

DEGRADASI ZAT WARNA REMAZOL YELLOW FG DAN LIMBAH TEKSTIL BUATAN DENGAN TEKNIK ELEKTROOKSIDASI

I Wayan Sapta Pratama Ariguna, Ni Made Wiratini, I Dewa Ketut Sastrawidana

Jurusan Pendidikan Kimia
Universitas Pendidikan Ganesha
Singaraja, Indonesia

e-mail: wayansaptapratamaariguna_wiliangga_idewasastra@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menentukan kondisi optimum konsentrasi larutan NaCl, waktu elektrooksidasi dan jarak antara kedua elektroda grafit pada degradasi zat warna Remazol Yellow FG dengan teknik elektrooksidasi, (2) menentukan efisiensi degradasi zat warna Remazol Yellow FG pada kondisi optimum dengan teknik elektrooksidasi, (3) menentukan efisiensi degradasi limbah tekstil buatan pada kondisi optimum dengan teknik elektrooksidasi. Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen. Subjek penelitian ini adalah zat warna tekstil Remazol Yellow FG dan limbah tekstil buatan. Obyek adalah konsentrasi zat warna Remazol Yellow FG dan absorbansi limbah tekstil buatan sebelum dan setelah degradasi pada kondisi optimum. Pengukuran konsentrasi Remazol Yellow FG dan limbah tekstil buatan setelah didegradasi dilakukan dengan menggunakan UV-VIS Shimadzu 1700 pada λ_{\max} 414 nm dan 598 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk mendegradasi Remazol Yellow FG diperoleh pada konsentrasi larutan NaCl 0,5M, waktu elektrooksidasi selama 2,25 jam dan jarak antara kedua elektroda 0,1cm dengan efisiensi degradasi sebesar 99,77%. Efisiensi degradasi limbah tekstil buatan yang dielektrooksidasi pada kondisi optimum diperoleh sebesar 99,04%

Kata kunci: efisiensi degradasi, limbah tekstil buatan, Remazol Yellow FG, teknik elektrooksidasi

Abstract

This study is aimed to (1) determine the optimum condition of NaCl concentration, the electrooxidation time and the distance between electrode to degrade Remazol Yellow FG by using electrooxidation technique, (2) determine the degradation efficiency of Remazol Yellow FG at optimum condition, (3) determine the degradation efficiency of artificial textile wastewater based on the value of absorbance at optimum condition by using electrooxidation technique. This study was an experimental research. The subjects of this study were Remazol Yellow FG and artificial textile wastewater. The objects were concentration of Remazol Yellow FG dye and absorbance of artificial textile wastewater before and after degradation at optimum condition. Concentration of Remazol Yellow FG and absorbance of artificial textile wastewater after degradation were measured by using UV-VIS Shimadzu 1700 at λ_{\max} 414 nm and 598 nm. The results showed that the optimum condition to degrade Remazol Yellow FG dye are at concentration of NaCl 0.5M, electrooxidation time of 2.25 hour and distance between electrode 0.1 cm with the efficiency of degradation is 99.77%. The efficiency of artificial textile wastewater in optimum condition is 99.04%

Keywords: artificial textile wastewater, degradation efficiency, electrooxidation technique, Remazol Yellow FG

PENDAHULUAN

Dewasa ini, industri tekstil mengalami perkembangan yang cukup pesat. Badan Pusat Statistika melaporkan, pertumbuhan industri manufaktur mikro atau kecil pada triwulan III tahun 2013 pada bidang industri tekstil mengalami peningkatan sebesar 7,12% (BPS, 2013). Hal tersebut sesuai dengan fakta yang terlihat bahwa semakin banyaknya muncul industri tekstil skala kecil menengah (IKM). Namun industri tekstil skala kecil menengah masih dikelola secara sederhana, tanpa menggunakan sistem pengolahan limbah yang memadai. Biasanya limbah-limbah hasil industri tekstil tersebut langsung dibuang ke sungai.

Pencemaran air oleh limbah pencelupan industri tekstil disebabkan oleh berbagai bahan pencemar salah satunya adalah zat warna tekstil sintetis. Dalam proses pencelupan, zat warna tekstil sintetis tidak seluruhnya terserap ke dalam pakaian. Sekitar 10-15% dari zat warna yang sudah digunakan tidak terserap ke dalam serat pakaian sehingga harus dibuang ke tempat penampungan limbah (Ferdian *et al.*, 2007).

Limbah zat warna tekstil sintetis sulit didegradasi baik secara biologis maupun kimiawi. Akibat zat warna tekstil sulit didegradasi, maka akan terjadi akumulasi/penumpukan zat warna tekstil sintetis dalam air yang dapat mengganggu kehidupan biota air. Selain itu, zat warna tersebut dapat mengganggu kesehatan, misalnya iritasi kulit, iritasi mata, dan kanker (Ferdian *et al.*, 2007). Bahkan, zat warna sintetis tersebut juga dapat menyebabkan terjadinya mutasi (Mathur *et al.*, 2005).

Zat warna tekstil sintetis yang dipakai pada umumnya adalah senyawa azo (-N=N-) yang memiliki struktur kompleks dan bersifat stabil. Karena memiliki struktur yang kompleks dan stabil maka tidak mudah luntur dan sulit didegradasi limbahnya. Beberapa contoh zat warna azo yang sering digunakan dalam industri tekstil antara lain monoazo Remazol Yellow FG (M_m $C_{18}H_{13}N_2S_4O_{12}Na_3 = 659$ g/mol, $\lambda_{max} = 414$ nm), diazo Remazol Black B (M_m

$C_{26}H_{21}N_5Na_4O_{19}S_6 = 991$ g/mol $\lambda_{max} = 594$ nm) dan poliazo Direct Black 198 (M_m $C_{45}H_{34}N_{13}Na_3O_{11}S_3 = 1098$ g/mol, $\lambda_{max} = 566$ nm). Dalam industri tekstil zat warna yang digunakan bukan hanya satu jenis, melainkan terdiri dari berbagai macam. Sehingga biasanya limbah zat warna mengandung banyak jenis zat warna.

Berbagai cara telah dilakukan untuk mengatasi limbah zat warna yaitu dengan metode adsorpsi menggunakan arang aktif, metode filtrasi, metode koagulasi dan metode ozon (Lorimer *et al.*, 2001). Kelemahan setiap metode tersebut terletak pada biaya operasional yang cukup tinggi. Metode pengolahan limbah zat warna yang menghabiskan dana operasional yang rendah adalah elektrooksidasi (Lorimer *et al.*, 2001). Prinsip elektrooksidasi adalah mengoksidasi zat warna tekstil sintetis menjadi senyawa yang lebih sederhana dalam sel elektrolitik. Lorimer *et al.* (2001) telah menggunakan metode ini untuk mengoksidasi zat warna sintetis jenis monoazo (massa molekul relatif < 300) dengan larutan elektrolit. Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan natrium klorida (NaCl). Elektroda yang digunakan dalam sel elektrolitik adalah grafit. Metode ini cocok diterapkan di industri Indonesia karena lebih ekonomis dan bahan yang digunakan yaitu garam dapur (NaCl) dan elektroda grafit mudah didapat.

Degradasi zat warna dengan elektrooksidasi memiliki beberapa keunggulan antara lain proses degradasi zat warna berlangsung cepat, dapat diterapkan pada suhu kamar dan dapat menggunakan alat serta bahan yang ekonomis. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap besarnya efisiensi ketika mendegradasi zat warna dengan metode elektrooksidasi antara lain konsentrasi elektrolit, beda potensial, waktu elektrooksidasi dan jarak antar kedua elektroda. Dalam penelitian ini elektroda yang digunakan adalah elektroda grafit karena memiliki kekuatan/ketahanan fisik yang baik pada kondisi elektrolisis biasa dan dapat digunakan dalam waktu yang lama (Widodo *et al.*, 2012). Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan NaCl. Larutan NaCl digunakan sebagai

elektrolit karena bahan NaCl mudah didapat dan keberadaan ion Cl⁻ sangat penting sebagai sumber klor aktif (Chatzisyneon *et al.*, 2006) atau sumber ion OCl⁻ yang bersifat sebagai oksidator kuat. Beda potensial yang digunakan sebesar 6 Volt. Penggunaan beda potensial 6 Volt didasarkan atas beberapa penelitian terkait yang memperoleh efisiensi diatas 80% oleh Wiratini *et al.* (2008) tentang perombakan Remazol Diazo Black 5 dengan teknik elektrooksidasi, Ratnatri (2010) tentang elektrodekolorisasi Metanil Yellow dengan elektrode besi dan karbon dan Nugroho (2013) tentang elektrodegradasi Indigosol Golden Yellow IRK. Penelitian lainnya oleh Widodo *et al.* (2008) tentang elektroremediasi perairan tercemar Remazol Black B menggunakan beda potensial sebesar 6,5V sedangkan Fadhil (2011) tentang elektrodekolorisasi limbah tekstil Direct Black menggunakan beda potensial sebesar 7V.

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian untuk (1) menentukan kondisi optimum konsentrasi larutan NaCl, waktu elektrooksidasi dan jarak antara kedua elektroda grafit pada degradasi zat warna Remazol Yellow FG dengan teknik elektrooksidasi, (2) menentukan efisiensi degradasi zat warna Remazol Yellow FG pada kondisi optimum dengan teknik elektrooksidasi, (3) menentukan efisiensi degradasi limbah tekstil buatan pada kondisi optimum dengan teknik elektrooksidasi

METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, NaCl p.a, Remazol Yellow FG, Remazol Black B dan Direct Black 198.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas kimia 500 mL, gelas kimia 250 mL, batang pengaduk, adaptor, labu ukur 1L, labu ukur 500 mL, labu ukur 250 mL, bak kaca ukuran 25 cm x 8 cm x 5 cm, kabel, elektroda grafit,

stopwatch, UV Vis 1700 Shimadzu, pipet volumetri 25 mL dan neraca analitik

Cara Kerja

Pembuatan Larutan NaCl dalam Berbagai Konsentrasi

Pembuatan larutan NaCl 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7 dan 1,0 M dilakukan dengan cara membuat larutan Stok NaCl 4M. Larutan Stok NaCl 4M dibuat dengan menimbang sebanyak 234 g serbuk NaCl kemudian dilarutkan dengan aquades hingga mencapai batas pada labu ukur 1 L. Pembuatan larutan NaCl 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7 dan 1,0M dilakukan dengan memipet sebanyak 12,5, 25,0, 37,5, 50,0, 62,5, 75,0, 87,5 dan 125,0 mL larutan stok NaCl 4M kemudian masing-masing diencerkan dengan aquades hingga mencapai batas pada labu ukur 500 mL.

Pembuatan Larutan Remazol Yellow FG Induk (200 ppm)

Remazol Yellow FG ditimbang sebanyak 100 mg dengan menggunakan neraca analitik, lalu serbuk tersebut dilarutkan dengan aquades hingga mencapai batas pada labu ukur 500 mL.

Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Remazol Yellow FG

Larutan induk dengan konsentrasi 200 ppm diencerkan menjadi beberapa konsentrasi yaitu konsentrasi 0 ppm, 1,25 ppm, 2,5 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 20 ppm. Pengenceran bertingkat digunakan untuk mengencerkan larutan tersebut. Variasi konsentrasi tersebut diukur absorbansinya pada $\lambda = 350-550$ nm

Penentuan Konsentrasi Larutan NaCl Optimum

Sebanyak 0,05 gram Remazol Yellow FG dilarutkan dengan variasi larutan NaCl 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7 dan 1,0 M hingga volume 250 mL (konsentrasi Remazol Yellow 200 ppm), jarak antar elektroda diatur sebesar 5 cm, kemudian dielektrooksidasi dengan potensial 6V selama 0,5 jam. Konsentrasi Remazol Yellow FG diukur setelah degradasi. Konsentrasi akhir Remazol Yellow FG yang terukur digunakan untuk

menghitung penurunan konsentrasi Remazol Yellow FG dengan cara mengurangkan konsentrasi awal Remazol Yellow FG dengan konsentrasi akhirnya. Konsentrasi larutan NaCl optimum ditentukan dari variasi konsentrasi NaCl yang menghasilkan efisiensi degradasi atau penurunan konsentrasi Remazol Yellow FG yang paling tinggi.

Penentuan Waktu Elektrooksidasi Optimum

Sebanyak 0,05 gram Remazol Yellow FG dilarutkan dengan larutan NaCl konsentrasi optimum hingga volume 250 mL (konsentrasi Remazol Yellow 200 ppm), jarak antar elektroda diatur sebesar 5 cm, kemudian dielektrooksidasi dengan potensial 6V selama variasi waktu 0,50, 0,75, 1,00, 1,25, 1,50, 1,75, 2,00, 2,25 dan 2,50 jam. Konsentrasi Remazol Yellow FG diukur setelah degradasi. Konsentrasi akhir Remazol Yellow FG yang terukur digunakan untuk menghitung penurunan konsentrasi Remazol Yellow FG dengan cara mengurangkan konsentrasi awal Remazol Yellow FG dengan konsentrasi akhirnya. Waktu elektrooksidasi optimum ditentukan dari variasi waktu elektrooksidasi yang menghasilkan efisiensi degradasi atau penurunan konsentrasi Remazol Yellow FG yang paling tinggi.

Penentuan Jarak Antara Kedua Elektroda Optimum

Sebanyak 0,05 gram Remazol Yellow FG dilarutkan dengan larutan NaCl konsentrasi optimum hingga volume 250 mL (konsentrasi Remazol Yellow 200 ppm), jarak antara kedua elektroda divariasikan 0,1, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0 dan 5,0 cm, kemudian dielektrooksidasi dengan potensial 6V selama waktu elektrooksidasi optimum. Konsentrasi Remazol Yellow FG diukur setelah degradasi. Konsentrasi akhir Remazol Yellow FG yang terukur digunakan untuk menghitung penurunan konsentrasi Remazol Yellow FG dengan cara mengurangkan konsentrasi awal Remazol Yellow FG dengan konsentrasi akhirnya. Jarak antara kedua elektroda optimum ditentukan dari jarak antara

kedua elektroda yang menghasilkan efisiensi degradasi atau penurunan konsentrasi Remazol Yellow FG yang paling tinggi.

Penentuan Efisiensi Degradasi Remazol Yellow FG pada Kondisi Optimum

Efisiensi degradasi Remazol Yellow FG pada kondisi optimum ditentukan dengan memanfaatkan data pengurangan konsentrasi Remazol Yellow FG pada jarak antara kedua elektroda optimum. Pengurangan konsentrasi Remazol Yellow FG tersebut dibandingkan dengan konsentrasi awal Remazol Yellow FG untuk mencari nilai efisiensinya.

Penentuan Efisiensi Degradasi Limbah Tekstil Buatan pada Kondisi Optimum

Sebanyak 0,011994 gram zat warna monoazo Remazol Yellow FG, 0,018036 gram zat warna diazo Remazol Black B, dan 0,019984 gram zat warna polyazo Direct Black 198 dilarutkan dengan larutan NaCl konsentrasi optimum hingga volume 250 mL (konsentrasi campuran 200,056 ppm). Limbah tekstil buatan ditentukan λ_{\max} nya. Limbah tekstil buatan tersebut diukur absorbansi sebelum dan setelah didegradasi pada λ_{\max} 598 nm selama waktu elektrooksidasi optimum dan pada jarak antara kedua elektroda optimum. Pengurangan absorbansi limbah tekstil buatan tersebut dibandingkan dengan absorbansi awal limbah tekstil buatan untuk mencari nilai efisiensinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

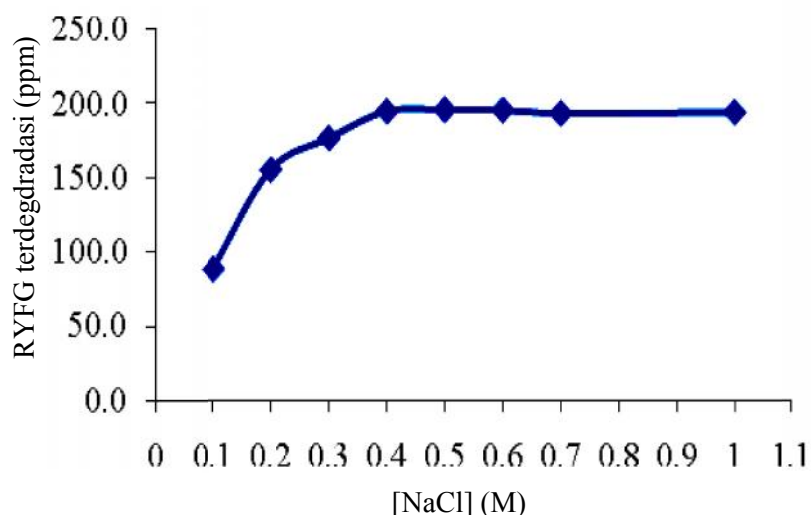
Penentuan Konsentrasi NaCl optimum dilakukan pada beda potensial 6V, konsentrasi zat warna Remazol Yellow FG awal 200 ppm, dengan jarak antara kedua elektroda sebesar 5 cm, selama waktu elektrooksidasi 30 menit pada variasi konsentrasi NaCl. Data selengkapnya disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Efisiensi Degradasi Zat Warna Remazol Yellow FG (RYFG) pada Variasi Konsentrasi Larutan NaCl

[NaCl] (M)	[RYFG] akhir (ppm)	RYFG terdegradasi (ppm)	Efisiensi (%)
0,1	112,098	87,902	43,95
0,2	44,965	155,035	77,52
0,3	23,636	176,364	88,12
0,4	5,455	194,545	97,27
0,5	4,406	195,594	97,79
0,6	4,755	195,245	97,62
0,7	6,853	193,147	96,57
1,0	6,154	193,846	96,92

Berdasarkan tabel 1 kecenderungan efisiensi degradasi zat warna Remazol Yellow FG dari konsentrasi NaCl 0,1-0,5M adalah semakin meningkat, kemudian dari konsentrasi NaCl 0,6-1,0M efisiensi degradasi cenderung menurun. Konsentrasi NaCl optimum dalam

mendegradasi Remazol Yellow FG dengan teknik elektrooksidasi adalah larutan NaCl 0,5M dengan efisiensi degradasi sebesar 97,79%. Kurva hubungan Remazol Yellow FG terdegradasi dengan konsentrasi larutan NaCl disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Hubungan antara Remazol Yellow FG (RYFG) terdegradasi dengan Konsentrasi Larutan Elektrolit NaCl

Berdasarkan gambar 1 kecenderungan zat warna Remazol Yellow FG terdegradasi dari konsentrasi NaCl 0,1-0,5M adalah semakin meningkat, kemudian dari konsentrasi NaCl 0,6-1,0M cenderung menurun.

Penentuan waktu elektrooksidasi optimum dilakukan pada beda potensial

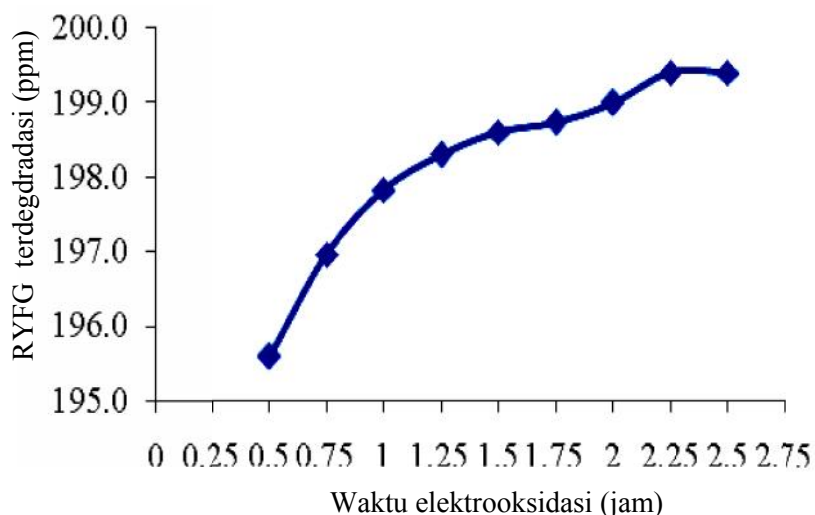
6V, konsentrasi zat warna Remazol Yellow FG awal 200 ppm, dengan jarak antara kedua elektroda sebesar 5 cm, pada konsentrasi NaCl optimum (0,5M) dan selama waktu elektrooksidasi yang divariasikan. Data selengkapnya disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Efisiensi Degradasi Zat Warna Remazol Yellow FG (RYFG) pada Variasi Waktu Elektrooksidasi

t (jam)	[RYFG] akhir (ppm)	RYFG terdegradasi (ppm)	Efisiensi (%)
0,50	4,406	195,594	97,79
0,75	3,035	196,965	98,48
1,00	2,161	197,839	98,92
1,25	1,689	198,311	99,16
1,50	1,392	198,608	99,30
1,75	1,252	198,748	99,37
2,00	0,989	199,011	99,50
2,25	0,587	199,413	99,70
2,50	0,587	199,413	99,70

Berdasarkan tabel 2 kecenderungan efisiensi degradasi zat warna Remazol Yellow FG dari waktu elektrooksidasi 0,50-2,25 jam adalah semakin meningkat, kemudian dari 2,25-2,50 jam efisiensi degradasi cenderung konstan. Waktu elektrooksidasi yang optimum dalam

mendegradasi Remazol Yellow FG dengan teknik elektrooksidasi adalah selama 2,25 jam dengan efisiensi degradasi sebesar 99,70%. Kurva hubungan Remazol Yellow FG terdegradasi dengan waktu elektrooksidasi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Hubungan antara Remazol Yellow FG (RYFG) terdegradasi dengan Waktu Elektrooksidasi

Berdasarkan gambar 2 kecenderungan zat warna Remazol Yellow FG terdegradasi dari waktu elektrooksidasi 0,50-2,25 jam adalah semakin meningkat, kemudian dari 2,25-2,50 jam cenderung konstan.

Penentuan jarak elektrode optimum dilakukan pada beda potensial 6V, konsentrasi zat warna Remazol Yellow FG

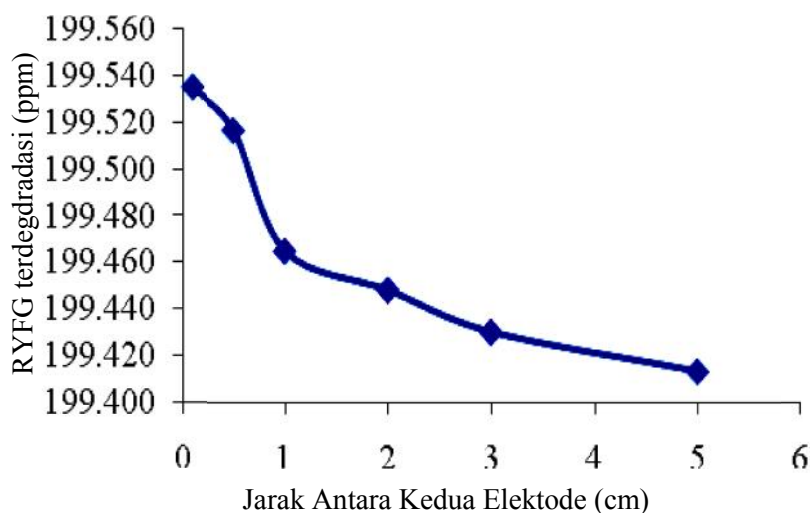
awal 200 ppm, pada konsentrasi NaCl optimum (0,5M), selama waktu elektrooksidasi optimum (2,25 jam) dan dengan jarak antara kedua elektroda yang divariasikan. Data selengkapnya disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Efisiensi Degradasi Zat Warna Remazol Yellow FG (RYFG) pada Variasi Jarak Antara Kedua Elektroda

r (cm)	[RYFG] akhir (ppm)	RYFG terdegradasi (ppm)	Efisiensi (%)
5,0	0,587	199,413	99,70
3,0	0,570	199,430	99,72
2,0	0,552	199,448	99,73
1,0	0,535	199,465	99,74
0,5	0,483	199,517	99,76
0,1	0,465	199,535	99,77

Berdasarkan tabel 3 kecenderungan efisiensi degradasi zat warna Remazol Yellow FG dari jarak antara kedua elektrode 5,0-0,1 cm adalah semakin meningkat. Jarak antara kedua elektroda yang optimum dalam mendegradasi

Remazol Yellow FG adalah 0,1 cm dengan efisiensi degradasi 99,77%. Kurva hubungan Remazol Yellow FG terdegradasi dengan jarak antar kedua elektrode disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Hubungan antara Remazol Yellow FG (RYFG) terdegradasi dengan Jarak antara Kedua Elektroda

Berdasarkan gambar 3 kecenderungan zat warna Remazol Yellow FG terdegradasi dari jarak antara kedua elektrode 5,0-0,1 cm adalah semakin meningkat.

Efisiensi degradasi limbah tekstil buatan dengan teknik elektrooksidasi pada kondisi optimum dilakukan dengan

mendegradasi limbah tekstil buatan pada beda potensial 6V, dalam konsentrasi NaCl optimum (0,5M), pada jarak antar kedua elektroda optimum (0,1cm) selama waktu elektrooksidasi optimum (2,25 jam). Data selengkapnya disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Efisiensi Degradasi Limbah Tekstil Buatan pada Kondisi Optimum

Konsentrasi Limbah Tekstil Buatan (ppm)	Absorbansi Sebelum Degradasi	Absorbansi Setelah Degradasi	Efisiensi Degradasi (%)
200,056	0,7255	0,0070	99,04

Pembahasan

Larutan NaCl sangat penting dalam degradasi zat warna tekstil dengan teknik elektrooksidasi. Larutan NaCl berperan

sebagai sumber klor aktif (Chatzisyneon *et al.*, 2006) atau sumber ion OCl^- yang bersifat oksidator. Penelitian Rocha *et al.* (2011) tentang elektrodekolorisasi

pewarna tekstil dengan keberadaan NaCl menunjukkan bahwa kehadiran ion Cl^- sangat berperan besar dalam proses degradasi zat warna untuk mencapai efisiensi hingga 95%.

Konsentrasi larutan NaCl optimum untuk mendegradasi zat warna Remazol Yellow FG adalah 0,5M, karena menghasilkan efisiensi degradasi tertinggi yaitu 97,79%. Konsentrasi larutan NaCl dari 0,1 – 0,5M berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi Remazol Yellow FG setelah terdegradasi dan peningkatan efisiensi degradasi dengan teknik elektrooksidasi sesuai dengan hukum Faraday I. Semakin besar konsentrasi larutan elektrolit NaCl yang digunakan dalam sel elektrolisis, maka semakin banyak jumlah ion Cl^- yang akan teroksidasi menghasilkan gas Cl_2 . Semakin banyak timbul gas Cl_2 yang dapat bereaksi dengan ion OH^- yang dihasilkan pada katode, maka semakin banyak terbentuk ion OCl^- yang mendegradasi Remazol Yellow FG sehingga warna kuning semakin memudar. Konsentrasi larutan NaCl 0,6 – 1,0M terjadi penurunan konsentrasi Remazol Yellow FG dan peningkatan efisiensi degradasi yang tidak teratur (cenderung konstan). Hal tersebut dikarenakan konsentrasi larutan NaCl yang semakin tinggi menyebabkan gaya tarik antar ion dalam larutan semakin kuat. Adanya atmosfer ion tersebut menyebabkan gerakan ion OCl^- yang terbentuk untuk mendegradasi Remazol Yellow FG dihambat oleh ion-ion Na^+ dan Cl^- disekitarnya. Akibat hambatan ion-ion Na^+ dan Cl^- tersebut maka proses degradasi menjadi kurang optimum.

Hasil penelitian konsentrasi optimum ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Lorimer (2001) tentang pengaruh konsentrasi larutan elektrolit NaCl terhadap penurunan konsentrasi zat warna Sandolan Yellow melalui elektrooksidasi dan penelitian yang dilakukan oleh Nugroho (2013) tentang elektrodagradasi Indigosol Golden Yellow IRK dalam limbah batik dengan elektroda grafit menggunakan elektrolit NaCl, yaitu konsentrasi NaCl optimum yang didapat adalah NaCl 0,5M dengan penurunan

konsentrasi zat warna berturut-turut sebesar 99% dan 90%.

Setelah penentuan konsentrasi larutan NaCl optimum, selanjutnya dilakukan penentuan waktu elektrooksidasi optimum pada konsentrasi zat warna Remazol Yellow FG awal 200 ppm, beda potensial 6V, jarak kedua elektrode 5 cm dan konsentrasi larutan NaCl optimum sebesar 0,5M. Penentuan waktu elektrooksidasi optimum ini dilakukan untuk menentukan waktu yang digunakan dalam mendegradasi zat warna Remazol Yellow FG dan meminimalisir pemakaian energi listrik yang tidak perlu.

Waktu elektrooksidasi optimum yang diperoleh adalah selama 2,25 jam karena menghasilkan efisiensi degradasi tertinggi sebesar 99,70% dibandingkan rentang waktu 0,5 – 2,0 jam. Degradasi Remazol Yellow FG berbanding lurus dengan rentang waktu elektrooksidasi 0,5 – 2,25 jam sesuai hukum Faraday I. Semakin lama waktu elektrooksidasi yang diberikan, maka semakin banyak gas Cl_2 yang terbentuk. Semakin banyak terbentuk gas Cl_2 , maka semakin banyak terbentuk ion ClO^- yang mendegradasi zat warna Remazol Yellow FG. Jika dibandingkan dengan waktu elektrooksidasi selama 2,50 jam, waktu elektrooksidasi selama 2,25 jam menunjukkan penurunan konsentrasi Remazol Yellow FG yang sama. Hal tersebut dikarenakan konsentrasi ion Cl^- yang tersisa sangat sedikit yang dibuktikan dengan sedikitnya timbul gelembung gas Cl_2 pada anoda. Semakin sedikitnya timbul gelembung gas Cl_2 akan menyebabkan semakin sedikitnya terbentuk ion OCl^- , karena sedikit gas Cl_2 yang bereaksi dengan ion OH^- . Hal tersebut juga diakibatkan karena jarak antara kedua elektrode cukup jauh sehingga makin sedikit kemungkinan gas Cl_2 yang terbentuk di anoda bereaksi dengan ion OH^- yang terbentuk di katoda.

Hasil penelitian waktu elektrooksidasi optimum ini tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Widodo *et al.* (2008) tentang elektroremediasi perairan tercemar Remazol Black B, Nirmasari *et al.* (2010) tentang elektrodokolorisasi zat warna

Remazol Black B dan Nugroho (2013) tentang elektrodegradasi Indigosol Golden Yellow IRK dalam sel elektrolisis selama 2,0 jam dengan efisiensi degradasi zat warna berturut-turut sebesar 97,09%, 99,64% dan 90%.

Setelah penentuan waktu elektrooksidasi optimum, dilanjutkan dengan penentuan jarak kedua elektrode optimum pada konsentrasi awal zat warna Remazol Yellow FG 200 ppm, beda potensial 6V, konsentrasi larutan NaCl optimum sebesar 0,5M selama waktu elektrooksidasi optimum yaitu 2,25 jam. Penentuan jarak elektrode optimum ini dilakukan karena jarak antara kedua elektroda akan mempengaruhi jumlah kuat arus listrik yang dapat dibawa oleh kation dan anion. Selain mempengaruhi jumlah kuat arus listrik yang dapat dibawa oleh ion-ion, jarak antara kedua elektroda ini akan mempengaruhi pembentukan ion ClO^- karena jika jarak terbentuknya gas Cl_2 (hasil oksidasi ion Cl^- di anoda) dengan ion OH^- (hasil reduksi H_2O di katoda) semakin dekat maka kemungkinan terjadinya tumbukan antaran gas Cl_2 dan ion OH^- makin besar, sehingga kemungkinan terbentuknya ion ClO^- akan semakin besar.

Jarak antara kedua elektroda optimum yang diperoleh adalah 0,1 cm karena menghasilkan efisiensi degradasi tertinggi yaitu sebesar 99,77%. Jarak 0,1 cm ini merupakan jarak antara kedua elektroda terkecil. Peningkatan efisiensi degradasi zat warna Remazol Yellow FG dengan teknik elektrooksidasi berbanding lurus dengan semakin kecilnya jarak antara kedua elektroda grafit yang digunakan. Hal tersebut dikarenakan makin dekat jarak kedua elektroda maka makin besar jumlah arus yang dibawa oleh masing-masing ion dalam sel elektrolisis, sehingga proses redoks menjadi semakin optimal. Ketika jumlah ion Cl^- semakin sedikit yang ditandai dengan makin sedikitnya timbul gelembung gas di anoda, dengan jarak kedua elektroda yang makin dekat akan memperbesar kemungkinan tumbukan antara gas Cl_2 dengan ion OH^- sehingga kemungkinan rekasi pembentukan ion ClO^- menjadi semakin besar. Hal tersebut terbukti dengan makin

besarnya penurunan konsentrasi zat warna Remazol Yellow FG atau makin meningkatnya efisiensi degradasi, ketika jarak antara elektroda tersebut diperkecil.

Hasil penelitian jarak antara kedua elektroda optimum ini tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Suyata & Kurniasih (2012) tentang degradasi zat warna Kongo merah limbah cair industri dengan metode dekolorisasi H_2O_2 pada jarak antara kedua elektroda sebesar 1 cm dengan efisiensi degradasi sebesar 99,83%.

Setelah didapatkan kondisi optimum degradasi zat warna Remazol Yellow FG dengan teknik elektrooksidasi yaitu konsentrasi larutan NaCl sebesar 0,5M, waktu elektrooksidasi selama 2,25 jam dan jarak antara kedua elektroda yang optimum sebesar 0,1cm dengan efisiensi degradasi sebesar 99,77% maka dilanjutkan dengan penentuan degradasi limbah tekstil buatan. Campuran zat warna azo yang digunakan dalam limbah tekstil buatan ini adalah monoazo Remazol Yellow FG, diazo Remazol Black B dan Polyazo Direct Black 198. Ketiga zat warna tersebut dipilih berdasarkan informasi dari beberapa pelaku industri tekstil yang menyatakan bahwa zat warna tersebut sering digunakan dalam industri-industri tekstil. Masing-masing zat warna azo tersebut dicampur hingga membentuk konsentrasi 200 ppm dan masing-masing zat warna memiliki jumlah mol yang sama. Campuran zat warna tersebut berwarna hitam. Penentuan efisiensi degradasi limbah tekstil buatan pada kondisi optimum ini dilakukan karena dalam industri tekstil, zat warna yang digunakan tidak hanya satu jenis zat warna melainkan berbagai macam jenis zat warna. Senyawa-senyawa zat warna tersebut bisa berupa monoazo, diazo bahkan polyazo.

Degradasi limbah tekstil buatan menunjukkan efisiensi degradasi yang sangat baik yaitu sebesar 99,04%. Perubahan sangat jelas terlihat pada warna limbah tekstil buatan sebelum dan setelah degradasi. Sebelum degradasi limbah tekstil buatan berwarna hitam pekat, sedangkan setelah degradasi warna limbah tekstil buatan menjadi

sedikit kuning bening. Berdasarkan efisiensi degradasi yang didapatkan diatas 90% dan pengamatan setelah proses degradasi, maka kondisi optimum degradasi Remazol Yellow FG pada beda potensial 6V dapat diterapkan pada degradasi limbah tekstil buatan. Kondisi optimum degradasi zat warna Remazol Yellow FG dapat diterapkan pada degradasi limbah tekstil buatan campuran zat warna azo (monoazo Remazol Yellow FG, diazo Remazol Black B dan poliazo Direct Black 198) dikarenakan sifat dari ion OCI^- yang bersifat sebagai oksidator kuat.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dipaparkan maka dapat disimpulkan bahwa (1) kondisi optimum degradasi Remazol Yellow FG dengan teknik elektrooksidasi berlangsung pada konsentrasi larutan NaCl 0,5M, waktu elektrooksidasi selama 2,25 jam dan jarak antara kedua elektroda grafit sebesar 0,1 cm, (2) efisiensi degradasi Remazol Yellow FG pada kondisi optimum pada penelitian ini diperoleh sebesar 99,77%, (3) efisiensi degradasi limbah tekstil buatan pada penelitian ini diperoleh sebesar 99,04%.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah (1) teknik elektrooksidasi dengan larutan NaCl dan elektroda grafit baik digunakan dalam degradasi zat warna azo, sehingga perlu diujicobakan untuk pengolahan air limbah tekstil skala besar (2) perlu dilakukan analisis kualitas dan toksisitas hasil pengolahan limbah tekstil dengan teknik elektrooksidasi untuk menilai keamanan hasil proses terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Chatzisyneon, E., Xekoukoulotakis, N.P., Coz, A., Kalogerakis, N. & Mantzavinos, D. 2006. Electrochemical Treatment of Textile Dyes and Dyehouse Effluents. *Journal of Hazardous Materials*, B137 : 998-1007

Fadhil, B.H. & Ghalib, A.M. 2011. Electrochemical Decolorization Of Direct Black Textile Dye Wastewater. *Journal of Engineering*, Number 3, Volume 17 : 441-447

Ferdian, T.A., Christian, H., Suwito, E., Setiadi, T. & Suhardi, S.H. 2007. *Kemampuan Pengolahan Warna Limbah Tekstil oleh Berbagai Jenis Fungi dalam Suatu Bioreaktor*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia, ITS Surabaya, 15 November 2007

Lorimer, J.P., Mason, T.J., Plattes, M., Phull, S.S. & Walton D.J. 2001. Degradation Of Dye Effluent. *Pure Appl.Chem.*, Vol. 73 : 1957-1968

Mathur, N., Bhatnagar, P. & Bakre, P. 2005. Assessing Mutagenicity of Textile Dyes From Pali (Rajasthan) Using Ames Bioassay. *Applied Ecology and Environmental research*, Volume 4 : 111-118

Nirmasari, A.D., Widodo, D.S. & Haris, A. 2010. *Pengaruh pH terhadap Elektrodekolorisasi Zat Warna Remazol Black B dengan Elektroda PbO_2* . Laporan Penelitian tidak diterbitkan. Semarang : Jurusan Kimia, FMIPA Undip

Nugroho, S. 2013. *Elektrodegradasi Indigosol Golden Yellow IRK dalam Limbah Batik dengan Elektroda Grafit*. Skripsi tidak diterbitkan. Semarang : Jurusan Kimia, FMIPA UNNES.

Ratnatri, B.C.L. 2007. *Pengaruh pH dan Penambahan Amonium Hidroksida terhadap Elektrodekolorisasi Metanil Yellow Menggunakan Elektroda Karbon dan Besi*. Skripsi tidak diterbitkan. Semarang : Jurusan Kimia, FMIPA Undip.

Rocha, J.H.B., Fernandes, N.S., Souza, K.T., Silva, D.R., Quiroz, M.A. & Huitle C.A.M. 2011. Electrochemical Decolourization Process of Textile Dye in the Presence of NaCl at Boron Doped Diamond Electrode.

- Sustain. Environ. Res.*, 21(5) : 291-298
- Suyata & Kurniasih, M. 2010. Degradasi Zat Warna Kongo Merah Limbah Cair Industri Tekstil di Kabupaten Pekalongan Menggunakan Metode Elektrokolorisasi. *Molekul*, Volume 7 : 53-60
- Widodo, D.S., Gunawan, W.A. & Kristanto. 2008. Elektromediasi Perairan Tercemar: 2. Penggunaan Grafit pada Elektrokolorisasi Larutan Remazol Black B. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, XI, No. 3 : 88-93
- Widodo, D.S., Gunawan, W.A. & Kristanto. 2012. *Elektromediasi Perairan Tercemar : Penggunaan Grafit Pada Elektrokolorisasi Larutan Remazol Black B*. Laporan Penelitian tidak diterbitkan. Semarang: FMIPA Undip
- Wiratini, Ni Md, Suja, I W. & Lasia, I Kt. 2008. *Perombakan Remazol Black 5 dengan Teknik Elektroklorisasi Larutan NaCl*. Laporan Penelitian tidak diterbitkan. Singaraja : Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA UNDIKSHA