

## Studi Degradasi *Dyestuff* Chloranil–Yellow Menggunakan Metode Fenton ( $H_2O_2$ - $FeSO_4$ )

Erzi Rizal, Riswiyanto S, Afrizah Ronawati

<sup>1</sup>Dept. Kimia, FMIPA-UI, Kampus UI Depok 16424  
*Riswi\_UI@yahoo.com*

### Abstrak

Industri tekstil merupakan industri yang menghasilkan limbah cair berwarna yang dapat merusak estetika badan air dan meracuni biota di dalam badan air tersebut. *Dyestuff* chloranil yellow banyak digunakan dalam pewarnaan tekstil sehingga limbah zat warna ini harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan. Pada penelitian ini dipelajari penurunan konsentrasi larutan *dyestuff* chloranil yellow dan nilai COD dalam limbah dengan menggunakan metode fenton, yang didasarkan pada reaksi antara ion ferro dan hidrogen peroksida dalam suasana asam yang akan menghasilkan radikal hidroksil. Radikal hidroksil berperan dalam mengoksidasi dan mendegradasi zat warna sehingga konsentrasi larutan zat warna akan berkurang. Untuk menghasilkan proses degradasi yang optimum dilakukan variasi pH, konsentrasi  $H_2O_2$ , konsentrasi  $FeSO_4$ , dan waktu kontak sehingga diperoleh nilai optimum dari masing-masing variabel. Hasil yang diperoleh pada degradasi sampel chloranil yellow 30 ppm adalah: pH 3.5, konsentrasi  $H_2O_2$  30 ppm, konsentrasi  $FeSO_4$  25 ppm, dan waktu kontak 60 menit di mana persentase penurunan kadar warna adalah 66.45% dan persentase penurunan nilai COD adalah 83.33%.

*Kata kunci: Zat warna, chloranil yellow, pereaksi fenton*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengolahan limbah adalah salah satu masalah penting dalam pengendalian polusi. Dalam industri tekstil, sumber utama polusi adalah limbah yang datang dari proses pencelupan (pewarnaan) dan proses akhir.

Saat ini ada beberapa metode yang digunakan untuk menghilangkan warna limbah, tapi metode tersebut tidak efektif digunakan secara terpisah. Contohnya, proses koagulasi, proses ozonisasi, proses absorpsi karbon aktif dan proses biologis. Pada penelitian ini dilakukan simulasi menggunakan larutan *dyestuff* chloranil yellow untuk mempelajari penurunan kadar warna larutan sampel dan nilai COD dengan menggunakan metode pereaksi fenton. Metode ini diharapkan dapat mengurangi konsentrasi larutan zat warna dan nilai COD secara efektif sehingga dapat mengurangi polusi lingkungan [1].

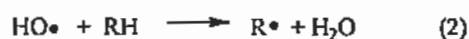
### 1.2 Zat Warna

Senyawa organik yang mempunyai sistem ikatan rangkap konjugasi ekstensif dapat menyerap warna dengan panjang gelombang tertentu karena adanya

transisi elektron  $\pi \rightarrow \pi^*$  dan/atau  $n \rightarrow \pi^*$ . Apa yang tampak bukanlah warna yang diserap, melainkan warna komplementernya yang dipantulkan. Suatu warna komplementer, yang kadang-kadang disebut warna pengurangan (subtraksi), merupakan hasil pengurangan beberapa panjang gelombang dari dalam spektrum visual keseluruhan. Berikut ini adalah tabel spektrum sinar tampak dengan panjang gelombang untuk warna yang diserap beserta warna komplementernya [2].

### 1.3 Pereaksi Fenton

Hidrogen peroksida dan ion ferro biasanya lebih stabil dalam asam kuat. Tapi jika hidrogen peroksida ditambahkan ke dalam sistem larutan yang mengandung substrat organik dan ion ferro berlebih dalam asam kuat, reaksi redoks kompleks akan terjadi [1]





Larutan di atas dituang ke dalam piala gelas dan diatur pH dari pH mula-mula 6.5 menjadi pH optimum dengan penambahan  $H_2SO_4$  1 M, dan  $H_2SO_4$  0.1 M.

Diambil masing-masing 80 mL larutan di atas menggunakan buret ke dalam 6 piala gelas, ditambah 10 mL  $FeSO_4$  10 ppm dan 10 mL  $H_2O_2$  10, 15, 20, 25, 30, dan 35 ppm. Larutan diaduk dengan stirer selama 30 menit dan dibiarkan selama 30 menit.

Diukur absorbansi larutan menggunakan spektrofotometer UV/Vis dan diukur COD dengan metode titrimetri. Dari hasil pengukuran didapatkan konsentrasi  $H_2O_2$  optimum yang digunakan pada percobaan selanjutnya.

### 2.3 Penentuan Konsentrasi $FeSO_4$ Optimum

Ditimbang 30 mg chloranil yellow kemudian dilarutkan dengan air suling ke dalam labu 1 L, konsentrasi larutan adalah 30 ppm. Larutan ini dituang ke dalam piala gelas dan diatur pH dari pH mula-mula 6.5 menjadi pH optimum dengan penambahan  $H_2SO_4$  1 M, dan  $H_2SO_4$  0.1 M.

Diambil 80 mL larutan diatas menggunakan buret ke dalam 5 piala gelas, ditambah  $H_2O_2$  dengan konsentrasi optimum dan ditambah 10 mL  $FeSO_4$  10, 15, 20, 25, dan 30 ppm. Larutan diaduk dengan stirer selama 30 menit dan dibiarkan selama 30 menit.

Diukur absorbansi larutan menggunakan spektrofotometer UV/Vis dan diukur COD dengan metode titrimetri. Dari hasil pengukuran didapatkan konsentrasi  $FeSO_4$  optimum yang digunakan pada percobaan selanjutnya.

### 2.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum

Ditimbang 30 mg chloranil yellow kemudian dilarutkan dengan air suling ke dalam labu 1 L, konsentrasi larutan adalah 30 ppm. Larutan ini dituang ke dalam piala gelas dan diatur pH dari pH mula-mula 6.5 menjadi pH optimum dengan penambahan  $H_2SO_4$  1 M, dan  $H_2SO_4$  0.1 M.

Diambil masing-masing 80 mL larutan di atas menggunakan buret ke dalam 6 piala gelas, ditambah  $H_2O_2$  dengan konsentrasi optimum dan ditambah  $FeSO_4$  dengan konsentasi optimum. Larutan diaduk dengan stirer selama variasi waktu 20, 30, 40, 50, 60, dan 70 menit dan dibiarkan selama 30 menit

Diukur absorbansi larutan menggunakan spektrofotometer UV/Vis dan diukur COD dengan metode titrimetri, dari hasil pengukuran didapatkan waktu kontak optimum yang digunakan pada percobaan selanjutnya.

### 2.5 Degradasi Sampel pada Kondisi Optimum

Ditimbang 30 mg chloranil yellow kemudian dilarutkan dengan air suling ke dalam labu 1 L, konsentrasi larutan adalah 30 ppm. Larutan ini dituang ke dalam piala gelas dan diatur pH dari pH mula-mula 6.5 menjadi pH optimum dengan penambahan  $H_2SO_4$  1 M, dan  $H_2SO_4$  0.1 M.

Diambil 80 mL larutan di atas menggunakan buret ke dalam piala gelas, ditambah  $H_2O_2$  dengan konsentrasi optimum dan ditambah  $FeSO_4$  dengan konsentasi optimum. Larutan diaduk dengan stirer selama waktu kontak optimum dan dibiarkan selama 30 menit.

Diukur absorbansi larutan menggunakan spektrofotometer UV/Vis dan diukur COD dengan metode titrimetri.

### 2.6 Prosedur Pengukuran COD

#### 2.6.1 Pereaksi

Larutan standar  $K_2Cr_2O_7$  0,25 N dilarutkan 12,25 g  $K_2Cr_2O_7$  yang telah dipanaskan dalam oven  $130^\circ C$  selama 2 jam dengan air suling dalam labu ukur 1000 mL, kemudian ditambah air suling sampai volumenya tepat 1000 mL.

Larutan standar  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$  0,25 N dilarutkan 89 g  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$  dengan air suling dalam labu ukur 1000 mL, kemudian ditambah 20 mL asam sulfat pekat, didinginkan dan diencerkan hingga volumenya tepat 1000 mL.

Larutan  $H_2SO_4$  pekat yang mengandung  $Ag_2SO_4$  dilarutkan 22 g  $Ag_2SO_4$  dalam 4 kg  $H_2SO_4$  pekat. Larutan indikator ferroin dilarutkan 1,485 g 1,10 fenantrolin monohidrat dan 695 mg  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dalam air dan diencerkan sampai 100 mL.

#### 2.7 Cara kerja

Dimasukkan 0,1 g  $HgSO_4$  ke dalam erlenmeyer asah, ditambah 5 mL sampel serta 2,5 mL  $K_2Cr_2O_7$  0,25 N. Dimasukkan secara perlahan-lahan 7,5 mL  $H_2SO_4$  pekat mengandung  $Ag_2SO_4$  (labu didinginkan pada saat pencampuran untuk mencegah hilangnya zat-zat yang mudah menguap).

Dimasukkan batu didih dan dipasang kondensor. Dijalankan air pendingin dan pemanas kemudian direfluks selama 2 jam, dimatikan pemanas dan didinginkan campuran pada suhu kamar.

Dibilas kondensor dengan memasukkan 20 mL air suling dari mulut kondensor.

Ditambah 2-3 tetes larutan indikator ferroin dan dititrasi sisa kromat dengan larutan  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$  0,25 N. Titrasi dihentikan pada saat terjadi perubahan warna dari biru ke merah coklat.

Dilakukan cara kerja di atas untuk blanko dengan menggunakan 5 mL air suling sebagai larutan blanko.

**Pengujian normalitas larutan titran**

Dimasukkan 2,5 mL larutan standar  $K_2Cr_2O_7$  0,25 N, kemudian dengan hati-hati ditambah 7,5 mL  $H_2SO_4$  pekat, kemudian didinginkan.

Ditambah 2-3 tetes indikator ferroin dan dititrasi dengan larutan  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$  0,25 N seperti cara di atas.

**Perhitungan**

Normalitas titran =

$$COD = \frac{(a - b) \times N}{8000} \times \frac{2,5 ml K_2Cr_2O_7 \cdot 0,25 N \times 0,25 N}{ml Fe(NH_4)_2(SO_4)_2} \times$$

mL contoh

keterangan:

a = mL  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$  untuk blanko

b = mL  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$  untuk sampel

N = Normalitas titran

Satuan COD = mg/L  $O_2$

Penurunan konsentrasi warna (%) =

$$\frac{\text{absorbansi awal} - \text{absorbansi akhir}}{\text{absorbansi awal}}$$

Penurunan Nilai COD (%) =  $\frac{COD_{awal} - COD_{akhir}}{COD_{awal}}$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

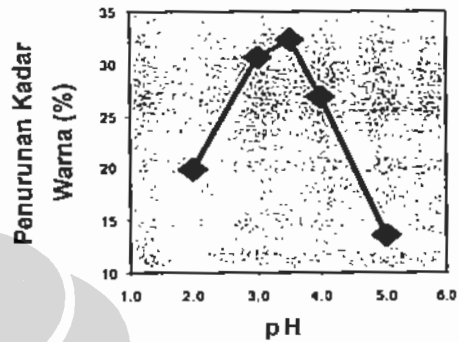
Pada penelitian ini dilakukan percobaan untuk mengetahui pengaruh variasi pH, konsentrasi  $H_2O_2$ , konsentrasi  $FeSO_4$ , dan waktu kontak terhadap pengurangan kadar warna dan nilai COD dari larutan chloranil yellow.

**3.1 Pengaruh Variasi pH**

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan pH optimum agar pada pH tersebut pereaksi fenton bekerja seoptimal mungkin. Contoh larutan chloranil yellow 30 ppm divariasikan pH-nya dari pH awal 6.5 menjadi pH 2, 3, 3.5, 4, dan 5 dengan penambahan  $H_2SO_4$  1 M, 0.1 M, dan 0.01 M, kemudian ditambah 10 mL  $H_2O_2$  10 ppm dan 10 mL  $FeSO_4$  10 ppm (konsentrasi kedua pereaksi ini dibuat tetap, hanya pH yang divariasikan). Kemudian diaduk selama 30 menit, lalu dibiarkan selama 30 menit untuk mengendapkan oksida ferri terhidrat dan senyawa hasil oksidasi yang kemungkinan terjadi akibat pembentukan dimer yang berbobot molekul besar dan memiliki kelarutan yang rendah. Kemudian diukur penurunan kadar warna dan nilai COD dari beberapa

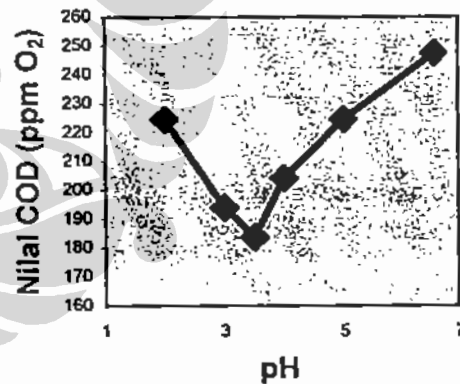
variasi tersebut. Hasil persentase penurunan warna dan nilai COD dapat dilihat pada Gambar 1

**Penentuan Nilai Optimum pH**



(a)

**Penentuan Nilai Optimum pH**



(b)

**Gambar 1: (a) Grafik penurunan kadar warna**

**(b) Grafik perubahan Nilai COD dengan variasi pH.**

Kondisi: pH bervariasi, konsentrasi  $H_2O_2$  10 ppm, konsentrasi  $FeSO_4$  10 ppm, waktu kontak 30 menit.

Dari grafik dapat dilihat bahwa pH optimum adalah 3.5 di mana persentase penurunan kadar warna besar dan nilai COD terkecil. Hal ini karena hidrogen peroksida dan ion ferro lebih stabil pada pH 3.5 sehingga keduanya membangun sistem redoks yang

lebih baik. Pada pH 4 atau lebih besar ion ferro menjadi tidak stabil dan mudah membentuk ion ferri dan kompleks hidrokso ferri. Pada pH basa hidrogen peroksida tidak stabil dan terdekomposisi membentuk oksigen dan air dan kehilangan kemampuan mengoksidasi [1]. Dengan demikian pH 3.5 diambil sebagai pH optimum dan digunakan dalam percobaan berikutnya.

### 3.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Hidrogen Peroksida

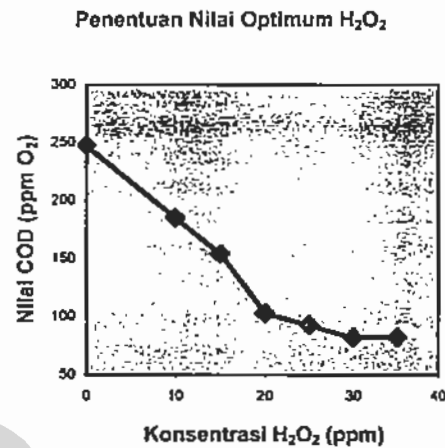
Pada percobaan ini dipelajari pengaruh variasi konsentrasi hidrogen peroksida terhadap hasil pengurangan warna dan nilai COD. Percobaan yang dilakukan sama dengan percobaan sebelumnya, hanya dilakukan variasi konsentrasi hidrogen peroksida, yaitu 10, 15, 20, 25, 30, dan 35 ppm dan pH optimum 3.5, sementara variabel lain dibuat tetap. Hasil persentase penurunan warna dan nilai COD dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa makin besar konsentrasi hidrogen peroksida, persentase penurunan warna dan nilai COD semakin baik. Hal ini disebabkan karena semakin banyak terbentuk radikal hidroksil yang dapat mengoksidasi larutan *dyestuff* chloranil yellow. Pada konsentrasi hidrogen peroksida 30 ppm, nilai penurunan warna dan COD relatif tidak berbeda dibandingkan dengan hidrogen peroksida 35 ppm (perbedaan 0.3%), sehingga konsentrasi 30 ppm diambil sebagai konsentrasi optimum dan digunakan untuk percobaan selanjutnya.

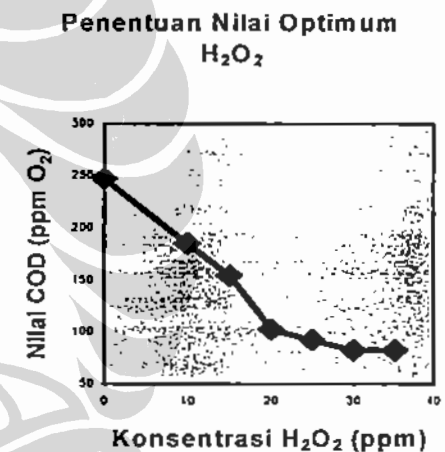
### 3.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Ferro Sulfat

Percobaan ini sama dengan percobaan sebelumnya, hanya dilakukan variasi konsentrasi ferro sulfat, yaitu 10, 15, 20, 25, dan 30 ppm, dengan pH optimum 3.5 dan konsentrasi hidrogen peroksida 30 ppm, sementara variabel lain dibuat tetap. Hasil persentase penurunan warna dan nilai COD dapat dilihat pada Gambar 3.

Pengaruh konsentrasi ferro sulfat terhadap penurunan kadar warna dan nilai COD dapat dilihat pada grafik di atas. Makin besar konsentrasi ferro sulfat, maka penurunan kadar warna dan nilai COD semakin baik. Hal ini disebabkan tidak hanya oleh sempurnanya reaksi redoks, tetapi juga karena terbentuknya koagulasi oleh kompleks hidrokso ferri. Pada konsentrasi ferro sulfat 25 ppm memberikan penurunan kadar warna dan nilai COD yang relatif sama (perbedaan 0.4%) dengan konsentrasi ferro sulfat 30 ppm, sehingga konsentrasi 25 ppm ini dipilih sebagai konsentrasi ferro sulfat optimum dan digunakan untuk percobaan selanjutnya.



(a)



(b)

**Gambar 2:** (a). Grafik penurunan kadar warna, (b). Grafik perubahan nilai COD dengan kons.  $H_2O_2$ .

Kondisi: pH 3,5, konsentrasi  $H_2O_2$  bervariasi, konsentrasi  $FeSO_4$  10 ppm, waktu kontak 30 menit.

### 3.4 Pengaruh Variasi Waktu Kontak

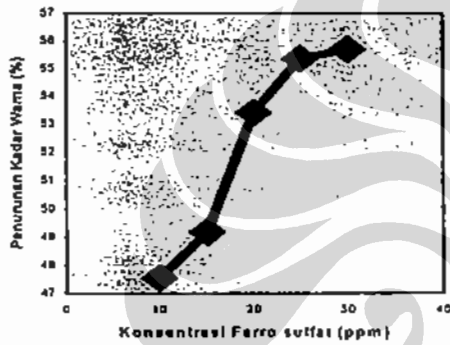
Variasi waktu kontak yang digunakan adalah 20, 30, 40, 50, 60, dan 70 menit, pH optimum 3.5, konsentrasi hidrogen peroksida optimum adalah 30 ppm, dan konsentrasi ferro sulfat optimum adalah 25 ppm. Hasil Persentase penurunan warna dan nilai COD dapat dilihat pada Gambar 4.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa makin lama waktu kontak, persentase penurunan kadar warna dan nilai COD makin baik. Waktu kontak

60 menit dipilih sebagai waktu optimum, karena persentase penurunan kadar warna 60 menit relatif sama dengan 70 menit (perbedaan 0.3%).

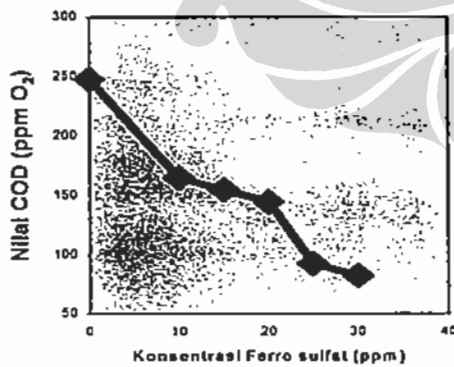
Setelah dilakukan beberapa percobaan untuk melihat pengaruh variasi pH, konsentrasi hidrogen peroksida, konsentrasi ferro sulfat optimum, dan waktu kontak, maka didapat kondisi optimum sebagai berikut: pH 3.5, konsentrasi hidrogen peroksida optimum adalah 30 ppm, konsentrasi ferro sulfat optimum adalah 25 ppm, dan waktu kontak 60 menit.

Penentuan Nilai Optimum Ferro sulfat



(a)

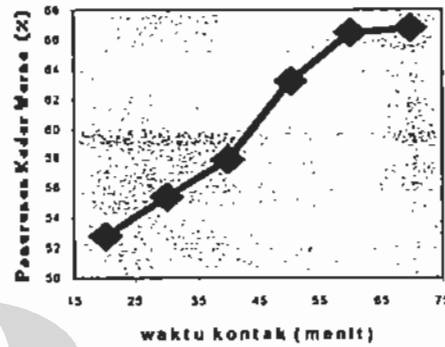
Penentuan Nilai Optimum Ferro sulfat



(b)

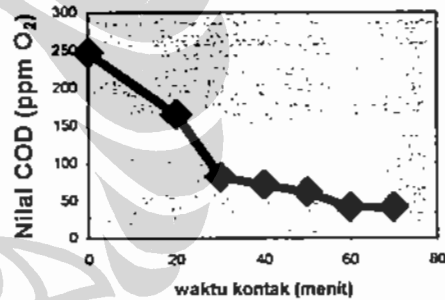
Gambar 3: (a) Grafik penurunan kadar warna, (b). Perubahan nilai COD dng kons. FeSO<sub>4</sub>

Penentuan Nilai Optimum Waktu kontak



(a)

Penentuan Nilai Optimum Waktu Kontak



(b)

Gambar 4: (a). Grafik penurunan kadar warna, (b). Grafik perubahan nilai COD dengan variasi waktu kontak. Kondisi: pH 3,5, konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 ppm, konsentrasi FeSO<sub>4</sub> 25 ppm, waktu kontak bervariasi.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan:

1. Sampel chloranil yellow 30 ppm dapat didegradasi menggunakan metode fenton di mana persentase penurunan kadar warna pada kondisi optimum adalah 66.45% dan persentase penurunan nilai COD adalah 83.33%.

2. Penurunan kadar warna dan nilai COD dipengaruhi oleh pH, konsentrasi hidrogen peroksida, konsentrasi ferro sulfat, dan waktu kontak optimum. Nilai optimum yang diberikan oleh sampel chloranil yellow 30 ppm adalah: pH 3.5, konsentrasi hidrogen peroksida 30 ppm, konsentrasi ferro sulfat 25 ppm, dan waktu kontak 60 menit.

## DAFTAR ACUAN

1. Kuo, W. G. "Decolorizing dye wastewater with fenton's reagent", *Water Research*, 26,881-886, 1992
2. Fessenden dan Fessenden, "Kimia Organik", Edisi ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1992
3. Walling and Kato. "The oxidation of alcohol by fenton's reagent: The effect of copper ion", *Journal of American Chemical Society*, 93, 4275-4281, 1971.
4. Tung C. H, Kang C. "Nature of the reactive intermediates from the iron induced activation of hydrogen peroxide", *Journal of American Chemical Society*, 113,7588-7593,1991.

