

**PENGGUNAAN KOMPOSIT $\text{CuO-Fe}_2\text{O}_3$ UNTUK ANTIBAKTERI DAN
FOTOKATALISIS DEGRADASI *ERIOCHROME BLACK-T*
DENGAN RADIASI SINAR TAMPAK**

ARTIKEL

Oleh :

AYU AZHARI

1021207008



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2012**

PPs-Kimia Unand 2012

**PENGGUNAAN KOMPOSIT CuO-Fe₂O₃ UNTUK ANTIBAKTERI DAN
FOTOKATALISIS DEGRADASI *ERIOCHROME BLACK-T*
DENGAN RADIASI SINAR TAMPAK**

Ayu Azhari¹, Safni², Syukri³, Muhammad Nasir⁴

^{1,2}Jurusan kimia FMIPA, Laboratorium Kimia Analisis Terapan,

³Jurusan kimia FMIPA, Laboratorium Kimia Material

^{1,2,3}Program Pascasarjana Universitas Andalas Padang 25163

⁴Laboratorium Bidang Teknologi Proses dan Katalis LIPI Bandung

Email : ayuna_dozy6@yahoo.com

ABSTRAK

Sintesis komposit CuO-Fe₂O₃ telah dilakukan melalui metode sederhana dengan adanya penambahan surfaktan CTAB (*cetyltrimethylammonium bromide*). Cu₄(SO₄)(OH)₆ dan FeCl₃.H₂O digunakan sebagai prekursor. Sintesis CuO, Fe₂O₃, dan komposit CuO-Fe₂O₃ tanpa penambahan CTAB juga dilakukan. Masing-masing katalis diuji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* serta aktivitas fotokatalisnya terhadap zat warna EBT. Berdasarkan analisis SEM yang dilakukan terhadap komposit yang disintesis dengan penambahan CTAB didapatkan komposit yang berbentuk *discoidal* dengan ukuran partikel 60 nm – 350 nm yang cukup homogen. Dengan analisis EDX diketahui komposisi penyusun komposit adalah Cu, O dan Fe sebanyak 77,82%, 20,17 %, dan 2,01% secara berturut-turut. Dengan menggunakan persamaan Scherrer dari puncak difraksi XRD pada intensitas 100 % didapatkan ukuran kristal sebesar 82,75 nm. Komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih bagus dibandingkan katalis uji lain dengan kematian *E. coli* sebesar 58,9 % dan *S. aureus* sebesar 26,9 % setelah 21 jam inkubasi. Aktivitas fotokatalitik komposit CuO-Fe₂O₃ terhadap degradasi zat warna EBT lebih bagus ketika disinari dengan sumber sinar visibel dari lampu wolfram dibandingkan tanpa

penyinaran. Terhadap variasi pH yang dilakukan yaitu pH 5 ; 7 ; dan 10 didapatkan bahwa degradasi zat warna EBT yang dibantu katalis CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB dengan adanya sumber sinar visibel lebih besar pada pH 5 dengan persentase degradasi zat warna EBT sebesar 72,38%.

Kata kunci : Komposit, CuO, Fe₂O₃, CTAB, EBT, antibakteri, fotokatalisis.

PENDAHULUAN

Eriochrome Black T (EBT) merupakan salah satu zat warna azo yang berbahaya bagi lingkungan. Biasanya di laboratorium, EBT digunakan sebagai indikator untuk titrasi kompleksometri, sehingga memungkinkan EBT terdapat di dalam limbah. EBT beracun bagi makhluk hidup dalam air dengan dampak jangka panjang. Keracunan EBT untuk ikan dengan LC50 (*Lethal Concentration*) sebesar 6 mg/L. Toksisitas oral akut pada tikus dengan LD50 (*Lethal Dose*) 17,590 mg/kg dapat menimbulkan iritasi mata.

Pengolahan limbah zat warna secara konvensional telah banyak dilakukan, misalnya cara klorinasi, penyerapan dan pengendapan oleh karbon aktif, kemudian lumpur (*sludge*) yang terbentuk dibakar atau diproses secara mikrobiologi. Pembakaran *sludge* memicu terbentuknya senyawa klorooksida, penggunaan karbon aktif hanya menyerap pencemar organik non-polar dengan berat molekul rendah, sedangkan

senyawa non-polar dengan berat molekul tinggi tidak tereliminasi. Proses mikrobiologi hanya menguraikan senyawa *biodegradable*, sedangkan senyawa *non-biodegradable* tetap berada dalam *sludge* yang akan kembali ke lingkungan (Wang *et al* ; 2005)

Cara lain untuk pengolahan limbah zat warna organik tersebut adalah dikembangkannya metoda fotodegradasi yang menggunakan bahan semikonduktor. Metoda fotodegradasi ini akan membuat zat warna terurai menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana dan relatif lebih aman untuk lingkungan. Semikonduktor oksida logam telah banyak dipelajari untuk fotokatalitik remediasi air limbah, karena fotosensitivitasnya yang tinggi, tidak beracun, murah, dan aman di lingkungan. Salah satu semikonduktor fotokatalis yang sering digunakan adalah TiO₂ dan zat warna yang pernah didegradasi seperti *Naphtol Blue Black*, *Sudan I*, dan *Metanil yellow*

(Safni, 2007; 2008; 2009). Akan tetapi, TiO₂ hanya efektif digunakan pada radiasi ultraviolet ($\lambda < 380$ nm) karena memiliki energi celah (band gap) yang besar yaitu 3,2 eV.

Penggabungan semikonduktor yang berbeda untuk membentuk komposit dapat memperbesar kinerja dengan saling mentransfer muatan pembawa (elektron dan *hole*) dari satu semikonduktor ke semikonduktor lainnya dengan sifat kimia dan elektrik yang cocok. Fotokatalis semikonduktor yang digabung dapat meningkatkan efisiensi fotokatalitik dengan meningkatkan nilai pemisahan dan memperpanjang *range* respon cahaya, sehingga sifat fisik dan optik fotokatalis juga akan berbeda. Penggabungan semikonduktor yang berbeda telah dilakukan seperti nanokomposit CuO-SnO₂ untuk degradasi senyawa *Acid Blue 62* di bawah simulasi sinar matahari (Hui-Li *et al* ; 2007) dan nanokomposit ZnO-CuO untuk mendegradasi *Rhodamine B* dengan menggunakan simulasi sinar matahari dari lampu Xe (Li, *et al* ; 2010)

Sinar tampak dengan spektrum pada panjang gelombang 400 dan 700 nm terdapat sebanyak 45 % dari total energi radiasi sinar matahari, sedangkan sinar UV kurang dari 10 % (Li, *et al* ; 2010).

Berdasarkan hal tersebut, sangat menarik untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik untuk praktek aplikasi fotokatalitik pada sinar tampak. Perkembangan fotokatalis pada sinar tampak dengan efisiensi transfer energi yang tinggi, tidak beracun, dan murah menjadi salah satu tugas yang menantang saat ini.

CuO merupakan semikonduktor tipe-p dengan band gap sekitar 1,2 eV telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai fotokatalis dan antibakteri. Hematit (α -Fe₂O₃) merupakan oksida besi yang paling stabil dengan sifat semikonduktor tipe-n ($E_g = 2,1$ eV) pada kondisi ambien. Hematit telah diselidiki secara ekstensif karena aplikasinya yang luas dalam aplikasi katalis, sensor gas, material perekam magnet, warna, dan cat. Pembuatan dan penggunaan komposit CuO-Fe₂O₃ sebagai katalis untuk oksidasi CO dan dekomposisi termal Ammonium perchlorate (AP) telah dilaporkan sebelumnya (Cao, *et al* ; 2011 dan Wang, *et al* ; 2010).

Saat ini juga banyak diteliti kemampuan semikonduktor sebagai antibakteri seperti CuO, NiO, ZnO, dan Sb₂O₃ (Baek *et al* ; 2011). Bahan semikonduktor diketahui dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara berdifusi ke dalam sel bakteri. Bakteri patogen yang

erat hubungannya dengan kehidupan manusia adalah *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Beberapa penyakit secara tidak langsung berhubungan dengan air limbah, salah satu indikator bakteri pada air adalah adanya bakteri *E. coli* yang dapat menyebabkan gangguan pada sistem pencernaan manusia. *S. aureus* merupakan bakteri yang banyak terdapat di udara dan menempel pada benda-benda yang berada di sekitar manusia, bakteri ini dapat menimbulkan infeksi kulit pada manusia.

Pada penelitian ini, akan dilakukan pembuatan komposit $\text{CuO-Fe}_2\text{O}_3$ dengan metoda sederhana dengan adanya surfaktan CTAB (*cetyltrimethylammonium bromide*). $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$ (Brochantite) dan $\text{FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O}$ digunakan sebagai prekursor. Komposit yang dihasilkan diuji aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram positif (*S. aureus*) dan gram negatif (*E. coli*), serta aktivitas fotokatalitik terhadap zat warna EBT dengan radiasi sinar tampak.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer UV/Vis (UV-1700 pharmaspee UV-Vis Spectrophotometer, Shimadzu), Ultrasonic VC-1, Refrigerated microcentrifuged,

Muffle furnace, Laminar air flow cabinet, Autoclave HL-36 Ae. *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *X-Ray Diffraction* (XRD), magnetik stirrer, timbangan, oven, pH-meter, jarum ose, dan peralatan gelas.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\text{CuSO}_4.5\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Jerman), $\text{FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Jerman), CTAB (*Cetyltrimethylammonium Bromide*) (Merck), amonia (Merck), etanol, akuades, medium NA (*Nutrient Agar*) (Lansing, Michigan), medium NB (*Nutrient Broth*) (Lansing, Michigan). Zat warna uji yang digunakan adalah EBT (*Eriochrome Black-T*) (Merck), dan bakteri patogen uji yang digunakan adalah *Escherichia coli* (gram negatif) dan *Staphylococcus aureus* (gram positif).

Pembuatan CuO

Pembuatan CuO dilakukan dengan melakukan pendekatan metode yang dilakukan oleh Bakhtiari, *et al* (2011). CuO dapat dibuat secara *Direct Thermal Decomposition* dari brochantite dengan cara kalsinasi pada suhu $750\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam. Bakhtiari, *et al* (2011) menambahkan Na_2CO_3 ke dalam larutan CuSO_4 dan distirer selama 60 menit pada suhu $55\text{ }^\circ\text{C}$ untuk mendapatkan brochantite. Dalam penelitian ini, NH_4OH 0,1 M ditambahkan ke dalam

120 mL larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M secara perlahan selama 1 jam sambil distirer pada suhu $55\text{ }^\circ\text{C}$ sampai terbentuk suspensi hijau. Setelah suspensi hijau terbentuk proses stirer dilanjutkan selama 30 menit untuk menghomogenkan suspensi. Endapan hijau disaring dan dicuci tiga kali dengan akuades hangat dan dikeringkan pada suhu $70\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam untuk menghilangkan sisa pelarut, sehingga didapatkan powder hijau Brochantite ($\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$). Sebagian Brochantite dikalsinasi pada suhu $750\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam, dan sebagian lagi digunakan untuk prekursor dalam pembuatan komposit. Hasil kalsinasi didapatkan powder berwarna hitam yang merupakan CuO.

Pembuatan Fe_2O_3

Dalam pembuatan Fe_2O_3 ini dilakukan pendekatan metode yang dilakukan oleh Darezereshki, *et al* (2011), pada penelitiannya larutan FeCl_3 dan FeCl_2 digunakan sebagai prekursor, sementara pada penelitian ini sebagai prekursor digunakan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, dan NH_4OH digunakan sebagai pemberi suasana basa dan pengendap. Larutan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M sebanyak 50 mL ditambahkan dengan NH_4OH 0,3 M, kemudian campuran distirer selama 2 jam pada temperatur kamar ($27\text{ }^\circ\text{C}$) sampai homogen dan terbentuk endapan

cokelat. Endapan cokelat kemudian disaring dan dicuci tiga kali dengan menggunakan air dan etanol. Selanjutnya endapan cokelat dikeringkan pada suhu $70\text{ }^\circ\text{C}$ selama 18 jam untuk menghilangkan sisa pelarut. Powder cokelat dikalsinasi pada suhu $500\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam sehingga didapatkan Fe_2O_3 yang berwarna kemerahan.

Pembuatan Komposit CuO- Fe_2O_3

0,1360 g Brochantite disuspensikan dalam 30 mL akuades dengan bantuan stirer selama 30 menit **(A)**. 0,2187 g CTAB dilarutkan dengan 20 mL akuades dan distirer selama 30 menit **(B)**. 0,0101 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ditambahkan ke (B) dan distirer selama 30 menit **(C)**. Kemudian (C) ditambahkan ke (A) dan distirer selama 15 menit, terbentuk suspensi hijau kekuningan. NH_4OH 0,1 M ditambahkan ke dalam suspensi campuran sampai pH mencapai 10 dan distirer selama 2 jam pada suhu kamar, sehingga terbentuk suspensi hijau tua. Suspensi tersebut disaring dan dicuci dengan menggunakan akuades dan etanol. Endapan hijau tua dikeringkan dalam oven pada suhu $70\text{ }^\circ\text{C}$ selama 18 jam, selanjutnya dikalsinasi pada suhu $550\text{ }^\circ\text{C}$ selama 4 jam. Komposit yang terbentuk dianalisis dengan menggunakan XRD dan SEM-EDX. Dengan cara yang sama dilakukan juga sintesis komposit CuO-

Fe₂O₃ tanpa penambahan CTAB. Namun, analisis XRD dan SEM-EDX tidak dilakukan terhadap komposit yang dihasilkan.

Uji Aktivitas Antibakteri

Medium NB dibuat dengan melarutkan 0,8 gram NB dalam 100 mL akuades. Medium, katalis, dan peralatan yang digunakan dalam uji aktivitas antibakteri disterilisasi pada suhu 121 °C selama 15 menit. Uji aktivitas antibakteri masing-masing katalis (CuO, Fe₂O₃, komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis tanpa penambahan CTAB, dan komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB) dilakukan dengan menggunakan metoda turbidimetri. Inokulum bakteri uji yang digunakan adalah *e. coli* dan *s. aureus* yang telah dibiakkan pada media agar miring NA. Inokulum bakteri diambil dengan menggunakan jarum ose dan dimasukkan ke dalam 10 mL larutan NaCl 0,9 %, diukur OD-nya dengan menggunakan spektrofotometer sehingga nilai yang ditunjukan adalah 0,05 (10⁸ CFU/mL). Suspensi katalis (500 ppm) dimasukkan ke dalam media NB steril dan diinokulasikan dengan bakteri uji dengan volume total 5 mL. Kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 21 jam, OD₂₁ jam diukur dengan menggunakan

spektrofotometer. Inokulasi bakteri uji pada media NB tanpa katalis dilakukan sebagai kontrol. Persentase kematian bakteri uji dapat diketahui dengan rumus :

$$\% \text{ kematian} = 1 - \frac{OD_{21 \text{ jam katalis} + \text{bakteri}} - OD_{21 \text{ jam kontrol katalis}}}{OD_{21 \text{ jam kontrol bakteri}}} \times 100 \%$$

Fotokatalitik CuO, Fe₂O₃ dan Komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB

Suspensi dengan volume total 10 mL mengandung zat warna EBT dengan konsentrasi 5 ppm dan katalis CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB dengan konsentrasi 500 ppm. Degradasi zat warna dilakukan dengan dua perlakuan, yaitu disinari dengan lampu wolfram (philips 15 W) sambil distirer selama 23 jam, dan tanpa penyinaran (ruang gelap) selama 23 jam. Degradasi zat warna tanpa katalis dilakukan sebagai kontrol. Setelah 23 jam, katalis dipisahkan dengan menggunakan sentrifuse pada 5000 rpm selama 10 menit. Supernatan diukur absorbannya pada panjang gelombang maksimum zat warna EBT. Perlakuan yang sama dilakukan dengan menggunakan katalis CuO dan Fe₂O₃. Aktivitas katalis komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB juga diamati pada pH yang berbeda, yaitu pH 5 ; 7 ; dan 10. pH 7

dan 10 diatur dengan menambahkan larutan NaOH 0,1 M.

Persentase degradasi dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ degradasi} = \frac{A_{\text{awal}} - A_{\text{akhir}}}{A_{\text{awal}}} \times 100 \%$$

Dimana A : absorban sampel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Komposit CuO-Fe₂O₃

Dalam penelitian ini, sebagai pembanding maka CuO disintesis terlebih dahulu. CuO didapatkan berupa powder hitam. CuO disintesis melalui pendekatan metode yang telah dilaporkan oleh Bakhtiari, *et al* (2011) yaitu *Direct Thermal Decomposition* dari brochantite dengan cara kalsinasi pada suhu 750 °C selama 2 jam melalui jalur reaksi:



Selanjutnya, Fe₂O₃ didapatkan berupa powder kemerahan. Fe₂O₃ disintesis melalui pendekatan metode yang dilakukan oleh Darezereshki, *et al* (2011) yaitu *Direct Thermal Decomposition* dari maghemite. Dalam penelitian ini, pH suspensi yang didapatkan dari penambahan larutan FeCl₃·6H₂O dengan NH₄OH adalah 9,78. Endapan kering berwarna coklat yang didapatkan dari pemanasan pada suhu 70 °C merupakan maghemite (Darezereshki,

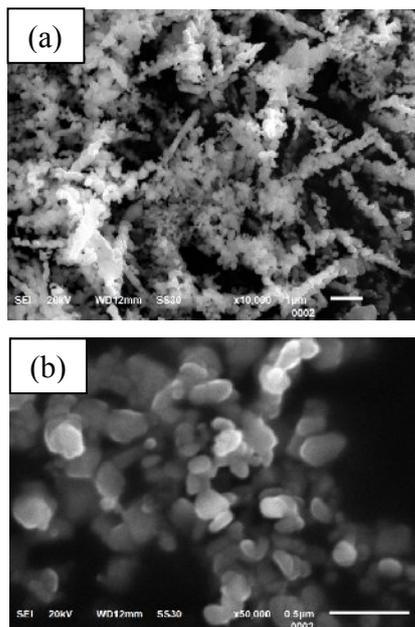
2011). Perubahan maghemite menjadi hematite dapat diidentifikasi secara visual dari perubahan warna yang terbentuk, yaitu dari coklat sebelum dikalsinasi menjadi kemerahan setelah dikalsinasi.

Sintesis komposit CuO-Fe₂O₃ sendiri dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan penambahan CTAB dan tanpa penambahan CTAB pada larutan FeCl₃·6H₂O. CTAB yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengarahkan bentuk morfologi dari komposit. Bubuk hijau (brochantite) yang didapatkan dalam tahapan pembuatan CuO digunakan sebagai bahan dasar. Suspensi brochantite yang berwarna hijau kemudian ditambahkan dengan larutan CTAB yang mengandung FeCl₃ yang diikuti dengan penambahan NH₄OH sampai pH mencapai 10.

Karakterisasi Komposit CuO-Fe₂O₃ yang Disintesis dengan Penambahan CTAB

Hasil Analisis SEM

Analisis SEM digunakan untuk melihat morfologi dan homogenitas dari material yang dibuat. Hasil analisis SEM dari komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB dapat dilihat pada Gambar 1.



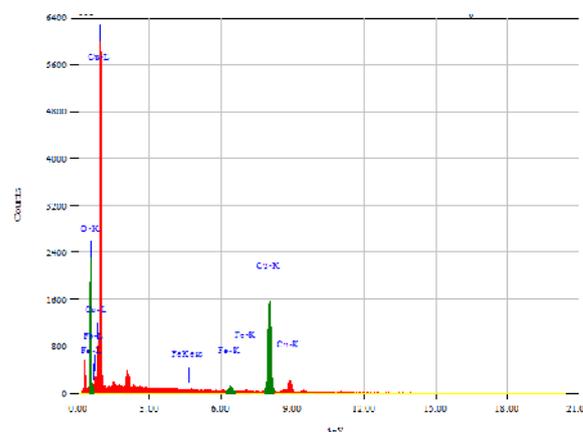
Gambar 1. Bentuk partikel hasil SEM komposit $\text{CuO-Fe}_2\text{O}_3$ yang disintesis dengan penambahan CTAB dengan perbesaran (a) 10.000 kali dan (b) 50.000 kali

Gambar 1 merupakan rekaman foto SEM dari komposit $\text{CuO-Fe}_2\text{O}_3$ yang disintesis dengan penambahan CTAB dengan dengan perbesaran 10.000 dan 50.000 kali. Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa komposit yang didapatkan berbentuk *discolidal* dengan ukuran partikel sekitar 60 nm - 350 nm yang relatif seragam.

Hasil Analisis EDX

Berdasarkan data EDX dapat diketahui bahwa penyusun material komposit yang dibuat terdiri dari Cu, O, dan Fe. Persen komposisi material komposit yang dihasilkan adalah 77,82%, 20,17 %, dan

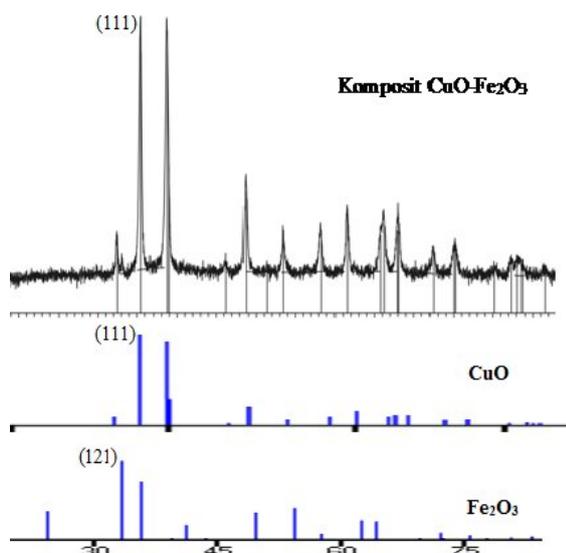
2,01 % untuk Cu, O, dan Fe secara berturut-turut, sehingga dapat disimpulkan bahwa material yang didapatkan pada penelitian ini telah mengandung semua unsur yang diperkirakan terdapat dalam komposit $\text{CuO-Fe}_2\text{O}_3$. Hasil analisis EDX dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Komposisi material komposit $\text{CuO-Fe}_2\text{O}_3$ yang disintesis dengan penambahan CTAB berdasarkan analisis EDX

Hasil Analisis XRD

Analisis XRD dilakukan terhadap komposit $\text{CuO-Fe}_2\text{O}_3$ yang disintesis dengan penambahan CTAB, pola XRD komposit dapat dilihat pada Gambar 3. Pada pola XRD tersebut, dapat dilihat puncak difraksi maksimum sampel pada sudut $2\theta = 35,460^\circ$ dengan intensitas 100 %, ditunjang dengan adanya puncak dengan intensitas 98% pada sudut $2\theta = 38,630^\circ$ dan dengan intensitas yang lebih rendah pada sudut $2\theta = 32,460^\circ$; $48,620^\circ$; $58,240^\circ$; dan $61,465^\circ$ untuk CuO.



Gambar 3. Pola XRD komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB (sesuai dengan JCPDS : 45-0937 untuk CuO dan JCPDS 73-2234 untuk Fe₂O₃)

Puncak difraksi pada sudut $2\theta = 33,095^\circ$ dan $40,435^\circ$ merupakan puncak difraksi Fe₂O₃, puncak difraksi Fe₂O₃ tidak terlalu terlihat terkait komposisi Fe₂O₃ yang sangat sedikit. Berdasarkan pola XRD ini, dapat diasumsikan bahwa sampel yang diperoleh dengan penambahan CTAB pada penelitian ini telah terbentuk komposit CuO-Fe₂O₃. Pola XRD dapat memberikan informasi mengenai ukuran kristal. Dengan menggunakan persamaan Scherrer, puncak yang tajam dengan lebar puncak yang sempit menandakan ukuran kristal yang besar, sedangkan puncak yang lebar menandakan ukuran kristal yang kecil. Dengan mengukur FWHM (Full Width at

Half Maximum) dari puncak dengan refleksi tertinggi pada Gambar 3 diperoleh ukuran kristal sebesar 82,75 nm pada indeks miller 111.

Aktivitas Antibakteri

Metode turbidimetri digunakan dalam menguji aktivitas antibakteri dari katalis yang dibuat. Aktivitas masing-masing katalis terhadap bakteri uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Aktivitas katalitik antibakteri

Sampel (Katalis)	% Kematian <i>E. coli</i>	% Kematian <i>S. aureus</i>
CuO	22,05 %	13,79 %
Fe ₂ O ₃	-23,95 %	-88,27%
CuO-Fe ₂ O ₃ *	58,9 %	26,9 %
CuO-Fe ₂ O ₃	-140,4 %	-120,5 %

Keterangan : CuO-Fe₂O₃* merupakan komposit yang disintesis dengan penambahan CTAB

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB mampu menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* sebesar 58,9 % dan *S. aureus* sebesar 26,9 % setelah 21 jam inkubasi. Angka persentase kematian ini lebih besar jika dibandingkan dengan persentase kematian bakteri uji (*E. coli* dan *S. aureus*) yang diberikan oleh katalis CuO dan Fe₂O₃ saja. Komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis tanpa penambahan CTAB tidak

menunjukkan adanya aktivitas antibakteri terhadap bakteri uji yang digunakan, selanjutnya penelitian mengenai komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis tanpa penambahan CTAB tidak dilanjutkan dalam penelitian ini.

Aktivitas antibakteri senyawa oksida logam dalam sistem berair disebabkan oleh adanya ion terlarut. Dua faktor penting untuk mengevaluasi aktivitas antimikroba adalah kelarutan partikel oksida logam dan toksik dari ion logam tersebut. Biosorpsi logam berat terhadap sel bakteri tergantung tidak hanya pada kemampuan logam, tetapi juga pada spesies mikroba yang diuji.

Kemampuan katalis CuO dan komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB dalam menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* maupun *S. Aureus*. Sebagai semikonduktor, CuO menghasilkan pasangan elektron dan hole yang dapat membentuk radikal OH dalam suspensi yang berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri (Akhavan *et al* ; 2010)

Fe₂O₃ menunjukkan tidak adanya aktivitas antibakteri terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Jumlah sel bakteri semakin tinggi dengan adanya Fe₂O₃ dibandingkan dengan kontrol bakteri yang tidak mengandung suspensi katalis. Hal ini dapat diasumsikan bahwa pertumbuhan bakteri

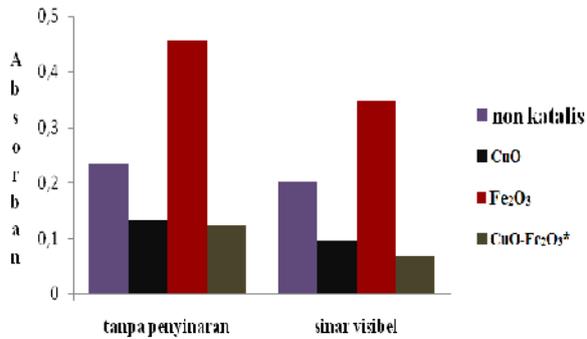
dibantu oleh Fe₂O₃. Adanya besi di lingkungan dapat memfasilitasi pertumbuhan dan kultivasi *E. coli* karena besi dapat memberikan nutrisi dan akseptor elektron (Appenzeller *et al*, 2005).

Aktivitas Fotokatalitik terhadap Zat Warna EBT

Pada penentuan pola serapan larutan EBT 5 ppm antara 400 - 800 nm diperoleh λ_{maximum} pada 529,4 nm. Untuk melihat aktivitas fotokatalitik masing-masing katalis yang telah dibuat terhadap zat warna EBT, dilakukan 2 buah perlakuan yaitu suspensi yang mengandung zat warna dan katalis disinari dengan sumber sinar visibel dari lampu wolfram, dan tanpa disinari (dalam ruang gelap). Sebagai kontrolnya dilakukan fotodegradasi larutan zat warna EBT tanpa katalis. Terhadap kontrol dilakukan juga dua perlakuan, yaitu disinari dengan sumber sinar visibel dan tanpa disinari (keadaan gelap).

Katalis CuO dan Fe₂O₃ digunakan untuk membandingkan aktivitas fotokatalitik komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB dalam mendegradasi zat warna EBT. Masing-masing katalis ditambahkan dengan konsentrasi yang sama ke dalam larutan zat warna EBT, dan perlakuan yang sama. Efektivitas masing-

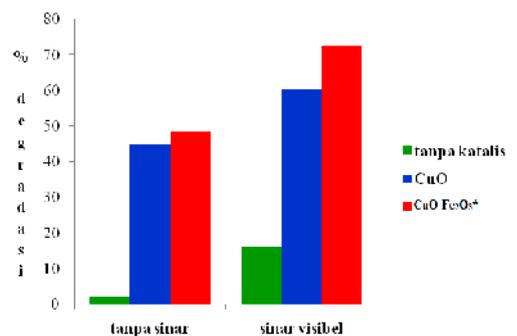
masing katalis diamati dengan adanya sumber sinar visibel dan tanpa sinar.



Gambar 4. Grafik absorbansi zat warna EBT tanpa penyinaran dan disinari dengan sumber sinar visibel setelah degradasi selama 23 jam (A EBT pada $\lambda_{529,4 \text{ nm}} = 0,239$; katalis = 500 ppm ; zat warna = 5 ppm) (CuO-Fe₂O₃* merupakan komposit yang disintesis dengan penambahan CTAB)

Gambar 4 merupakan grafik absorbansi rata-rata zat warna EBT setelah didegradasi selama 23 jam tanpa disinari (keadaan gelap) dan dengan disinari sumber sinar visibel. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa absorbansi zat warna EBT semakin kecil ketika didegradasi dengan bantuan katalis komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB, dibandingkan dengan katalis CuO saja. Absorbansi zat warna semakin kecil ketika katalis komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB disinari dengan sumber sinar visibel, dibandingkan dengan yang tidak disinari (keadaan gelap).

Absorbansi semakin besar ketika degradasi zat warna EBT dibantu katalis Fe₂O₃ baik dengan adanya sumber sinar visibel maupun yang tidak disinari (keadaan gelap). Hal ini disebabkan karena suspensi yang tidak bisa jernih ketika disentrifuse meskipun proses sentrifuse telah diulangi berkali-kali, keruhnya suspensi ini mempengaruhi absorbansi yang diukur, sehingga absorbansi yang terukur lebih besar dibandingkan absorbansi zat warna EBT saja.



Gambar 5. Persentase degradasi zat warna EBT tanpa sinar dan disinari dengan sumber sinar visibel (katalis = 500 ppm ; zat warna = 5 ppm ; t = 23 jam) (CuO-Fe₂O₃* merupakan komposit yang disintesis dengan penambahan CTAB)

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat aktivitas fotokatalitik CuO dan komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB dalam mendegradasi zat warna EBT dengan adanya sumber sinar visibel, dan tanpa sinar. Kemampuan masing-masing katalis dalam mendegradasi

zat warna lebih besar saat disinari dengan sumber sinar visibel jika dibandingkan dengan tanpa penyinaran. Persentase degradasi semakin meningkat dengan adanya katalis komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB, degradasi zat warna EBT sebesar 48,53 % tanpa disinari, dan 72,38 % saat disinari dengan sumber sinar visibel.

Katalis komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB memberikan persentase degradasi yang lebih besar terhadap larutan zat warna EBT jika dibandingkan dengan CuO saja. Hal ini disebabkan karena adanya transfer elektron dan hole antara CuO dengan Fe₂O₃ pada komposit CuO-Fe₂O₃, sehingga waktu yang dibutuhkan elektron untuk kembali ke keadaan dasar lebih lama, dan semakin banyak elektron yang dapat bereaksi dengan O₂.

Pengaruh fotokatalis terhadap proses fototransformasi merupakan sinergi antara penyinaran, katalis, dan pengadukan. Pada proses pengadukan akan terjadi keseimbangan adsorpsi pada permukaan semikonduktor. Proses pengadukan akan sangat membantu proses pelarutan oksigen ke dalam suspensi. Pada saat suspensi yang mengandung katalis dan zat warna EBT tidak disinari (keadaan gelap) diasumsikan

terjadi dua proses, yaitu degradasi oleh katalis, dan adsorpsi pada permukaan katalis. Proses degradasi zat warna EBT tetap terjadi karena adanya elektron yang terdapat dalam suspensi meskipun tidak sebanyak ketika disinari. Proses adsorpsi zat warna EBT pada permukaan katalis yang digunakan mungkin saja terjadi mengingat katalis yang digunakan juga memiliki kemampuan sebagai adsorben.

Aktivitas fotokatalitik komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB dalam mendegradasi zat warna EBT pada pH 5; 7; dan 10 selama 23 jam dengan adanya sumber sinar visibel juga diamati. Pada pH 7 dan 10, suspensi yang mengandung zat warna EBT dan katalis CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB menjadi keruh setelah dilakukan proses degradasi selama 23 jam, sehingga sulit untuk memisahkan antara katalis dengan zat warna yang telah terdegradasi meskipun telah disentrifuse, sehingga persentase degradasi zat warna EBT tidak dapat ditentukan.

Pada pH 5, suspensi yang mengandung zat warna EBT dan katalis CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB dapat dipisahkan dengan sentrifuse. Absorban supernatan didapatkan sebesar 0,066 dengan persentase

degradasi sebesar 72,38 %. Berdasarkan penelitian ini, dapat diasumsikan bahwa penggunaan katalis komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB efektif digunakan pada pH 5.

Kesimpulan

Komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB (*cetyltrimethylammonium bromide*) dapat disintesis dengan bahan dasar brochantite dan FeCl₃.6H₂O. Berdasarkan hasil SEM, komposit yang didapatkan berbentuk *discoidal* dengan ukuran partikel 60 nm –

350 nm yang relatif seragam. Komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri uji (*E.coli* dan *S.aureus*) sebesar 58,9 % terhadap bakteri *E.coli* dan 26,9 % terhadap *S. aureus*. Komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB dapat mendegradasi zat warna EBT (*Eriochrome Black-T*) sebesar 72,38 % dengan adanya radiasi sinar tampak dari lampu wolfram yang digunakan dengan pH suspensi adalah 5.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhavan, O., Ghaderi, E. 2010. *Cu and CuO nanoparticles immobilized by silica thin film as antibacterial materials and photocatalyst*. Surface & Coatings Technology. 201. pp. 219-223.
- Bakhtiari, F., Darezereshki, E. 2011. *One-step synthesis of tenorite (CuO) nanoparticles from Cu₄(SO₄)(OH)₆ by direct thermal-decomposition method*. Materials Letters. 65. pp. 171-174.
- Baek, Y., and An, Y. 2011. *Microbial toxicity of metal oxide nanoparticles (CuO, NiO, ZnO, and Sb₂O₃) to Eschericia coli, Bacillus subtilis, and streptococcus aureus*. Science of Total Environment. 409. pp. 1603-1608.
- Cao, J., Wang, Y., Ma, T., Liu, Y., Yuan, Z. 2011. *Synthesis of porous hematite nanorods loaded with CuO nanocrystals as catalyst for CO oxidation*. Journal of Natural Gas Chemistry. 20. pp. 669-676.
- Cao, S. W., Zhu, Y. J., Cheng, G. F., Huang, Y. H. 2010. *Preparation and photocatalytic property of α-Fe₂O₃ hollow core/shell hierarchical nanostructures*. Journal of Physics and Chemistry of Solids. 71. pp. 1680-1683.

- Chen, Y. H., Li, F. 2010. *Kinetic study on removal of copper (II) using goethite and hematite nano-photocatalysts*. Journal of Colloid and Interface Science. 347. pp. 277-281.
- Colombo, C., Palumbo, G., ceglie, A., Angelico, R. 2012. *Characterization of synthetic hematite (α -Fe₂O₃) nanoparticles using multi-technique approach*. Journal of Colloid and Interface Science.
- Darezereshki, E. 2011. *One-step synthesis of hematite (α -Fe₂O₃) nano-particles by direct thermal-decomposition of maghemite*. Materials Letters. 65. pp. 642-645.
- Hassanjani-Roshan, A., Vaezi, M. R., Shokuhfar, A., Rajabali, Z. 2011. *Synthesis of iron oxide nanoparticles via sonochemical method and their characterization*. Particuology. 9. pp. 95-99.
- Hui-li, X., Hui-sheng, Z., Tao, Z., Dong-chang, X. 2007. *Photocatalytic degradation of Acid Blue 62 over CuO-SnO₂ nanocomposite photocatalyst under simulated sunlight*. Journal of Environmental Science. 19. pp. 1141-1145.
- Iijima, M., Sato, K., Kurashima, K., Ishigaki, T., Kamiya, H. 2008. *Low-temperature synthesis of redispersible iron oxide nanoparticles under atmospheric pressure and ultradense reagent concentration*. Powder technology. 181. pp. 45-50.
- Jia, W., Reitz, E., Sun, H., Zhang, H., Lei, Y. 2009. *Synthesis and characterization of novel nanostructured fishbone-like Cu(OH)₂ and CuO from Cu₄SO₄(OH)₆*. Materials Letters. 63. pp. 519-522.
- Kijima, N., Yoshinaga, M., Awaka, J., Akimoto, J. 2011. *Microwave synthesis, characterization, and electrochemical properties of α -Fe₂O₃ nanoparticles*. Solid State Ionics. 192. pp. 293-297.
- Lanje, A. S., Sharma, S. J., Pode, R. B., Ningthoujam, R. S. 2010. *Synthesis and optical characterization of copper oxide nanoparticles*. Advances in Applied Science Research. 1 (2). pp. 36-40.
- Liu, X., Li, Z., Zhang, Q., Li, F., Kong, T. 2012. *CuO nanowires prepared via a facile solution route and their photocatalytic property*. Materials Letters. 72. pp. 49-52.
- Li, B., and Wang, Y. 2010. *Facile synthesis and photocatalytic activity of ZnO-Cuo nanocomposites*. Superlattices and Microstructures. 47. pp. 615-623.
- Ma, X., Sun, H., Sun, Q., Guo, H., Fan, B., Zhao, S. 2010. *Hierarchically porous Fe₂O₃/CuO composite monolith : synthesis and characterization*. Journal of Natural Gas Chemistry. 19. pp. 589-592.

- Ni, H., Ni, Y., Zhou, Y., Hong, J. 2012. *Microwave-hydrothermal synthesis, characterization and properties of rice-like α -Fe₂O₃ nanorods*. *Materials Letters*. 73. pp. 206-208.
- Poulios, I., Makri, D., Prohaska, X. 1999 *Photocatalytic Treatment of Olive Milling Waste Water: Oxidation of Protocatechuic acid*. *Global Nest: the Int. J.*, 1(1): 55.
- Rahnama, A., and Gharagozlou, M. 2012. *Preparation and properties of semiconductor CuO nanoparticles via a simple precipitation method at different reaction temperatures*. *Opt Quant Electron*. DOI 10.1007/s11082-011-9540-1.
- Sarangi ,P.P., Naik, B., Ghosh, N.N. 2009. *Low temperature synthesis of single-phase α -Fe₂O₃ nano-powders by using simple but novel chemical methods*. *Powder Technology*. 192. pp. 245-249.
- Safni, Maizatisna, Zulfarman dan T. Sakai. 2007. Degradasi Zat Warna Naphtol blue Black secara Sonolisis dan Fotolisis dengan Penambahan TiO₂-Anatase. *J. Ris. Kim.* 1 (1). pp. 43–49.
- Safni, Umiati Loekman, dan Fitra Febrianti. 2008. Degradasi Zat Warna Sudan I secara Sonolisis dan Fotolisis dengan Penambahan TiO₂-Anatase. *J. Ris. Kim.* 1:(2) 164-170.
- Safni, Zulfarman, dan Fardila sari. 2009. Degradasi Metanil Yellow secara Sonolisis dan Fotolisis dengan Penambahan TiO₂-Anatase. *Indonesian Journal of Materials Science*, 11:(1), 47-51.
- Sholihah, Lia Kurnia. 2010. *Sintesis dan Karakteristik Partikel Nano Fe₃O₄ yang Berasal Dari Pasir Besi dan Fe₃O₄ Bahan Komersial (Aldrich)*. Tesis ITS. Surabaya.
- Singh, I., Bedi, R.K. 2011. *Surfactant-assisted synthesis, characterizations, and room temperature ammonia sensing mechanism of nanocrystalline CuO*. *Solid State Sciences*. 13. pp. 2011-2018.
- Sun, Y., Guo, G., Yang, B., Cai, W., Tian, Y., He, M., Liu, Y. 2011. *One-step solution synthesis of Fe₂O₃ nanoparticles at low temperature*. *Physica B*. 406. pp. 1013-1016.
- Tsuzuki, T., Scaffel, F., Muroi, M., McCormick, P.G. 2011. *α -Fe₂O₃ nano-platelets prepared by mechanochemical/thermal processing*. *Powder Technology*. 210. pp. 198-202.
- Vaseem, M., Umar, A., Hahn, Y. B., Kim, D.H., Lee, K.S., Jang, J.S., Lee, J.S. 2008. *Flower-shaped CuO nanostructures : structural, photocatalytic and XANES studies*. *Catalysis Communications*. 10. pp. 11-16.
- Wang, J., Guo, B., Zhang, X., Zhang, Z., Han, J., Wu, J. 2005. *Sonocatalytic Degradation of Methyl Orange in the Presence of TiO₂ Catalysts and Catalytic Activity Comparison of Rutile and Anatase*, *J Ultrasonics Sonochemistry*. 12: 331-337.

- Wang, X., Hu, C., Liu, H., Du, G., He, X., Xi, Y. 2010. *Synthesis of CuO nanostructures and their application for nonenzymatic glucose sensing*. Sensor and Actuators B. 144. pp. 220-225.
- Wang, Y., Xia, X., Zhu, J., Li, Y., Wang, X., Hu, X. 2011. *Catalytic activity of nanometer-sized CuO/Fe₂O₃ on thermal decomposition of AP and combustion of AP-based propellant*. Combust. Sci. and Tech. 183. pp. 154-162.
- Wongpisutpaisan, N., Charoonsuk, P., Vittayakorn, N., Pecharapa, W. 2011. *Sonochemical synthesis and characterization of copper oxide nanoparticles*. Energy Procedia. 9. pp. 404-409.
- Zhang, F., Yang, H., Xie, X., Li, L., Zhang, L., Yu, J., Zhao, H., Liu, B. 2009. *Controlled synthesis and gas-sensing properties of hollow sea urchin-like α -Fe₂O₃ nanostructures and α -Fe₂O₃ nanocubes*. Sensors And Actuators B. 141. pp. 381-389.
- Zhang, X., Li, Q. 2008. *Microwave assisted hydrothermal synthesis and magnetic property of hematite nanorods*. Materials Letters. 62. pp. 988-990.
- Zhu, J., Qian, X. 2010. *From 2-D CuO nanosheets to 3-D hollow nanospheres : interface-assisted synthesis, surface photovoltage properties and photocatalytic activity*. Journal of Solid State Chemistry. 183. pp. 1632-1639.