

## DEGRADASI METILEN BIRU DENGAN METODE FOTOKATALITIK BERDASARKAN VARIASI BERAT KATALIS ZEOLIT-WO<sub>3</sub>

Dian Eka Chandra\*, Noor Hindryawati dan Soerja Koesnarpadi

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda  
Jalan Barong Tongkok, Kampus Gn. Kelua, Samarinda 75123, Kalimantan Timur, Indonesia

\*Email: dianekachandra14@gmail.com

### ABSTRAK

Modifikasi zeolit alam dengan bahan semikonduktor WO<sub>3</sub> yang digunakan sebagai katalis untuk reaksi fotokatalisis zat warna metilen biru telah dilakukan. Tahapan penelitian meliputi preparasi zeolit, aktivasi zeolit dengan HCl, modifikasi zeolit dengan WO<sub>3</sub> menggunakan metode impregnasi dan uji fotokatalisis menggunakan variasi berat katalis Zeolit-WO<sub>3</sub>. Zeolit-WO<sub>3</sub> dikarakterisasi dengan menggunakan XRD. Pola difraksi XRD menunjukkan bahwa pada sudut  $2\theta = 26,84^\circ$  dan  $28,17^\circ$  merupakan puncak dari WO<sub>3</sub>. Diperoleh persen degradasi metilen biru dengan konsentrasi 100 ppm, berat katalis 0,35 gram dan waktu kontak 75 menit adalah sebesar 99,66%.

**Kata kunci:** Zeolit, WO<sub>3</sub>, Impregnasi, Fotokatalisis, Metilen Biru.

### PENDAHULUAN

Di Indonesia, terdapat sekitar 5.900 industri tekstil yang telah berkembang sangat pesat<sup>[1]</sup>. Aktivitas perindustrian yang semakin maju dapat memberikan dampak positif seperti dapat meningkatkan perekonomian masyarakat. Namun, dapat pula memberikan dampak negatif seperti adanya limbah industri tekstil yang tidak baik bagi kesehatan maupun lingkungan jika tidak diolah dengan benar sebelum dibuang ke perairan. Terdapat beberapa industri yang menghasilkan limbah yang berbahaya salah satunya adalah industri tekstil. Industri ini menghasilkan limbah cair sisa pencucian bahan tekstil yang bersifat sangat toksik karena zat warna tersebut bersifat molekular besar sehingga jika langsung dibuang ke perairan maka akan sulit terdegradasi. Salah satu senyawa kimia yang terdapat dalam limbah cair adalah metilen biru.

Metilen biru (*Methylene Blue*) merupakan suatu zat warna *thiazine* yang sering digunakan karena mudah diperoleh dan harganya murah. Metilen biru merupakan salah satu bahan pewarna dalam pewarnaan kain. Penggunaan metilen biru ini dapat menyebabkan efek buruk seperti gangguan pada saluran pencernaan apabila tertelan<sup>[2]</sup>. Metilen biru ini merupakan limbah yang berasal dari bahan organik yang sukar mengalami penguraian sehingga membutuhkan berbagai macam metode untuk dapat menguraikan senyawa-senyawa tersebut sehingga dapat mengurangi bahayanya di lingkungan. Salah satu

metode yang dapat mendukung proses penguraian senyawa tersebut adalah metode fotokatalisis.

Metode fotokatalisis ialah metode yang digunakan untuk menguraikan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan menggunakan energi foton dan radiasi sinar UV. Fotokatalisis ini menggunakan bahan fotokatalis dan bantuan radiasi sinar UV<sup>[3]</sup>. Metode fotokatalisis merupakan suatu metode yang dapat dilakukan karena memiliki harga yang relatif murah dan mudah diterapkan di Indonesia. Metode fotokatalisis ini menguraikan zat warna menjadi komponen lebih sederhana sehingga lebih aman bagi lingkungan<sup>[2]</sup>. Bahan dalam proses fotokatalis yang dapat digunakan dalam fotokatalisis ialah suatu semi konduktor seperti WO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZnO dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Tungsten trioksida (WO<sub>3</sub>), dikenal sebagai trioksida tungsten atau *anhidrida tungstat*, ialah senyawa kimia yang mengandung oksigen dan tungsten logam transisi. Tungsten trioksida (WO<sub>3</sub>) adalah fotokatalis yang baik yang dapat digunakan di bawah iradiasi cahaya tampak (*Visible Light*) sehingga memiliki tingkat kepekaan yang tinggi terhadap cahaya tampak dan mempunyai fotoabsorpsi cahaya tampak yang lebih baik<sup>[4]</sup>.

Zeolit ialah suatu material kristalin berbasis aluminosilikat yang memiliki pori-pori dan kerangka molekuler. Zeolit ini cukup berlimpah di alam<sup>[5]</sup>. Zeolit memiliki beberapa kandungan mineral dominan yaitu SiO<sub>4</sub> dan AlO<sub>4</sub>. Bentuk kristal zeolit sangat teratur dan memiliki rongga yang berhubungan sehingga mempunyai luas

permukaan yang sangat besar<sup>[6]</sup>. Zeolit ini dapat digunakan sebagai pengemban untuk Tungsten Oksida ( $\text{WO}_3$ ) untuk proses degradasi metilen biru dengan metode fotokatalitik.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan dengan memodifikasi zeolit alam dengan penambahan  $\text{WO}_3$  untuk fotokatalisis zat warna metilen biru dengan bantuan radiasi sinar *visible*.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat

Pada penelitian ini menggunakan alat seperti ayakan 140 mesh, lumpang dan alu, neraca analitik, oven, spatula, gelas kimia, Erlenmeyer, tanur, batang pengaduk, instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD), instrumen Spektrofotometer UV-Vis, botol reagen, lampu Visible (*Grow Light* LED 10 Watt).

### Bahan

Pada penelitian ini menggunakan bahan seperti zeolit alam,  $\text{WO}_3$ , larutan HCl 3 M, metilen biru, aquades, kertas saring, aluminium foil, larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$ , kertas *whatman*.

### Prosedur Penelitian

#### Preparasi Zeolit Alam

Zeolit alam dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan 140 mesh. Zeolit direndam dengan aquades selama 24 jam lalu disaring. Zeolit dikeringkan menggunakan oven selama 3 jam dengan suhu  $120^\circ\text{C}$ <sup>[7]</sup>.

#### Aktivasi Zeolit Alam

Sebanyak 25 gram zeolit alam dicampurkan dalam larutan HCl sebanyak 100 mL dengan konsentrasi 3 M. Zeolit diaduk pada suhu  $70^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Zeolit disaring lalu dicuci menggunakan aquades hingga pH netral. Zeolit dikeringkan menggunakan oven selama 2 jam dengan suhu  $110^\circ\text{C}$  dan ditimbang. Zeolit dikarakterisasi menggunakan instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD).

#### Impregnasi $\text{WO}_3$ Pada Zeolit Alam

Sebanyak 50 gram zeolit alam dan 20 gram  $\text{WO}_3$  ditambahkan dengan  $\text{NH}_4\text{OH}$  7 M sebanyak 150 mL dan diaduk selama 5 jam pada suhu  $60-70^\circ\text{C}$ . Kemudian disaring dan dikeringkan dengan oven pada suhu  $120^\circ\text{C}$  selama 3 jam dan dihaluskan. Diayak dengan menggunakan ayakan 140 mesh. Dikalsinasi pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama 3 jam<sup>[8]</sup>. Lalu dikarakterisasi menggunakan instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD).

## Uji Fotokatalitik pada Metilen Biru menggunakan Zeolit- $\text{WO}_3$ Variasi Berat Katalis Zeolit- $\text{WO}_3$ terhadap Metilen Biru

Zeolit- $\text{WO}_3$  sebanyak 0,05; 0,15; 0,25; 0,35 dan 0,45 gram dimasukkan dalam 50 mL metilen biru. Fotokatalitik dilakukan di ruang tertutup menggunakan lampu Vis dengan menggunakan waktu optimum. Kemudian larutan zeolit- $\text{WO}_3$  dan metilen biru dipisahkan dengan cara disaring kemudian filtratnya diambil. Konsentrasi metilen biru lalu diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis, yang sebelumnya telah dilakukan pengukuran pada blanko. Penentuan % degradasi dapat ditentukan berdasarkan rumus % degradasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivasi pada zeolit alam dilakukan dengan menambahkan larutan HCl 3 M yang berfungsi untuk menghilangkan pengotor sehingga membuka pori-pori zeolit menjadi berukuran lebih besar dan oksida aluminium dari kerangka dalam kristal akan keluar dari struktur zeolit dan terlarut dalam larutan HCl 3 M. Larutan HCl digunakan karena dapat mengekstraksi Al dalam zeolit yaitu Al dalam kerangka zeolit menjadi Al di luar kerangka zeolit yang disebut sebagai proses dealuminasi. Dealuminasi ini dilakukan untuk meningkatkan rasio Si/Al. Meningkatnya rasio Si/Al berarti juga meningkatkan situs asam yang berfungsi sebagai sisi aktif zeolit<sup>[9]</sup>. Larutan HCl berfungsi untuk menghilangkan pengotor sehingga membuka pori-pori zeolit menjadi lebih besar dan oksida aluminium dari kerangka dalam kristal akan keluar dari struktur zeolit dan terlarut dalam larutan HCl 3 M<sup>[10]</sup>. Kemudian dilakukan proses impregnasi  $\text{WO}_3$  pada zeolit dengan cara direfluks.

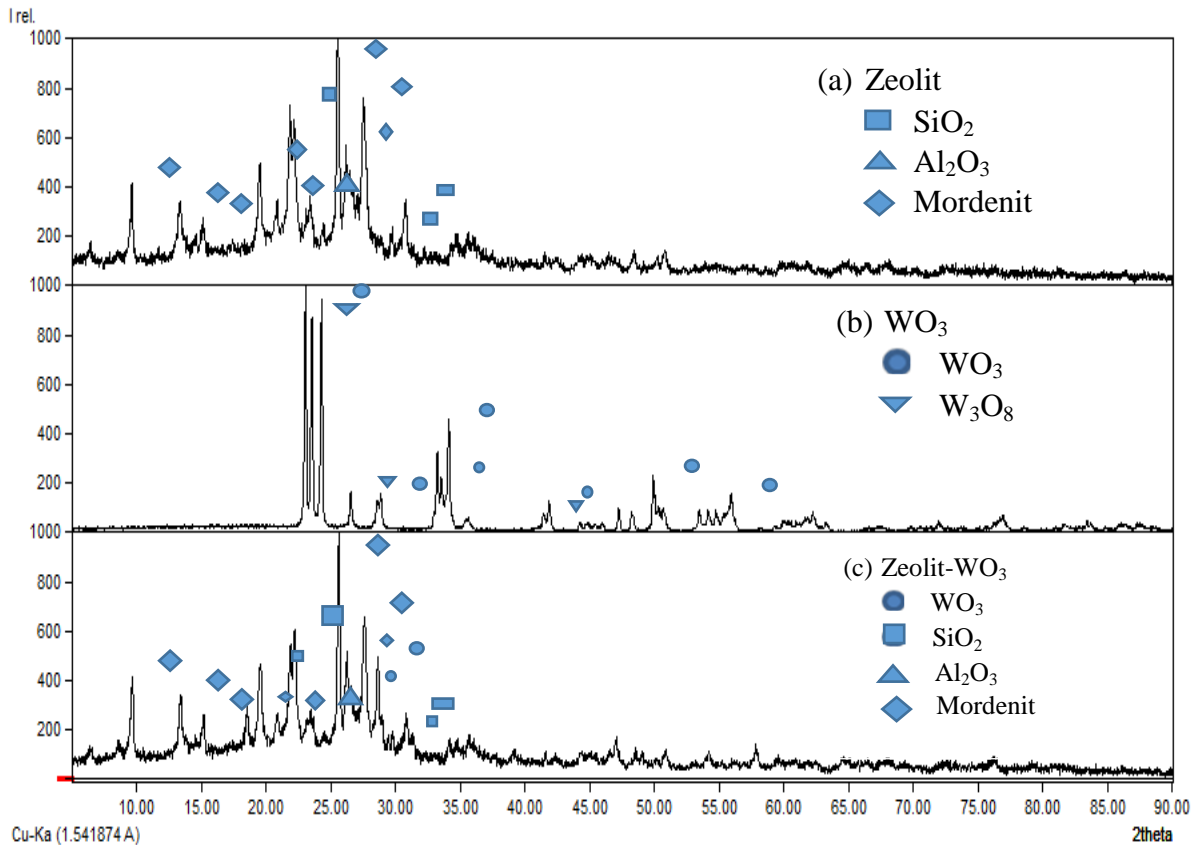
### Karakterisasi Menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*)

Analisa XRD dilakukan untuk mengetahui struktur dan kekristalan zeolit dan  $\text{WO}_3$  sebelum dimodifikasi dan setelah dimodifikasi dari (a) Zeolit, (b)  $\text{WO}_3$  dan (c) Zeolit- $\text{WO}_3$  yaitu pada gambar 1.

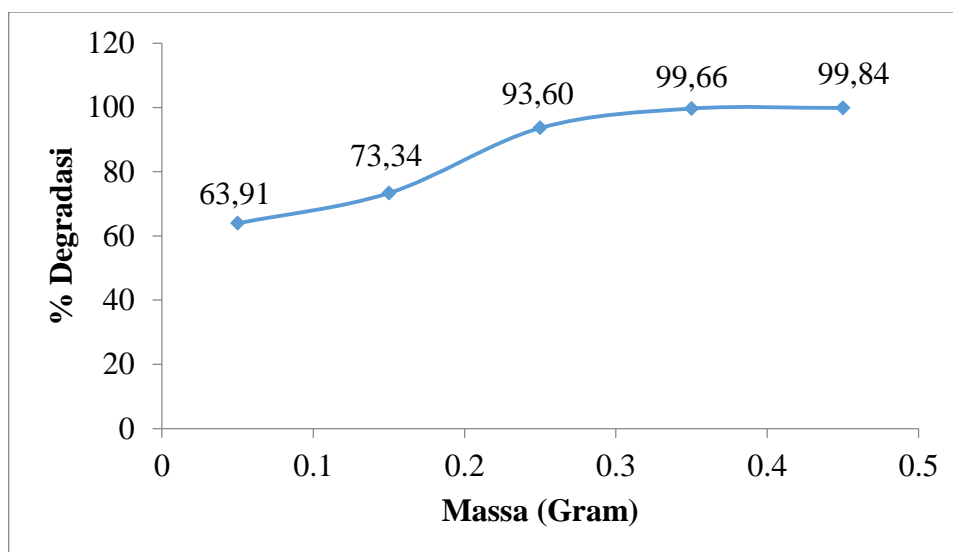
Pada gambar 1 (a) pola XRD untuk zeolit pada puncak difraksi  $2\theta = 9,58^\circ, 13,40^\circ, 15,28^\circ, 19,54^\circ, 20,98^\circ, 25,62^\circ, 26,14^\circ, \text{ dan } 27,49^\circ$  menunjukkan karakteristik mineral mordenit sehingga zeolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit mordenit. Pada puncak  $2\theta = 21,81^\circ, 28,26^\circ, \text{ dan } 31,17^\circ$  ( $\text{SiO}_2$ ) serta puncak  $2\theta = 23,50^\circ$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Pada gambar (b) pola XRD untuk  $\text{WO}_3$  pada puncak difraksi  $2\theta = 24,39^\circ,$

28,95°, 33,97°, 34,20°, 41,96°, 49,99° dan 56,00° menunjukkan puncak yang khas dari WO<sub>3</sub>. Pada puncak difraksi 2θ = 23,63°, 26,64° dan 41,50° menunjukkan puncak dari W<sub>3</sub>O<sub>8</sub>. Pada gambar (c) pola XRD untuk Zeolit-WO<sub>3</sub> pada puncak difraksi 2θ = 9,73°, 13,47°, 15,22°, 19,65°, 20,96°, 25,69°, 26,31° dan 27,67° dan yang menunjukkan puncak dari mineral mordenit yang muncul kembali pada

zeolit-WO<sub>3</sub>. Pada puncak difraksi 2θ = 21,95°, 28,34° dan 31,34° yang menunjukkan puncak dari SiO<sub>2</sub>. Pada puncak difraksi 2θ = 23,41° yang menunjukkan puncak dari Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Pada puncak difraksi 2θ = 26,84° dan 28,17° menunjukkan puncak dari WO<sub>3</sub> yang muncul pada zeolit-WO<sub>3</sub>.



Gambar 1 Hasil Difraksi XRD (a) Zeolit, (b) WO<sub>3</sub> dan (c) Zeolit-WO<sub>3</sub>



Gambar 2. Variasi Berat Katalis Terhadap Zat Warna Metilen Biru (Konsentrasi : 100 ppm dan waktu : 75 menit)

### Variasi Berat Katalis

Variasi berat optimum dapat diperoleh menggunakan data waktu optimum. Adapun waktu optimum yang diperoleh adalah 75 menit dan konsentrasi optimum adalah 100 ppm. Variasi berat yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0,05 ; 0,15 ; 0,25 ; 0,35 dan 0,45 gram. Hasil variasi berat katalis terhadap zat warna metilen biru dapat dilihat pada gambar 2.

Pada penelitian ini dilakukan variasi berat  $WO_3$ -Zeolit untuk uji fotokatalisis terhadap zat warna metilen biru yaitu 0,05 ; 0,15 ; 0,25 ; 0,35 dan 0,45 gram. Pada gambar 4.5 menunjukkan pengaruh variasi berat terhadap % degradasi zat warna metilen biru. Terlihat bahwa semakin besar massa yang digunakan menunjukkan peningkatan % degradasi terhadap zat warna metilen biru. Fotodegradasi akan meningkat dengan meningkatnya jumlah katalis yang merupakan ciri fotokatalisis heterogen. Peningkatan jumlah katalis sebenarnya meningkatkan jumlah situs aktif pada permukaan fotokatalis sehingga menyebabkan peningkatan pembentukan sejumlah radikal OH yang dapat mengambil bagian dalam perubahan warna pada larutan pewarna<sup>[11]</sup>. Sehingga diperoleh berat katalis optimum adalah pada berat 0,35 gram dengan persen degradasi 99,66 %.

### KESIMPULAN

Pada hasil analisa XRD memberikan informasi bahwa sampel mengandung  $WO_3$  yang ditunjukkan pada sudut  $2\theta = 26,84^\circ$  dan  $28,17^\circ$  merupakan puncak dari  $WO_3$ . Pada uji fotokatalisis zeolit- $WO_3$  dengan massa, konsentrasi dan waktu optimum yaitu sebanyak 0,35 gram terhadap zat warna metilen biru 100 ppm selama 75 menit menghasilkan persen degradasi sebesar 99,66 %.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mikhail, 2017. *Laju Pertumbuhan Industri Tekstil Produk Tekstil Nasional*. Jakarta: Kompasiana.
- [2] Widihati, I., Putu D dan Yuliana F. 2011. Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis  $Al_2O_3$ . *Jurnal Kimia* 5 Hal. 31-42.
- [3] Saraswati I., Putu D dan Putu S. 2015. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Congo Red Dengan Fotokatalis ZnO-Arang Aktif dan Sinar Ultraviolet (UV). *Jurnal Kimia* 9(2) Hal. 175-182.
- [4] Syam, B. 2014. Sintesis Film Tungsten Oksida dengan Penambahan Metal Co-Katalis Besi (Fe) dan Aplikasinya pada peningkatan Aktivitas Fotokatalitik Degradasi Zat Warna Methylene Blue menggunakan Cahaya Matahari. *Youngster Physics Journal Vol. 2 No. 1 Hal. 15-24*.
- [5] Wustoni, S, Mukti, R dan Wahyudi, A. 2011. Sintesis Zeolit Mordenit dengan Bantuan Benih Mineral Alam Indonesia. *Jurnal Matematika dan Sains Vol. 16 No. 3*.
- [6] Emelda, L., Suhardini, M dan Simparmin G. 2013. Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Adsorpsi Logam  $Cr^{3+}$ . *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan Vol. 9 No. 4 Hal. 166-172*.
- [7] Herald, E., Hisyam S dan Sulistiyono. 2003. Characterization and Activation of Natural Zeolit From Ponorogo. *Jurnal Kimia Indonesia* 3 Hal. 91-97.
- [8] Sani, A., Atiek R dan Diana R. 2009. Pembuatan Fotokatalis  $TiO_2$ -zeolit Alam Asal Tasikmalaya untuk Fotodegradasi Methylene Blue. *Jurnal Zeolit Indonesia Vol. 8 No. 1*.
- [9] Handhoyo, R., Herry P dan Siti S. 2005. Peningkatan Rasio Si/Al Zeolit Alam Modernit Sebagai Bahan Dasar Zeolit Katalis. *Jurnal Zeolit Indonesia Vol. 4 No. 1 Hal 19-24*.
- [10] Kusbandono, B. 2013. *Aktivitas Antioksidan Zeolit Alam Terpilir  $Fe_2O_3$* . Skripsi. Bogor: ITB.
- [11] Sumartono dan Andayani W. 2007. The Use of  $TiO_2$ -Zeolit as a Catalyst on The Degradation Process of Erionil Red Dye. *Indonesian Journal of Chemistry Vol. 7 No.1 Hal 141-146*.