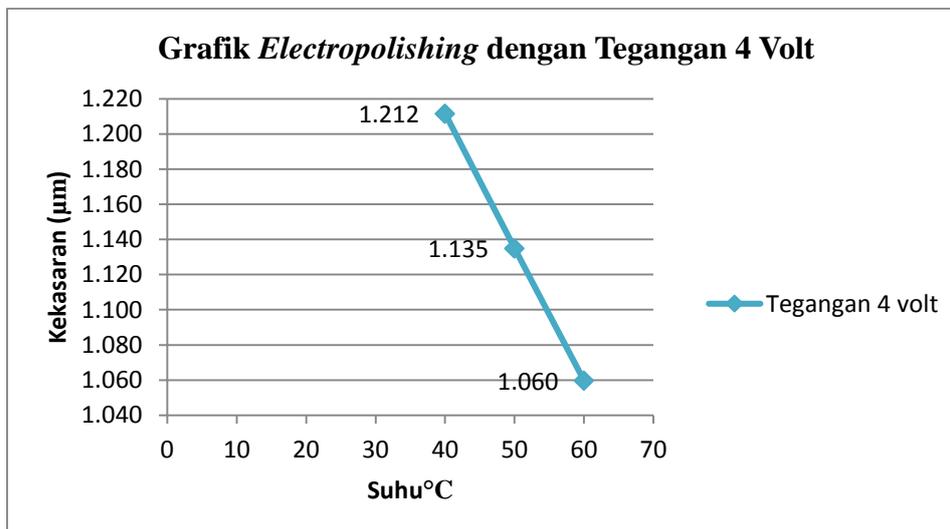
4 volt, 60°C



Gambar 4.2 Hasil foto uji mikrostruktur sesudah *electropolishing*

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Tingkat Kekasaran pada *Electropolishing* dengan Variasi Tegangan dan Suhu

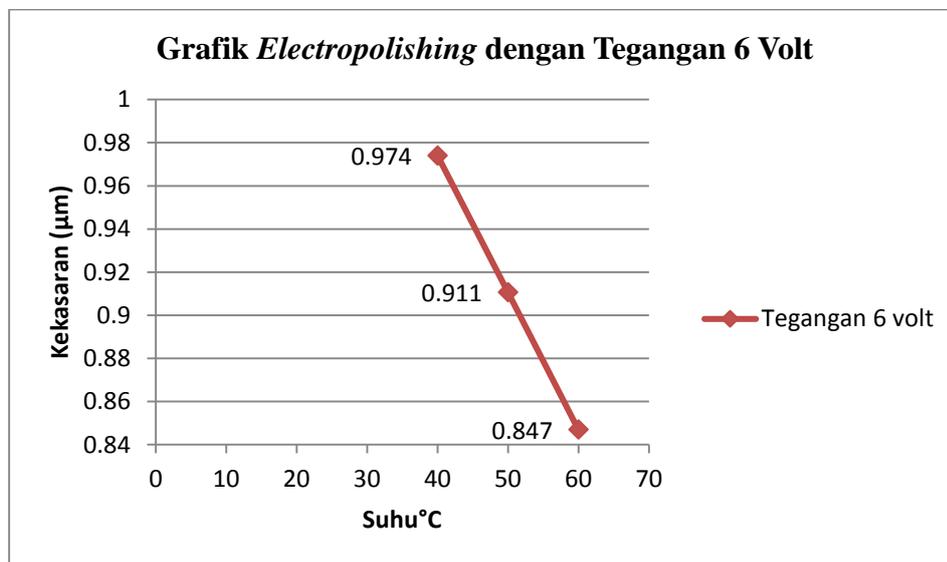


Gambar 4.3 Grafik hubungan tegangan 4 volt dengan suhu 40°C, 50°C dan 60°C terhadap kekasaran permukaan

Pada Gambar 4.3 menjelaskan tentang hubungan tegangan 4 volt dengan suhu 40°C, 50°C dan 60°C terhadap nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan ketika proses *electropolishing*. Dengan variasi suhu 40°C, 50°C dan 60°C menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang terus mengalami penurunan. Dari suhu 40°C memiliki nilai rata-rata Ra

adalah 1,212  $\mu\text{m}$  lalu mengalami penurunan kekasaran di suhu 50°C dengan nilai Ra adalah 1,135  $\mu\text{m}$ . Dan ketika nilai suhu ditinggikan hingga 60°C, nilai kekasaran permukaan hasil *electropolishing* yang dihasilkan pun akan turun dengan nilai Ra 1,060  $\mu\text{m}$ .

Terjadinya penurunan kekasaran itu karena suhu yang semakin besar akan berpengaruh pada laju reaksi yang terjadi pada proses *electropolishing* sehingga permukaan akan lebih cepat mengalami pengikisan. Dengan lebih cepat nya reaksi yang terjadi maka permukaan material yang mengalami pengikisan akan semakin halus, kekasaran permukaan yang dihasilkan menjadi berkurang dan juga akan terlihat semakin *glossy*.

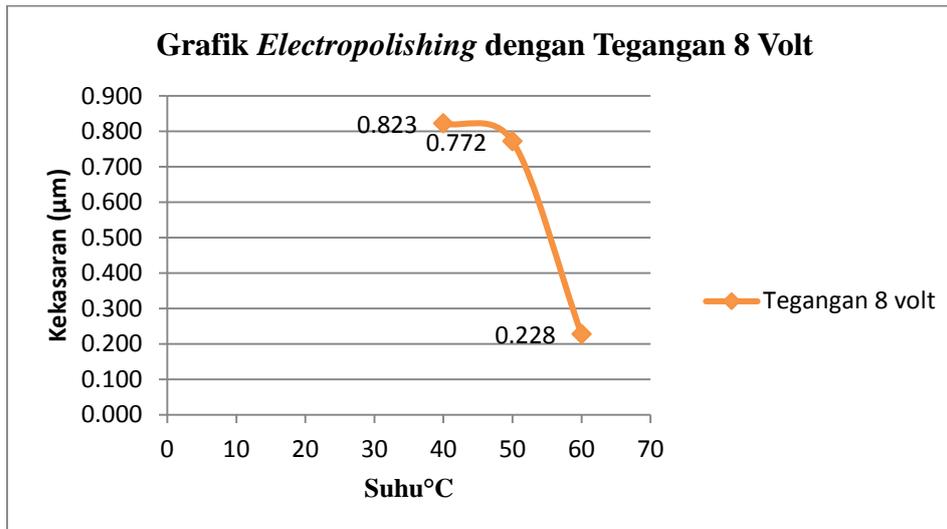


Gambar 4.4 Grafik hubungan tegangan 6 volt dengan suhu 40°C, 50°C dan 60°C terhadap kekasaran permukaan

Pada Gambar 4.4 menjelaskan tentang hubungan tegangan 6 volt dengan suhu 40°, 50° dan 60°C terhadap nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan ketika proses *electropolishing*. Dengan variasi suhu 40°C, 50°C dan 60°C menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang terus mengalami penurunan. Dari suhu 40°C memiliki nilai rata-rata Ra adalah 0,974  $\mu\text{m}$  lalu mengalami penurunan kekasaran di suhu 50°C dengan nilai Ra adalah 0,911  $\mu\text{m}$ . Dan ketika nilai suhu di tinggikan hingga 60°C, nilai kekasaran permukaan hasil *electropolishing* yang dihasilkan pun turun dengan nilai Ra 0,847  $\mu\text{m}$ .

Terjadinya penurunan kekasaran itu karena suhu yang semakin besar akan berpengaruh pada laju reaksi yang terjadi pada proses *electropolishing* sehingga permukaan akan lebih cepat mengalami pengikisan. Dengan lebih cepat nya reaksi yang terjadi maka permukaan material yang mengalami pengikisan akan semakin halus,

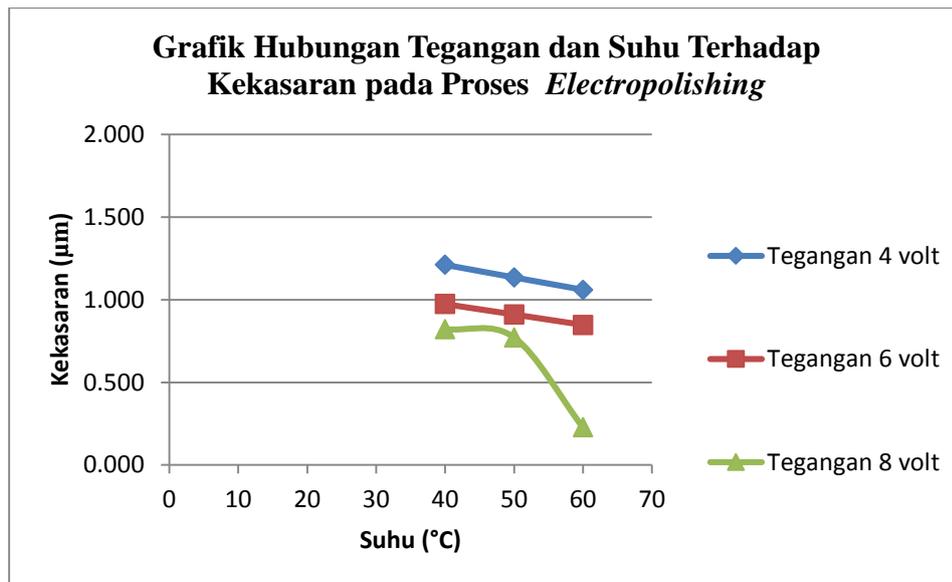
kekasaran permukaan yang dihasilkan menjadi berkurang dan juga akan terlihat semakin *glossy*.



Gambar 4.5 Grafik hubungan tegangan 8 volt dengan suhu 40°C, 50°C dan 60°C terhadap kekasaran permukaan

Gambar 4.5 menjelaskan tentang hubungan tegangan 8 volt dengan suhu 40°, 50°, 60°C terhadap nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan ketika proses *electropolishing*. Dengan variasi suhu 40°, 50° dan 60°C menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang terus mengalami penurunan. Dari suhu 40°C memiliki nilai rata-rata Ra adalah 0,823 µm lalu mengalami penurunan kekasaran di suhu 50°C dengan nilai Ra adalah 0,772 µm. Dan ketika nilai suhu di tinggikan hingga 60°C, nilai kekasaran permukaan hasil *electropolishing* yang dihasilkan pun turun sangat signifikan dari temperatur yang sebelumnya yaitu 50°C dan di dapatkan dengan nilai Ra 0,228 µm.

Terjadinya penurunan nilai kekasaran itu karena suhu yang semakin besar akan berpengaruh pada laju reaksi yang terjadi pada proses *electropolishing*, dan kenapa pada grafik tegangan 8 volt dengan suhu 60°C mengalami penurunan yang sangat signifikan itu di karena kan suhu yang sangat tinggi energi kinetik molekul-molekul zat yang bereaksi akan bertambah sehingga lebih banyak molekul yang dapat mencapai keadaan transisi atau dengan kata lain kecepatan reaksi menjadi lebih besar, sehingga permukaan akan lebih cepat mengalami pengikisan. Dengan lebih cepat nya reaksi yang terjadi maka permukaan material yang mengalami pengikisan semakin halus, kekasaran permukaan yang dihasilkan menjadi berkurang dan juga akan terlihat semakin *glossy*.



Gambar 4.6 Grafik hubungan tegangan dan suhu terhadap kekasaran permukaan

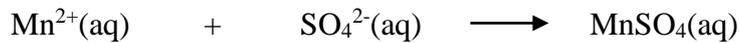
Gambar 4.6 menjelaskan tentang hubungan tegangan dengan suhu terhadap nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan ketika proses *electropolishing*. Dengan variasi tegangan 4, 6 dan 8 volt dan suhu 40°C, 50°C dan 60°C menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang terus menurun, tetapi terjadi penurunan yang sangat signifikan ketika berada pada tegangan 8 volt dan suhu 60°C, nilai kekasaran permukaan hasil *electropolishing* yang dihasilkan pun sangat rendah. Dapat dilihat pada Gambar 4.4 bahwa grafik yang terjadi pada meningkatnya suhu akan semakin turun jadi semakin tinggi suhu pada proses *electropolishing* kekasaran permukaan yang terjadi akan semakin turun.

Semakin besar tegangan dan suhu yang diberikan pada saat pengujian menyebabkan reaksi kimia berlangsung lebih cepat. Karena prinsip dari *electropolishing* menyerupai prinsip pada elektrolisis, yaitu merubah energi listrik menjadi reaksi kimia. Pada elektrolisis reaksi redoks tidak berlangsung secara spontan, sehingga diperlukan energi agar terjadi reaksi kimia. Maka dari itu, semakin besar energi listrik (tegangan) yang diberikan maka semakin banyak pula elektron yang di lepaskan, menyebabkan reaksi kimia berlangsung lebih cepat. Juga tinggi nya suhu yang diberikan menyebabkan energi kinetik molekul-molekul zat yang bereaksi akan bertambah sehingga lebih banyak molekul yang dapat mencapai keadaan transisi atau dengan kata lain kecepatan reaksi menjadi lebih besar. Sehingga permukaan lebih cepat mengalami pengikisan. Dengan lebih tingginya tegangan dan suhu pada proses yang diberikan maka permukaan spesimen yang terkikis akan semakin halus dan kekasaran permukaan yang dihasilkan menjadi rendah. itu juga yang menyebabkan mengapa pada kondisi tegangan 8 volt dan suhu 60°C pada Gambar 4.6 mengalami penurunan yang sangat signifikan karna pengaruh banyaknya elektron dan

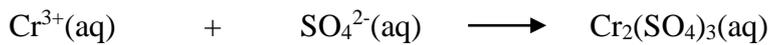
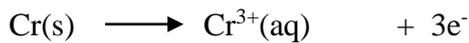
molekul yang dapat mencapai keadaan transisi. Berikut reaksi redoks yang terjadi pada kandungan material *stainless steel* 316L yang berlangsung pada anoda dan katoda.

Reaksi anoda:

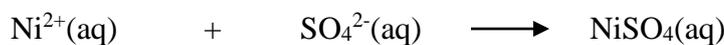
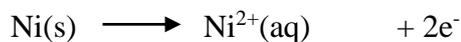
- Logam Mangan (Mn)



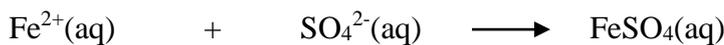
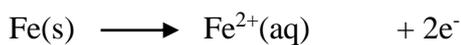
- Logam Kromium (Cr)



- Logam Nikel (Ni)

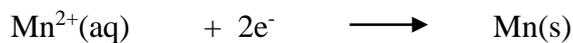


- Logam Besi (Fe)

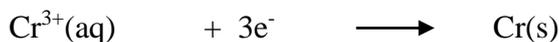


Reaksi pada katoda:

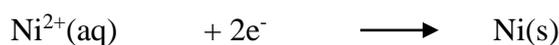
- Logam Mangan (Mn)



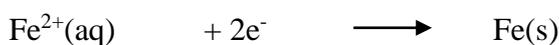
- Logam Kromium (Cr)



- Logam Nikel (Ni)



- Logam Besi (Fe)



Pada proses *electropolishing* dengan material *stainless steel* 316L tidak semua komponen yang terkandung mengalami reaksi, seperti silikon (Si) tidak terjadi reaksi karena umumnya silikon akan membentuk  $\text{SiO}_2$  yang tidak bereaksi dengan asam namun bereaksi dengan basa, selain itu silikon lebih tidak reaktif dibandingkan dengan karbon, karbon (C) tidak terjadi reaksi karena karbon termasuk unsur yang inert, fosfor (P) umumnya fosfor yang ada pada *stainless steel* akan membentuk  $\text{Fe}_3\text{P}$  atau  $\text{Fe}_2\text{P}$  sehingga fosfor cenderung tidak bereaksi dengan ion sulfat, sulfur (S) sulfur dalam *stainless steel* umumnya terdapat dalam bentuk  $\text{MnS}$ , sehingga Sulfur cenderung tidak bisa bereaksi dengan ion sulfat, logam Molibdenum (Mo) mempunyai sifat tidak larut pada sebagian

besar reagen kimia termasuk  $H_2SO_4$  dan nitrogen (N) Tidak terjadi reaksi karena konsentrasinya dalam stainless steel sangat kecil.

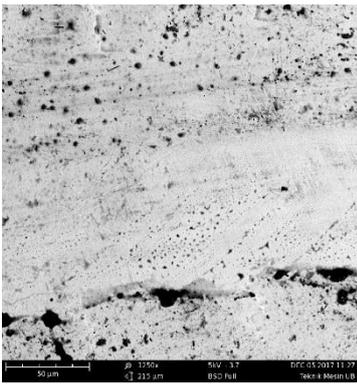
## 4.2.2 Pembahasan Hasil Uji Foto Mikrostruktur

### 4.2.2.1 Hasil Foto SEM dengan Sebelum di *Electropolishing*

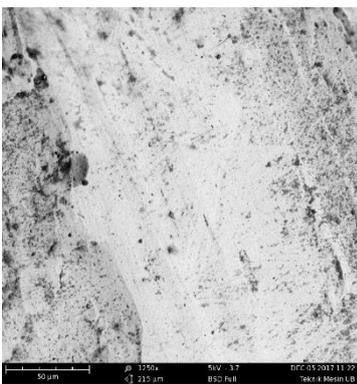


Gambar 4.7 Hasil foto SEM sebelum di *electropolishing* dengan perbesaran 1250x

### 4.2.2.2 Hasil Foto SEM dengan Variasi Tegangan 4 volt dengan Suhu 40°C, 50°C, 60°C



Gambar 4.8 Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 4 volt, suhu 40°C dan perbesaran 1250x



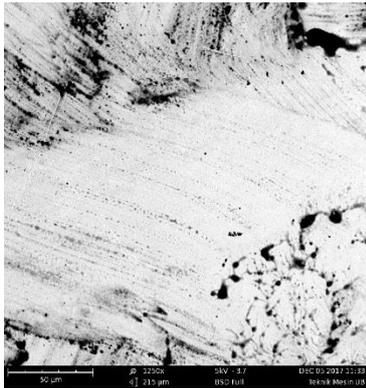
Gambar 4.9 Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 4 volt, suhu 50°C dan perbesaran 1250x



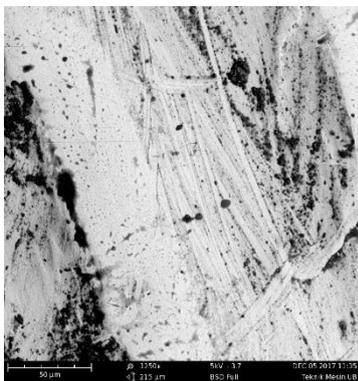
Gambar 4.10 Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 4 volt, suhu 60°C dan perbesaran 1250x

Pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa ketika material sebelum dilakukan proses *electropolish* di foto SEM (*scanning electron microscope*), terlihat ada garis. Hal ini karena pada permukaan tersebut sebelumnya dilakukan proses *facing* dan munculnya garis karena goresan dari mata pahat, ketika tegangan 4 volt dengan suhu 40°C hasil *electropolishing* pada foto SEM (*scanning electron microscope*) terlihat goresan semakin menghilang dan terlihat masih banyak bercak hitam. Hasil yang kurang lebih sama juga didapat pada tegangan 4 volt dengan suhu 50°C terlihat goresan semakin menghilang dari sebelumnya dan terlihat masih ada bercak namun sudah sedikit berkurang dibandingkan dengan yang menggunakan tegangan 40°C. Hal ini bisa dilihat dalam foto uji SEM yang terlihat bahwa partikel pada permukaan ss 316L tampak jelas terlihat. Untuk tegangan 4 volt dengan suhu 60°C, terlihat bahwa goresan yang terjadi pada hasil *electropolishing* semakin berkurang dan terlihat lebih bersih dari tegangan suhu 40°C dan 50°C. Hal ini dapat dilihat dari ketiga foto SEM diatas yang memiliki perbedaan hasil dan sisa goresan yang terjadi. Pada variasi tegangan yang terlihat dari foto uji SEM yakni semakin tinggi suhu maka sisa goresan dan bercak yang ada pada permukaan semakin berkurang, Pada dasarnya  $H_2SO_4$  dan  $H_3PO_4$  yang di gunakan merupakan jenis pekat dan memiliki tingkat viskositas yang tinggi dengan pengaruh suhu, maka dari itu bercak yang timbul tersebut merupakan akibat dari larutan *electrolyte* yang mengendap dan mengering pada permukaan material dengan meningkatnya suhu.

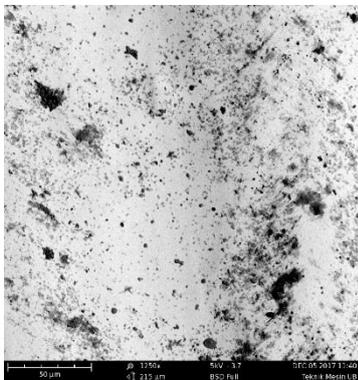
#### 4.2.2.3 Hasil Foto SEM dengan Variasi Tegangan 6 volt dengan Suhu 40°C, 50°C dan 60°C



Gambar 4.11 Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 6 volt, suhu 40°C dan perbesaran 1250x



Gambar 4.12 Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 6 volt, suhu 50°C dan perbesaran 1250x



Gambar 4.13 Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 6 volt, suhu 60°C dan perbesaran 1250x

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa ketika tegangan 6 volt dengan suhu 40°C hasil *electropolishing* pada foto SEM (*scanning electron microscope*) terlihat goresan semakin menghilang dan terlihat masih banyak bercak hitam pada pinggir material. Hasil yang kurang lebih sama juga didapat pada tegangan 6 volt dengan suhu 50°C terlihat goresan semakin menghilang dari sebelumnya dan terlihat bertambah banyaknya bercak pada sisi pinggir material. Hal ini bisa dilihat dalam foto uji SEM yang terlihat bahwa partikel pada permukaan ss 316L tampak jelas terlihat. Untuk tegangan 6 volt dengan suhu 60°C, terlihat bahwa goresan yang terjadi pada hasil *electropolishing* semakin berkurang dan terlihat



Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa ketika tegangan 8 volt dengan suhu 40°C hasil *electropolishing* pada foto SEM (*scanning electron microscope*) terlihat masih adanya goresan dan terlihat banyak bercak hitam tidak beraturan pada material. Hasil yang kurang lebih sama juga didapat pada tegangan 8 volt dengan suhu 50°C terlihat masih adanya goresan, dari sebelumnya bercak hitam yang banyak jadi berkurang. Hal ini bisa dilihat dalam foto uji SEM yang terlihat bahwa partikel pada permukaan ss 316L tampak jelas terlihat. Untuk tegangan 8 volt dengan suhu 60°C, terlihat bahwa goresan yang terjadi pada hasil *electropolishing* semakin berkurang dan terlihat lebih bersih dari tegangan suhu 40°C dan 50°C. Hal ini dapat dilihat dari ketiga foto SEM diatas yang memiliki perbedaan hasil dan sisa goresan yang terjadi. Pada variasi tegangan yang terlihat dari foto uji SEM yakni semakin tinggi suhu maka sisa goresan dan bercak yang ada pada permukaan semakin berkurang, Pada dasarnya H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yang di gunakan merupakan jenis pekat dan memiliki tingkat viskositas yang tinggi dengan pengaruh suhu, maka dari itu bercak yang timbul tersebut merupakan akibat dari larutan *electrolyte* yang mengendap dan mengering pada permukaan material dengan meningkatnya suhu.