

**Pengaruh Ion Logam  $\text{Co}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  Pada Proses Fotodegradasi *Direct Blue 3R* Menggunakan Fotokatalis Komposit ZnO-Karbon Aktif**  
(*Effect of Metal Ion  $\text{Co}^{2+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$  On Photodegradation *Direct Blue 3R* Process Using ZnO-Active Carbon Composite Photocatalyst*)

**Aji Putro Wicaksono, Nor Basid A. Prasetya, Rum Hastuti**  
Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Universitas Diponegoro Semarang

**ABSTRAK**

Telah dilakukan sintesis dan karakterisasi komposit ZnO-karbon aktif, dan meneliti pengaruh keberadaan ion logam  $\text{Co}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  dalam proses fotodegradasi *Direct Blue 3R* serta fotoreduksi ion logam. Sintesis ZnO dengan XRD didapatkan hasil ZnO (*wurzite*)  $D = 27,97$  nm;  $E_g = 3,8$  eV. Komposit ZnO-karbon aktif yang dihasilkan berbentuk tablet dengan  $d = 0,8$  cm;  $t = 0,45$  cm berwarna abu-abu. Karakterisasi SEM dan BET komposit yang dihasilkan mempunyai morfologi berongga dengan luas permukaan komposit ZnO-karbon aktif sebesar  $27,209$  m<sup>2</sup>/g; volume pori 0,089 cc/g; pori-pori jari sebesar 3,25 nm dan mempunyai efektivitas tinggi dalam fotodegradasi zat warna *Direct Blue 3R* sebesar 95,36%. pH optimum untuk proses fotodegradasi ini adalah pada pH 4 dengan efektivitas sebesar 91,92 %. Penambahan ion logam  $\text{Co}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  dapat meningkatkan efektivitas fotodegradasi *Direct Blue 3R* dan secara simultan dapat mereduksi ion logam  $\text{Co}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi  $\text{Co}_{(s)}$  dan  $\text{Cu}_{(s)}$  dengan konsentrasi optimum masing-masing logam adalah 12 ppm. Waktu optimum untuk proses fotodegradasi ini adalah 2 jam. Efektivitas fotodegradasi sebesar 94,875% dan fotoreduksi 76,31% pada penambahan  $\text{Co}^{2+}$ , sedangkan pada penambahan  $\text{Cu}^{2+}$  efektivitas fotodegradasi sebesar 96,208% dan fotoreduksi 89,33%.

Kata kunci : Fotokatalis, komposit ZnO-Karbon Aktif, *Direct Blue 3R*, ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{Co}^{2+}$ , fotodegradasi, fotoreduksi.

**ABSTRACT**

Been conducted synthesis and characterization of ZnO-activated carbon composites, and examines the impact of the presence of metal ions  $\text{Co}^{2+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$  in the process of photodegradation *Direct Blue 3R* and photoreduction metal ions. Synthesis of ZnO with the XRD results obtained ZnO (*wurzite*)  $D = 27.97$  nm;  $E_g = 3.8$  eV. Composite ZnO-activated carbon produced in tablet form with  $d = 0.8$  cm;  $t = 0.45$  cm gray. SEM and BET characterization of the resulting composite has a hollow morphology with a surface area ZnO-carbon composite activated by  $27.209$  m<sup>2</sup>/g, pore volume of 0.089 cc/g; finger pores of 3.25 nm and has a high effectiveness in the photodegradation of dye *Direct Blue 3R* of 95.36%. The optimum pH for photodegradation process is at pH 4 with the effectiveness of 91.92%. The addition of metal ions  $\text{Co}^{2+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$  can increase the effectiveness of photodegradation *Direct Blue 3R* and can simultaneously reduce metal ions  $\text{Co}^{2+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$  into  $\text{Co}_{(s)}$  and  $\text{Cu}_{(s)}$  with the optimum concentration of each metal is 12 ppm. The optimum time for photodegradation process is 2 hours. Photodegradation effectiveness of 94.875% and 76.31% on the addition photoreduction  $\text{Co}^{2+}$ , whereas the addition of  $\text{Cu}^{2+}$  photodegradation effectiveness of 96.208% and 89.33% photoreduction.

Keywords : Photocatalyst, ZnO-Active Carbon Composite, *Direct Blue 3R*, metal ions  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Co}^{2+}$ , photodegradation, photoreduction.

## I. PENDAHULUAN

Kegiatan industri yang tumbuh pesat memberikan berbagai keuntungan, tetapi disisi lain aktivitas industri telah menyebabkan permasalahan lingkungan akibat limbah yang dihasilkan. Jenis limbah yang sering ditemukan dalam air buangan diantaranya adalah zat warna sintesis yang dihasilkan dari industri tekstil, kertas, dan beberapa industri lainnya. Salah satu limbah zat warna yang banyak ditemukan dalam limbah adalah zat warna *Direct Blue 3R* yang merupakan zat warna azo yang digunakan dalam pewarnaan industri tekstil. Zat warna ini merupakan senyawa organik yang bersifat *non-biodegradable*, sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan (Manivannan dkk., 2011).

Selain larutan zat warna, logam-logam berat juga berpotensi mencemari lingkungan. Keberadaan logam berat di perairan berasal dari berbagai sumber, antara lain dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan industri. Logam berat pada perairan akan berpotensi menimbulkan keracunan pada makhluk hidup. Diantara logam-logam berat yang beragam, kobalt (Co) dan tembaga (Cu) sangat menarik untuk diteliti karena banyak terdapat dalam campuran limbah zat warna dan industri tekstil (Rochyatun dkk., 2006).

Beberapa cara pengolahan limbah zat warna dan logam berat telah banyak dilakukan, misalnya dengan cara khlorinasi dan pengendapan, menggunakan lumpur (*sludge*) yang kemudian dibakar atau diproses secara mikrobiologi. Tetapi

pembakaran *sludge* memicu terbentuknya senyawa khlorooksida. Sementara proses mikrobiologi memerlukan penanganan yang mahal dan hanya menguraikan senyawa *biodegradable* (Cristina dkk., 2007). Metode fotokatalis merupakan metode yang lebih efektif dan efisien dimana terjadi fotodegradasi dan fotoreduksi secara simultan. Melalui fotodegradasi, zat warna akan diuraikan menjadi komponen yang lebih sederhana, sementara logam berat yang ada dalam limbah akan tereduksi sehingga perairan menjadi bebas dari pencemaran (Wijaya dkk., 2006).

Fotokatalis yang biasa digunakan adalah material semikonduktor, antara lain  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  dan  $\text{WO}_3$ . Seng Oksida ( $\text{ZnO}$ ) lebih sering digunakan karena memiliki *band gap* yang lebar. Selain itu struktur dari  $\text{ZnO}$  dapat disintesis dengan banyak metode, dan cenderung murah serta stabil pada suhu rendah (Soltaninezhad, 2011).

Daya adsorpsi yang lemah merupakan masalah bagi proses fotokatalisis. Untuk menutupi kekurangan tersebut, fotokatalis perlu dikombinasi dengan suatu material adsorben. Adsorben yang dapat digunakan diantaranya adalah karbon aktif (El- Maazawi dkk., 2000).

Seng oksida juga mempunyai kelemahan karena wujudnya yang berupa serbuk sehingga dapat menyebabkan permasalahan baru seperti sulitnya pemisahan fotokatalis dari suspensi setelah reaksi, partikel yang tersuspensi cenderung menggumpal, tidak mudah diaplikasikan ke sistem

aliran kontinyu sehingga sulit untuk digunakan kembali, dan suspensi yang terbentuk akan menghambat penetrasi sinar *UV* ke dalam larutan sampel (Hermann, 1999). Oleh karena itu, penggunaan material komposit dari bentuk serbuk menjadi bentuk tablet padat sangat menarik untuk diteliti.

## II. METODE KERJA

### 2.1 Bahan dan Alat

#### 2.1.1 Bahan

Serbuk zat warna *Direct Blue 3R*,  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , karbon aktif (p.a Merck),  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCL}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , Akuades.

#### 2.1.2 Alat

Alat gelas standar penelitian, plat kaca cetak tablet, XRD, SEM, *UV-Vis*, AAS, lampu *UV* (C, Philip TUV 15 W G 15T8), BET, pipet volume, kertas pH, *magnetic stirrer*.

### 2.2 Cara Kerja

#### 2.2.1 Sintesis ZnO

Sintesis ZnO dilakukan dengan menggunakan sebanyak 380 mL  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,1 M ditambah 300 mL  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,15 M secara perlahan-lahan (tetes demi tetes) dan diaduk dengan *magnetic stirrer* (kecepatan 600 rpm) pengaturan pH 6,2-6,4 dengan penambahan  $\text{NaOH}$  1 M/  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,15 M selama 12 jam. Endapan diperoleh kemudian disaring dengan kertas saring, endapan kemudian dicuci dengan akuades dan aseton, kemudian dikeringkan di oven  $100^\circ\text{C}$ - $120^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Endapan bebas air kemudian

dikalsinasi pada suhu  $450^\circ\text{C}$ .

#### 2.2.2 Sintesis dan Karakterisasi Komposit ZnO-Karbon Aktif

Pembuatan komposit ZnO-karbon aktif dilakukan dengan menggunakan 1,7 gram gipsum ditambahkan 0,15 gram karbon aktif serta 0,85 gram ZnO dengan perbandingan gipsum, ZnO dengan karbon aktif sebesar 170% : 85% : 15%. Penambahan 3 ml akuades dan pengadukan hingga homogen. Pencetakan komposit menggunakan plat kaca dengan ukuran diameter 0,8 cm dan tinggi 0,45 cm. Pendiapan komposit yang terbentuk untuk menghilangkan kadar airnya. Hasil sintesis komposit ZnO-karbon aktif yang telah diperoleh kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan SEM dan BET.

#### 2.2.3 Reaksi Fotokatalisis Zat Warna *Direct Blue 3R* Terhadap Komposit

Sebanyak 5 gelas beker masing-masing diisi 100 mL larutan zat warna *Direct Blue 3R* dengan konsentrasi 100 ppm, pada gelas pertama hanya berisi zat warna, gelas kedua ditambahkan gipsum, gelas ketiga ditambahkan gypsum dan karbon aktif, gelas keempat gipsum dan ZnO serta gelas terakhir ditambahkan komposit. Kemudian larutan diaduk dengan *magnetic stirrer* dalam reaktor selama 2 jam.

#### 2.2.4 Reaksi Fotokatalisis Zat Warna *Direct Blue 3R* dan Variasi pH

Sebanyak 100 mL larutan zat warna *Direct Blue 3R* dibuat dengan konsentrasi 100 ppm. Komposit ZnO-karbon aktif dengan berat 0,4 gram dimasukkan ke dalam 100 mL larutan zat warna

*Direct Blue 3R*, kemudian larutan diaduk

dengan *magnetic stirrer* dalam reaktor selama 2 jam. Sebanyak 7 gelas beker masing-masing diisi 100 mL larutan zat warna dengan konsentrasi 100 ppm dan variasi mulai dari pH 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7. Komposit ZnO-karbon aktif dengan berat 0,4 gram dimasukkan ke dalam 100 mL larutan zat warna *Direct Blue 3R*, kemudian larutan diaduk dengan *magnetic stirrer* dalam reaktor selama 2 jam.

### 2.2.5 Reaksi Fotokatalisis zat Warna *Direct Blue 3R* Dengan Keberadaan Ion Logam $\text{Cu}^{2+}$ dan $\text{Co}^{2+}$

Larutan zat warna *Direct Blue 3R* dibuat dengan konsentrasi 100 ppm masing-masing sebanyak 100 mL, pada setiap larutan zat warna masing-masing ditambahkan larutan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dan komposit ZnO-karbon aktif, serta pada larutan kedua ditambahkan larutan ion logam  $\text{Co}^{2+}$  dan komposit ZnO-karbon aktif. Kemudian kedua larutan distirer didalam reaktor selama 2 jam. Sampel disaring lalu dianalisis menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* untuk mengetahui konsentrasi *Direct Blue 3R* yang tersisa. Untuk mengetahui ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{Co}^{2+}$  yang tersisa dalam larutan digunakan metode AAS.

#### 2.2.5.1 Variasi Konsentrasi Ion Logam $\text{Cu}^{2+}$ dan $\text{Co}^{2+}$

Sebanyak 10 gelas beker siapkan 100 mL larutan zat warna *Direct Blue 3R* dibuat dengan konsentrasi 100 ppm. Komposit ZnO-karbon aktif dengan berat 0,4gram dimasukkan ke dalam masing-masing gelas beker. Pada penelitian ini dilakukan juga penambahan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{Co}^{2+}$  divariasikan pada 3; 6; 9; 12 dan 15 ppm, kemudian larutan diaduk dengan *magnetic stirrer* dalam reaktor selama 2 jam.

#### 2.2.5.2 Variasi Waktu

Sebanyak 100 mL larutan zat warna *Direct Blue 3R* dibuat dengan konsentrasi 100 ppm. Komposit ZnO-karbon aktif dengan berat 0,4 gram dimasukkan ke dalam 100 mL larutan zat warna *Direct Blue 3R*, kemudian larutan diaduk dengan *magnetic stirrer* dalam reaktor, penelitian ini waktu fotokatalisis yang digunakan divariasikan pada 1; 2; 3; dan 4 jam.

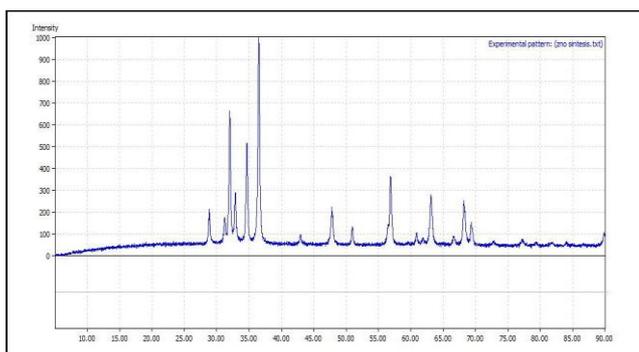
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari proses ini adalah untuk mensintesis nanopartikel ZnO, sehingga metode presipitasi yang merupakan salah satu metode sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan satu zat ketika melewati titik jenuhnya. Metode presipitasi ini mempunyai keunggulan karena prosesnya menggunakan suhu rendah dan mudah untuk dilakukan karena menggunakan bahan-bahan yang mudah didapatkan (Medina dkk., 2012). Pada sintesis ZnO digunakan prekursor  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  sebagai sumber Zn. Larutan  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.1 M ditambahkan dengan larutan asam oksalat ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 0,15 M yang berfungsi sebagai pengendap dalam presipitasi. Asam oksalat digunakan sebagai pengendap karena tidak menghasilkan senyawa yang dapat meracuni semikonduktor ketika dikalsinasi.

Campuran ini kemudian ditambahkan NaOH 1 M yang berfungsi untuk menjaga agar reaksi berada dalam keadaan pH 6,2-6,4. Kemudian campuran larutan ini diaduk dengan kecepatan 500 rpm selama 12 jam. Kecepatan

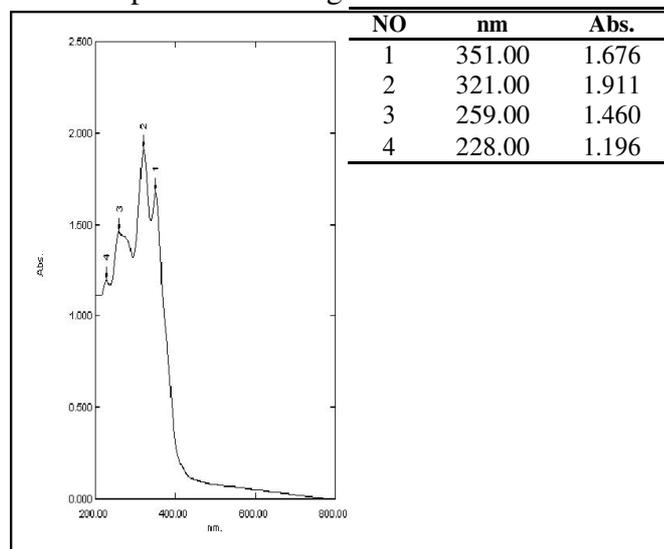
putar pada pengaduk yang digunakan adalah 500 rpm dan penambahan asam oksalat yang perlahan-lahan, dimaksudkan agar diperoleh laju nukleasi yang lebih kecil dibandingkan dengan laju pertumbuhan inti sehingga dihasilkan partikel dengan jumlah yang sedikit namun ukurannya relatif besar. Endapan ini lebih mudah disaring dan seringkali lebih murni daripada endapan yang ukuran partikelnya relatif lebih kecil. Sedangkan pengkondisian pH campuran dengan range antara 6,2-6,4 dimaksudkan agar endapan zink oksalat dari zink asetat yang terbentuk lebih sempurna (Marta, 2003).

Akuades dan aseton yang ditambahkan berfungsi untuk menghilangkan pengotor yang bersifat polar dan nonpolar. Endapan yang diperoleh dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 100-120<sup>0</sup>C untuk menghilangkan air yang kemungkinan masih terdapat pada endapan yang tidak larut ketika pencucian endapan. Endapan bebas air kemudian dikalsinasi pada suhu 450<sup>0</sup>C untuk memperoleh serbuk ZnO berukuran nano. Kristal ZnO dikarakterisasi menggunakan metode XRD dan spektrofotometer difus reflektansi *UV-Vis*. Tujuan dari karakterisasi menggunakan XRD adalah untuk mengetahui struktur kristal dari ZnO. Hasil dari karakterisasi menggunakan metode XRD dapat dilihat pada gambar III.1.



Gambar III.1 Diafraktogram ZnO Sintesis

Dari gambar IV.2 dapat diketahui struktur kristal ZnO dari harga  $d$  yang dimiliki difraktogram dengan membandingkannya difraktogram standard karena setiap kristal memiliki harga  $d$  dan intensitas yang spesifik. Berdasarkan difraktogram harga  $d$  yang dimiliki ZnO sintesis adalah 31.80, 34.45, 36.28, 47.56 dan 56.61. Dapat diketahui struktur kristal dari ZnO berbentuk *wurzite* dari kristal ZnO (fase hexagonal). Ukuran kristal ZnO yang didapat melalui persamaan Scherrer adalah 27,97 nm. Karakterisasi menggunakan spektrofotometer difus reflektansi *UV-Vis* bertujuan untuk mengetahui celah pita energi (band gap). Hasil karakterisasi spektrofotometer difus reflektansi *UV-Vis* dapat dilihat dari gambar III.2



Gambar III.2 Spektra UV-DRS ZnO

Hasil karakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer difusi reflektansi *UV-Visible* seperti ditunjukkan pada gambar III.2

memperlihatkan grafik absorbansi lawan panjang gelombang. Harga absorbansi menunjukkan koefisien sinar yang diserap oleh padatan dalam hal ini ZnO dibandingkan sinar yang dihamburkan (*scattered*). Dari grafik itu dapat dilihat panjang gelombang yang memberikan serapan maksimum untuk ZnO. Panjang gelombang tersebut merupakan *absorption edge* ( $\lambda_g$ ) yang dapat digunakan untuk menghitung energi celah pita (*band gap*). Dari data diketahui bahwa *absorption edge* ( $\lambda_g$ ) ZnO hasil sintesis sebesar 321,00 nm.

Dari data panjang gelombang serapan maksimum ( $\lambda_g$ ) ini dapat diketahui bahwa energi celah pita ( $E_g$ ) untuk ZnO adalah 3,8 eV. Hal ini menunjukkan ZnO sintesis mempunyai aktivitas fotokatalitik yang lebih baik dibandingkan ZnO komersil karena mempunyai *band gap* lebih besar dibandingkan ZnO komersial yang pada umumnya memiliki *band gap* 3,37 eV. *Band gap* yang semakin besar akan dapat mencegah terjadinya rekombinasi yaitu mencegah bergabungnya kembali elektron dan *hole* karena jarak pita valensi dengan pita konduksi yang semakin jauh.

Daya adsorpsi yang lemah merupakan masalah bagi proses fotokatalis sebagai fotokatalis perlu dikombinasi dengan suatu material adsorben. Adsorben yang digunakan diantaranya adalah karbon aktif (El-Maazawi dkk., 2000). Pembuatan komposit ZnO-Karbon aktif dengan menggunakan gipsum sebagai sumber perekat antara ZnO dengan karbon aktif ataupun antara katalis dengan

preparatnya. Komposit yang dihasilkan berbentuk tablet dengan diameter 0,8 cm, tinggi 0,45 cm dan berwarna abu-abu. Sintesis komposit ZnO-karbon aktif diperoleh dengan mencampurkan ZnO dan karbon aktif dengan gipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Gipsum dalam komposit berperan sebagai perekat antara ZnO dengan karbon aktif dimana gipsum hanya akan berikatan secara fisik dengan ZnO dan karbon aktif. Gipsum mempunyai sifat cepat mengeras bila terkena air. Gipsum sebagai perekat mineral mempunyai sifat yang lebih baik dibandingkan dengan perekat organik karena tidak menimbulkan pencemaran udara, murah dan tahan terhadap zat kimia.

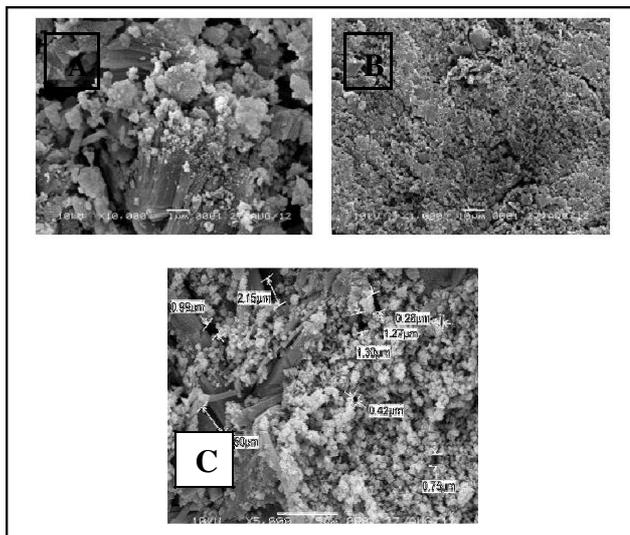
Untuk mengetahui luas permukaan serta ukuran pori-pori dalam tablet komposit ZnO-karbon aktif dilakukan analisis karakterisasi menggunakan metode BET. Hasil dari karakterisasi menggunakan BET dapat dilihat pada tabel III.1.

Tabel III.1 Hasil karakterisasi menggunakan BET

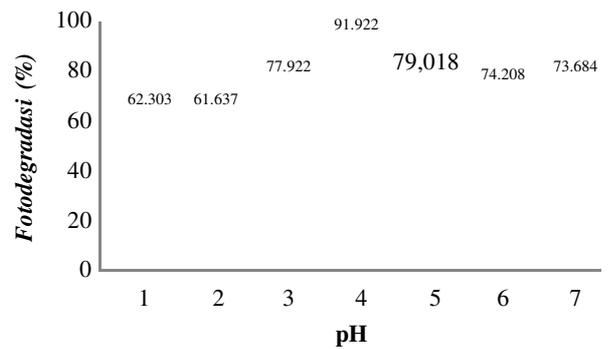
<b>Analisis</b>	<b>Hasil</b>
Luas Permukaan	27,209 m <sup>2</sup> /g
Volume Pori	0,089 cc/g
Jari-jari Pori	3,25 nm

Dari hasil data analisis diatas dapat diketahui ukuran luas permukaan, volume pori dan jarak pori-pori dalam komposit ZnO-karbon aktif. Ukuran jari-jari pori komposit yang diperoleh adalah 3,25 nm yang menunjukkan ukuran pori yang dihasilkan termasuk dalam ukuran mesopori.

Analisis dan karakterisasi terhadap komposit ZnO-karbon aktif dilakukan dengan menggunakan metode SEM (*Scanning Elektron Microscopy*), yang bertujuan untuk mengetahui struktur morfologi dan luas penampang lintang dari sampel komposit ZnO-karbon aktif. Dari hasil SEM komposit ZnO-karbon aktif pada gambar III.3 diperoleh hasil bahwa morfologi permukaan komposit ZnO-karbon aktif berongga-rongga.

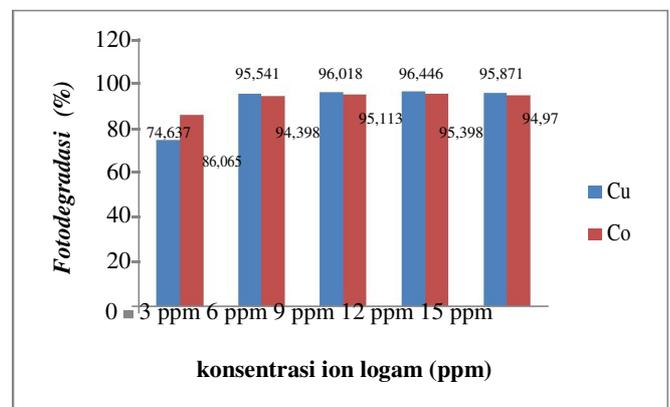


Gambar III.3 Pencitraan Permukaan Komposit ZnO-Karbon Aktif Dengan SEM: a.) Morfologi permukaan komposit ZnO-karbon aktif dengan perbesaran 10.000x. b.) Penampang lintang komposit ZnO-karbon aktif dengan perbesaran 1.000x. c.) Pori-pori komposit ZnO-karbon aktif dengan perbesaran 5.000x



Gambar III.4 Persentase Pengaruh pH Terhadap Fotodegradasi *Direct Blue 3R*

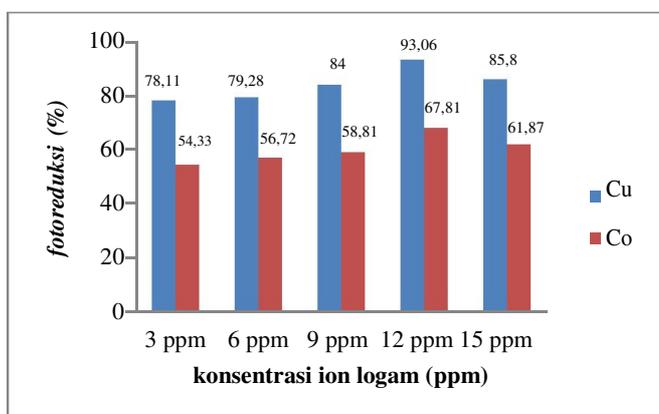
Dari gambar III.4 dapat diketahui persentase fotodegradasi *Direct Blue 3R* pada berbagai pH kondisi larutan. Pada kondisi pH asam terlihat efektivitas fotodegradasi lebih tinggi dibandingkan pada kondisi pH netral dengan efektivitas fotodegradasi tertinggi terjadi pada pH 4. Hal ini disebabkan karena pada kondisi asam permukaan fotokatalis ZnO akan bermuatan positif ( $ZnOH_2^+$ ) yang berinteraksi dengan zat warna yang berikatan negatif mengakibatkan proses adsorpsi dan fotodegradasi lebih efektif dibandingkan pada pH basa. Pada kondisi basa permukaan ZnO bermuatan negatif yang sulit untuk berinteraksi dengan zat warna *Direct Blue 3R* (Antoine dkk., 2001).



Gambar III.5 Persentase Fotodegradasi *Direct Blue 3R* Dengan Adanya Ion Logam  $Cu^{2+}$  Dan

Co<sup>2+</sup>

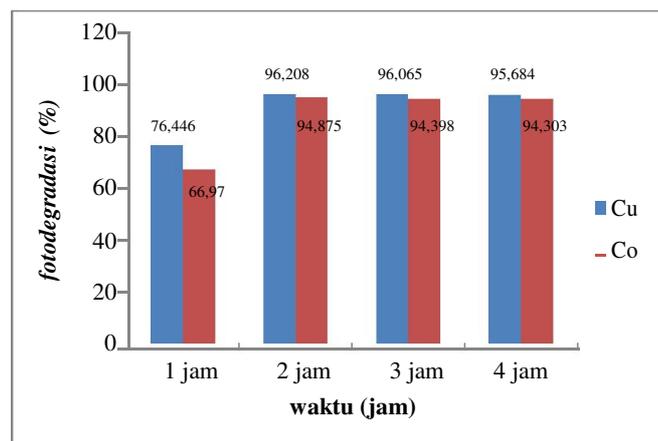
Pada gambar III.5 diatas dapat diketahui persentase efektifitas fotodegradasi *Direct Blue 3R* dengan adanya ion logam Cu<sup>2+</sup> dan Co<sup>2+</sup>. Dari konsentrasi logam rendah ke tinggi menyebabkan proses fotodegradasi semakin meningkat mencapai presentase tertinggi pada konsentrasi 12 ppm. Pada konsentrasi 15 ppm efektifitas fotodegradasi kembali menurun karena dengan semakin tinggi konsentrasi ion logam Cu<sup>2+</sup> maupun Co<sup>2+</sup> maka akan semakin banyak ion logam yang terfotoreduksi, sehingga logam Cu<sub>(s)</sub> dan Co<sub>(s)</sub> hasil fotoreduksi yang terbentuk juga semakin banyak. Hal ini mengakibatkan sisi aktif dari fotokatalis ZnO yang seharusnya digunakan dalam proses fotodegradasi tertutupi oleh logam Cu<sub>(s)</sub> maupun Co<sub>(s)</sub> yang menempel pada permukaan ZnO.



Gambar III.6 Persentase Fotoreduksi Dari Ion Logam Cu<sup>2+</sup> dan Co<sup>2+</sup>

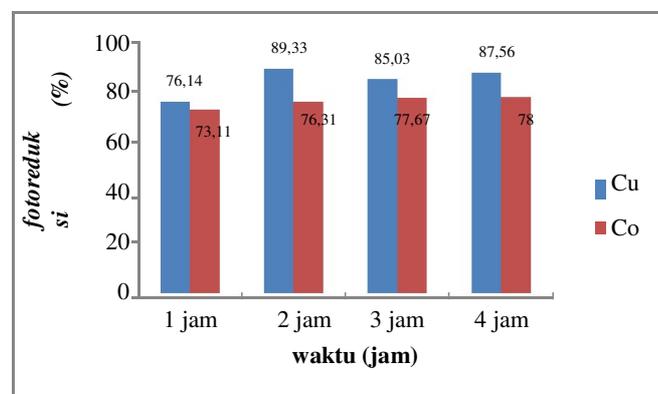
Pada gambar III.6 diatas menunjukkan persentase efektifitas fotoreduksi tertinggi yaitu terjadi pada ion logam Cu<sup>2+</sup> dan Co<sup>2+</sup> pada konsentrasi 12 ppm yang sebesar 93.06% dan 67,81%. Semakin tinggi proses fotoreduksi akan dapat mengakibatkan semakin tinggi pula

efektivitas fotodegradasi *Direct Blue 3R*, hal ini disebabkan karena elektron yang dihasilkan selama proses fotokatalisis akan digunakan untuk mereduksi ion logam. Ketika semakin banyaknya elektron yang digunakan untuk mereduksi ion logam maka menghambat terjadinya rekombinasi *hole*-elektron sehingga *hole* yang tersedia untuk fotodegradasi tidak berkurang.



Gambar III.7 Pengaruh Waktu Fotokatalis Terhadap Fotodegradasi *Direct Blue 3R*

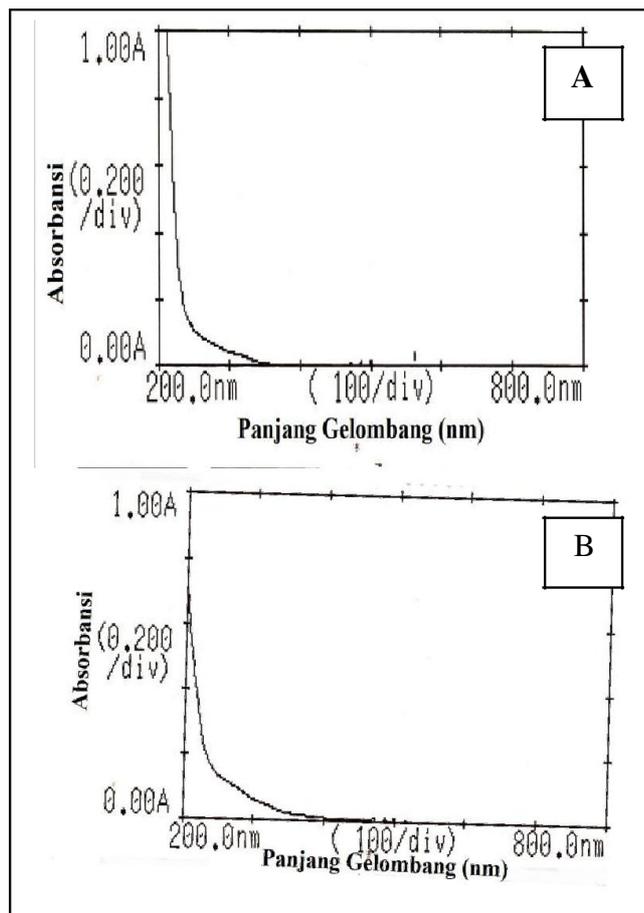
Pada gambar III.7 diatas dapat diketahui pengaruh waktu katalis terhadap persentase efektifitas fotodegradasi. Terlihat bahwa meningkatnya waktu katalis menyebabkan semakin meningkatnya zat warna yang terdegradasi.



Gambar III.8 Pengaruh Waktu Fotokatalisis Terhadap Fotoreduksi Ion Logam Cu<sup>2+</sup> dan Co<sup>2+</sup>

Berdasarkan gambar III.8, diagram persentase fotodegradasi dan fotoreduksi diatas terlihat terjadi kenaikan hingga pada waktu 2 jam. Pada ion logam  $\text{Co}^{2+}$  dengan bertambahnya waktu katalis lebih dari dua jam terlihat bahwa jumlah zat warna yang teroksidasi dan ion logam yang tereduksi hanya sedikit mengalami peningkatan (cenderung konstan). Hal tersebut menunjukkan bahwa waktu reaksi dua jam merupakan waktu yang optimal untuk proses fotokatalisis. Penambahan waktu proses reaksi fotokatalisis tidak berpengaruh signifikan terhadap pengurangan konsentrasi zat warna maupun ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ .

Pada gambar III.9 menunjukkan spektra hasil proses fotokatalisis zat warna *Direct Blue 3R* dan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  serta  $\text{Co}^{2+}$  menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* menunjukkan nilai absorbansi dari sampel jauh menurun dibandingkan ketika sebelum mengalami proses fotokatalisis sehingga hal ini membuktikan proses fotodegradasi zat warna *Direct blue 3R* dan fotoreduksi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  maupun  $\text{Co}^{2+}$  dapat berjalan secara simultan.



Gambar III.9 Spektra Hasil Fotokatalis a.) Zat Warna *Direct Blue 3R* Dan Ion Logam  $\text{Cu}^{2+}$ . b.) Zat Warna *Direct Blue 3R* Dan Ion Logam  $\text{Co}^{2+}$ .

Berdasarkan hasil diatas dapat diketahui jenis ion logam yang digunakan dalam proses reaksi fotokatalisis zat warna *Direct blue 3R* serta

ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{Co}^{2+}$  akan mempengaruhi efektifitas reaksi fotokatalisis dimana pada ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  mempunyai efektifitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan ion logam  $\text{Co}^{2+}$  hal ini sesuai dengan deret volta karena pada logam Cu merupakan oksidator yang lebih kuat dibandingkan logam Co sehingga logam Cu akan cenderung lebih mudah tereduksi oleh radikal  $\cdot\text{O}_2^-$  untuk membentuk  $\text{Cu}_{(s)}$ . Selain itu, ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  lebih mudah tereduksi karena mempunyai potensial reduksi lebih besar yaitu 0,34 V dibandingkan ion logam  $\text{Co}^{2+}$  yang sebesar - 0,28 V.

#### IV. KESIMPULAN

1. a). Telah dilakukan sintesis ZnO dengan metode presipitasi yang menghasilkan serbuk ZnO struktur berbentuk *wurzite*, dengan ukuran kristal 27, 97 nm dan memiliki celah pita energi (*band gap*) sebesar 3,8 eV.  
b). Komposit ZnO-karbon aktif yang dihasilkan berbentuk tablet dengan diameter 0,8 cm, tinggi 0,45 cm dan berwarna abu-abu dengan permukaan berongga dan luas permukaan komposit ZnO-karbon aktif sebesar  $27,209 \text{ m}^2/\text{g}$ , volume pori 0,089 cc/g, dan jari-jari pori sebesar 3,25nm.
2. Efektivitas tertinggi untuk mendegradasi zat warna *Direct Blue 3R* adalah dengan komposit ZnO-karbon aktif sebesar 95,367%.
3. pH optimum untuk proses fotodegradasi *Direct Blue 3R* menggunakan komposit ZnO-karbon aktif adalah pada pH 4, yaitu dengan efektifitas fotodegradasi sebesar 91,92 %.
4. Keberadaan ion logam  $\text{Co}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  dapat meningkatkan efektifitas fotodegradasi *Direct Blue 3R* dan secara simultan dapat mereduksi ion logam  $\text{Co}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi  $\text{Co}_{(s)}$  dan  $\text{Cu}_{(s)}$ .
5. Waktu optimum untuk proses fotodegradasi *Direct Blue 3R* dengan adanya ion logam  $\text{Co}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  adalah 2 jam. Efektivitas fotodegradasi sebesar 94,875% dan fotoreduksi 76,31% pada penambahan  $\text{Co}^{2+}$ , sedangkan  $\text{Cu}^{2+}$  efektifitas fotodegradasi sebesar 96,208% dan fotoreduksi 89,33%.

on TiO<sub>2</sub>: An in Situ Transmission FT-IR Study, *Journal Of Catalysis* 191, 138-146

## V. DAFTAR PUSTAKA

Antoine, D., Didier, R., Jean, VW., 2001, Influence Of pH Chloride Anion On The Photocatalytic Degradation Of Organic Compound Part I. Effect On The Benzamide And para-hydroxybenzoic And In TiO<sub>2</sub> Aqueous Solution, *Applied Catalysis B*, 35, 117-124

Behnajady, M.A., Modirshahla, N., dan Hamzavi, R., 2006, Kinetic study on photocatalytic degradation of C.I. Acid Yellow 23 by ZnO photocatalyst, *Journal of Hazardous Materials*, 226-232

Bellardita, M., Addamo, M., Di Paola, A., dan Palmisano, L., 2007, Photocatalytic Behaviour Of Metal-Loaded TiO<sub>2</sub> Aqueous Dispersions And Films, *Chemical Physics* 339, 94-103

Christina, M.P., Mu'nisatun, S., Septaaji, R., dan Marjanto, D., 2007, Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) Dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 Kev/10 mA, *Pustek Akselerator dan Proses Bahan-BATAN*, Vol.1 No.1

El-Maazawi, M.A., Finken, A.N., Nair, A.B., dan Grassian, A.V., 2000, Adsorption and Photocatalytic Oxidation of Acetone

Hermann, J.M., 1999, Heterogenous Photocatalysis Fundamental and Application to the Removal of Various Types of Aqueous Pollutans, *Catal Today*, 53, 115-129

Hoffmann, M.R., Martin, S.T., Choi, W., dan Bahnemann, D.W., 1995, Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis, *Chem. Rev.*, 95, 69-96

Iranifam, M., Zarei, M., dan Khatae, A.R., 2011, Decolorization Of C.I. Basic Yellow 28 Solution Using Supported ZnO Nanoparticles Coupled With Photoelectro-Feton Proses, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 659, 107-112

Liang, S., Sheng, H., Liu, Y., Hio, Z., Lu, Y., dan Shen, H., 2001, ZnO Schottky ultraviolet photodetectors, *Journal of Crystal Growth*, 225, 110-113

Ma, Y., Sun, Q., Wu, D., Fan, W.H., dan Deng, J.F., 1999, A Gel-Oxalate co-Precipitation Process for Preparation of Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Ultrafine Calcination for Methanol Synthesis from CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub> : (II) Effect of Various Calcination Conditions, *Applied Catalyst A : General*, 177, 177-184

Marta, L., dan Horouhz, M., 2003, Analytical Study Of Oxalates Coprecipitation, *Leonardo Journal Of Science*, Universitas Teknik Cluj Napoca, 72-78

Manivannan, M., Reetha, D., dan Ganesh, P., 2011, Decolourization of Textile Azo Dyes by using Bacteria Isolated from Textile Dye

Medina, A., Bejar, L., Borjas, S.E., Zarate, J., Vargas, R., Herrera, G., dan Ruiz, A., 2012, Characterization of ZnO Nanoparticles with Short-Bar Shape Produced by Chemical Precipitation, *Materias Letters*, 71, 81-83

Mehta, P., Mehta, R., Surana, M., dan Kabra, B.V., 2010, Effect of transition metal ions photoassisted bleaching of Reactive Yellow 86 by TiO<sub>2</sub>, *Journal Of Chemical and Pharmaceutical Research.*, 2(4), 546-557

Rochyatun, E., Kaisupy, M.T., dan Rozak, A.,

2006, Distribusi Logam Berat Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Muara Sungai Cisadane, *Makara Sains*, Vol. 10, 35-40

Soltaninezhad, M., dan Aminifar, A., 2011, Study nanostructures of semiconductor zinc oxide (ZnO) as a photocatalyst for the degradation of organic pollutants, *International Journal Of Nano Dimension*. 2(2): 137-145

Wijaya, K., Sugiarto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D., 2006, Utilisasi TiO<sub>2</sub>-Zeolit dan sinar Uv untuk fotodegradasi zat warna congo red, *TEKNOIN-UGM*, Vol. 11, No.3, 199-209

—  
Pembimbing I

Nor Basid A. Prasetya, S.Si., M.Sc.  
NIP 19811202 2005 01 1 002

—  
Pembimbing II

Dra. Rum Hastuti, M.Si.  
NIP 19500615 1978 022 001