

## Degradasi Zat Warna *Methylene Blue* Dengan Metode Oksidasi Menggunakan Kalium Ferrat

Nur Annisa<sup>1</sup>, Fajar Budi Guntoro<sup>2</sup>, Lola Charolita<sup>3</sup>, Tri Widayatno<sup>4\*</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Teknik Kimia/Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

\*Email: [tri.widayatno@ums.ac.id](mailto:tri.widayatno@ums.ac.id)

\*Penulis Koresponding

### Abstrak

#### Keywords:

Kalium Ferrat:

Degradasi:

*Methylene Blue*: pH:

Rasio Molar.

Saat ini industri tekstil terus berkembang, baik industri dengan skala rumahan maupun dengan skala besar. Akibatnya, limbah cair yang dihasilkan pada lingkungan sekitar semakin banyak dan dampak yang ditimbulkan jika limbah tersebut mencemari badan air bagi kesehatan adalah bersifat racun. Untuk itu, diperlukan sebuah treatment yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair tersebut. Pada penelitian ini, dilakukan degradasi menggunakan kalium ferrat karena senyawa ini merupakan oksidator yang memiliki potensial reduksi yang tinggi, ramah lingkungan, serta menghasilkan produk treatment dengan kualitas lebih baik dan biaya operasional yang rendah. Kalium ferrat disintesa menggunakan wet metode dan dikarakterisasi sebelum dilakukan treatment dengan *methylene blue*. Pengujian kuantitatif dilakukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 440nm-490nm, pH dengan rentang 9-10, dan rasio molar pada 1:1-5:1. Hasil penelitian dapat menunjukkan bahwa kalium ferrat dapat bekerja secara optimum pada pH 9,6 dengan persentase sebesar 82,8% dan rasio molar optimum pada 5:1 dengan persentase sebesar 87,7% setelah 30 menit di degradasi dengan perbandingan kalium ferrat : *methylene blue*.

### 1. PENDAHULUAN

Saat ini, industri tekstil terus berkembang dengan sangat pesat seiring dengan berkembangnya mode *fashion* di dunia. Baik industri dengan skala rumahan hingga skala besar.

Negara-negara maju di dunia telah melarang penggunaan bahan kimia sebagai bahan untuk zat warna berbasah dasar bahan kimia. Larangan ini mengacu pada *Centre For the Promotion Of Imports From Developing Countries*(CBI) tentang zat pewarna untuk produk pakaian, alas kaki, spreng atau sarung bantal<sup>[1]</sup>. Air sisa produksi industri tekstil ini berasal dari bahan kimia yang dapat mencemari lingkungan terutama pada badan air. Apabila badan air sudah tercemari oleh

bahan kimia, maka tidak dapat digunakan kembali dan bersifat *toxic*.

Zat pewarna tekstil merupakan zat warna yang biasa digunakan dalam industri tekstil dan sulit untuk diurai dilingkungan. Pada industri tekstil, zat warna memiliki peranan yang sangat penting karena dapat menunjang sifat estetik suatu produk tekstil. Didalam kandungannya, zat warna dapat bersifat toksik atau racun yang sangat tinggi bagi makhluk hidup. Zat pewarna dapat masuk kedalam lingkungan melalui air limbah yang berasal dari produsen tekstil. Selama proses pewarnaan, sekitar 10-15 % zat pewarna akan ikut lolos bersama efluent, menjadi limbah<sup>[2]</sup>.

Pengolahan limbah cair industri tekstil dapat dilakukan secara kimia, fisika, biologi ataupun gabungan dari ketiganya. Proses gabungan secara kimia dan fisika seperti pengolahan limbah cair secara kimia (koagulasi) yang diikuti pengendapan lumpur atau dengan cara oksidasi.

Salah satu bentuk tingkat oksidasi dari besi adalah Fe(VI). Fe(VI) dalam bentuk Kalium Ferrat ( $K_2FeO_4^{2-}$ ) merupakan oksidator kuat pada rentang pH tertentu dan telah banyak penelitian yang menggunakan senyawa ini sebagai agen pengoksidasi dalam air dan pengolahan limbah cair<sup>[3]</sup>. Potensial reduksi Kalium Ferrat pada larutan merupakan yang tertinggi di antara semua oksidan yang biasa digunakan dalam air dan pengolahan limbah cair, seperti klorin, hipoklorit, klorin dioksida, ozon, hydrogen peroksida, dan permanganate<sup>[4]</sup>. Fe(VI) dalam bentuk kalium ferrat ( $K_2FeO_4^{2-}$ ) merupakan oksidator dan telah banyak penelitian yang menggunakan senyawa ini sebagai agen pengoksidasi dalam air dan pengolahan limbah cair tekstil.

Kalium ferrat merupakan oksidasi dari Fe(IV) dan dibuat dengan sangat mudah. Pembuatan kalium ferrat dilakukan dengan *Wet Methode*. Kalium Ferrat berbentuk padatan berwarna ungu yang bersifat stabil diudara dengan waktu yang cukup lama. Suhu dan pH sangat mempengaruhi kestabilan kalium ferrat<sup>[5]</sup>.

## 2. METODE

Pada penelitian ini, digunakan bahan-bahan seperti besi nitrat [ $Fe(NO_3)_3$ ], natrium hidroksida, kalium hidroksida, NaOCl, zat warna, dan larutan buffer pH 9,2; 9,4; 9,6; 9,8; 10. Pada percobaan ini zat warna yang digunakan adalah *Methylene Blue*.

Pada penelitian ini digunakan alat-alat seperti *beaker glass*, labu ukur, pH meter, gelas ukur, erlenmeyer, aluminium foil, pipet tetes, *magnetic stirrer*, *hot plate*, kuvet, spektrofotometer UV-Vis, zat warna, dan instrumen XRD untuk mendeteksi hasil isolasi kalium ferrat.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai Desember 2019 di Laboratorium Teknik Kimia UMS, sedangkan untuk pengujian menggunakan alat XRD dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Berikut ini merupakan cara kerja yang dilakukan dalam penelitian ini :

### 2.1 Sintesis Kalium Ferrat

KOH ditimbang seberat 12 gram dengan menggunakan kaca arloji diatas neraca analitik, kemudian dimasukan kedalam erlenmeyer yang telah berisi 40ml NaOCl (4,25%). Setelah itu diaduk hingga KOH larut. Kemudian, larutan KOCl yang terbentuk ditambah dengan 1ml larutan  $Fe(NO_3)_3$  dan diaduk menggunakan stirrer hingga terbentuk larutan berwarna orange kemerahan yang merupakan ferrat, dan tutup dengan aluminium foil. Setelah itu, ferrat yang telah terbentuk didiamkan selama 24 jam agar stabil.

### 2.3 Isolasi (Pengendapan) Ferrat dengan KOH

Larutan Ferrat yang telah didiamkan selama 24jam, ditambahkan dengan 40ml KOH 0,3 M dan didiamkan sampai berwarna ungu dan menghasilkan endapan atau sekitar tiga hari. Setelah menghasilkan endapan, larutan di sentrifugasi 2000rpm selama 10 menit diatas *hot plate*. Kemudian, endapan berwarna ungu yang dihasilkan diambil dengan menggunakan spatula untuk dikeringkan. Endapan yang terbentuk adalah  $K_2FeO_4^{2-}$ . Selanjutnya, untuk memastikannya bahwa endapan tersebut adalah  $K_2FeO_4^{2-}$ , maka perlu dilakukan karakterisasi menggunakan XRD.

### 2.4 Degradasi Zat Warna Berdasarkan pH

Zat warna diukur menggunakan pipet volume sebanyak 1 ml, kemudian dimasukan kedalam tabung reaksi dan ditambahkan 1 ml larutan

$K_2FeO_4^{2-}$  yang telah dikondisikan pHnya menjadi 9. Kemudian, dikocok dengan cepat hingga homogen dan ditunggu selama 30 menit. Setelah itu, larutan tersebut diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang zat warna yaitu sebesar 664nm. Pada saat reaksi, sampel dibaca absorbansinya. Dilakukan prosedur yang sama untuk variasi pH 9,2 ; 9,4; 9,6; 9,8; 10.

#### 2.4 Degradasi Zat Warna Berdasarkan rasio molar

Setelah pH optimum ditentukan berdasarkan percobaan sebelumnya, kemudian 1 ml zat warna yang telah dikondisikan pHnya sebesar pH optimum ditambahkan 1 ml larutan kalium ferrat. Kemudian, dikocok dengan cepat hingga homogen dan ditunggu selama 30 menit. Setelah itu, larutan tersebut diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang zat warna yaitu sebesar 664nm. Pada saat reaksi, sampel dibaca absorbansinya. Dilakukan prosedur yang sama untuk variasi rasio 1:2, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1 dengan ketentuan kalium ferrat: *methylene blue*.

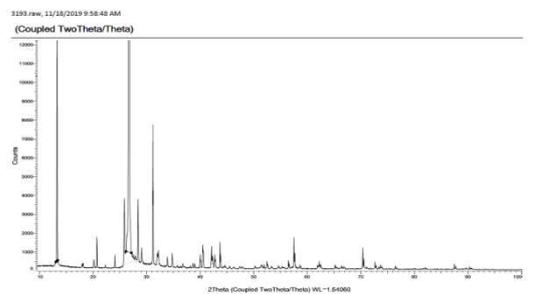
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dilakukan analisa terhadap karakter dari kristal kalium ferrat, pengaruh pH dan rasio molar terhadap proses pendegradasian zat warna.

#### 3.1 Sintesa kalium ferrat ( $K_2FeO_4^{2-}$ )

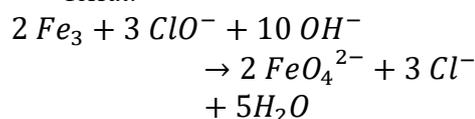
Kalium ferrat merupakan suatu senyawa yang merupakan hasil reaksi dari KOH yang direaksikan pada NaOCl yang membentuk senyawa KOCl dengan Besi Nitrat ( $FeNO_3$ )<sub>3</sub>. Kemudian, larutan didiamkan selama satu hari agar larutan kalium ferrat bersifat stabil. Setelah didiamkan, dilakukan isolasi kalium ferrat menggunakan KOH sehingga membentuk endapan  $K_2FeO_4^{2-}$ . Proses sintesa ini dibuat dengan menggunakan proses "*wet methode*".

Kemudian kristal kalium ferrat diuji menggunakan alat XRD untuk mengetahui karakterisasi dari kristal tersebut. Berikut ini merupakan hasil grafik XRD untuk karakterisasi kalium ferrat.



**Gambar 1.** Spektra XRD Kalium Ferrat

Dari spektra XRD yang dihasilkan, diketahui puncak tertinggi pada sudut 26,70°. Dengan adanya intensitas yang besar pada 20 tersebut menunjukkan bahwa endapan yang dihasilkan berbentuk kristalin. Berikut ini merupakan reaksi dari pembentukan ferrat:

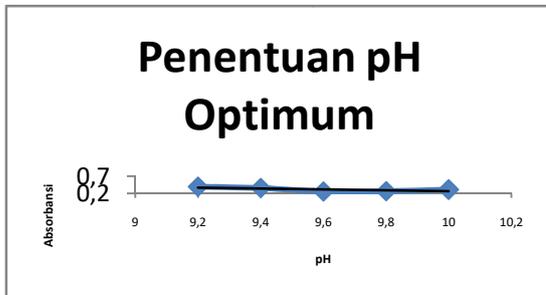


Dalam reaksi tersebut dapat dilihat bahwa  $Fe^{3+}$  yang berasal dari besi nitrat yang dioksidasi oleh NaOCl menjadi  $FeO_4^{2-}$ . Ferrat hasil sintesis memiliki karakteristik berbentuk kristal berwarna ungu tua.

#### 3.2 Penentuan pH optimum kalium ferrat dalam mendegradasi zat warna.

Uji pengaruh pH terhadap proses degradasi dilakukan dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis dengan menggunakan panjang gelombang maksimum dari *methylene blue* sebesar 664nm. Spesiasi zat warna dan kalium ferrat sangat dipengaruhi oleh pH. Spesiasi dilakukan untuk menentukan spesifik dari suatu komposisi elemen atau oksidasi dan struktur molekul isotopik.

Untuk mengkaji pH larutan terhadap efektifitas oksidasi zat warna dengan kalium ferrat, maka telah dilakukan uji pada variasi pH 9,2 : 9,4 : 9,6 : 9,8 : 10 hasil yang diperoleh disajikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Grafik penentuan pH Optimum

Berdasarkan gambar grafik diatas, dapat diketahui bahwa kalium ferrat tidak bekerja baik pada pH 9,2: 9,8: dan 10. Namun, pada pH 9,4 terjadi penurunan nilai absorbansi yang berarti kalium ferrat bekerja lebih baik.

Pada penelitian ini, didapatkan data degradasi zat warna yang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\%Absorbansi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus tersebut, diperoleh data % degradasi rata-rata seperti tampak pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Persentase Degradasi Zat Warna Berdasarkan pH

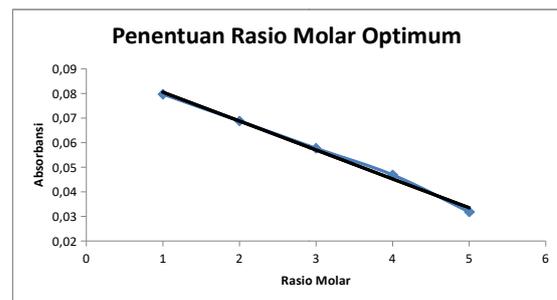
Variabel	%Degradasi Zat Warna				
pH	9,2	9,4	9,6	9,8	10
%Absorbansi	73,7	76,2	82,8	82,1	79,4

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat kalium ferrat bekerja paling baik pada pH 9,6 yang berarti pada pH ini merupakan pH optimum yang dicapai oleh kalium ferrat untuk mendegradasi zat warna *methylene blue*. Pada suasana basa, kinerja dari kalium ferrat akan lebih baik jika dibandingkan

dengan suasana asam. Hal ini terjadi karena pada suasana basa kalium ferrat memiliki kestabilan yang baik.

### 3.3 Penentuan Rasio Molar optimum kalium ferrat dalam mendegradasi zat warna.

Kalium ferrat dalam hal ini bertindak sebagai oksidator yang kuat pada kondisi pH tertentu. Dimana, berdasarkan percobaan sebelumnya didapat pH optimum yaitu 9,6 dan untuk menentukan rasio molar ini dikondisikan pH dengan menggunakan pH optimum dari kalium ferrat. Penentuan rasio molar optimum dilakukan menggunakan instrument UV-Vis dengan menggunakan panjang gelombang zat warna *Methylene Blue* yaitu sebesar 664nm. Hasil yang diperoleh disajikan pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Penentuan Rasio Molar Optimum

Berdasarkan gambar grafik diatas, dapat dilihat bahwa berdasarkan variasi perbandingan 1:1 – 5:1 terlihat nilai absorbansi yang semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa kalium ferrat bekerja dengan baik. Pada penelitian ini, didapatkan data degradasi zat warna yang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\%Absorbansi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus diatas, dapat diketahui data untuk hasil % degradasi rata-rata pada tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Persentase Degradasi Zat Warna Berdasarkan Rasio Molar

Variabel	%Degradasi Zat Warna				
	Perbandingan	1:1	2:1	3:1	4:1
%Absorbansi	69,2	73,4	77,7	81,9	87,7

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa kalium ferrat bekerja paling optimum pada variasi kalium ferrat : *Methylene Blue* sebesar 5:1 dengan persentase degradasi sebesar 87,7%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah didapat diatas, didapatkan kesimpulan bahwa degradasi oksidatif zat warna tekstil oleh kalium ferrat dapat dipengaruhi oleh pH dan rasio molar dari kalium ferrat. Berdasarkan data penelitian, kalium ferrat dapat mendegradasi zat warna *methylene blue* secara optimum pada pH 9,6 dengan persentase degradasi sebesar 82,2%, kemudian berdasarkan rasio molar, kalium ferrat dapat mendegradasi secara optimum pada rasio 5:1 dengan persentase degradasi sebesar 87,7%.

#### REFERENSI

- [1] Kwartiningsih E, Dwi A S, Agus W, et al. Zat Pewarna Alami Tekstil Dari Kulit Buah Manggis. *Ekulibrium*. 2009 ; 8(1):41-47.
- [2] Nurhayati R dan Nita K. Pemanfaatan Kalium Ferrat Dalam Pengolahan Limbah Pewarna *Blue Direct 2B.Inotek*. 2012 ; 16(1):1-14.
- [3] J iang J Q and Lloyd B. Progresses in the Development and Use of Ferrate (VI) Salt as an Oxidant and Coagullant For Water and Wastewater Treatment. *Water Research*. 2002 ; 36:1397-1408.
- [4] Sharma V K. Pottasium Ferrate(VI) an Environmentally Friendly Oxidant. *Advances in Environmental Research*. 2002 ; 6 : 143-156.

- [5] Dwiasi D W dan Sutaya. Studi Penurunan Zat Warna *Acid Orange 7* Dengan Proses Oksidasi Menggunakan Ferrat (FeO<sub>4</sub>)<sup>2-</sup>. *Molekul*. 2011 ; 6(1):30-34.