

**PENURUNAN INTENSITAS WARNA *REMAZOL RED RB 133* DALAM LIMBAH BATIK DENGAN ELEKTROKOAGULASI MENGGUNAKAN NaCl**

***A DECREASE IN THE INTENSITY OF DYE RED REMAZOL RB 133 IN BATIK WASTE WITH ELECTROCOAGULATION METHOD USING NaCl***

**Nurul Fatimah\*, Alimuddin, Rahmat Gunawan**

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman  
Jalan Barong Tongkok, Kampus Gn. Kelua, Samarinda 75123

\*E-mail: nurulfatimah2412@gmail.com

*Received: 05 February 2017, Accepted: 12 February 2018*

**ABSTRACT**

A decrease in the intensity of dye Remazol Red RB 133 in batik waste with electrocoagulation method using electrodes aluminum and stainless steel has been done. Analysis was performed using a spectrophotometer Visibel. The results showed that the optimum effect of adding NaCl at a concentration 7 g/L with degradation was 84.95% percent, optimum contact time 60 minutes with degradation was 86.36%, stronger optimum voltage 12 Volts with degradation was 94.31% and pH optimum at pH 4 with degradation was 96.86%. Electrocoagulation in optimum condition dye Remazol Red RB 133 produces an average degradation was 96.41%, and electrocoagulation of batik waste obtained an average degradation was 91.38%.

**Keywords:** *Electrocoagulation, Remazol Red RB 133, NaCl*

**PENDAHULUAN**

*Remazol red* RB 133 merupakan salah satu dari ratusan jenis pewarna yang ada. Remazol adalah polutan organik yang sulit didegradasi oleh alam sehingga merusak estetika dan meracuni biota air didalam badan air. Remazol merupakan jenis pewarna tekstil yang cukup mudah diaplikasikan di banding jenis pewarna lain seperti indigosol, naftol dan yang lain. Karena pewarna reaktif ini dapat larut dalam air.

Elektrokoagulasi merupakan salah satu teknik pengolahan limbah zat warna cair dimana melibatkan reaksi elektrolisis di dalamnya. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi dimana logam-logam akan direduksi dan diendapkan dikutub negatif, sedangkan elektroda positif akan teroksidasi yang berfungsi sebagai koagulan. [1] mengemukakan tentang pengolahan limbah tekstil menggunakan elektrokoagulasi berhasil menurunkan warna dari zat warna tekstil *Dirac Red 12 B* sebesar 94,5% dan *Dirac Black Ex* sebesar 98,3% dengan menggunakan elektroda Alumunium. Selain itu berdasarkan penelitian [2] tentang proses elektrokoagulasi yang dilakukan menggunakan elektroda alumunium dan *stainless steel* didapatkan persentase penurunan optimum dari warna dengan elektroda Alumunium 99,78% sedangkan elektroda *stainless steel* 94,76%. Dua penelitian ini menunjukkan bahwa metode

elektrokoagulasi efektif sebagai metoda dalam penurunan zat warna dalam limbah batik yang murah dan mudah.

Elektrokoagulasi dilakukan dengan penambahan elektrolit. Larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik. Dalam hal ini tersalurnya arus listrik bukan disebabkan oleh gerakan elektron di dalam larutan, melainkan oleh gerakan ion-ion dan dinamakan penghantaran elektrolitik. Dalam hal ini disertai terjadinya reaksi kimia [3]. Penelitian ini menggunakan elektrolit NaCl karena elektrolit NaCl lebih efektif, mudah didapatkan dan lebih ekonomis untuk pengolahan limbah pewarna.

Maka penelitian ini dapat dilakukan dalam uji penurunan intensitas warna *Remazol Red* RB 133 pada limbah batik dengan menggunakan proses elektrokoagulasi. Pada proses elektrokoagulasi ini digunakan elektroda Alumunium dan *stainless steel*. Dengan tahapan optimasi berdasarkan variasi konsentrasi elektrolit NaCl, lama waktu kontak, tegangan dan pH hingga diperoleh kondisi optimum dari masing-masing variasi. Selanjutnya dilakukan elektrokoagulasi *Remazol Red* dan limbah batik pada kondisi optimum.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat-alat gelas, adaptor DC, neraca analitik, *stopwatch*, penjepit tabung, gelas ukur, spatula, batang pengaduk, pipet volume, bulp, botol sampel, corong kaca, penjepit kertas, labu ukur, pipet tetes, pH universal, *beaker glass*. Untuk proses elektrokoagulasi dilakukan pada wadah aquarium yang telah di rancang berbentuk persegi dengan panjang 8 cm, lebar 8 cm dan tinggi 20 cm. Aquarium ini dibuat dari bahan kaca dan salah satu sisinya di buat dari bahan fiber. Untuk keperluan analisis, digunakan spektrofotometer visibel.

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah pewarna tekstil merah (*Remazol Red RB 133*), garam NaCl p.a, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH p.a, amplas, alumunium foil, kertas saring, aquades. Dan elektrokoagulasi dilakukan dengan menggunakan elektroda plat alumunium sebagai anoda dan plat *Stainless Steel* sebagai katoda. Ukuran plat dipilih dengan (dimensi: panjang= 20 cm, lebar= 3 cm dan tebal= 0,2 cm).

### Prosedur Penelitian

#### Preparasi elektroda

Elektroda yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi ini adalah Alumunium dan *Stainless Steel* berbentuk plat. Plat Alumunium dan *Stainless Steel* dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran-kotoran yang menempel karena dapat mengganggu proses elektrokoagulasi. Alumunium dan *Stainless Steel* dipotong dengan ukuran (dimensi: panjang= 20 cm, lebar= 3 cm dan tebal= 0,2 cm) dan sebelum digunakan setiap plat elektroda digosok dengan amplas.

#### Preparasi larutan induk pewarna tekstil merah (*Remazol Red RB 133*) 1000 ppm

Larutan induk dibuat dengan menimbang 1 gram zat warna *Remazol Red RB 133* dan dilarutkan dengan aquades dalam labu ukur 1000 mL hingga tanda batas.

#### Penentuan panjang gelombang ( $\lambda$ ) maksimum *Remazol Red RB 133*

Larutan zat warna *Remazol Red RB 100* ppm dibuat dari larutan induk *Remazol Red RB 1000* ppm, dengan cara mengencerkan sebanyak 10 mL larutan induk 1000 ppm dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas dengan aquades. Kemudian Larutan 100

ppm digunakan untuk menentukan panjang gelombang maksimum. Pengukuran absorbansi larutan pewarna tekstil diukur dengan menggunakan spektrofotometer Visibel dalam rentang panjang gelombang ( $\lambda$ ) antara 400 nm sampai 750 nm. Berdasar pada spektrum dari cahaya tampak yang terjadi pada rentang panjang gelombang tersebut. Panjang gelombang maksimum merupakan panjang gelombang yang mempunyai nilai absorbansi maksimum. Panjang gelombang maksimum yang diperoleh selanjutnya digunakan dalam pengukuran absorbansi kurva standar dan hasil elektrokoagulasi.

#### Pembuatan kurva standar

Membuat larutan seri *Remazol Red RB 133* standar dengan variasi konsentrasi, 0; 10; 20; 30; 40 dan 50 ppm. Dengan cara mengencerkan sebanyak masing-masing 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 dan 5,0 mL dalam labu ukur 10 mL. Kemudian masing-masing larutan diukur dengan Spektrofotometer Visibel pada panjang gelombang maksimum. Selanjutnya dibuat kurva standar kalibrasi konsentrasi larutan *Remazol Red RB 133* terhadap absorbansi.

#### Proses elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan menggunakan rangkaian alat elektrokoagulasi sederhana. Elektroda Alumunium dan *Stainless Steel* berbentuk plat yang disambungkan ke adaptor DC dan kabel penjepit dimasukkan kedalam aquarium sederhana yang berisi larutan yang mengandung pewarna tekstil. Volume larutan yang diolah dengan proses elektrokoagulasi sebanyak 1000 mL yang ditempatkan dalam aquarium. Sebelum dialiri arus listrik, larutan ditambahkan garam NaCl sebagai elektrolit yang berfungsi untuk meningkatkan konduktivitas larutan. Sebelum elektrokoagulasi dan sesudah elektrokoagulasi filtrat dari fase tengah dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer visibel.

#### Elektrokoagulasi *Remazol Red RB 133* dengan variasi konsentrasi elektrolit NaCl

Dibuat larutan yang mengandung pewarna tekstil merah *Remazol Red* dengan konsentrasi 100 ppm sebanyak 1000 mL, kemudian dilakukan proses elektrokoagulasi dengan variasi konsentrasi elektrolit NaCl sebesar 3 g/L; 5 g/L; 7 g/L dan 9 g/L. Dengan pH 7 (netral) pengkondisian pH dilakukan dengan penambahan NaOH 2 M atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 M, tegangan 9 volt dan lama waktu kontak 40 menit. Hasil elektrokoagulasi dianalisa dengan spektrofotometer visibel. Dan pada tahapan ini diperoleh konsentrasi

elektrolit NaCl optimum yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi selanjutnya.

#### **Elektrokoagulasi *Remazol Red* RB 133 dengan variasi waktu kontak**

Dibuat larutan yang mengandung pewarna tekstil merah *Remazol Red* dengan konsentrasi 100 ppm sebanyak 1000 mL, kemudian dilakukan proses elektrokoagulasi dengan variasi waktu kontak selama 20; 40, 60 dan 80 menit. Pengkondisian pH dilakukan dengan penambahan NaOH 2M atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M, pada pH netral. Dilakukan dengan konsentrasi elektrolit NaCl optimum dan tegangan (voltase) 9 volt. Hasil elektrokoagulasi dianalisa dengan spektrofotometer visibel. Dan pada tahapan ini diperoleh waktu kontak optimum yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi selanjutnya

#### **Elektrokoagulasi *Remazol Red* RB 133 dengan variasi tegangan (voltase)**

Dibuat larutan yang mengandung pewarna tekstil merah *Remazol Red* dengan konsentrasi 100 ppm sebanyak 1000 mL, kemudian dilakukan proses elektrokoagulasi dengan variasi tegangan 6; 9 dan 12 Volt. Pengkondisian pH dilakukan dengan penambahan NaOH 2M atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M, pada pH netral. Dilakukan dengan konsentrasi elektrolit NaCl optimum dan lama waktu kontak optimum. Hasil elektrokoagulasi dianalisa dengan spektrofotometer visible. Dan pada tahapan ini diperoleh tegangan (voltase) optimum yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi selanjutnya

#### **Elektrokoagulasi *Remazol Red* RB 133 dengan variasi pH**

Dibuat larutan yang mengandung pewarna tekstil merah *Remazol Red* dengan konsentrasi 100 ppm sebanyak 1000 mL, kemudian dilakukan proses elektrokoagulasi dengan variasi pH 2; 4; 7 dan pH 10. Pengkondisian pH dilakukan dengan penambahan NaOH 2M atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M, Dilakukan dengan konsentrasi elektrolit NaCl optimum, tegangan optimum dan lama waktu kontak optimum. Hasil elektrokoagulasi dianalisa dengan spektrofotometer visibel. Dan pada tahapan ini diperoleh pH optimum yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi selanjutnya.

#### **Elektrokoagulasi *Remazol Red* RB 133 pada kondisi optimum**

Dibuat larutan yang mengandung pewarna tekstil merah *Remazol Red* dengan konsentrasi 100 ppm sebanyak 1000 mL, kemudian dilakukan proses elektrokoagulasi dengan konsentrasi elektrolit NaCl

optimum, tegangan (voltase) optimum, pH optimum dan waktu kontak optimum. Pengkondisian pH dilakukan dengan penambahan NaOH 2M atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M. Hasil elektrokoagulasi dianalisa dengan spektrofotometer visibel. Dan pada tahapan ini diperoleh sejauh mana intensitas penurunan warna optimum dari *Remazol Red* RB 133.

#### **Aplikasi pada limbah batik**

Sampel air limbah disaring terlebih dahulu kemudian diencerkan dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dengan spektrofotometer visibel. Ini merupakan konsentrasi awal sampel air limbah tekstil. Kemudian dilakukan proses elektrokoagulasi dengan konsentrasi elektrolit NaCl optimum, tegangan (voltase) optimum, pH optimum dan waktu kontak optimum. Pengkondisian pH dilakukan dengan penambahan NaOH 2M atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 M. Hasil elektrokoagulasi dianalisa dengan spektrofotometer visibel. Dan pada tahapan ini diperoleh sejauh mana intensitas penurunan warna optimum dari *Remazol Red* RB 133 yang terkandung dalam limbah batik.

#### **Analisis data**

Data yang diperoleh dari hasil penelitian meliputi perlakuan awal pembuatan larutan induk *Remazol Red* RB 133, penentuan panjang gelombang maksimum dari *Remazol Red* RB 133, dilanjutkan pembuatan kurva kalibrasi larutan *Remazol Red* RB 133. Kemudian dilakukan penentuan konsentrasi sebelum elektrokoagulasi dan sesudah elektrokoagulasi dari setiap variasi sampel, penentuan konsentrasi dilakukan berdasarkan besar absorbansi yang didapatkan dengan analisa spektrofotometer visible. Hasil absorbansi yang didapatkan dari setiap variasi sampel disubstitusikan dalam persamaan yang telah diperoleh dari kurva standar. Selanjutnya dari konsentrasi yang telah didapatkan dari setiap variasi baik sebelum maupun sesudah elektrokoagulasi digunakan untuk mencari besar persen penyisihan, dengan rumus:

$$\% \text{ penyisihan} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \quad (1)$$

Dari besar persen penyisihan setiap variasi, akan diperoleh kondisi terbaik dengan persen penyisihan tertinggi dari setiap parameter.

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

##### **Penentuan Panjang Gelombang ( $\lambda$ ) Maksimum *Remazol Red* RB 133**

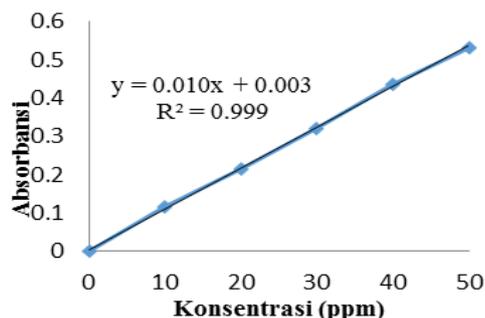
Pada tahap ini dilakukan penentuan panjang gelombang maksimum zat warna *Remazol Red* RB. Panjang gelombang maksimum menunjukkan dimana

terjadi penyerapan paling maksimal yang dapat mengeksitasi elektron-elektron oleh energi tertentu. Dari hasil spektrum absorpsi yang diperoleh terlihat bahwa puncak penyerapan paling maksimal terjadi pada panjang gelombang 518,068 nm. Panjang gelombang ini akan digunakan pada penentuan absorbansi hasil elektrokoagulasi sampel selanjutnya. Karena sampel *Remazol Red* RB 133 dapat terserap maksimum pada panjang gelombang tersebut.

### Pembuatan Kurva Standar *Remazol Red* RB 133

Dari serangkaian larutan seri dengan konsentrasi 0 ppm; 10 ppm; 20 ppm; 30 ppm; 40 ppm dan 50 ppm didapatkan suatu persamaan garis linear (persamaan regresi) yang akan digunakan untuk menentukan konsentrasi analit.

Dari kurva kalibrasi pada gambar 1 selanjutnya dapat dihitung konsentrasi larutan dengan mensubstitusikan absorbansi ke persamaan yang diperoleh dari grafik kurva kalibrasi diatas. Dimana persamaan yang didapat dari grafik kurva kalibrasi yaitu  $y=0,010x+0,003$ .



**Gambar 1.** Kurva kalibrasi standar *Remazol Red* RB 133

### Elektrokoagulasi *Remazol Red* RB 133 Dengan Variasi Elektrolit NaCl

Pada proses elektrokoagulasi dengan variasi NaCl dilakukan dengan beberapa variasi, yakni 3 g/L; 5 g/L; 7 g/L dan 9 g/L. Dari variasi yang dibuat diharapkan akan didapatkan variasi konsentrasi elektrolit NaCl terbaik yang mampu menurunkan intensitas warna pada pewarna tekstil *Remazol Red* RB 133 dengan persen penyisihan paling maksimal. Dan diperoleh hasil pada tabel 1.

**Tabel 1.** Parameter Pengaruh Konsentrasi NaCl Terhadap Penurunan Konsentrasi Zat Warna *Remazol Red* RB 133

Konsentrasi NaCl (g/L)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Penyisihan (%)
3	103	36,6	64,47
5	110	23,3	78,82
7	105	15,8	84,95
9	105	36	65,71

Dari tabel 1 menunjukkan bahwa hasil penurunan terbaik diperoleh dari variasi konsentrasi NaCl 7 g/L yakni dengan persen penurunan sebesar 84,95%. Persentase terendah terjadi pada kondisi konsentrasi penambahan elektrolit 3 g/L, yakni 64,47%. Pada penambahan elektrolit 9 g/L persentase mengalami penurunan dibanding sebelumnya menjadi 65,71%. Dengan adanya penambahan NaCl pada proses elektrokoagulasi diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses elektrokoagulasi yang dilakukan. NaCl memiliki tingkat DHL yang cukup tinggi sehingga dapat berfungsi sebagai peningkat DHL optimum yang dapat mempercepat peningkatan koloid yang menjadi flok-flok oleh ion-ion elektroda. Penambahan NaCl berfungsi sebagai elektrolit membantu proses transfer elektron yang berlangsung selama proses elektrokoagulasi menjaga daya hantar agar selalu tetap. Dengan adanya penambahan elektrolit maka kebutuhan potensial listrik untuk mencapai arus yang digunakan akan berkurang, sehingga konsumsi energi listrik juga akan berkurang. Pengaruh konsentrasi garam pada proses elektrokoagulasi sangat penting karena menentukan arus elektrolit larutan.

Namun berdasarkan hasil penelitian ini adanya penambahan NaCl, membuat reaksi yang terjadi pada unit elektrokoagulasi akan menghasilkan gelembung gas yang berwarna putih dan buih yang lebih banyak. Pada penambahan NaCl 3 g/L persentase penurunan yang rendah kemungkinan disebabkan jumlah NaCl yang ditambahkan masih belum mampu membuat Al terlarut dengan maksimal. Sedangkan pada penambahan NaCl 9 g/L berdasarkan pengamatan flok-flok yang terbentuk dipermukaan jumlahnya lebih banyak, selain itu hasil elektrokoagulasi yang dihasilkan lebih keruh dibanding penambahan NaCl 7 g/L. kemungkinan kondisi pada penambahan NaCl 9 g/L sudah mulai berlebihan atau jenuh untuk melarutkan Al menjadi  $Al^{3+}$  dengan maksimal. Sehingga polutan dan warna yang terikat semakin berkurang.

### Elektrokoagulasi *Remazol Red* RB 133 Dengan Variasi Lama Waktu Kontak

Elektrokoagulasi *Remazol Red* RB 133 dengan parameter lama waktu kontak digunakan variasi yakni, 20, 40, 60 dan 80 menit. Dan berdasarkan hasil penelitian pada variasi lama waktu kontak zat warna tekstil *Remazol Red* RB 133 diperoleh konsentrasi sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi sebagai berikut, pada tabel 2.

**Tabel 2.** Parameter pengaruh lama waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi zat warna *Remazol Red* RB 133

Lama Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Penyisihan (%)
20	108	46	57,41
40	104	36,3	65,1
60	110	15	86,36
80	99	16,4	83,43

Berdasarkan tabel 2, lama waktu kontak merupakan parameter yang sangat berpengaruh dalam proses elektrokoagulasi. Semakin lama waktu kontak maka proses penguraian dan pengendapan yang terjadi akan semakin maksimal. Dari grafik diatas terlihat bahwa persentase penyisihan tertinggi terjadi pada lama waktu kontak 60 menit dimana besar penyisihan yakni 86,36%.

Semakin lama waktu reaksi akan menyebabkan absorbansi dari limbah akan semakin menurun. Menurunnya absorbansi tersebut menunjukkan bahwa jumlah polutan dalam sampel juga berkurang karena banyaknya komponen dari sampel yang mengendap. Pada variasi waktu kontak 20 dan 40 menit besar penyisihan lebih rendah yaitu berturut-turut 57,41% dan 65,1%. Rendahnya penyisihan ini kemungkinan diakibatkan kurangnya interaksi antar ion yang terhubung oleh aliran listrik yang mengakibatkan terjadinya proses-proses kimia selama elektrokoagulasi. Hal ini dapat terjadi karena waktu kontak yang diberikan selama proses sangat singkat. Dan pada lama waktu kontak 80 menit hasil persen penyisihan kembali mengalami penurunan menjadi 83,43%. Penurunan ini tidak begitu signifikan dibandingkan persen penyisihan tertinggi pada variasi waktu kontak 60 menit. Kemungkinan penurunan ini terjadi karena kondisi waktu kontak yang telah optimum sudah tercapai pada variasi waktu 60 menit, sehingga pada variasi waktu 80 menit sudah tidak terjadi perubahan yang signifikan. Dari pengamatan selama percobaan pada elektrokoagulasi variasi waktu 80 menit dimana kondisi sampel sudah tidak terjadi banyak perubahan, keadaan endapan dan flok-flok yang dihasilkan justru mengalami ketidakstabilan. Hal ini terjadi karena radikal OH tidak terbentuk lagi pada waktu lebih dari waktu optimum, sehingga radikal OH sudah tidak maksimal dalam mengikat warna. Dari sini diperoleh kesimpulan bahwa lama waktu kontak sangat mempengaruhi proses elektrokoagulasi dalam penyisihan *remazol red* RB 133. Semakin lama waktu kontak yang diberikan, maka semakin besar pula penurunan konsentrasi dari *remazol red* RB 133 dalam sampel.

### Elektrokoagulasi *Remazol Red* RB 133 Dengan Variasi Kuat Tegangan (Voltase)

Pada tahapan ini elektrokoagulasi dilakukan dengan variasi kuat tegangan. Dimana variasi kuat tegangan yang digunakan diantaranya, 6; 9 dan 12 volt. Dan berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil variasi kuat tegangan terhadap konsentrasi zat warna tekstil *Remazol Red* RB 133 sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi disajikan pada tabel 3.

**Tabel 3.** Parameter pengaruh kuat tegangan terhadap penurunan konsentrasi zat warna *Remazol Red* RB 133

Kuat Tegangan (volt)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Penyisihan (%)
6	96	15,3	84,06
9	111	7,8	92,97
12	109	6,2	94,31

Dari tabel 3 dapat terlihat bahwa besar kuat tegangan yang diberikan selama proses elektrokoagulasi sangat mempengaruhi hasil penyisihan konsentrasi *Remazol Red* RB 133. Berdasarkan hasil penelitian persen penyisihan konsentrasi *Remazol Red* RB 133 terbaik terjadi pada kuat tegangan 12 volt atau dapat dikatakan voltase maksimal dari adaptor yang digunakan, yakni sebesar 94,31%. Sedangkan persen penyisihan terendah terjadi pada kuat tegangan 6 volt, yakni 84,06%. Pada persen penyisihan variasi 9 volt selisihnya cukup kecil jika dibandingkan persen penyisihan pada variasi voltase 12 volt yakni sebesar 92,97%. Besar kuat tegangan yang diberikan saat proses elektrokoagulasi sangat berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi *Remazol Red* RB 133. Ada kemungkinan semakin besar tegangan (voltase) yang diberikan pada saat proses elektrokoagulasi maka efisiensi penurunan warna dapat berjalan lebih baik. Hal ini dapat terjadi karena besar arus listrik yang terjadi akibat adanya beda potensial akan melewati medium (elektroda dan elektrolit) lebih cepat, sehingga penguraian  $Al^{3+}$  dan pengikatan  $OH^-$  membentuk senyawa  $Al(OH)_3$  oleh bantuan elektrolit NaCl akan berjalan lebih maksimal. Namun ada hal yang perlu diperhatikan yakni adanya batas ketahanan logam terhadap kenaikan beda potensial yang diberikan. Karena kondisi setiap logam atau elektroda yang digunakan bias saja berbeda, kenaikan beda potensial yang berlebihan bisa saja mengakibatkan kerja elektroda tidak berjalan secara optimal atau bisa mengalami kerusakan, seperti terkikis dan lain-lain.

### Elektrokoagulasi *Remazol Red* RB 133 Dengan Variasi pH

Elektrokoagulasi *Remazol Red* RB 133 dilanjutkan pada parameter pH. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui besar pengaruh kondisi pH terhadap besar efisiensi penurunan warna *Remazol Red* RB 133 pada proses elektrokoagulasi.

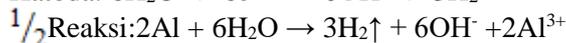
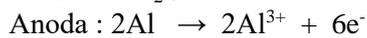
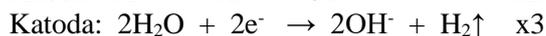
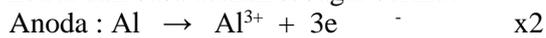
**Tabel 4.** Parameter pengaruh pH terhadap penurunan konsentrasi zat warna *Remazol Red* RB 133.

pH	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Penyisihan (%)
2	103	7,2	93,01
4	105	3,3	96,86
7	102	3,8	96,27
10	104	7	93,27

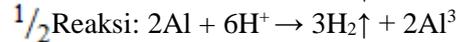
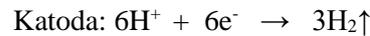
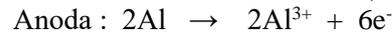
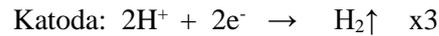
Dalam parameter ini digunakan beberapa variasi yakni, kondisi pH 2; pH 4; pH 7 dan pH 10. Kondisi ini dipilih untuk dapat mewakili kondisi asam, netral dan basa. Pengkondisian dilakukan dengan penambahan larutan NaOH dan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hingga dicapai kondisi yang diinginkan. Dan berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil variasi pH terhadap konsentrasi zat warna tekstil *Remazol Red* RB 133 sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi disajikan pada tabel 4.

Berdasarkan tabel 4, persen penyisihan konsentrasi menunjukkan semakin rendah pH yang diberikan, efisiensi penurunan warna berjalan semakin besar. Pada kondisi pH 4 atau yang lebih asam terjadi persentase penyisihan terbesar yakni 96,86%, sangat kecil selisihnya jika dibandingkan dengan penyisihan yang terjadi pada kondisi pH 7 (netral) yakni 96,27% dan pH 10 yang lebih basa besar penyisihan menurun menjadi 93,27%.

Elektrokoagulasi dapat berlangsung optimum atau minimum pada kondisi pH tertentu. Pada penelitian ini alumunium lebih mudah teroksidasi pada suasana asam dibandingkan pada suasana basa. Persamaan reaksi yang mungkin terjadi pada kondisi netral dan basa adalah sebagai berikut:



Kation menghidrolisis didalam air membentuk sebuah hidroksi dengan spesies dominan yang tergantung pada kondisi pH larutan. Dan pada kondisi asam kemungkinan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



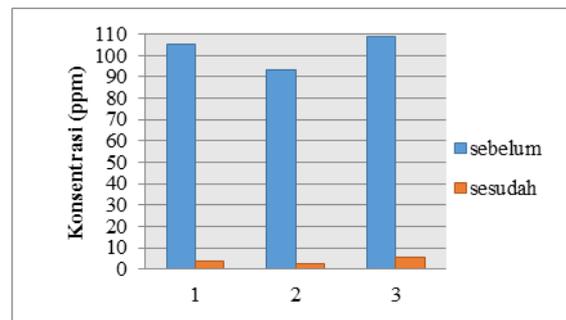
Selanjutnya Al<sup>3+</sup> yang dihasilkan pada anoda akan bereaksi dengan OH<sup>-</sup> yang dihasilkan dari katoda pada kondisi netral dan basa membentuk Al(OH)<sub>3</sub>. Dan menghasilkan gas H<sub>2</sub> dan Al<sup>3+</sup> pada kondisi asam.

Pada suasana basa yang akan terserap oleh alumunium hidroksida adalah ion-ion hidroksida, sehingga muatan endapannya negatif akibatnya sulit bagi *Remazol Red* RB 133 untuk teradsorpsi oleh alumunium hidroksida tersebut. Tingkat keasaman larutan ini juga mempunyai pengaruh terhadap kemudahan pembebasan hidrogen dan oksigen. Dari hasil yang diperoleh dapat dikatakan kondisi asam merupakan kondisi terbaik terjadinya degradasi zat warna dan senyawa organik dalam limbah dengan persentase hasil yang tinggi. Dan pada kondisi basa atau netral proses keterkurungan zat warna dan senyawa organik dapat berjalan lebih baik karena Al(OH)<sub>3</sub> yang dihasilkan lebih maksimal.

### Elektrokoagulasi *Remazol Red* RB 133 Pada Kondisi Optimum

Elektrokoagulasi selanjutnya dilakukan pada kondisi-kondisi terbaik yang telah didapatkan dari setiap parameter. Berdasarkan empat parameter yang dibuat masing-masing telah terbagi menjadi beberapa variasi. Variasi-variasi ini dibuat untuk mengetahui kondisi variasi mana yang memberikan hasil terbaik dari setiap parameter.

Diharapkan pada tahap ini terjadi persen penyisihan dan penurunan konsentrasi yang maksimal, karena dilakukan pada kondisi terbaik berdasarkan parameter yang telah dibuat. Dan hasil dari elektrokoagulasi ketiga sampel dapat dilihat pada gambar 2.

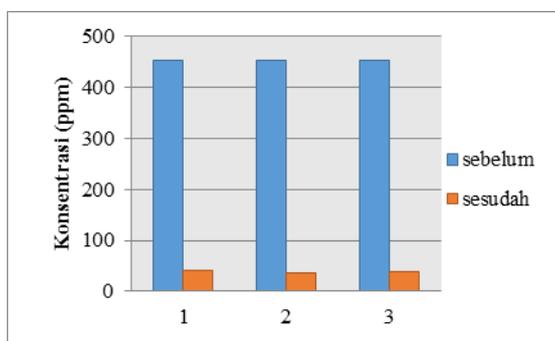


**Gambar 2.** Grafik penurunan konsentrasi pewarna tekstil *Remazol Red* RB 133

Berdasarkan grafik pada gambar 2 menunjukkan besar penurunan konsentrasi *Remazol Red RB 133* yang terjadi dari ketiga sampel cukup tinggi. Dari konsentrasi sampel sebelum elektrokoagulasi yang dari ketiga sampel berturut-turut memiliki konsentrasi sebesar 105; 93 dan 109 ppm, dapat menghasilkan konsentrasi sampel setelah elektrokoagulasi yang sangat menurun, yakni berturut-turut 3,5; 2,4 dan 5,3 ppm. Hal ini menunjukkan metode elektrokoagulasi cukup efektif digunakan dalam proses penurunan konsentrasi *Remazol Red RB 133*.

### Elektrokoagulasi Pada Limbah Batik

Sebagai pengaplikasian dilakukan tahapan terakhir dari penelitian ini. Selanjutnya elektrokoagulasi terhadap pewarna tekstil *Remazol Red RB 133* ini diaplikasikan untuk dapat menurunkan konsentrasi *Remazol Red RB 133* yang terkandung dalam air limbah batik. Limbah batik sebelumnya diukur absorbansinya untuk mengetahui konsentrasi dari air limbah tersebut. Diharapkan dari tahap ini diperoleh hasil penurunan konsentrasi yang baik pada *Remazol Red RB 133* dalam limbah batik. Dan hasilnya yang diperoleh dari proses tersebut dapat dilihat pada gambar 3.

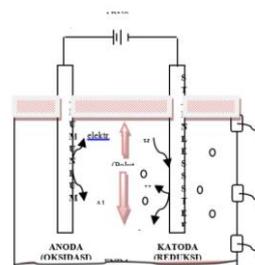


**Gambar 3.** Grafik penurunan konsentrasi pewarna tekstil *Remazol Red RB 133* dalam limbah batik

Berdasarkan grafik yang diperoleh besar penurunan konsentrasi dari ketiga sampel cukup baik. Rata-rata sampel limbah batik mengalami penurunan dari 452 ppm menjadi dibawah 50 ppm. Pada masing-masing sampel limbah batik 1; 2 dan 3 secara berurutan konsentrasi sesudah elektrokoagulasi yang didapatkan sebesar 40,8 ppm; 36,8 ppm dan 39,6 ppm. Hal ini menunjukkan metode elektrokoagulasi efektif menurunkan konsentrasi *Remazol Red RB 133* dalam limbah batik.

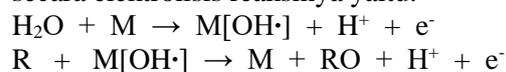
Proses elektrokoagulasi dilakukan dalam sebuah bejana elektrolisis yang didalamnya terdapat dua penghantar arus searah yakni elektroda, yang tercelup dalam larutan elektrolit. Saat arus listrik

dialirkan anoda aluminium yang positif akan mengalami oksidasi membentuk ion positif  $Al^{3+}$ . Dan bergerak ke katoda Stainless steel dan menerima elektron yang direduksi, sedangkan ion negatif akan bergerak menuju ke anoda untuk menyerahkan elektron. Pada katoda yang akan mengalami reduksi adalah air dan pada kondisi basa atau netral menghasilkan  $H_2$  dan  $OH^-$ , sedangkan pada kondisi asam menghasilkan gas  $H_2$ .



**Gambar 4.** Mekanisme elektrokoagulasi

Pada saat terjadinya proses elektrokoagulasi katoda akan membebaskan air dan hasilnya yaitu terbentuk radikal hidroksi yang kemudian akan mengoksidasi senyawa organik. Dimana senyawa organik dilambangkan dengan R akan didegradasi secara elektrolisis reaksinya yaitu:



Dan dengan adanya penambahan NaCl klorohidroksi radikal yang akan terbentuk pada permukaan anoda yang akan mengoksidasi senyawa organik reaksinya yaitu:



Dari reaksi di atas dapat dilihat bahwa berdasarkan penelitian yang telah dilakukan radikal hidroksil yang terbentuk adalah  $Al(OH)_3$  sekaligus penambahan NaCl yang membentuk NaCl klorohidroksi radikal yang mengoksidasi senyawa organik dalam limbah termasuk zat warna menjadi terpecah [4]. Maka senyawa organik dan zat warna dalam limbah yang telah terpecah akan terkandung dan terperangkap dalam  $Al(OH)_3$  sehingga lama-kelamaan akan membentuk flok yang mampu mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam limbah. Gelembung-gelembung gas yang dihasilkan pada proses elektrokoagulasi ini menyebabkan kotoran-kotoran yang terbentuk akan terangkat ke atas permukaan air. Kotoran-kotoran yang terbentuk disebut flok karena ukurannya relatif kecil. Semakin banyak kotoran yang terangkat keatas maka ukurannya akan bertambah besar. Kemudian dilakukan proses pengendapan setelah air mengalami elektrokoagulasi.

Limbah industri batik cenderung memiliki karakteristik kimia, banyak senyawa-senyawa kimia yang terkandung didalamnya. Senyawa kimia yang terlarut dalam limbah terutama senyawa pewarna merupakan limbah utama yang sangat cocok untuk diolah dengan metode elektrokoagulasi. Beberapa peneliti juga memanfaatkan metode ini untuk menurunkan angka COD pada limbah industri yang mengandung pewarna [4].

Tahapan pengolahan yang telah dilakukan dalam penelitian ini merupakan tahapan pengolahan limbah cair yang harus dilakukan secara berkelanjutan. Elektrokoagulasi merupakan metode yang mengolah limbah secara anorganik dan merubah kondisi fisik dari limbah. Secara langsung dapat dilihat dari perubahan warna yang terjadi. Namun elektrokoagulasi ini memiliki kelebihan dibanding koagulasi secara kimia dimana flok yang dihasilkan jauh lebih stabil dan mudah dipisahkan karena berasal dari oksida logam. Selain itu metode elektrokoagulasi mampu menurunkan TDS lebih baik dibanding metode lain dengan proses yang lebih ekonomis [5].

Dari hasil elektrokoagulasi yang telah dilakukan tentunya memerlukan analisa terhadap sampel cair limbah hasil elektrokoagulasi maupun *sludge* yang dihasilkan. Limbah cair hasil elektrokoagulasi memerlukan analisa secara kimia, biologi dan treatment kembali sesuai tahapannya sebelum benar-benar aman dibuang ke lingkungan. Seperti pengolahan secara biologis. Dan untuk *sludge* yang dihasilkan selanjutnya akan melewati tahapan pengolahan contohnya seperti *activated sludge*. Pengolahan ini diperlukan agar endapan atau *sludge* hasil elektrokoagulasi dapat dimanfaatkan dan melewati tahap pengolahan selanjutnya agar tidak membahayakan lingkungan. Karena indikator air limbah seperti kandungan logam, COD, BOD, TSS, TDS dan lain-lain harus benar-benar tercapai sebelum diproses kembali ke lingkungan. Untuk itu tahapan pengolahan elektrokoagulasi sebagai pengolahan limbah secara anorganik ini memerlukan

sistem pengolahan berkelanjutan untuk memenuhi standar air limbah.

## KESIMPULAN

Konsentrasi NaCl dengan persen penyisihan *Remazol Red* RB 133 terbaik 84,95% terjadi pada penambahan NaCl 7 g/L dan lama waktu kontak dengan persen penyisihan terbaik yakni sebesar 86,36% terjadi pada 60 menit elektrokoagulasi, selanjutnya parameter kuat tegangan persen penyisihan terbaik terjadi pada tegangan 12 volt sebesar 94,31%. Dan untuk pH persen penyisihan terbaik pada kondisi pH 4 yakni sebesar 96,86%.

Persentase penyisihan zat warna *Remazol Red* RB 133 pada kondisi optimum dilakukan sebanyak tiga kali elektrokoagulasi, dimana rata-rata persen penyisihan terhadap sampel sebesar 96,41%.

Persentase penyisihan zat warna *Remazol Red* RB 133 pada aplikasi limbah batik dilakukan terhadap tiga sampel, dimana rata-rata persen penyisihan terhadap sampel sebesar 91,38%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tuani, L, dkk. 2015. *Pengolahan Limbah Tekstil Menggunakan Elektrokoagulasi*. Yogyakarta: UPN "Veteran" Yogyakarta.
- [2] Mahmad, M. K. N, dkk. 2015. *Electrocoagulation Process by Using Alumunium and Stainless Steel Electrodes to Treat Total Chromium, Colour and Turbidity*. Univercity Sains Malaysia. Malaysia.
- [3] Pikir. 1989. *Kimia Dasar*. Surabaya: Penerbit Airlangga University Press.
- [4] Riyanto. 2013. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [5] Sugiharto. 2005. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI-Press.