

OPTIMASI pH DAN HIDROGEN PEROKSIDA PADA PROSES ELEKTRODEKOLORISASI RODAMIN B

Siti Fatimah¹⁾, Suyata²⁾, Tien Setyaningtyas³⁾

¹Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Surakarta
email: sf120@ums.ac.id

^{2,3}Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman
email: -

Abstract

Research on electrodecolorization of dye rhodamine B has done. The dye rodamin B is one kind of various components in the liquid waste textiles, especially in the dyeing process, Use of the dye rodamin B reaches approximately 60% to 70% and 10% to 15 % lost in the dyeing process. The aim of this study is to provide an alternative method for dealing with liquid wastewater. The method in this study is experimentally to test the qualitative and quantitative test. This study used an electrolysis process in which iron is used as a carbon anode and cathode. Iron anode electrolysis cells will form a metal hydroxide that acts as a coagulant so that the dye can be exempt from a mixture of origin. The first step in this research was to determine the optimum time and the optimum voltage. Conditions that shew the greatest percentage decolorization used in this study. Voltage used is 12V while the optimum use of time is 5 minutes. The results showed that at pH 3, 4, and 6 percentage decolorization relatively close to 100% than at pH 9 and 10. This indicates that the maximum decolorization percentage acidic conditions, because the atmosphere in the case of acid neutralization negative charge of hydroxide ions by hydrogen ions so as to assist the binding molecule H_2O_2 rodamin B. In addition to the concentration of 300 mg / L occur decolorization greater than without the addition of H_2O_2

Keywords: *Electrodecolorization, Rhodamin B, electrolysis Hydrogen peroxide*

1. PENDAHULUAN

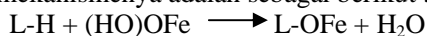
Industri tekstil merupakan salah satu sumber utama pencemaran yang menghasilkan limbah zat warna dengan konsentrasi tinggi. Menurut Robinson (2001) melaporkan hasil penelitian Meyer (1981) dan Zollinger (1987) bahwa terdapat hampir 100.000 jenis zat dengan lebih dari 7×10^5 ton limbah cair zat warna yang dihasilkan pada proses pewarnaan pakaian. Zat warna yang paling banyak digunakan adalah zat warna rodamin B. Penggunaan zat warna rodamin B mencapai sekitar 60%-70% dan 10%-15% hilang dalam proses pewarnaan (Pala *et al.*, 2013).

Zat warna rodamin B digunakan secara luas pada industri tekstil dan menjadi perhatian besar dalam proses

pengolahan limbah karena warnanya yang sulit diuraikan sehingga dapat mencemari lingkungan. Sifatnya yang sulit terdegradasi (*recalcitrant*) dan toksisitasnya terhadap manusia yang tinggi (Yoo, 2000). Dekolorisasi zat warna rodamin B dengan proses elektrolisis menggunakan anoda besi merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan ini.

Riset mengenai elektrodekolorisasi dengan menggunakan anoda besi telah banyak dilakukan seperti dekolourisasi brom timol biru (Ibanez, et al., 1998), fenoltalein oleh Kristanto dan Rahmanto (2000), metal orange oleh Famila dan Rahmanto (2000). Sel elektrolisis beranoda besi dapat digunakan untuk mendemonstrasikan dekolourisasi larutan timol biru (Ibanez et al., 1998). Hidroksida

logam yang terbentuk melalui elektrolisis dapat bertindak sebagai koagulan yang dapat mengikat brom timol biru, sehingga zat warna tersebut dapat dibebaskan dari campuran asamnya. Pengikatan ini terjadi secara kovalen dengan mengasumsikan bahwa zat warna tersebut bertindak sebagai ligan (L). Adapun mekanismenya adalah sebagai berikut :



Keberhasilan Ibanez et al., (1998) tersebut kemudian penulis kembangkan untuk melakukan dekolonisasi zat warna rodamin B. Zat warna rodamin B ini diharapkan dapat terikat pada koagulan besi hidroksida sebagai hasil elektrolisis. Hal-hal yang dapat mempengaruhi proses terbentuknya koagulan tersebut antara lain adalah pH, sehingga perlu adanya control pH yang sesuai.

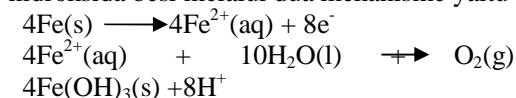
Selain koagulan kation besi juga mampu menjadi katalis dalam pembentukan reagen Fenton yang dapat dimanfaatkan untuk penanganan limbah cair. Reagen ini dapat digunakan sebagai zat untuk dekolonisasi zat warna, menghilangkan sifat racun limbah, dan menurunkan BOD maupun COD (Ariana, 1993). Reagen Fenton didapatkan dengan cara menambahkan hidrogen peroksida berlebih sedikit demi sedikit pada suatu larutan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Endang (2000), bahwa penambahan hidrogen peroksida dapat meningkatkan persentase dekolonisasi indigo dibandingkan bila tanpa penambahan hidrogen peroksida. Dalam penelitian ini akan mengoptimasi pH dan penambahan konsentrasi hidrogen peroksida dalam proses dekolonisasi rodamin B.

Sel elektrokimia adalah sel yang menghasilkan transfer bentuk energi listrik menjadi energi kimia atau sebaliknya melalui saling interaksi antara arus listrik dan reaksi redoks. Terdapat dua macam sel elektrokimia yaitu sel volta atau sel Galvani dan sel elektrolisis. Pada sel elektrolisis akan terjadi perpindahan elektron. Elektroda yang mengalami reaksi oksidasi disebut dengan anoda, dan elektroda yang mengalami reaksi reduksi disebut dengan katoda. Beda potensial elektrode sangat menentukan mekanisme reaksi elektrokimia, karena adanya fenomena lapisan listrik ganda yang menyebabkan pada

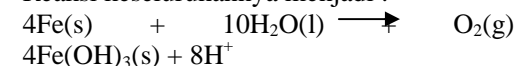
setiap antar muka timbul beda potensial secara spontan. Beda potensial sel terukur langsung pada voltameter dan tidak bergantung pada elektroda acuan sehingga potensial sel meliputi potensial standar setengah sel katoda (Ek) dan anoda serta potensial ohmik (IR). Perolehan harga total E bernilai negatif oleh sebab itu harga ΔG bernilai positif sehingga reaksi berjalan tidak spontan. Reaksi akan berjalan secara spontan jika harga ΔG bernilai negatif sehingga diperlukan energi listrik dari luar yang dialirkan ke dalam sel (Dogra, 1990).

Suatu sel yang terdiri dari dua elektrode dengan menggunakan karbon sebagai katoda dan besi sebagai anoda. Jika kedua sel tersebut dicelupkan ke dalam suatu larutan elektrolit yang dapat menghantarkan ion, maka antara elektrolit dan elektroda tersebut akan membentuk sistem yang saling berinteraksi. Pada anoda akan terjadi oksidasi ion Fe menjadi kationnya, sedangkan pada katoda karena karbon bersifat inert maka yang tereduksi adalah pelarut (air) yang ada dalam system membentuk gas H_2 dan ion OH^- yang akan membantu pembentukan hidroksida besi dengan cara menetralkan muatan negatif pada sistem koloid (Quagliano, 1969).

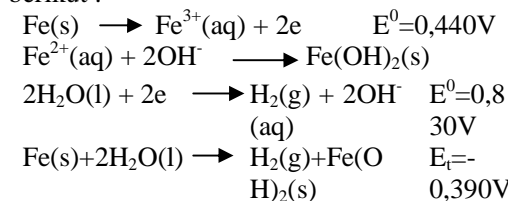
Menurut Ibanez (1998) pembentukan hidroksida besi melalui dua mekanisme yaitu



Reaksi keseluruhannya menjadi :

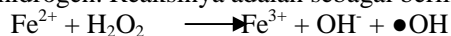


Gelembung-gelembung hidrogen naik menuju permukaan sambil mendorong flokulan. Besi (III) hidroksida inilah yang berperan dalam dekolonisasi. Mekanisme reaksi yang kedua adalah pembentukan hidroksida besi sebagai berikut :

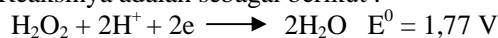


Reaksi di atas tidak berlangsung spontan dikarenakan harga ΔE bernilai negatif, sehingga diperlukan sejumlah arus dari luar

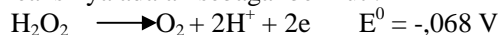
untuk membuat reaksi berjalan secara spontan. Penambahan hidrogen peroksida akan memberikan produk suatu senyawa yang memiliki kereaktifan tinggi yaitu radikal hidroksil. Secara umum tipe mekanisme reaksi hidrogen peroksida yang berguna untuk penanganan limbah adalah adisi dan abstraksi hidrogen. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Hidrogen peroksida merupakan zat pengoksidasi maupun zat pereduksi. Kerja oksidasinya didasarkan pada proses dua elektron yang mengakibatkan terbentuknya air. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Sebagai pereduksi H_2O_2 melepaskan dua elektronnya dan terbentuk gas oksigen. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Kereaktifan dari sistem ini digunakan untuk menangani berbagai macam limbah industri.

Metode koagulasi yang telah berhasil dikembangkan dan terbukti efektif untuk proses pengendapan adalah dengan menambahkan suatu elektrolit. Ion elektrolit yang ditambahkan akan bergabung dengan ion yang terdapat dalam larutan sehingga akan membentuk senyawa netral yang mengendap. Metode pengendapan dengan metode elektrokimia disebut dengan flokulasi atau koagulasi. Hal-hal yang mempengaruhi proses flokulasi dan koagulasi antara lain adalah konsentrasi flokulan atau koagulan, efek pengadukan, dan derajat keasaman sistem maupun lingkungan

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan dan tahapan sebagai berikut :

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat peralatan gelas, timbangan elektrik, pH meter, termometer, spektrofotometer UV-1601 SA. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah natrium hidroksida, natrium bisulfat, asam sulfat pekat, rodamin B, hidrogen peroksida 30%, dan akuades.

Cara kerja

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan antara lain:

Pembuatan larutan standar rodamin B dan larutan induk H_2O_2 10.000 mg/L

Sebanyak 0,1 gram bubuk rodamin B dilarutkan dalam larutan akuades 20 mL, kemudian dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas. Larutan ini sebagai larutan induk rodamin B 100 mg/L. Dibuat larutan standar rodamin B dari larutan induk dengan variasi konsentrasi 5 mg/L, 10 mg/L sampai dengan 40 mg/L dengan interval 5. Untuk larutan induk H_2O_2 10000mg/L dibuat dengan mengencerkan 15,02 mL H_2O_2 30% (berat jenis 1,11 g/mL) menjadi 0,5 L.

Penentuan panjang gelombang maksimum rodamin B dan pembuatan kurva kalibrasi

Untuk penentuan panjang gelombang maksimum rodamin B maka digunakan larutan induk 40 mg/L, dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang antara 400 nm-700 nm. Panjang gelombang diperoleh pada serapan maksimum digunakan dalam pengukuran penelitian ini. Panjang gelombang yang diperoleh digunakan untuk membuat kurva standar atau kurva kalibrasi dengan variasi konsentrasi larutan rodamin B 5 mg/L sampai dengan 40 mg/L dengan interval 5. Kurva kalibrasi dibuat dengan memplotkan konsentrasi sebagai sumbu X versus absorbansi sebagai sumbu Y.

Penentuan voltase optimum

Sebanyak 40 mL larutan seri rodamin B 25 mg/L dimasukkan ke dalam beaker gelas, kemudian ditambahkan 0,71 gram Na_2SO_4 dan ditambah H_2SO_4 0,1 N sampai pH menunjukkan 3, kemudian diukur absorbansinya. Ini dilakukan untuk mendapatkan nilai absorbansi sebelum elektrolisis. Sumber arus DC diatur dengan memulai voltase yang paling kecil yaitu 7,5; 9 V; 12 V; 15 V kemudian dielektrolisis dengan waktu yang konstan yaitu 5 menit. Setelah selesai elektrolisis larutan disaring dan diukur absorbansinya. Voltase yang menunjukkan

persen dekolorisasi maksimal digunakan dalam penelitian ini.

Penentuan waktu optimum

Pada penentuan waktu optimum kondisi larutan sama dengan penentuan voltase optimum dengan memvariasikan waktu elektrolisis pada voltase optimum. Adapun waktunya yaitu 1 menit sampai dengan 10 menit dengan interval 1. Waktu yang menghasilkan persentase dekolorisasi maksimum digunakan dalam penelitian ini.

Elektrodekolorisasi rodamin B dengan variasi pH dan konsentrasi H₂O₂

Besi spiral dengan diameter 0,5 cm dimasukkan ke dalam sel elektrolisis sebagai anoda dan batang karbon sebagai katoda. Ke dalam beker gelas dimasukkan 40 mL larutan zat warna rodamin B 25 mg/L ditambah 0,71 gram Na₂SO₄ dan ditambah H₂SO₄ 0,1 N sampai pH menunjukkan 3 kemudian diukur absorbansinya. Larutan dipindahkan ke dalam sel elektrolisis kemudian dihubungkan dengan potensial listrik luar pada waktu optimum dan voltase optimum. Setelah selesai elektrolisis larutan hasil elektrolisis disaring dan diukur absorbansinya.

Variasi konsentrasi H₂O₂ dengan kondisi dan perlakuan yang sama ditambahkan H₂O₂ 300 mg/L sebanyak 4 mL. Pada variasi konsentrasi 600 mg/L sebanyak 2 mL, dan pada variasi konsentrasi 900 mg/L sebanyak 1,4 mL. Perlakuan diulang untuk variasi pH.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian telah dilakukan berdasarkan metode elektrokimia dengan menggunakan elektroda besi sebagai anoda dan karbon dari batu baterai bekas sebagai katoda. Penggunaan karbon dapat mengadsorpsi zat warna dari senyawa organik. Prosedur penelitian melibatkan elektroda, larutan elektrolit dan potensial eksternal.

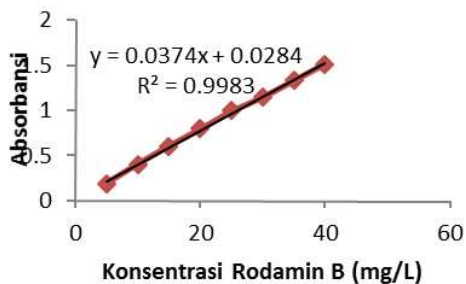
Besi dimanfaatkan sebagai anoda dengan alasan supaya menghasilkan flok-flok hidroksida besi yang tidak larut dalam air. Flok-flok besi hidroksida besi bertindak sebagai flokulan-koagulan yang mengikat zat

warna rodamin B yang diharapkan mudah dipisahkan setelah akhir elektrolisis. Pengikatan berdasarkan atas adanya muatan parsial positif pada hidroksida besi dan muatan negatif pada rodamin B.

Pada penelitian ini jarak antar elektrode dibuat 1 cm dengan maksud agar gas H₂ yang dihasilkan pada katoda selama proses elektrolisis dapat mengenai permukaan anoda secara lebih merata sehingga dapat mempercepat proses pengapungan dan pengumpulan flok-flok besi hidroksida yang dihasilkan selama proses elektrolisis.

Selain jarak antar elektrode yang dibuat tetap, temperatur dan konsentrasi zat warna rodamin B dibuat tetap, Temperatur merupakan salah satu factor yang dapat mempengaruhi proses elektrolisis. Pada penelitian ini suhu yang digunakan adalah suhu kamar atau lingkungan yang dianggap konstan. Sedangkan untuk konsentrasi zat warna rodamin B yang digunakan adalah 25 mg/L dengan maksud agar dengan konsentrasi yang kecil maka setiap kali terjadi pengurangan konsentrasi akibat elektrolisis dapat teramati. Selain itu juga kemampuan spektrofotometer untuk mengukur absorbansi suatu larutan juga terbatas untuk konsentrasi yang kecil. Adsorbansi rodamin B sebelum dan sesudah elektrolisis ditentukan pada panjang gelombang maksimum. Pada proses elektrolisis untuk memaksimalkan oksidasi besi dibentuk spiral. Pada daerah lekukan terjadi uluran atau renggangan akibatnya luas permukaan yang kontak dengan elektrolit semakin luas sehingga besi akan bersifat lebih akti dan semakin banyak yang teroksidasi (Petrucci, 1989).

Pembuatan kurva kalibrasi larutan standar dilakukan dengan membuat grafik absorbansi terhadap variasi konsentrasi larutan standar rodamin B. Selanjtnya dibuat kurva garis lurus seperti Gambar 1.

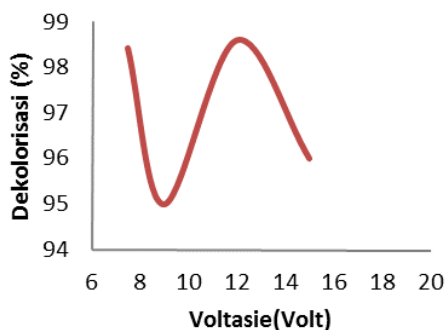


Gambar 1. Kurva Kalibrasi Rodamin B

Kurva kalibrasi yang diperoleh dalam penelitian ini adalah mempunyai persamaan garis lurus $y = 0,0284 + 0.0374x$, dimana sumbu y adalah absorbansi dan sumbu x adalah konsentrasi rodamin B. Kurva kalibrasi ini mempunyai harga persentase kesesuaian 99,8%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa persamaan garis lurus dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi romain B yang terdekolorisasi.

1. Penentuan Voltase Optimum

Voltase optimum merupakan voltase di mana terjadi dekolorisasi yang maksimal. Pada penentuan voltase optimum digunakan larutan seri rodamin B 25 mg/L dengan maksud agar dengan konsentrasi yang kecil maka setiap kali terjadi pengurangan konsentrasi akibat elektrolisis dapat teramati. Hasil pengukuran diperoleh grafik seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Voltase

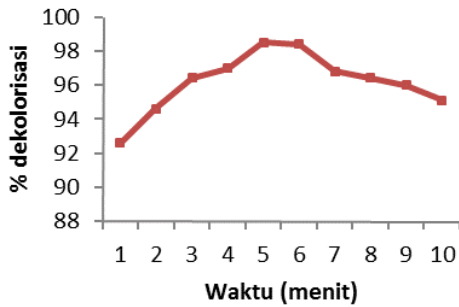
Gambar tersebut terlihat bahwa pada voltase 12 V dihasilkan persentase dekolorisasi yang maksimal yaitu 98,58%. Oleh sebab itu untuk perlakuan elektrolisis digunakan voltase 12 V. Hal ini disebabkan karena pada voltase 12 V

terjadi kesetimbangan pembentukan kompleks antara rodamin B dengan besi hidroksida sehingga kekuatan ionnya maksimal. Elektron dalam kesetimbangan ini berperan penting sehingga elektron dapat dianggap sebagai peubah utama. Pada voltase 12 V terjadi kepekatan larutan yang maksimal sehingga kesetimbangan akan bergeser ke arah terbentuknya ion Fe^{3+} . Pada voltase 9 V persentase dekolorisasi zat arna rodamin B mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada saat voltase 9 V, efisiensi katoda turun secara cepat dengan naiknya rapat arus sehingga akan terjadi penghambatan pembentukan flok-flok besi pada anoda. Pada saat voltase 12 V pemberian ion dari anoda ke katoda sangat besar sehingga menyebabkan persentase dekolorisasi maksimal. Anoda akan segera melebihi batas pembentukan flok-flok besi bila rapat arus pada anoda terlalu tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan perolehan persentase dekolorisasi zat warna rodamin B pada voltase 15 V yang mengalami penurunan.

2. Penentuan Waktu Optimum

Waktu optimum merupakan waktu yang digunakan untuk mendekolorisasi rodamin B secara maksimal di mana persentase dekolorisasinya paling besar. Kondisi pH larutan dibuat pada pH asam yaitu 3 dengan maksud agar produksi ion Fe^{3+} selama elektrolisis lebih banyak. Netralisasi muatan negatif dari ion-ion hidroksida oleh ion-ion hidrogen terjadi dalam suasana asam sehingga dapat membantu pengikatan molekul rodamin B oleh besi terhidrat menjadi lebih kuat di mana hal tersebut tidak terjadi dalam suasana basa (Sykes, 1989).

Penambahan 4 mL H_2O_2 300 mg/L yaitu berdasarkan penelitian sebelumnya di mana persentase dekolorisasi maksimal dengan penambahan H_2O_2 dengan konsentrasi 300 mg/L. Pada penentuan waktu optimum didapat grafik sebagai berikut :

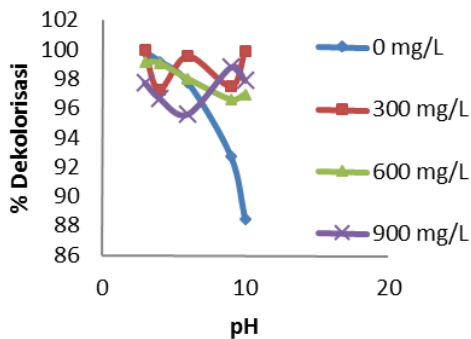


Gambar 3. Grafik Waktu

Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa persentase dekolorisasi maksimal terjadi pada saat waktu elektrolisis 5 menit di mana menghasilkan persentase dekolorisasi 98,6%. Hal ini dikarenakan pada saat 5 menit tipe partikel yang akan dikoagulasi sesuai dengan koagulan yang dihasilkan. Kemampuan koagulan ditentukan oleh kespesifikan koagulan dengan tipe partikel yang akan dikoagulasi. Oleh sebab itu pada penelitian ini digunakan voltase 12 V selama 5 menit.

3. Pengaruh pH

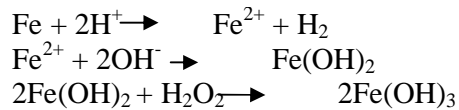
Menurut Barbara (2001) pada pH yang rendah dalam suatu larutan maka akan menurunkan intensitas warna. Oksidasi senyawa dari larutan berwarna menjadi tidak berwarna sangat efektif. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi elektrokolorisasi zat warna rodamin B, salah satunya adalah pH. Pembentukan flok besi, proses elektrolisis, dan pengaruh H₂O₂ sangat ditentukan oleh pH larutan. Berdasarkan penelitian ini diperoleh grafik sabagai berikut :



Gambar 4. Grafik Pengaruh pH

Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa pada pH 3, 4, dan 6 persentase dekolorisasi relatif mendekati 100%. Hal ini ditunjukkan dengan hasil warna larutan setelah elektrolisis yang jernih.

Pada pH 9 dan 10 cenderung menurun persentase dekolorisasinya. Produksi ion Fe³⁺ dalam suasana asam selama elektrolisis lebih banyak dibandingkan dalam suasana basa. Ion Fe³⁺ merupakan hasil oksidasi dari ion Fe²⁺ karena adanya zat pengoksidasi yang kuat yaitu H₂O₂. Ion Fe³⁺ lebih stabil dibandingkan dengan ion Fe²⁺. Reaksinya adalah sebagai berikut :

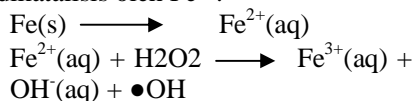


Pada ion Fe³⁺ terjadi tarikan elektrostatis dengan anion zat warna rodamon B yaitu OH⁻. Pada pH rendah tarikan ini akan meningkat, sedangkan pada pH tinggi permukaan Fe²⁺ terjadi penurunan muatan sehingga menimbulkan tolakan. Tingginya persentase dekolorisasi pada pH asam ini dapat terjadi karena beberapa hal antara lain yaitu dalam suasana asam akan terjadi netralisasi muatan negatif dari ion-ion hidroksida oleh ion-ion hidrogen sehingga dapat membantu pengikatan molekul zat warna rodamin B. Besi dalam suasana asam lebih mudah teroksidasi dibandingkan dalam suasana basa sehingga dengan waktu yang sama besi hidroksida yang dihasilkan lebih banyak. Pada suasan asam ion-ion hidrogen lebih mudah terserap oleh endapan gelatinous dari besi hidroksida sehingga mengakibatkan besi hidroksida semakin bermuatan positif. Besi hidroksida akan semakin bermuatan negatif sehingga akan mengakibatkan partikel-partikel zat warna rodamin B mudah terkopresipitasi.

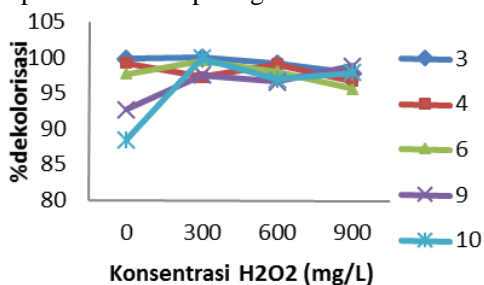
4. Pengaruh H₂O₂

Hidrogen peroksida akan mampu mengoksidasi atau mereduksi suatu larutan dengan laju reaksi yang berlangsung sangat cepat terutama dalam larutan asam. Ion Fe²⁺ dapat menjadi katalis bagi H₂O₂ menghasilkan radikal OH yang dapat digunakan untuk

menghilangkan zat warna rodamin B, dimana radikal OH ini akan mereduksi zat warna rodamin B menjadi CO_2 setelah melalui serangkaian keadaan intermediet. Secara tepat mekanisme penghilangan zat warna ini belum banyak diketahui. Selama ini katalis Fe^{2+} diperoleh dengan menambahkan garam-garam Fe^{2+} , namun dengan melihat bahwa hasil pertama kali elektrolisis besi adalah Fe^{2+} maka di dalam penelitian ini diasumsikan bahwa sebelum proses kopresipitasi zat warna rodamin B oleh $\text{Fe}(\text{OH})_3$ terlebih dahulu terjadi reduksi sebagian zat warna rodamin B oleh radikal OH yang didapat dari H_2O_2 yang dikatalisis oleh Fe^{2+} .



Asumsi tersebut menunjukkan bahwa proses dekolorisasi zat warna rodamin B tidak hanya dengan elektrokoagulasi atau elektroflokulasi saja, tetapi dengan mereduksi zat warna rodamin B menjadi partikel yang tidak berbahaya. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasi konsentrasi H_2O_2 yaitu 300 mg/L, 600 mg/L, 900 mg/L. Berdasarkan penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa H_2O_2 yang dibutuhkan adalah 200 mg/L sampai dengan 100 mg/L. setelah dilakukan penelitian maka diperoleh hasil seperti gambar berikut :



Gambar 5. Grafik Pengaruh konsentrasi H_2O_2 . Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa penambahan H_2O_2 berpengaruh terhadap persentase dekolorisasi zat warna rodamin B. Reduksi zat warna rodamin B oleh radikal OH dari H_2O_2 dikatalisis oleh ion Fe^{2+} . Tanpa penambahan H_2O_2 persentase dekolorisasi mendekati 100% hanya pada sampai pH 6. Pada penambahan 300 mg/L H_2O_2 diperoleh persentase dekolorisasi yang relative besar untuk kondisi semua pH. Hal ini dikarenakan

bahwa Fe^{2+} yang dihasilkan hanya cukup untuk mengkatalisis H_2O_2 300 mg/L yang akan menghasilkan radikal OH sebagai penghilang zat warna rodamin B menjadi partikel yang tidak berbahaya. Pada penambahan 600 mg/L dan 900 mg/L diperoleh persentase dekolorisasi yang hampir mendekati 100% hanya sampai pada pH 6. Hal ini dikarenakan oleh beberapa hal antara lain pada suasana basa H_2O_2 akan teroksidasi menjadi H_2O sehingga tidak terjadi proses katalisis pembentukan radikal hidroksil. Pada peristiwa ini H_2O_2 teroksidasi terlebih dahulu sebelum sempat bereaksi dengan Fe^{2+} untuk bias menghasilkan radikal hidroksil. Pada penambahan 900 mg/L H_2O_2 radikal hidroksil yang dihasilkan kereaktifannya sudah berkurang.

Pada penambahan H_2O_2 sebanyak radikal hidroksil yang dihasilkan tidak cukup untuk mereduksi zat warna rodamin B menjadi partikel yang tidak berbahaya. Zat warna rodamin B agar dapat berikatan dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ harus melepaskan gugus hidroksilnya sehingga sesuai dengan konsep kesetimbangan asam basa. Pelepasan gugus hidroksil yang merupakan suatu basa akan lebih mudah terjadi pada suasana asam. Oleh sebab itu, kompleks besi-zat warna rodamin B akan lebih banyak. Hasil terbaik didapat pada penambahan H_2O_2 sebesar 300 mg/L.

5. Mekanisme Dekolorisasi Zat Warna Rodamin B

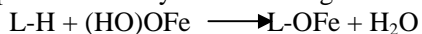
Proses dekolorisasi zat warna rodamin B dikarenakan dua hal yaitu karena proses kopresipitasi zat warna rodamin B dalam endapan gelatinous besi hidroksida dan terbentuknya kompleks zat warna rodamin B dengan besi hidroksida. Kopresipitasi merupakan proses membawa serta suatu zat terlarut oleh terbentuknya endapan yang dikehendaki menuju ke bawah (Underwood, 1990).

Besi hidroksidasi dalam air akan tersuspensi membentuk koloid yang berupa partikel besar dan stabil, pada akhirnya partikel tersebut akan mengendap sebagai endapan gelatinous. Proses pembentukan endapan gelatinous tersebut, besi hidroksida akan mengkopresipitasi zat warna

rodamin B. Kopesipitasi zat warna rodamin B oleh endapan gelatin besi hidroksida tersebut dapat terjadi karena adanya interaksi antara besi hidroksida dan zat warna rodamin B. Boleh adanya gaya Van der Waals yang disebabkan oleh perbedaan muatan pada permukaan kedua partikel tersebut.

Selain akibat pengaruh gaya Van der Waals yang disebabkan oleh perbedaan muatan antara besi hidroksida dan zat warna rodamin B, proses dekolorisasi zat warna rodamin B juga bias terjadi karena terbentuknya kompleks besi dengan zat warna rodamin B yang memiliki berat molekul besar sehingga kompleks tersebut mudah mengendap.

Menurut Ibanez *et al.* (1998) ikatan yang terjadi antara zat warna dan besi merupakan ikatan kovalen koordinasi, dengan asumsi besi berperan sebagai atom pusat dan zat warna sebagai ligan. Adapun mekanisme pembentukannya adalah sebagai berikut :



Dimana L adalah zat warna rodamin B. Reaksi tersebut memperlihatkan bahwa hidroksida besi mengikat ion oksigen pada posisi atom karboksilat dan bukan pada posisi amida. Hal tersebut diakibatkan karena sifat keasaman ion karboksilat lebih besar dari sifat keasaman ion amida. Sifat keasaman tersebut mengakibatkan muatan negative ion oksigen pada gugus karboksilat lebih besar daripada muatan ion klorida pada amida sehingga ion oksigen pada ion karboksilat lebih mudah menyerang ion positif besi hidroksida, walaupun sebenarnya ada kemungkinan hidroksida besi berikatan dengan nitrogen. Hal ini disebabkan karena nitrogen memiliki sepasang elektron bebas yang bias disumbangkan untuk membentuk ikatan dengan Fe(III).

Menurut teori asam basa Pearson, Fe^{3+} yang merupakan asam keras akan lebih cenderung berikatan dengan oksigen yang merupakan basa keras dibandingkan dengan nitrogen yang merupakan basa lunak. Akibatnya interaksi antara Fe(III) dengan oksigen dari zat warna rodamin B lebih dimungkinkan terjadi. Selain itu pada gugus amida halangan steriknya lebih besar dibandingkan pada gugus hidroksil,

sehingga ion Fe^{3+} akan lebih mudah terikat pada gugus karboksil

4. SIMPULAN

Telah dilakukan penelitian tentang dekolorisasi zat warna rodamin B dengan cara elektrolisis dengan menggunakan karbon sebagai katoda dan besi sebagai anoda. Elektrokolorisasi efektif dilakukan pada suasana asam dibandingkan pada suasana basa, Hasil maksimum didapatkan pada pH 3 dan 4. Penambahan H_2O_2 dapat meningkatkan persentase dekolorisasi zat warna rodamin B dibandingkan tanpa penambahan H_2O_2 , Hasil maksimal didapatkan pada penambahan H_2O_2 sebesar 300 mg/L. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka disarankan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk diterapkan pada zat warna lain dengan variasi jarak antar elektrodanya

5. REFERENSI

- Abadulla, E.T. Tzanov, Costa. 2000. Decolourization and Detoxification of Textile Dyes with A Laccase from *Trametes Hirsuta*. *Applied Environmental Microbiology*. 66(8), 3357-3362
- Ariana. 1993. Pengolahan Limbah Uranium. No.4. Tabloid STTL. Yogyakarta
- Culp, R.L. 1978. *Hand Book of Advanture Waste Water Treatment*. Second edition. Litton Educational Publishing Inc. USA
- Darjito. 2000. Kajian Pengaruh pH Dalam Pembuatan Sol Magnetit Adsorben Logam. *Jurnal Ilmu Teknik (Engineering)*. 12(2)
- Daneshvar, N., Khataee, A. R., & Djafarzadeh, N. (2006). The use of artificial neural networks (ANN) for modeling of decolorization of textile dye solution containing CI Basic Yellow 28 by electrocoagulation process. *Journal of hazardous materials*, 137(3), 1788-1795.
- Dogra, S. 1990. *Kimia Fisik*. UI press. Jakarta

- E.Ronald dan Walpole. 1995. Ilmu Peluang Dan Statistik Untuk Insinyur Dan Ilmuwan. ITB. Bandung
- Famila dan Rahmanto. 2000. Jurnal Sains Dan Matematika. 8(1),25-28
- Fessenden, R.J Fessenden. 1999. Kimia Organij. Jilid 2. Erlangga. Jakarta
- Greenwood, N.1984. Chemistry of Elements. First edition. Pergamon press. Canada
- House a Barbara. 2001. Drinking Water Chemistry: A Laboratory Mamal. Lewish Publisher. Florida
- Ibannez, G.J. 1998. Electrochemical Remediation Of The Environment Fundamentals And Microscale Laboratory Experiment. Chem-educ. 75(8),1040-1041
- Kasiri, M. B., Modirshahla, N., & Mansouri, H. (2013). Decolorization of organic dye solution by ozonation; Optimization with response surface methodology. International Journal of Industrial Chemistry, 4(1), 1-10.
- Koeman, J.H. 1992. Pengantar Ilmi Toksikologi. UGM Press. Yogyakarta
- Kristanto, J Rahmanto. 2000. Laju Dekolorisasi Fenolftalein Sebagai Fungsi Potensial Eksternal. Jurnal Sains Dan Matematika. 12(2), 25-28
- Nowlesys. 1989. Condensed Chemical Dictionary. 11th edition. Van Nostrand Reinhold Company. New York
- Pala, A..Tokat. and H. Erkeyu. 2003. Removal of Some Reactive Dyes From Textile Processing Wastewater Using Powdered Activated Carbon. Proceeding of The First International Conference on Environmental Research and Assasment. Bucharest, Rumania
- Petrucci. 1989. Kimia Dasar Untuk Universitas. Gramedia. Jakarta
- Rahmanto, T.H.2000. LAju Elektrodecolorisasi Fenolftalein Sebagai Fungsi Voltase Dua Waktu. Jurnal Sains Dan Matematika, 8(2), 55-58
- Robinson. 2001. Remediation of Dyes in Textile Effluent : A Critical Review on Current Treatment Technologies with A Proposed alternative. Bioresource Technology, 77, 247-255
- Rivai Harizul. 1995. Asas Pemeriksaan Kimia. UI Pers. Jakarta
- Sudjana. 2002. Metode Statistik. Tarsito. Bandung
- Wulfsberg, G. 1989, Principle Of Description Inorganic Chemistry. University Science Book Sausalito. California
- Yoo, E.S., 2000. Biological and Chemical Mechanism of Reductive Decolourization of Azo Dyes. Disertation Technischen Universtital. Berlin