

## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mensintesis nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (magnetit) dan menggunakan katalis nanopartikel magnetit dalam proses Elektro-fenton terhadap limbah pigmen tekstil dengan prinsip elektrolisis dengan menggunakan metode elektro-fenton serta mengetahui efisiensi proses pengolahan limbah. Pada penelitian ini terdapat tahapan - tahapan yaitu 1) Preparasi bahan pendukung, 2) Elektrodposisi nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , 3) Proses elektrofenton, 4) Karakterisasi.

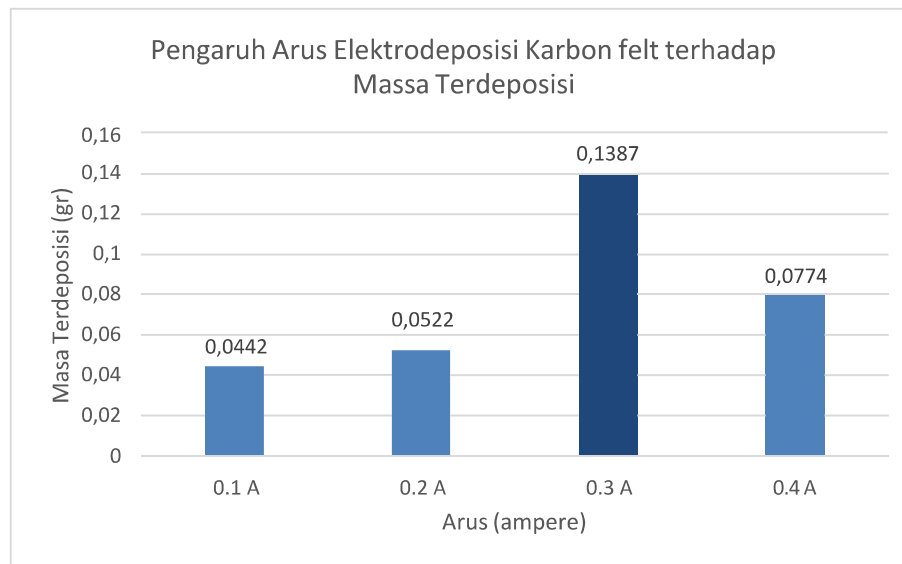
#### **4.1 Proses Elektrodposisi Nanopartikel**

Pada prosedur pembuatan nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  karbon felt dipotong dengan ukuran 5x10 cm agar dapat di sesuaikan dengan ukuran gelas beker dan memiliki luas penampang yang sama dengan anoda platina yaitu 5 x 10, dan juga bertujuan agar dalam percobaan berikutnya karbon felt dapat di potong lebih kecil dan di ambil karbon felt untuk percobaan-percobaan berikutnya. Karbon felt yang sudah di potong akan digunakan sebagai katoda dalam sel ektrolisis dengan batang platina sebagai anoda. Pemilihan anoda berupa platina adalah karena sifatnya yang inert atau tidak bereaksi. Katoda dan anoda tersebut akan di masukan pada gelas beker ukuran 250 ml yang berisi larutan prekursor ion besi. Pada proses elektrolisis ini dilakukan pula variasi arus (0,1A, 0,2A, 0,3A, 0,4A,) selama 30 menit dan juga arus 0.3 A dengan waktu (30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit).

##### **4.1.1 Pengaruh Arus Terhadap Massa Magnetit (Besi Oksida) Terdeposisi**

Elektrolisis ialah suatu proses reaksi kimia dengan menggunakan perantara elektroda yang terendam dalam sebuah larutan elektrolit saat tegangan di terapkan pada suatu elektroda. (Vogel & Dogra dalam Soemargono, 2013). Elektrolisis merupakan peristiwa Ketika suatu larutan diuraikan menjadi ion – ionnya, yaitu ion positif (kation) dan ion negatif (anion) pada saat arus searah dialirkan ke dalam larutan elektrolit melalui elektroda. Dimana akan terjadi reaksi reduksi pada katoda yang membuat ion logam (+) menjadi terdeposisi dan terdeposit pada katoda, dan terjadi reaksi oksidasi dari anoda.

Tujuan dilakukannya variasi arus ialah untuk menganalisis pengaruh variasi arus elektrolisis terhadap massa terdeposisi dan terdeposit setelah elektrodeposisi, dan parameter absorbansi limbah pigmen setelah dilakukan proses elektrofenton terhadap limbah pigmen.



**Gambar 4.1** Grafik Pengaruh Arus Elektrodeposisi Karbon felt terhadap Massa Terdeposisi

Variasi arus dalam pembuatan nanopartikel magnetite dengan metode elektrodeposisi ini terdapat lima variabel, yaitu 0,1 A, 0,2 A, 0,3 A, 0,4 A, dan 0,2 A dengan variasi katoda anoda yang dipasangkan secara berkebalikan, dan dengan waktu elektrodeposisi selama 30 menit, data yang didapat adalah deposisi magnetit terbesar pada karbon felt didapat dengan arus 0,3 A dengan nilai massa awal *carbon felt* sebelum dilakukan elektrolisis deposisi magnetit sebesar 4,1981 gr dan massa setelah dilakukan elektrolisis sebesar 4,3368 gr sehingga didapati massa magnetit terdeposisi sebesar 0,1387 gr, selisih terbesar didapati antara deposisi arus 0,3 A dengan arus 0,1 A senilai 0,0945 gr, dan selisih terkecil didapati antara deposisi arus 0,3 A dengan arus 0,4 A senilai 0,0613 gr. Pada gambar di atas menunjukkan hasil berat terdeposisi paling besar pada arus 0,3 A sebesar 0,1387 gr.

**Tabel 4. 1** Perbandingan Pengaruh Arus Antara Logam Yang Terdeposisi Dalam

Segi Praktik dan Teori						
Waktu (menit)	Arus (Ampere)	Berat Terdeposisi (gr)			Efficiency (%)	
		Praktek	Teoritis (val = 3)	Teoritis (val = 2)	Valensi 3	Valensi 2
30	0,1	0,0442	0,03482	0,052228	<b>127%</b>	<b>85%</b>
	0,2	0,0522	0,06964	0,104456	75%	<b>50%</b>
	0,3	0,1387	0,10446	0,1566839	<b>133%</b>	<b>89%</b>
	0,4	0,0774	0,13927	0,2089119	56%	<b>37%</b>

Pada tabel perbandingan pengaruh arus antara logam yang terdeposisi dalam segi praktik dan teori berdasarkan Hukum Faraday Kedua yang berbunyi *"Apabila sebagian sel elektrolisis tersusun berdasarkan seri atau arus listrik sama (jumlah muatan listrik yang sama juga), maka perbandingan massa zat-zat yang diperoleh akan sama dengan perbandingan massa ekivalen masing-masing"*, Sehingga didapat persamaan massa terdeposisi teoritis sebagai berikut:

$$m = \frac{e \cdot i \cdot t}{96500} \quad e = \frac{Ar}{n}$$

**Keterangan :**

m : massa (gr)

e : mol electron

I : arus (ampere)

t : waktu (Sekon)

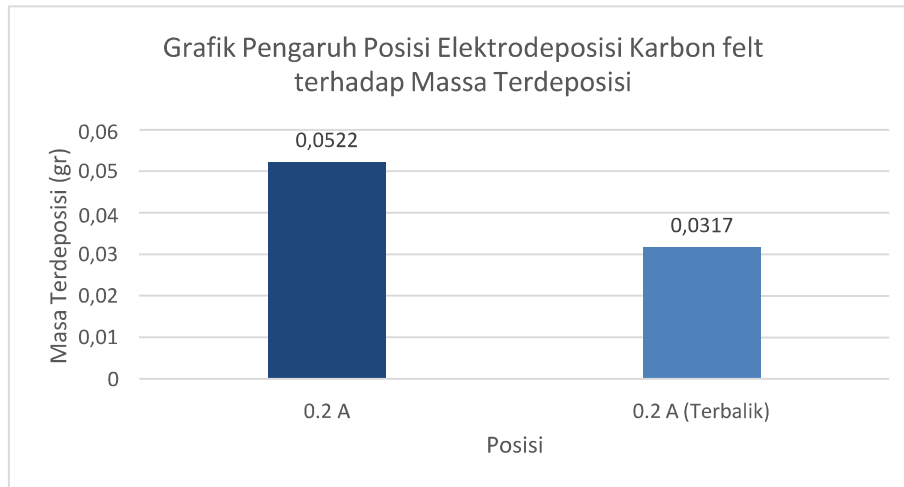
Ar : massa molar

Dimana sesuai prosedur yang dilaksanakan untuk elektrodeposisi pada percobaan ini, dicari massa teoritis (m), mol electron (Ar Fe = 56, n (valensi) =

2 dan 3), arus (I) sesuai dengan variasi percobaan 0,1 A, 0,2 A, 0,3 A, dan 0,4 A, dan waktu (t) yaitu 30 menit / 1800 sekon. Dengan menggunakan persamaan Hukum Faraday kedua didapati nilai massa terdeposisi teoritis untuk valensi 2 dan valensi 3, penggunaan dua data valensi untuk massa teoritis dikarenakan karakteristik dari magnetit yang merupakan besi oksida yang tersusun atas besi dengan valensi yang berbeda yaitu, besi (II) dan besi (III).

Tabel 4.1 menunjukkan hasil efisiensi elektrodeposisi umum terbaik didapati oleh arus 0,3 A, dimana terdeposit massa besi oksida sebesar 0,1387 gr dengan analisa efisiensi valensi dua dan tiga memiliki efisiensi tertinggi, yaitu 133% dan 89%. Pada nilai data efisiensi valensi tiga terdapat dua data yang memiliki efisiensi > 100% yaitu pada arus 0,1 A dan 0,3 A, sedangkan pada valensi dua seluruh data < 100 % yang sesuai dengan hasil teoritis efisiensi, dimana massa aktual / praktek tidak dapat melebihi massa teoritis Hukum Faraday 2. Pola deposisi massa aktual sudah sesuai dengan teori Hukum Faraday 2, dimana semakin tinggi rapat arus pada elektrodeposisi maka semakin tinggi massa yang terdeposisi, dengan adanya kenaikan massa deposisi pada variasi arus 0.3 A yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti suhu reaksi dan kelembaban karbon felt. Data pada Tabel 4.1 ini digunakan sebagai data trial penentuan arus paling optimal untuk pelaksanaan variasi waktu elektrodeposisi.

#### 4.1.2 Pengaruh Posisi Terhadap Massa Magnetit (Besi Oksida) Terdeposisi



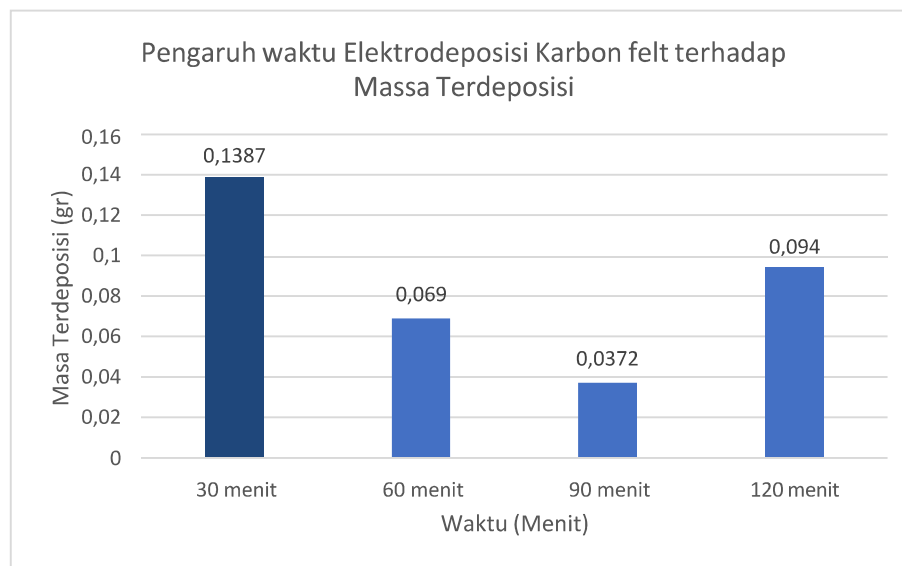
**Gambar 4.2** Grafik Pengaruh Posisi Elektrodeposisi Karbon felt terhadap Massa Terdeposisi

Pada variasi arus dalam pembuatan nanopartikel magnetite dengan metode elektrodeposisi terdapat pula pengaruh posisi yaitu pada *variable* 0,2 A, dan 0,2 A dengan variasi katoda anoda yang dipasangkan secara berkebalikan. Pada *variable* 0,2 A, dan 0,2 A terbalik dilakukan dengan waktu elektrodeposisi 30 menit, lalu data di atas menunjukkan bahwa nilai massa awal *carbon felt* pada *variable* 0,2 A sebelum dilakukan elektrolisis deposisi magnetit sebesar 4,3368 gr dan massa setelah di lakukan elektrolisis sebesar 4,389 gr sehingga didapati massa magnetit terdeposisi sebesar 0,522 gr, kemudian untuk *variable* 0,2 A terbalik menunjukkan bahwa nilai massa awal *carbon felt* sebelum dilakukan elektrolisis deposisi magnetit sebesar 4,363 gr dan massa setelah di lakukan elektrolisis sebesar 4,3947 gr sehingga didapati massa magnetit terdeposisi sebesar 0,0317 gr, dengan selisih deposisi arus 0,2 A dengan 0,2 A terbalik sebesar 0,0205 gr. Pada hasil di atas menunjukkan bahwa pada pengarus posisi berat terdeposisi paling besar di dapatkan pada variasi arus 0,2 A sebesar 0,0522 gr. Nilai data ini sesuai dengan arah reduksi dan oksidasi, dimana posisi terjadinya reduksi adalah pada katoda, sehingga massa terdeposisi dengan posisi

anoda platina dan katoda karbon felt lebih baik daripada dengan posisi berkebalikannya.

Data pada gambar 4.2 menunjukkan adanya perbedaan massa terdeposisi yang signifikan antara posisi elektroda dalam elektrodeposisi, dimana kedua elektroda (platina dan karbon) yang digunakan bersifat inert sehingga tidak terjadi penguraian ion dari elektroda, dan hanya terjadi media penghantaran elektron dan media reduksi logam. Oleh karena itu pada variasi posisi elektroda yang terbalik tetap terdapat logam yang terdeposisi pada karbon dengan posisi sebagai anoda.

#### 4.1.3 Pengaruh Waktu Terhadap Massa Magnetit (Besi Oksida) Terdeposisi



**Gambar 4.3** Grafik Pengaruh Waktu Elektrodeposisi Karbon felt terhadap Massa Terdeposisi

Tujuan dilakukannya variasi waktu adalah untuk dapat mengetahui pengaruh dari waktu elektrodeposisi yang bervariasi terhadap massa terdeposisi setelah elektrodeposisi, dan parameter efisiensi limbah pigmen setelah dilakukan proses elektrofenton. Variasi waktu yang diterapkan adalah waktu elektrodeposisi 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit, dengan arus 0.3 A sesuai dengan data elektrodeposisi percobaan variasi arus. Dimana untuk data elektrodeposisi waktu

30 menit didapat dari percobaan pengaruh arus 0.3 A terhadap massa terdeposisi.

Pada variasi waktu dalam pembuatan nanopartikel magnetite dengan metode elektrodeposisi ini terdapat 4 variabel, dengan menggunakan variasi waktu selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit dengan menggunakan arus elektrodeposisi 0,3 A, data yang didapat adalah deposisi magnetit terbesar pada karbon felt pada waktu 30 menit dengan menggunakan arus 0,3 A dengan nilai massa awal *carbon felt* sebelum dilakukan elektrolisis deposisi magnetit sebesar 4,1981 gr dan massa setelah dilakukan elektrolisis sebesar 4,3368 gr sehingga didapat massa magnetit terdeposisi sebesar 0,1387 gr, selisih terbesar didapat antara deposisi waktu 30 menit dengan waktu 90 menit dengan nilai 0,1015 gr, dan selisih terkecil didapat antara deposisi waktu 30 menit dengan waktu 120 menit dengan nilai 0,0447 gr.

**Tabel 4.2** Perbandingan Pengaruh Waktu Antara Logam Yang Terdeposisi Dalam Segi Praktik dan Teori

Waktu (menit)	Arus (Ampere)	Berat Terdeposisi (gr)			Efficiency (%)	
		Praktek	Teoritis (val = 3)	Teoritis (val = 2)	Valensi 3	Valensi 2
30	0,3	0,1387	0,10446	0,1566839	<b>133%</b>	89%
60		0,069	0,20891	0,3133679	33%	22%
90		0,0372	0,31337	0,4700518	12%	8%
120		0,094	0,41782	0,6267358	22%	15%

Perhitungan massa teoritis yang digunakan adalah Hukum Faraday 2, dengan penggunaan dua valensi pada perhitungan dikarenakan sifat dari magnetit yang tersusun atas besi dengan valensi berbeda. Pada Tabel Perbandingan pengaruh waktu antara logam yang terdeposisi dalam segi praktik dan teori, menunjukkan hasil efisiensi masa aktual / praktek terhadap massa teoritis dengan perhitungan valensi besi (III) dan (II), pada pengaruh waktu 60 menit sebesar 33% valensi 3 dan 22% valensi 2, pada waktu 90 menit sebesar 12% dan 8%, dan pada waktu 120 menit 22% dan 15%. Sehingga didapat hasil waktu paling optimal selama 30 menit dengan deposit massa terbesar, dan efisiensi tertinggi.

. Hasil yang di dapat pada tabel perbandingan pengaruh waktu antara logam yang terdeposisi dalam segi praktik dan teori menunjukan hasil yang bervariasi, dan terdapat pola penurunan massa aktual, juga efisiensi nya terhadap massa teoritis. Pada hasil yang bervariasi di atas dapat di sebabkan pula karena temperature. kenaikan maupun penurunan temperature akan berpengaruh pada proses berlangsungnya elektrolisis dan massa terdeposisinya.

#### 4.2 Proses Elektrofenton

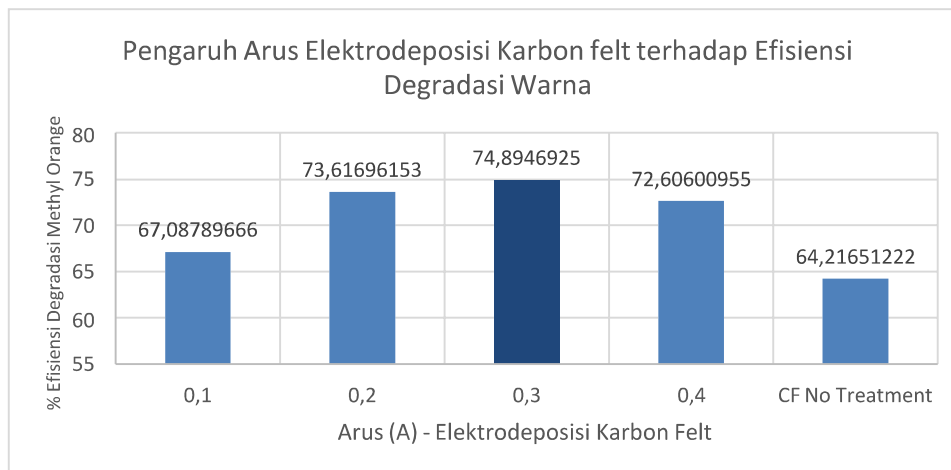
Elektrofenton merupakan teknologi yang didasari elektrogenesis secara kontinyu dari  $H_2O_2$  pada katoda yang sesuai dengan masukan / kandungan  $O_2$  atau udara, dengan penambahan katalis  $Fe^{2+}$  pada larutan yang ditreatment untuk menghasilkan hidroksil radikal bebas  $OH$  yang terbentuk pada anoda. Pada Prosesnya terdapat dua reaksi yang terjadi yaitu reaksi fenton yang homogen dan heterogen.

Untuk reaksi fenton yang homogen proses reaksi umum Fenton adalah didasari interaksi antara besi ferrous ( $Fe^{2+}$ ) dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) yang merupakan definisi dari proses reaksi Fenton homogen. Campuran antara  $Fe^{2+}$  dan  $H_2O_2$  (yang juga umumnya diketahui sebagai reagen Fenton) pada media asam dapat memicu proses dekomposisi  $H_2O_2$  untuk membentuk hidroksil radikal **•OH**

Pada proses ini dilakukan dengan pengamatan degradasi limbah methyl orange dengan penguraian menggunakan hidroksil radikal **•OH** yang tersintesis dengan katalis nanopartikel magnetit yang telah terdeposit pada lembar karbon felt, dimana setelah proses elektrofenton secara homogen didapati terdapat penurunan absorbansi dari larutan limbah methyl orange secara signifikan yang didapat dari hasil spektrofotometri larutan limbah pasca elektrofenton.



#### 4.2.1 Pengaruh Arus Terhadap Efisiensi Elektrofenton



**Gambar 4.4** Pengaruh Arus Elektrodeposisi Karbon felt terhadap Efisiensi Degradasi Warna

Pengaruh Arus terhadap efisiensi diketahui melalui analisa spektrofotometer UV-VIS larutan *methyl orange* setelah dilakukan elektrofenton dengan menggunakan karbon felt yang telah di elektrodeposisi dengan besi oksida. Karbon felt yang digunakan untuk proses elektrofenton memiliki ukuran 1 x 5 cm dari ukuran awal 5 x 10 cm, dilakukan proses penguraian warna pada larutan dengan proses elektrofenton selama 60 menit dengan arus 0.2 A, proses elektrofenton ini menjadi standar pelaksanaan untuk seluruh variasi variabel pengaruh yang ada.

Pada hasil analisa spektrofotometri untuk pengaruh arus terhadap efisiensi elektrofenton, dilakukan lima kali proses elektrofenton dengan lima sampel karbon felt yang berbeda, yaitu karbon felt yang telah dielektrodeposisi dengan arus 0.1 A, 0,2 A, 0,3 A, dan 0.4 A selama 30 menit, beserta karbon felt yang tidak dilakukan elektrodeposisi sama sekali terhadap larutan *methyl orange*.

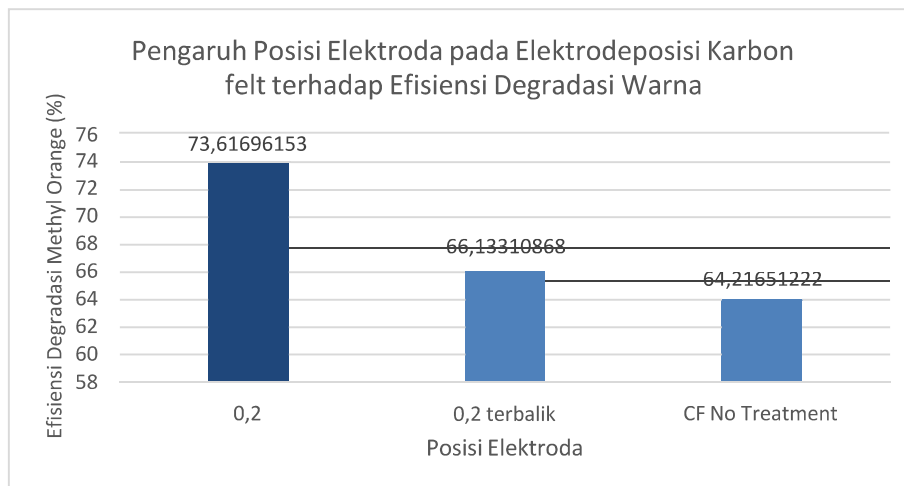
Kemudian larutan yang telah dilakukan treatment elektrofenton dilakukan analisa efisiensi penguraian atau degradasi warna dengan spektrofotometer UV-VIS di Lab Kimia Dasar, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Dengan Larutan Standar Methyl Orange didapati senilai 2,374, sebagai nilai dasar awal larutan sebelum proses elektrofenton, dan untuk nilai larutan setelah

dilakukan proses elektrofenton untuk masing-masing karbon felt dengan variasi elektrodeposisi 0,1 A, 0,2 A, 0,3 A, dan 0.4 A, selama 30 menit, juga karbon felt control (murni) dengan nilai rata-rata sebagai berikut 0.7813, 0.6263, 0.596, 0.6503, dan 0.8495. Sehingga dengan melakukan perhitungan efisiensi degradasi terhadap nilai larutan methyl orange awal didapati efisiensi degradasi warna secara berurutan pada **Gambar 4.4** dan sebagai berikut 67.0878%, 73.6169%, 74.8946%, 72.6060%, dan 64.2165%. Sehingga didapati nilai efisiensi dan efektivitas tertinggi dengan karbon felt yang telah dielektrodeposisi dengan arus 0.3 A selama 30 menit.

Hasil efisiensi degradasi limbah ini berbanding lurus dengan data elektrodeposisi massa, dimana semakin tinggi deposisi massa, didapat hasil efisiensi yang semakin tinggi juga. Hubungan ini mengkonfirmasi berpengaruhnya katalis nanopartikel  $Fe_3O_4$  pada proses elektro-fenton.

#### 4.2.2 Pengaruh Posisi Terhadap Efisiensi Elektrofenton



**Gambar 4.5** Pengaruh Posisi Elektroda pada Elektrodeposisi Karbon felt terhadap Efisiensi Degradasi Warna

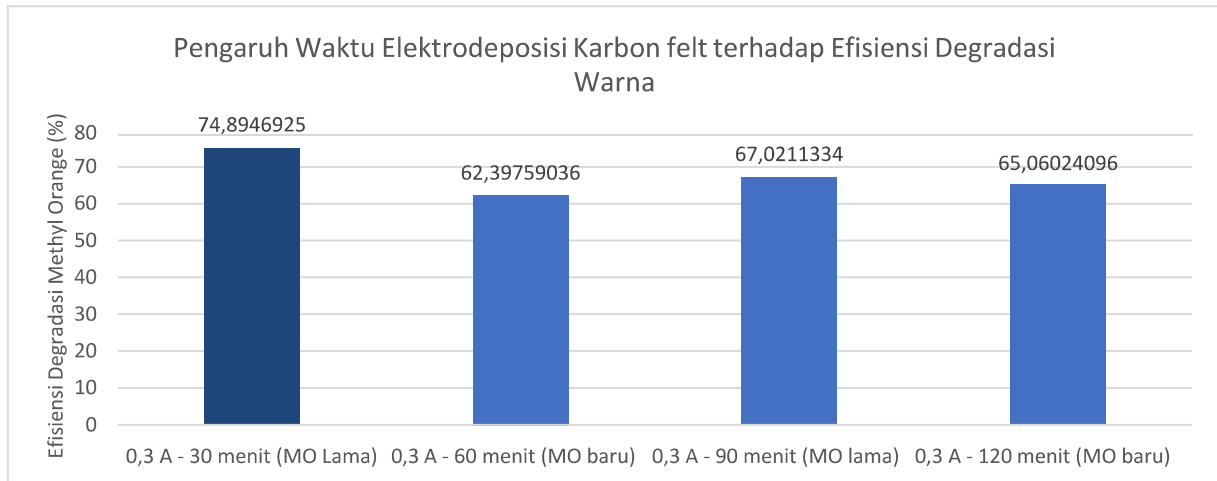
Pengaruh posisi anoda-katoda pada proses elektrodeposisi besi oksida memiliki pengaruh pada efisiensi akhir dari degradasi warna pada proses elektrofenton seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.5**, dimana peletakan

posisi anoda katoda yang sesuai untuk proses elektrolisis sangat krusial untuk arah pembentukan massa logam terdeposisi khususnya pada proses elektrodeposisi.

Posisi anoda-katoda yang sesuai untuk mendorong pembentukan deposit logam Fe pada karbon felt untuk pembuatan besi oksida berupa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah dengan batang Pt atau platina pada kutub positif (anoda), dan Karbon felt pada kutub negatif (katoda), dimana dengan konfigurasi ini, ion bermuatan akan bergerak kearah katoda yang berupa karbon felt sehingga terjadi deposit logam berupa besi oksida pada permukaan karbon felt. Sedangkan untuk posisi elektroda terbalik adalah karbon felt pada kutub positif (anoda) dan batang Pt atau platina pada kutub negatif (katoda).

Dari **Gambar 4.5** dapat diketahui bahwa efisiensi degradasi warna *methyl orange* dengan karbon felt yang dielektrodeposisi dengan arus 0,2 A, selama 30 menit dan posisi elektroda yang sesuai memiliki efisiensi sebesar 73.6169%, sedangkan untuk efisiensi dengan posisi elektroda terbalik 66.1331%, dimana terdapat perbedaan efisiensi yang cukup signifikan. Namun, diketahui juga bahwa pada karbon felt terbalik masih terdapat pembentukan besi oksida mengingat efisiensi karbon felt terbalik masih lebih besar dibandingkan efisiensi penguraian warna karbon felt kontrol (murni) sebesar 64.2165%. Nilai efisiensi ini didapat dari analisa spektrofotometri dimana nilai larutan *Methyl Orange* standar senilai 2,374, dan dengan nilai rata-rata 0.6263, 0.804, dan 0.8495 untuk larutan *Methyl Orange* setelah elektrofenton dengan karbon felt variasi 0,2 A, 0,2 A terbalik, dan kontrol (murni).

### 4.2.3 Pengaruh waktu Terhadap Efisiensi Elektrofenton



**Gambar 4.6** Pengaruh Arus Elektrodeposisi Karbon felt terhadap Efisiensi Degradasi Warna

Pada **Gambar 4.6** menunjukkan data antara waktu elektrodeposisi karbon felt pada arus 0,3 A selama 30 menit dengan efisiensi degradasi warna pada proses elektrofenton, dimana 0.3 A merupakan arus yang digunakan dengan pertimbangan hasil analisa arus elektrodeposisi dengan efisiensi degradasi warna dan massa terdeposit, yang memiliki hasil dan nilai terbaik.

Pada hasil analisa pengaruh waktu elektrodeposisi terhadap efisiensi degradasi warna ini digunakan spektrofotometer UV-VIS, dengan dua larutan standar *Methyl Orange*, dan tiga nilai standar, yaitu Larutan MO (*methyl orange* lama) pengukuran pertama untuk waktu 30 menit, Larutan MO lama pengukuran kedua untuk 90 menit, dan Larutan MO baru untuk 60 menit dan 120 menit. Dengan nilai larutan standar masing-masing secara berurutan adalah berikut 2.374, 2.476, dan 2.766.

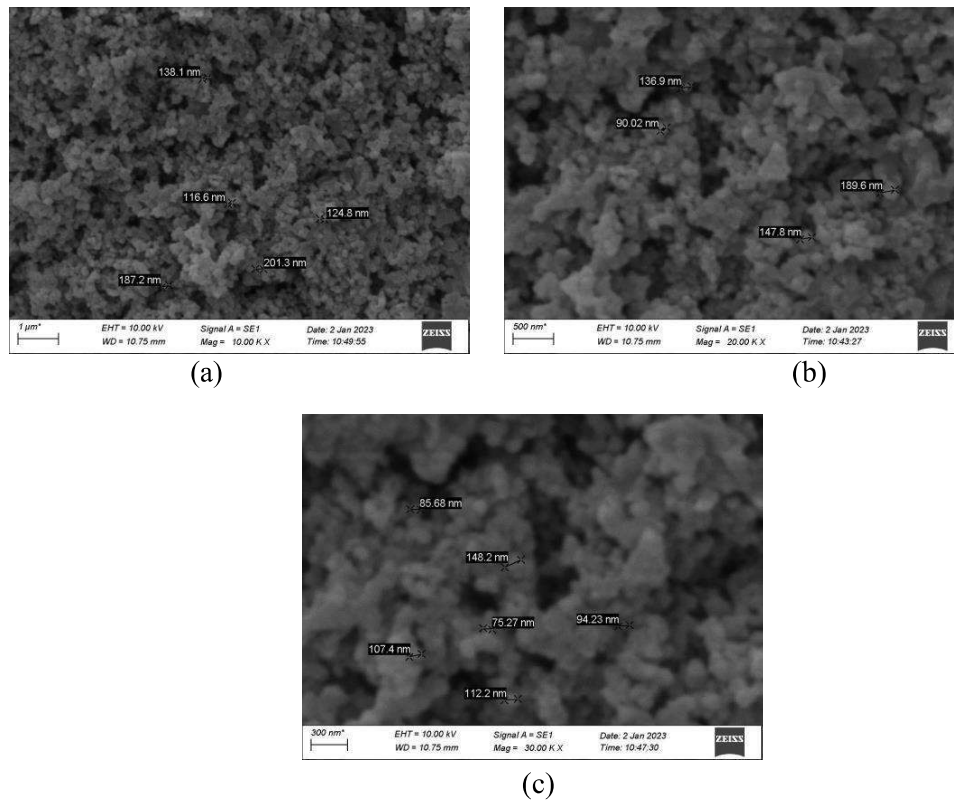
Kemudian dilakukan proses elektrofenton terhadap masing-masing larutan standar tersebut dengan karbon felt yang telah dielektrodeposisi dengan waktu 30, 60, 90, dan 120 menit pada arus 0.3 A, sehingga didapati nilai rata-rata masing larutan pasca elektrofenton berurutan sebagai berikut 0.596, 1.0403, 0.8166, dan 0.9666. Sehingga dapat diketahui nilai efisiensi degradasi warna terhadap larutan standar masing-masing secara berurutan sebagai berikut

74.8946%, 62.3975%, 67.0211%, dan 65.0602%. Sehingga dapat diketahui waktu elektrodeposisi dengan nilai efisiensi degradasi warna terbaik adalah 30 menit, dengan arus 0.3 A, sebesar 74.8946%. Hasil efisiensi degradasi yang didapat berbanding lurus dengan massa terdeposisi, dimana efisiensi degradasi waktu 30 menit sebesar 74.8946%, sesuai dengan massa waktu 30 menit yang merupakan massa tertinggi.

### 4.3 Analisa Morfologi

#### 4.3.1 SEM (Scanning Electron Microscope) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

Pada uji coba ini atau analisis menggunakan SEM terdapat tujuan untuk mengetahui serta melihat morfologi pada Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang terdeposit pada permukaan karbon felt.



**Gambar 4.7** Hasil Gambar Uji SEM (Scanning Electron Microscope) Magnetit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Terdeposit (a) Perbesaran 10.000 X (b) Perbesaran 20.000 X (c) Perbesaran 30.000 X.

Pada **Gambar 4.7** dapat diketahui beberapa hasil ukur diameter nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang terdeposit pada permukaan karbon felt untuk proses elektrodeposisi dengan arus 0.3 A, selama 30 menit. Sampel nanopartikel pada permukaan karbon felt diuji dan dilakukan fotografi di Lab Nanomaterial,

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, dengan perbesaran 10.000 X, 20.000 X, dan 30.000 X.

Dilakukan pengambilan 15 pengukuran diameter partikel, dengan rincian 5 pengukuran pada hasil foto SEM pada perbesaran 10.000 X, 4 pengukuran pada perbesaran 20.000 X, dan 6 pengukuran pada perbesaran 30.000 X. Dimana didapat 4 sampel dari 15 sampel pengukuran yang memiliki ukuran diameter partikel <100 nm yang merupakan batas atas ukuran diameter nanopartikel, dengan rincian ukuran diameter sebesar 75,27 nm, 85,68 nm, 90,02 nm, dan 94,23 nm, sehingga didapat nilai 27% sampel dari 15 sampel pengukuran yang memiliki karakteristik sebagai nanopartikel yang memiliki karakteristik ukuran 1 nm – 100 nm. Dengan 11 (73%) dari 15 sampel pengukuran memiliki ukuran diameter partikel 107,4 nm – 201,3 nm, ukuran diameter partikel ini pada dasarnya masih termasuk dalam skala nano (< 1  $\mu\text{m}$  atau < 1000 nm), namun sesuai dengan konsensus umum dunia sains bahwa batas atas ukuran diameter nanopartikel adalah 100 nm.

Dengan data yang didapat pada hasil uji dan foto SEM dari nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang terdeposit pada permukaan karbon felt diatas, maka dapat disimpulkan bahwa partikel tersebut merupakan nanopartikel atau partikel yang berukuran nano, dengan pertimbangan 27% (> 0,15% minimal persentase nanopartikel) dari 15 sampel pengukuran memiliki diameter < 100 nm dan melihat dari diameter 73 % sampel > 100 nm memiliki jangkauan ukuran partikel 107,4 nm – 201,3 nm dimana ukuran partikel tersebut masih berada dalam batas maksimal nanopartikel yaitu 1000 nm

Jika ditinjau dari segi bentuk, produk berupa nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang tersintesis pada proses elektrodposisi dengan arus 0,3 A, selama 30 menit menunjukkan morfologi semi-*spheric* dan memiliki jejak aglomerisasi ringan pada struktur nanopartikel yang terbentuk. Pada kondisi elektrodposisi ini, diperoleh rerata ukuran partikel sebesar 130,22 nm dengan 15 sampel pengukuran.