

## Pengolahan Limbah Cair Batik menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Dopan-N dengan Bantuan Sinar Matahari

Kapti Riyani, Tien Setyaningtyas dan Dian Windy Dwiasih

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik,  
Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Dr. Soeparno Karangwangkal Purwokerto 53123

E-mail: [kapti.riyani@gmail.com](mailto:kapti.riyani@gmail.com)

### Abstrak

Studi penggunaan fotokatalis TiO<sub>2</sub>-dopan-N untuk pengolahan limbah cair batik telah dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi nilai BOD dan COD pada limbah cair batik menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi. Sebagai sumber nitrogen untuk pembuatan fotokatalis TiO<sub>2</sub>-dopan-N adalah urea. Limbah cair batik berasal dari salah satu industri batik di Sokaraja, Banyumas, Jawa Tengah. Penelitian ini dimulai dengan pembuatan fotokatalis TiO<sub>2</sub>-N, dengan perbandingan molar TiO<sub>2</sub>:urea adalah 95:5 dan 90:10. Selanjutnya TiO<sub>2</sub> standar; TiO<sub>2</sub>-dopan-N (95:5); dan N-dopan TiO<sub>2</sub> (90:10) dikarakterisasi menggunakan XRD dan DRS. Hasil penelitian menunjukkan puncak kristal TiO<sub>2</sub> anatase standar, TiO<sub>2</sub>-dopan-N (95:5) dan TiO<sub>2</sub>-dopan-N (90:10) berturut-turut pada  $2\theta = 25,5794^\circ$ ,  $2\theta = 25,5398^\circ$  dan  $2\theta = 25,7286^\circ$ . Energi celah pita TiO<sub>2</sub> anatase standar, TiO<sub>2</sub>-dopan-N (95:5), dan TiO<sub>2</sub>-dopan-N (90:10) berturut-turut adalah 3,342 eV, 3,337 eV dan 3,268 eV. Uji aktivitas fotokatalis dilakukan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energinya dengan lama penyinaran 5 jam. Penambahan Urea pada fotokatalis TiO<sub>2</sub> akan meningkatkan aktivitas fotokatalis, perbandingan molar TiO<sub>2</sub> : Urea optimum pada perbandingan 90:10, dengan persen penurunan BOD dan COD berturut-turut sebesar 48,4 % dan 72,73 %.

**Kata Kunci** : fotokatalis, TiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>-dopan-N, limbah cair batik, BOD, COD

### Abstract

Studies using N-doped TiO<sub>2</sub> photocatalysts for batik wastewater treatment has been undertaken with the aim to reduce the BOD and COD in batik wastewater using sunlight as an energy source. As a source of nitrogen for the fabrication of N-doped TiO<sub>2</sub> photocatalysts is urea. Batik Wastewater from one of batik industry in Sokaraja, Banyumas, Central Java. The study began with the fabrication of N-doped TiO<sub>2</sub> photocatalysts, with a molar ratio of TiO<sub>2</sub>: urea is 95:5 and 90:10. TiO<sub>2</sub>, N-doped TiO<sub>2</sub> (95:5), and N-doped TiO<sub>2</sub> (90:10) were characterized using XRD and DRS. The results showed a peak of anatase crystal of standard TiO<sub>2</sub>, N-doped TiO<sub>2</sub> (95:5) and N-doped TiO<sub>2</sub> (90:10) were  $2\theta = 25.5794^\circ$ ,  $2\theta = 25.5398^\circ$  and  $2\theta = 25.7286^\circ$ , respectively. Band gap energy of anatase TiO<sub>2</sub> standard, N-doped TiO<sub>2</sub> (95:5), and N-doped TiO<sub>2</sub> (90:10) were 3.342 eV, 3.337 eV and 3.268 eV, respectively. Activity of Photocatalyst assay performed using sunlight as a source of energy with irradiation time 5 hours. Addition of Urea on TiO<sub>2</sub> photocatalysts will increase the activity of the photocatalyst, optimal molar ratio of TiO<sub>2</sub>: urea at 90:10, with the percent reduction in BOD and COD were 48.4% and 72.73%, respectively.

**Keywords** : photocatalysts, TiO<sub>2</sub>, N-doped TiO<sub>2</sub>, batik wastewater, BOD, COD

## 1. PENDAHULUAN

Fotokatalisis heterogen menggunakan titanium dioksida merupakan metode yang efisien untuk mendegradasi secara lengkap senyawa organik dalam fase cair dan gas.

Pencemar yang mengandung karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur dan atom halogen akan terdegradasi menjadi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, anion NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, dan halida (Hoffmann, 1995). Metode fotokatalitik TiO<sub>2</sub> berhasil digunakan dalam

beberapa aplikasi komersial, termasuk pemurnian air, unit pembersih udara, pelapis antimikroba dan kaca *self-cleaning*. Jumlah paten yang berkaitan dengan degradasi senyawaan organik yang berbahaya menggunakan teknik fotokatalitik terus meningkat. Namun, kebanyakan dari mereka masih menggunakan sumber sinar dari lampu UV karena energi celah pita dari TiO<sub>2</sub> cukup besar (3,2 eV) sehingga bila menggunakan sinar matahari kurang efisien karena hanya menggunakan ± 5 % dari spektrum sinar matahari (fraksi UV cahaya matahari). Penggunaan lampu UV saat ini menimbulkan masalah yang serius karena konsumsi energi yang tinggi sehingga meningkatkan biaya operasi sistem fotokatalitik TiO<sub>2</sub>. Modifikasi terhadap fotokatalis TiO<sub>2</sub> yang dapat menggunakan sinar tampak untuk aktivasinya akan menghilangkan keterbatasan dari penggunaan TiO<sub>2</sub> untuk mendegradasi polutan organik. Sehingga saat ini sedang dikembangkan fotokatalis titanium dioksida yang dapat secara efisien menggunakan sinar matahari atau cahaya dalam ruangan. (Anpo, 2000).

Pendekatan yang paling menjanjikan untuk penggunaan TiO<sub>2</sub> pada daerah sinar tampak adalah dengan modifikasi struktur kimia dari fotokatalis TiO<sub>2</sub> sehingga terjadi pergeseran penyerapan spektrum sinar ke daerah sinar tampak. Modifikasi fotokatalis TiO<sub>2</sub> melibatkan pengantar (doping) dari logam dan spesies bukan logam. Urea merupakan hidrokarbon dengan kandungan nitrogen yang tinggi, mudah didapat serta relatif murah sehingga cukup potensial digunakan sebagai sumber nitrogen untuk pembuatan TiO<sub>2</sub>-dopan-N yang diharapkan aktif pada daerah sinar tampak dan efisien menggunakan sinar matahari sebagai sumber cahaya.

Perkembangan industri tekstil di daerah Jawa Tengah telah maju dengan pesat. Dampak negatif dari pembangunan industri tekstil tersebut terutama dari proses pencelupan dimana mengandung zat warna azo dimana mempunyai gugus kromofor -N=N- dalam struktur molekulnya. Senyawaan azo ini diketahui *nonbiodegradable* dalam kondisi aerobik dan akan tereduksi menjadi produk antara yang lebih berbahaya pada kondisi anaerobic. Pewarna azo

dapat menyebabkan kanker pada manusia. (Wardhana, 2004)

Senyawa azo yang digunakan pada pencelupan dan pewarnaan tekstil merupakan senyawa organik. Kadar senyawa organik yang ada dalam suatu perairan dapat diukur dengan parameter *Chemical Oxygen Demand (COD)* dan *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan lingkungan Hidup No. KEP - 51/ MENLH/ 10/ 1995, besarnya BOD limbah cair industri tekstil yang diijinkan adalah 50 – 150 mg/l serta nilai COD yang diijinkan adalah 100 -300 mg/l. Nilai BOD limbah cair industri tekstil menurut Rambe (2008) sebesar 1099,22 mg/l, sedangkan nilai COD limbah cair tekstil menurut Malik (2003) sebesar 1310 mg/l. Dari data tersebut terlihat bahwa nilai BOD dan COD limbah tekstil sangat jauh diatas baku mutu limbah cair industri tekstil. Oleh karena itu, usaha untuk mengatasi masalah tersebut harus dilakukan sedini mungkin. Menghilangkan pewarna dari air akan memperbaiki kualitas air, sehingga diperlukan metode yang efektif untuk menghilangkan warna dari limbah cair tekstil. Satu dari metode untuk pengolahan limbah cair industri tekstil adalah dengan degradasi secara fotokatalisis dalam larutan dengan penyinaran menggunakan sinar tampak, dimana mengandung fotokatalis yang sesuai terutama TiO<sub>2</sub>, dimana TiO<sub>2</sub> mudah didapat, harga relatif murah, tidak berbahaya, dan stabil secara kimia.

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah (1). Membuat TiO<sub>2</sub>-dopan-N dengan cara impregnasi basah dari TiO<sub>2</sub> jenis anatase dengan Urea sebagai sumber nitrogen. (2). Karakterisasi fotokatalis yang telah dibuat yang meliputi kristalinitas dan energi celah pita. (3). Menguji aktifitas katalis yang dibuat dengan aplikasi langsung untuk pengolahan limbah cair batik menggunakan sinar matahari sebagai sumber energinya dengan lama penyinaran 5 jam.

## 2. METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu TiO<sub>2</sub> Merck, urea Merck, aquades, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> Merck, HgSO<sub>4</sub> Merck, MnSO<sub>4</sub> Merck, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Merck, MgSO<sub>4</sub> Merck, FeCl<sub>3</sub> Merck, Buffer Phosphat, Amilum Merck,

Feroamoniumsulfat Merck,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  Merck,  $\text{CaCl}_2$  Merck, alkali azida Merck.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  Merck, Indikator feroin.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sonikator, beker gelas, beker gelas, labu ukur, pipet ukur, filler, batang pengaduk, kertas saring, pH indikator universal, botol Winkler, oven, *furnace*, cawan porselen, spektrofotometer UV-Vis DRS, *X-Ray Diffraction (XRD)*.

### Pengambilan dan preparasi sampel limbah cair

Limbah cair batik di ambil dari industri batik di Sokaraja Kulon, Banyumas, Jawa Tengah. Limbah cair ini di masukkan ke dalam jerigen. Limbah cair disaring dengan kertas saring untuk menghilangkan padatan (seperti malam) yang dapat mengganggu analisis. Filtrat yang dihasilkan ditampung dalam beker gelas 1000 mL.

### Sintesis fotokatalis $\text{TiO}_2$ -dopan-N

$\text{TiO}_2$ -dopan-N dibuat dengan perbandingan molar  $\text{TiO}_2$  : urea yaitu 95:5 dan 90:10. Masing-masing 22,8 g  $\text{TiO}_2$  dan 0,90 g urea (95:5) ; 21,6 g  $\text{TiO}_2$  dan 1,80 g urea (90:10) disuspensikan dalam akua DM, kemudian suspensi diletakkan dalam sonikator selama 30 menit. Selanjutnya suspensi diuapkan dengan oven dan dikalsinasi pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama 2 jam kemudian dihaluskan hingga berbentuk serbuk. Fotokatalis  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ -dopan-N (95:5), dan  $\text{TiO}_2$ -dopan-N (90:10) dikarakterisasi dengan XRD untuk menentukan kristalinitas. Celah pita masing-masing fotokatalis tersebut ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis DRS.

### Pengujian Fotokatalis $\text{TiO}_2$ -dopan-N untuk pengolahan limbah cair tekstil

Fotokatalis  $\text{TiO}_2$  tanpa urea digunakan sebagai kontrol. 200 mL air limbah yang telah disaring untuk menghilangkan endapan dimasukkan ke dalam beaker gelas. Kemudian 0.5 gram fotokatalis dimasukkan dalam medium. Selanjutnya terhadap media untuk fotokatalisis disetimbangkan selama 30 menit pada kondisi gelap, kemudian media disinari menggunakan sinar matahari. Sampel diambil setiap 1 jam sampai 5 jam penyinaran. Setiap sampel

dianalisis nilai BOD dan COD-nya. Setiap percobaan diulang 3x (triplo).

### Penentuan BOD (Biochemical Oxygen Demand) (APHA, 1995)

Penentuan BOD dilakukan dengan menggunakan metode titrasi Winkler, dimana kadar BOD dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{BOD} = \text{DO}_{(0)} - \text{DO}_{(5)}$$

### Penentuan $\text{DO}_{(0)}$

Dipipet 50 ml sampel ke dalam labu ukur 100 ml ditambahkan masing-masing 1 ml buffer fosfat,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{FeCl}_3$  dan diencerkan dengan air suling sampai tanda batas. Dipindahkan ke dalam beker 100 ml lalu aerasi selama 15 menit. Dimasukkan ke dalam botol Winkler dan tutup, tambahkan masing-masing 1 ml alkali azida dan  $\text{MnSO}_4$  10%, tutup lalu kocok dengan membolak-balik botol Winkler. Dibiarkan selama 10 menit lalu dipindahkan ke erlenmeyer. Ditambahkan 1 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat, dikocok dan dititrasi dengan natrium thiosulfat 0,025 N hingga kuning pucat. Ditambahkan beberapa tetes amilum 0,5 %, kemudian titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang.

### Penentuan $\text{DO}_{(5)}$

Sampel yang telah diaerasikan pada pengerjaan  $\text{DO}_{(0)}$  dimasukkan kedalam botol Winkler dan ditutup rapat (dijaga jangan sampai timbul rongga udara) dan disimpan selama 5 hari. Kemudian dititrasi dengan cara yang sama pada penentuan  $\text{DO}_{(0)}$ . Kadar oksigen terlarut dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar O}_2 \text{ (ppm)} = \frac{(\text{ml} \times \text{N}) \text{ pentiter} \times 8000}{\text{ml sampel} - 2}$$

$$\text{DO} = \text{kadar O}_2 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)} \times \text{faktor pengenceran}$$

### Penentuan COD (Chemical Oxygen Demand) (APHA, 1995)

Penentuan COD dilakukan dengan menggunakan titrasi redoks. Sebanyak 0,1 gram  $\text{HgSO}_4$  masing-masing dimasukkan ke dalam 2 buah erlenmeyer, ditambah 2-3 buah batu didih dan ditambahkan 20 ml aquadest (blanko) dan 20 ml sampel. Blanko dan sampel kemudian ditambahkan masing-masing 10 ml  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,25

N dan 30 ml reagen asam sulfat-perak sulfat. Kedua erlenmeyer direfluks selama kurang lebih 2 jam dan setelah dingin, kondensor dibilas dengan aquades. Indikator ferroin sebanyak 2-3 tetes ditambahkan sehingga larutan menjadi hijau-biru. Larutan selanjutnya dititrasi dengan ferro ammonium sulfat 0,1 N yang telah distandarisasi dengan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,25 N sampai larutan menjadi coklat-merah.

$$\text{Nilai COD (ppm)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}}$$

Keterangan : A = ml pentiter untuk blanko  
 B = ml pentiter untuk sampel  
 N = Normalitas Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Karakterisasi Fotokatalis

Hasil karakterisasi UV-Vis DRS dapat dilihat pada gambar 1, yang menunjukkan bahwa panjang gelombang untuk TiO<sub>2</sub> murni sebesar 372,00 nm, TiO<sub>2</sub>-dopan-N dengan perbandingan molar (95:5) sebesar 372,58 nm, TiO<sub>2</sub>-dopan-N (90:10) sebesar 380,32 nm yang ekuivalen dengan energi celah pita sebesar 3,34 eV, 3,33 eV dan 3,26 eV. Selisih energi celah untuk spesies selitan N pada TiO<sub>2</sub> mencapai 0,73 eV di atas puncak pita valensi, sedangkan selisih energi celah pita untuk substitusi N pada TiO<sub>2</sub> mencapai 0,14 eV (Di Valentin, 2004). Pada penelitian ini terjadi penurunan energi celah pita yang sedikit, yaitu 0,08 eV sehingga kemungkinan besar yang terjadi adalah substitusi sebagian atom O pada TiO<sub>2</sub> oleh N dari urea. Semakin besar penambahan urea akan menurunkan energi celah pita hal ini terjadi karena semakin banyak atom nitrogen yang mensubstitusi sebagian atom O pada TiO<sub>2</sub>.

Hasil karakterisasi XRD dapat dilihat pada gambar 2. Dari gambar 2 terlihat bahwa dengan penambahan urea akan mengurangi intensitas dari peak TiO<sub>2</sub> *anatase* standar. Peak

TiO<sub>2</sub> *anatase*, TiO<sub>2</sub>-dopan-N (95:5) dan TiO<sub>2</sub>-dopan-N (90:10) berturut-turut terlihat pada 2θ = 25,5794°, 2θ = 25,5398° dan 2θ = 25,7286°. Penurunan intensitas peak dikarenakan adanya atom Nitrogen yang menggantikan atom oksigen dari TiO<sub>2</sub> sehingga komposisi kristal TiO<sub>2</sub> tipe *anatase* semakin berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa urea bisa digunakan sebagai sumber N untuk mensubstitusi sebagian atom O pada TiO<sub>2</sub>.

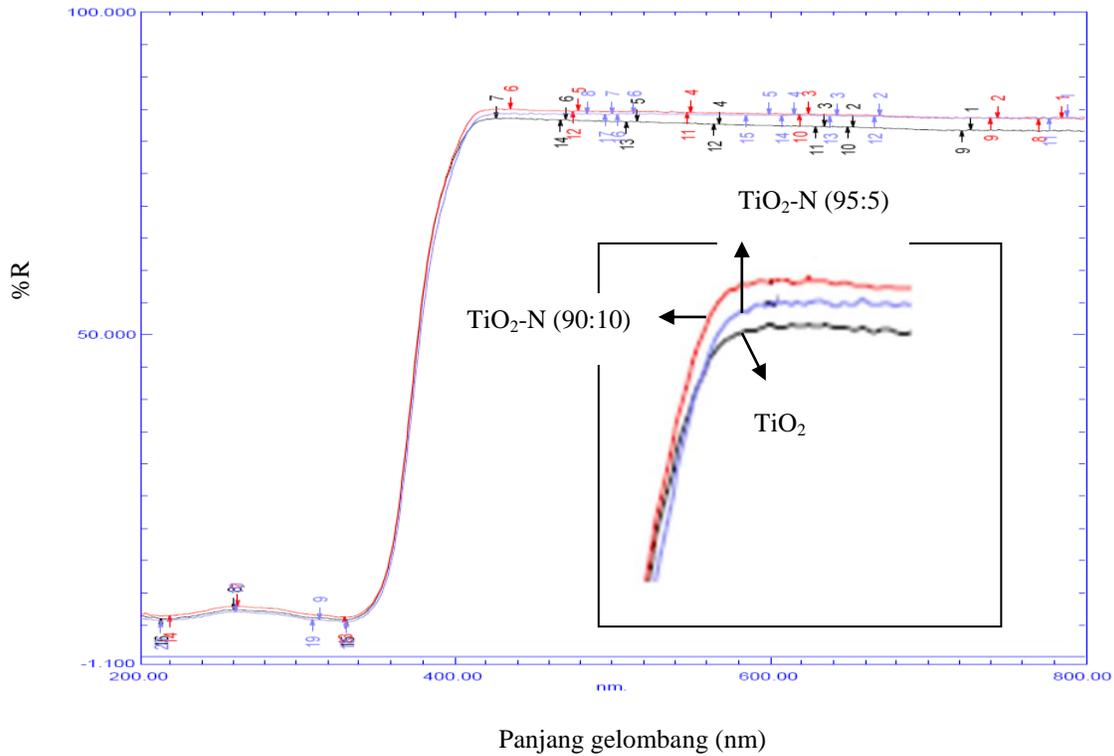
#### Uji Aktivitas Fotokatalis

Limbah cair batik awal mengandung konsentrasi BOD dan COD sebesar 657 mg/L dan 950 mg/L. Pada uji daya adsorpsi fotokatalis dimana dilakukan dengan kondisi gelap tanpa cahaya selama 5 jam menunjukkan penurunan BOD dan COD sebesar 0 % untuk semua fotokatalis yang diuji, yaitu TiO<sub>2</sub> (100/0), TiO<sub>2</sub>/N (95/5) dan TiO<sub>2</sub> (90/10). Hal ini menunjukkan bahwa fotokatalis yang digunakan daya adsorpsinya sangat kecil sehingga penurunan kadar BOD dan COD dengan adanya sinar matahari terjadi karena adanya aktivitas fotokatalisis dari fotokatalis yang digunakan.

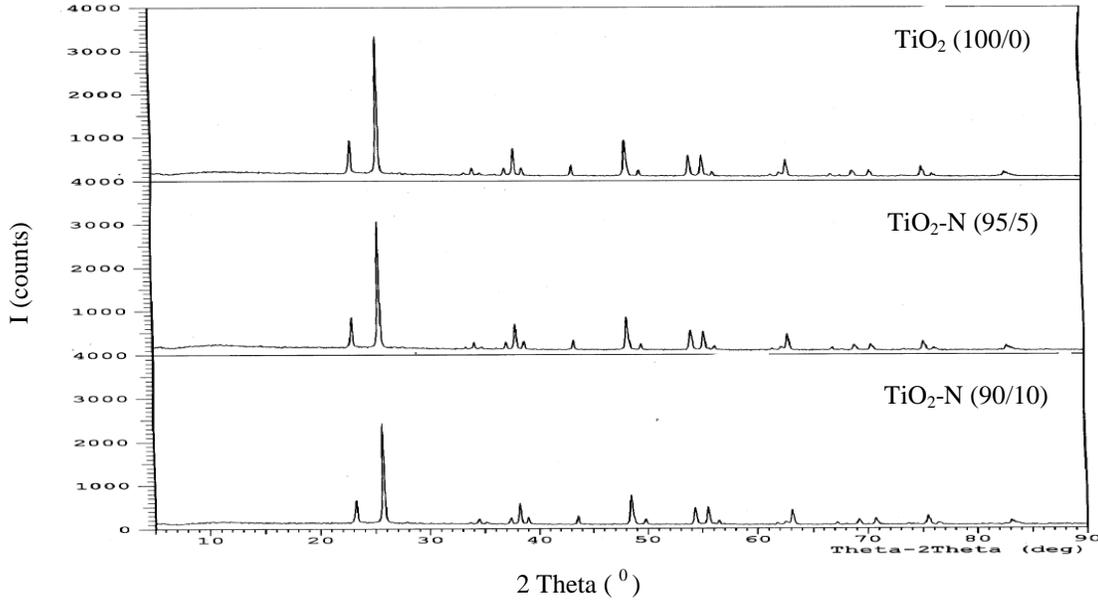
**Tabel 1.** Pengaruh perbandingan molar TiO<sub>2</sub> : Urea terhadap aktivitas fotokatalis.

Katalis	Persen penurunan selama 5 jam waktu penyinaran	
	BOD (%)	COD (%)
TiO <sub>2</sub> (100/0)	20,03	22,95
TiO <sub>2</sub> /N (95/5)	22,61	55,79
TiO <sub>2</sub> /N (90/10)	48,4	72,73

Dari tabel 1. terlihat bahwa aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub>-dopan-N meningkat dengan meningkatnya jumlah Urea yang digunakan. Perbandingan molar TiO<sub>2</sub> : Urea optimum pada perbandingan 90:10 dengan persen penurunan konsentrasi



**Gambar 1.** Hasil karakterisasi UV-Vis DRS



**Gambar 2.** Hasil karakterisasi XRD

BOD dan COD sebesar 48,4 % dan 72,73 %. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan urea pada fotokatalis akan mengaktifkan fotokatalis TiO<sub>2</sub> pada penggunaan sinar matahari.

TiO<sub>2</sub> dapat mengkatalisis reaksi reduksi dan oksidasi. Reaksi oksidasi dapat terjadi karena lubang positif yang terbentuk selama aktivasi fotokatalis akan

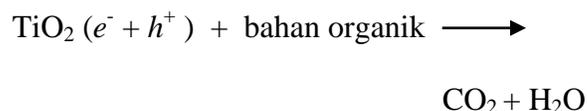
mengoksidasi ion hidroksi atau air pada permukaan katalis menghasilkan radikal hidroksil HO•. Radikal ini akan mengoksidasi senyawaan organik pada limbah cair tekstil. Mekanisme penurunan kadar BOD dan COD menggunakan fotokatalis TiO<sub>2</sub> dan TiO<sub>2</sub>-N merupakan reaksi redoks dimana terjadi pelepasan dan penangkapan elektron yang diakibatkan oleh energi foton dari sinar matahari. Reaksi fotokatalisis dari TiO<sub>2</sub> merupakan kombinasi reaksi dari fotooksidasi serta fotoreduksi yang diawali dengan adsorpsi substrat ke permukaan semikonduktor. Fotooksidasi maupun fotoreduksi dapat terjadi karena TiO<sub>2</sub> merupakan semikonduktor dengan struktur elektronik yang khas yaitu memiliki pita valensi dan pita konduksi yang kosong sehingga ketika dikenai sinar matahari maka akan mengalami eksitasi e<sup>-</sup> dari pita valensi ke pita konduksi (menghasilkan e<sup>-</sup><sub>cb</sub>) yang menyebabkan adanya kekosongan atau *hole* (h<sup>+</sup><sub>vb</sub>) pada pita valensi yang dapat berperan sebagai muatan positif. Selanjutnya *hole* akan bereaksi dengan H<sub>2</sub>O yang terdapat dalam larutan membentuk radikal hidroksil (•OH), radikal hidroksil ini merupakan oksidator kuat yang dapat mendegradasi senyawa organik menjadi CO<sub>2</sub> dan air. Elektron pada permukaan semikonduktor dapat bereaksi dengan penangkap e<sup>-</sup> yang ada dalam larutan yaitu O<sub>2</sub> membentuk radikal superoksida (•O<sub>2</sub><sup>-</sup>) yang juga dapat mendegradasi senyawa organik dalam larutan (Hoffman et al, 1995).

Radikal (•OH) dan (•O<sub>2</sub><sup>-</sup>) akan terus menerus terbentuk selama sinar matahari masih mengenai fotokatalis dan akan mendegradasi senyawa organik menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Efektivitas reaksi fotokatalitik tergantung pada kompetisi antara rekombinasi pembawa muatan dengan donasi elektron dari substrat ke *hole* (h<sup>+</sup><sub>vb</sub>). Rekombinasi pembawa muatan dapat dicegah dengan menyediakan penangkap e<sup>-</sup> berupa O<sub>2</sub> yang teradsorpsi dan menjadi anion radikal superoksida •O<sub>2</sub><sup>-</sup> yang akan

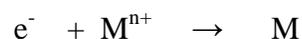
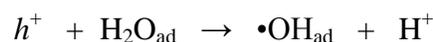
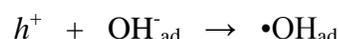
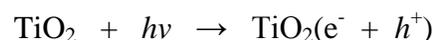
mengoksidasi senyawa organik. Menurut Okamoto et.al. (1985) mekanisme fotokatalitik TiO<sub>2</sub> adalah sebagai berikut :



Reaksi katalisis TiO<sub>2</sub> untuk menurunkan BOD dan COD adalah sebagai berikut



Mekanisme tersebut diperkuat oleh Sonawane dan Dongare (2006), yang menggambarkan mekanisme fotokatalis TiO<sub>2</sub> dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:



Radikal hidroksil •OH yang dihasilkan memiliki peranan penting dalam mengoksidasi senyawaan organik. Semakin tinggi pembentukan hidroksil radikal maka akan semakin besar pula kemampuan fotokatalis untuk mengoksidasi senyawaan organik.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa aktifitas  $\text{TiO}_2$  pada penggunaan sinar matahari sebagai sumber energinya dapat ditingkatkan dengan memodifikasi katalis menggunakan urea sehingga dihasilkan katalis  $\text{TiO}_2$ -dopan-N.

Penambahan urea akan menurunkan energi celah pita dari  $\text{TiO}_2$ . Energi celah pita untuk  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ -dopan-N (95:5) dan  $\text{TiO}_2$ -dopan-N (90:10) sebesar 3,053 eV, 3,035 eV dan 3,023 eV. Semakin banyak urea yang ditambahkan juga akan menurunkan jumlah kristal  $\text{TiO}_2$  anatase.

Perbandingan molar  $\text{TiO}_2$ /Urea akan mempengaruhi aktifitas fotokatalis. Aktifitas fotokatalis optimum pada pengaruh perbandingan molar  $\text{TiO}_2$ /Urea (90:10) dengan persen penurunan konsentrasi BOD dan COD pada limbah cair tekstil sebesar 48,4 % dan 72,73 %.

##### DAFTAR PUSTAKA

1. Anpo, M., (2000), Utilization of  $\text{TiO}_2$  photocatalysts in green chemistry, *Pure Appl. Chem.*, 72, 1265-1270.
2. APHA, 1995, *Standar Method for the Examination of Water and Wastewater*, 18th Ed., American Public Health Association. Washington D.C
3. Di Valentin, C., Gianfranco Pacchioni, and Annabella Selloni., 2004., Origin of the different photoactivity of N-doped anatase and rutile  $\text{TiO}_2$ ., *Phys. Rev. B* 70, 085116-085119
4. Hoffman, M.R., Scot T. Martin, Wonyong Choi, dan Detlef W. Bahneman., 1995., Environmental Application of Semiconductor Photocatalysis., *Chem. Rev.* 95, 69-96
5. Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan lingkungan Hidup No. KEP - 51/ MENLH/ 10/ 1995
6. Malik, A., 2003, Analisis Sistem Pengelolaan Industri Tekstil Dalam Upaya Meminimisasi Limbah Cair di Kota Medan., *Tesis.*, Program Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan
7. Okamoto K.I., Yamamoto Y., Tanaka H., Tanaka M. and Itaya A., (1985), Heterogeneous

photocatalytic decomposition of phenol over  $\text{TiO}_2$  powder, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 58, 2015-2022.

8. Rambe, A.M., 2009., Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleivera*) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil., *Tesis.*, Program Pascasarjana Universitas Sumatera Utara., Medan
9. Sonawane, R.S., and M.K. Dongare., 2006., *Sol-gel Synthesis of Au/TiO<sub>2</sub> Thin Films for Photocatalytic Degradation of Phenol in Sunlight.*, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 243, 68-76
10. Wardhana, W.A., (2004) *Dampak Pencemaran Lingkungan.*, Penerbit Andi Yogyakarta