

Sintesis dan Aplikasi Komposit ZnO-Karbon Aktif untuk Fotodegradasi *Direct Blue 3R* serta Fotoreduksi Ion Logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} Secara Simultan

(Synthesis and Application of ZnO-Active Carbon Composite for Direct Blue 3R photodegradation and Pb^{2+} and Cd^{2+} ions Photoreduction with Simultan)

Moch Ali Muchit, Nor Basid Adiwibawa Prasetya, Khabibi

Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Universitas Diponegoro Semarang

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis dan aplikasi komposit ZnO-karbon aktif untuk fotodegradasi *direct blue 3R* serta fotoreduksi ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} . ZnO sintesis dikarakterisasi dengan XRD didapatkan hasil ZnO (*wurzite*) dengan ukuran kristal = 30,96-33,48 nm dan dengan DR-UV didapatkan hasil $E_g = 3,8$ eV. Komposit ZnO-karbon aktif yang dihasilkan berbentuk tablet berwarna abu-abu. Karakterisasi SEM dan BET komposit yang dihasilkan mempunyai morfologi berongga dengan luas permukaan komposit ZnO-karbon aktif sebesar 27,209 m^2/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 95,37%. pH optimum untuk proses fotodegradasi ini adalah pada pH 4 dengan efektivitas sebesar 91,92%. Penambahan ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} dapat meningkatkan efektivitas fotodegradasi *direct blue 3R* dan secara simultan dapat mereduksi ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} . Penambahan ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} optimum adalah pada konsentrasi 12 ppm dan 9 ppm yang menghasilkan fotodegradasi *direct blue 3R* sebesar 93,70 % dan 94,70 % dengan fotoreduksi ion Pb^{2+} dan Cd^{2+} sebesar 87,67 % dan 40,67 %. Waktu optimum untuk proses fotodegradasi ini adalah 4 jam.

Kata kunci : Fotokatalis, komposit ZnO-Karbon Aktif, *Direct Blue 3R*, Cd^{2+} dan Pb^{2+} , fotodegradasi, fotoreduksi.

ABSTRACT

Synthesis and application of ZnO-active carbon composite for *direct blue 3R* photodegradation and Pb^{2+} and Cd^{2+} ions photoreduction. Have been conducted for characterisation of synthesid by XRD obtained ZnO (*wurzite*) with crystal size 30,96-33,48 nm and by DR-UV resulted $E_g = 3.8$ eV. ZnO-activated carbon composite produced in gray colour tablet. Based on SEM and BET characterization, composite has a hollow morphology with a surface area of 27.209 m^2/g , pore volume of 0.089 cc/g with a radius pores of 3.25 nm and has a high effectiveness in the dye *direct blue 3R* photodegradation of 95.37%. The optimum pH for photodegradation process is at pH 4 with the effectiveness of 91.92%. The addition of Pb^{2+} and Cd^{2+} ions can improve the effectiveness of *direct blue 3R* photodegradation and can reduce Pb^{2+} and Cd^{2+} ions simultaneously with the optimum concentration of each metal were 12 ppm and 9 ppm. The addition of Pb^{2+} and Cd^{2+} ions produce the optimum concentration of 9 ppm and 12 ppm in photodegradation of *Direct Blue 3R* by 94.70% and 93.70% and can photoreduced Cd^{2+} and Pb^{2+} ions by 40.67% and 87.67%. The optimum time for photodegradation process was 4 hours.

Keywords : Photocatalyst, ZnO-Active Carbon Composite, *Direct Blue 3R*, Cd^{2+} and Pb^{2+} , photodegradation, photoreduction.

PENDAHULUAN

Industri yang ada saat ini memegang peranan penting dalam perekonomian dan kemajuan bangsa. Berkembangnya industri tidak hanya menguntungkan, tetapi dapat juga membawa masalah besar bagi lingkungan sekitar. Industri pada umumnya menghasilkan limbah yang tidak ramah lingkungan dan sulit terdegradasi secara alami. Industri cenderung memilih zat warna sintesis yang tidak ramah lingkungan untuk digunakan seperti *direct blue 3R* dikarenakan murah, tahan lama dan mudah diperoleh (Manivannan, 2011).

Selain adanya zat warna tekstil, lingkungan terutama lingkungan perairan juga dapat tercemari oleh logam-logam berat berbahaya diantaranya adalah logam timbal (Pb) dan logam kadmium (Cd). Timbal mempunyai sifat toksik pada gen sehingga dapat mempengaruhi terjadinya kerusakan DNA/mutasi gen dalam kultur sel mamalia (Sudarwin, 2008) sedangkan logam Cd dapat menyebabkan penyakit paru-paru, hati, tekanan darah tinggi, gangguan pada sistem ginjal dan kelenjar pencernaan serta mengakibatkan kerapuhan pada tulang (Margonof, 2003)

Berbagai proses fisika dan kimia telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini seperti: filtrasi, koagulasi, elektrokoagulasi, dan adsorpsi karbon aktif. Beberapa metode tersebut mempunyai kelemahan, diantaranya karena zat warna dan logam tersebut tidak rusak, melainkan hanya tertransfer dari fase satu ke fase yang lain (Modirshahla, 2011). Metode lain yang telah diteliti adalah oksidasi dengan bantuan bakteri. Metode ini dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam pengolahan larutan tekstil, tetapi

metode ini memiliki kelemahan yaitu memerlukan bahan kimia yang sangat banyak dan perlakuan penumbuhan bakteri relatif cukup sulit.

Sebagai alternatif dikembangkan metode fotodegradasi dan fotoreduksi menggunakan bahan fotokatalis dengan bantuan radiasi sinar ultraviolet. Fotodegradasi adalah proses peruraian suatu senyawa (biasanya senyawa organik) dengan bantuan energi foton. Dengan metode fotodegradasi ini, zat warna akan diurai menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana yang lebih aman untuk lingkungan sekaligus dapat mereduksi ion logam (fotoreduksi) secara simultan (Corrent, 1999).

Fotokatalis yang potensial digunakan antara lain TiO_2 , Fe_2O_3 , SnO_2 , ZnO , ZnS , CuS , CeO_2 , ZrO_2 dan WO_3 . Dalam penelitian ini digunakan fotokatalis ZnO karena memiliki berbagai keunggulan antara lain memiliki *band gap* yang lebar dibandingkan TiO_2 yaitu 3,37 eV (Zhang, 2011), cenderung murah dan memiliki aktivitas fotokatalitik tinggi (Kanjwal, 2010). Pada penelitian dilakukan sintesis ZnO agar diperoleh ZnO dengan ukuran pori yang bisa dikendalikan.

Daya adsorpsi yang lemah merupakan masalah bagi proses fotokatalisis. Untuk menutupi kekurangan tersebut, fotokatalis perlu dikombinasi dengan suatu material adsorben (El-Maazawi, 2000). Adsorben yang dapat digunakan diantaranya adalah karbon aktif. Komposit ZnO -karbon aktif dapat memberikan nilai lebih dalam proses fotokatalisis dibandingkan dengan fotokatalis berbentuk serbuk, diantaranya proses pemisahan dengan filtrat akan lebih mudah dan dapat digunakan untuk proses fotokatalisis selanjutnya. Pada penelitian ini komposit ZnO -

karbon aktif dibuat dalam bentuk tablet untuk proses fotodegradasi zat warna *direct blue 3R* serta fotoreduksi ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} secara simultan.

METODE KERJA

Bahan dan Alat

Bahan

Serbuk zat warna *Direct Blue 3R*, $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$, $H_2C_2O_4$, aseton, karbon aktif (p.a Merck), $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, NH_3 , $NaOH$, HCl , $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$, $CdSO_4 \cdot 8H_2O$, dan akuades.

Alat

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

Cara Kerja

Sintesis ZnO

Untuk membuat bahan fotokatalis ZnO yaitu dari bahan seng asetat dihidrat sebanyak 15 gram dilarutkan di dalam akuades dan direaksikan dengan asam oksalat sebanyak 8,82 gram yang telah dilarutkan terlebih dahulu dengan akuades dan diaduk selama 12 jam dengan menggunakan magnetik stirrer. Endapan yang terbentuk lalu disaring dan dicuci dengan aseton dan akuades. Endapan putih yang terbentuk dikeringkan pada temperatur $120^{\circ}C$ untuk mengurangi kadar air dan kemudian dikeringkan pada temperatur $450^{\circ}C$ selama 1,5 jam untuk menghilangkan senyawaan organik.

Sintesis dan Karakterisasi Komposit ZnO-Karbon Aktif

Serbuk fotokatalis ZnO sebanyak 0,85 gram dicampur dengan karbon aktif sebanyak 0,15 gram dan sebagai perekat digunakan gipsum

sebanyak 1,7 gram. Ketiga campuran kemudian diaduk dan ditambahkan akuades sebanyak 2 ml. Campuran kemudian dicetak dengan menggunakan kaca pencetak. Hasil tablet yang terbentuk dikeringkan dan dilakukan karakterisasi menggunakan SEM dan BET. SEM digunakan untuk mengetahui citra permukaan dan ukuran pori komposit ZnO-karbon aktif sedangkan BET digunakan untuk mengetahui ukuran pori rata-rata, ukuran area permukaan dan total volume pori.

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

Sebanyak 5 gelas beker masing-masing di isi 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 gipsum dan karbon aktif, gelas keempat gipsum dan ZnO serta gelas terakhir ditambahkan komposit. Kemudian larutan diaduk dengan *magnetic stirrer* dalam reaktor selama 2 jam kemudian sampel dianalisis menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* untuk mengetahui konsentrasi *direct blue 3R* yang tersisa.

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

Larutan zat warna *direct blue 3R* 100 ppm sebanyak 100 mL ditambahkan komposit ZnO-karbon aktif sebanyak 0,3 gram, kemudian dilakukan pengkondisian pH larutan dengan HCl dan NaOH pada pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan distirer dalam reaktor selama 2 jam, kemudian sampel dianalisis menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* untuk mengetahui konsentrasi *direct blue 3R* yang tersisa.

Reaksi fotokatalisis larutan zat warna *direct blue 3R* dengan adanya ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+}

Larutan zat warna *direct blue 3R* 100 ppm sebanyak 100 mL ditambahkan komposit ZnO-karbon aktif sebanyak 0,3 gram, kemudian ditambahkan masing masing ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} dengan variasi konsentrasi yaitu 3, 6, 9 dan 12 ppm, dan distirer dalam reaktor selama 2 jam, kemudian sampel dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi *direct blue 3R* yang tersisa, dan kadar ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} tersisa dengan menggunakan AAS.

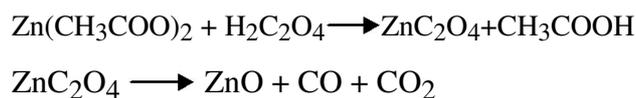
Pengaruh waktu terhadap fotodegradasi *direct blue 3R* dan fotoreduksi ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+}

Larutan zat warna *direct blue 3R* 100 ppm sebanyak 100 mL ditambahkan komposit ZnO-karbon aktif sebanyak 0,3 gram, kemudian ditambahkan masing-masing ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} , dan distirer dalam reaktor dengan variasi waktu 1, 2, 3 dan 4 jam kemudian sampel dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi *direct blue 3R* yang tersisa, sedangkan kadar ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} tersisa diketahui dengan menggunakan AAS.

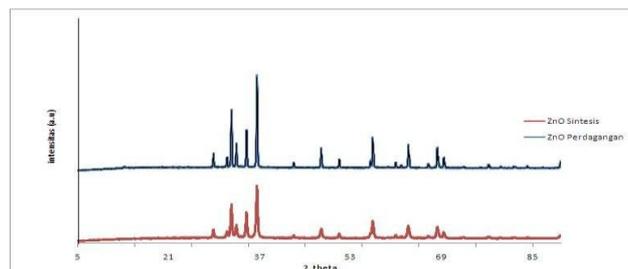
HASIL DAN PEMBAHASAN

Fotokatalis ZnO disintesis berdasarkan metode yang dilakukan oleh Kanade dkk (2006), yaitu dengan menggunakan prekursor seng asetat dihidrat dan asam oksalat dengan pelarut aquades. Sintesis fotokatalis ZnO dilakukan dengan menggunakan metode pengendapan yang merupakan salah satu metode sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan

suatu zat ketika melewati titik jenuhnya. Endapan putih dari hasil sintesis merupakan garam ZnC_2O_4 yang dimurnikan dengan menggunakan aseton dan aquades serta dapat digunakan sebagai bahan pembuatan fotokatalis ZnO melalui kalsinasi pada temperatur $450^{\circ}C$ selama 90 menit. Reaksi yang terjadi ditunjukkan sebagai berikut :



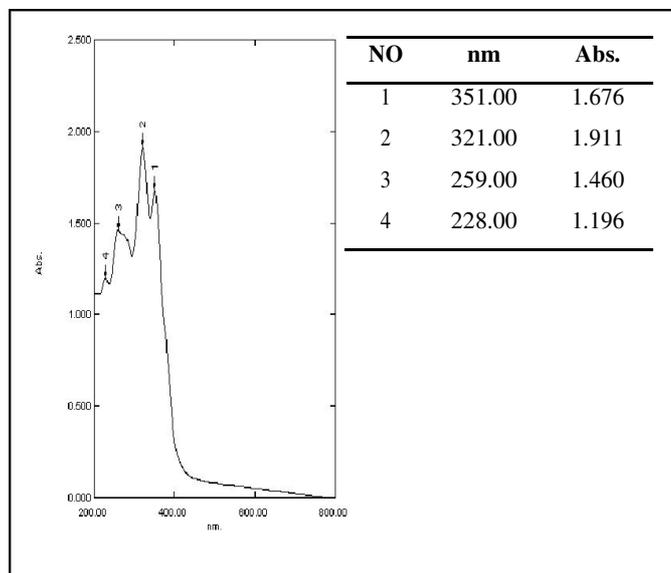
ZnO sintesis kemudian dianalisis dengan menggunakan XRD untuk mengetahui ukuran dan bentuk kristal, spektra XRD dari ZnO sintesis di bawah ini menunjukkan puncak tinggi di $2\theta(\text{theta})$: 31.87, 36.36, 34.52, 56.71 dan 62.97 yang dapat dikategorikan dalam struktur *wurtzite* dari kristal ZnO (fase hexagonal) (JCPDS No. 36-1451).



Gambar Spektra XRD ZnO sintesis dan perdagangan

Dari gambar diatas ZnO komersial lebih kristalin dari pada ZnO sintesis, sebagai mana ditunjukkan dengan intensitas puncak yang lebih tinggi. Ukuran kristal dapat dihitung dari pola XRD dengan menggunakan rumus Scherrer untuk 3 puncak XRD tertinggi di $2\theta(\text{theta})$: 36.48, 31.99, dan 34.64. Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diperoleh ukuran partikel ZnO sintesis sebesar 30,96–33,48 nm dan untuk ZnO komersial sebesar 57,14–58,5 nm. Kristal ZnO sintesis mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan ZnO komersial. Hasil tersebut

sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Alba-Rudio dkk. (2010) yang menyebutkan bahwa keunggulan metode sintesis ZnO dengan metode pengendapan akan menghasilkan partikel yang lebih kecil akibat adanya gas gas yang dihasilkan dari dekomposisi oksalat, akan tetapi hal tersebut juga menyebabkan derajat kristalinitas yang lebih rendah. Aktivitas fotokatalitik ZnO dapat diukur berdasarkan nilai celah energi (*Energy gap*, E_g). Untuk mengetahui besarnya energi gap ZnO sintesis, serbuk ZnO sintesis dianalisis dengan menggunakan *Difuse Reflektance UV* (DR-UV).



Gambar Spektra DR-UV ZnO sintesis

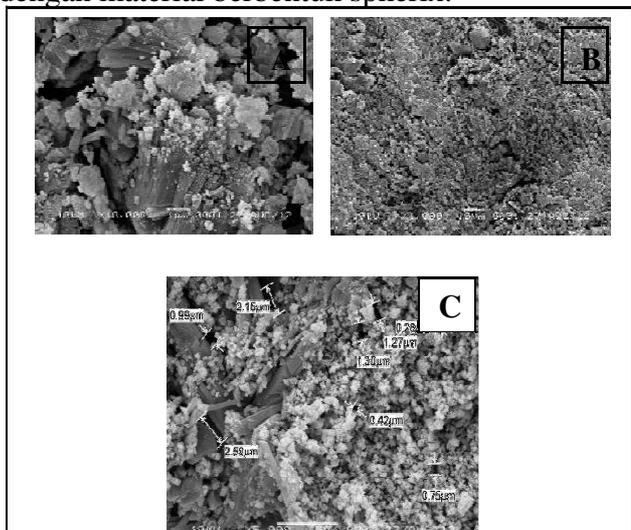
Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui panjang gelombang maksimum ZnO sintesis sebesar 321 nm. Menurut Wang dan Gao (2004) panjang gelombang ZnO umumnya berkisar 368 nm sehingga dapat dikatakan panjang gelombang ZnO sintesis cenderung relatif lebih kecil. Panjang gelombang berpengaruh pada energi gap suatu fotokatalis, semakin besar panjang gelombang maka energi gap yang dimiliki menjadi semakin kecil, sebaliknya semakin kecil panjang gelombang maka energi gap yang dimiliki menjadi semakin besar. Dengan menggunakan

persamaan $E = \frac{hc}{\lambda}$ maka didapatkan energi gap yang dimiliki ZnO hasil sintesis sebesar 3,8 eV. Nilai E_g ini lebih besar dibandingkan dengan literatur yang mengatakan E_g ZnO sebesar 3,37 eV, sehingga dapat disimpulkan bahwa ZnO sintesis mempunyai aktivitas fotokatalitik yang lebih tinggi.

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 ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Gipsum dalam komposit berperan sebagai perekat antara ZnO dengan karbon aktif dimana gipsum hanya akan berikatan secara fisik dengan ZnO dan karbon aktif. Sifat fisika gipsum adalah mudah dibentuk ketika ditambahkan air dan menjadi keras ketika dikeringkan. Gipsum sebagai perekat mineral mempunyai sifat yang lebih baik dibandingkan dengan perekat organik karena tidak menimbulkan pencemaran udara, murah dan tahan terhadap zat kimia.

Analisis SEM (*Scanning Elektron Microscopy*) dilakukan untuk mengetahui struktur morfologi dan luas penampang lintang dan ukuran pori dari komposit ZnO-karbon aktif yang

dihasilkan. Dari hasil SEM komposit ZnO-karbon aktif diperoleh hasil bahwa morfologi permukaan komposit ZnO-karbon aktif berongga-rongga dengan material berbentuk spherix.



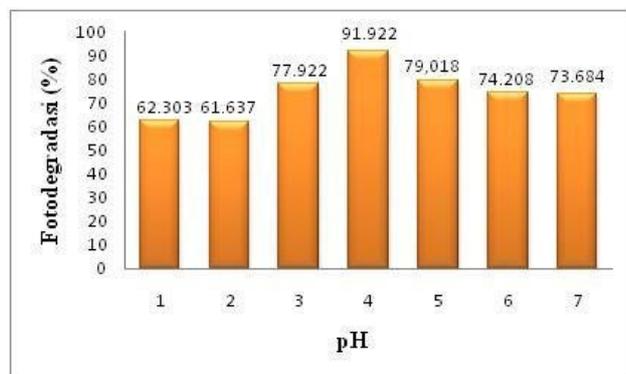
Gambar Citra SEM komposit ZnO-karbon aktif hasil sintesis a). Morfologi permukaan komposit ZnO-karbon aktif dengan perbesaran 10.000x b). Penampang lintang komposit ZnO-karbon aktif dengan perbesaran 1.000x c). Pori-pori komposit ZnO-karbon aktif dengan perbesaran 5.000x

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 berikut:

Tabel Hasil karakterisasi menggunakan BET

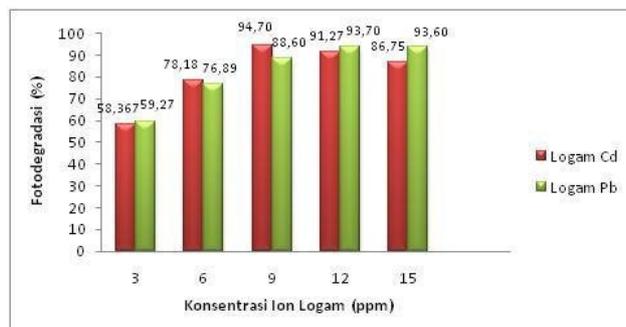
Analisis	Hasil
Luas Permukaan	27,209 m ² /g
Volume Pori	0,089 cc/g
Jari-jari Pori	3,25 nm

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.



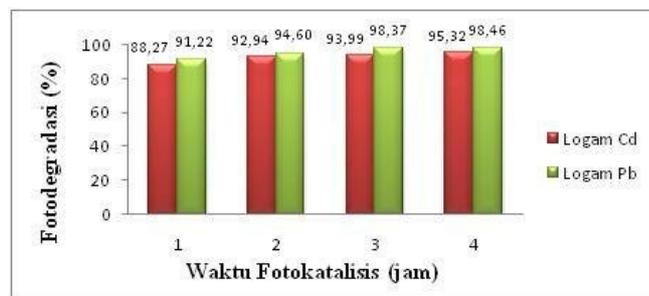
Gambar Persentase Pengaruh pH Terhadap Fotodegradasi *Direct Blue 3R*

Dari gambar diatas dapat diketahui persentase fotodegradasi *direct blue 3R* pada berbagai kondisi pH larutan. Pada kondisi pH sedikit asam efektivitas fotodegradasi lebih tinggi dibandingkan pada kondisi pH netral dengan efektivitas fotodegradasi tertinggi terjadi pada pH 4. Hal ini dapat terjadi karena dalam keadaan pH sedikit asam permukaan fotokatalis ZnO cenderung bermuatan positif, sehingga mudah untuk berikatan dengan zat warna *direct blue 3R* yang memiliki muatan negatif. Muatan negatif tersebut dikarenakan banyaknya elektron di dalam gugus-gugus penyusun zat warna tersebut. Sebaliknya jika pada pH tinggi (kondisi basa) permukaan fotokatalis ZnO cenderung bermuatan negatif sehingga sulit untuk berikatan dengan zat warna yang memiliki muatan sama. Perbedaan muatan tersebut, dapat digunakan dalam proses fotodegradasi sehingga didapatkan efektivitas yang lebih tinggi (Piscopo,2001).

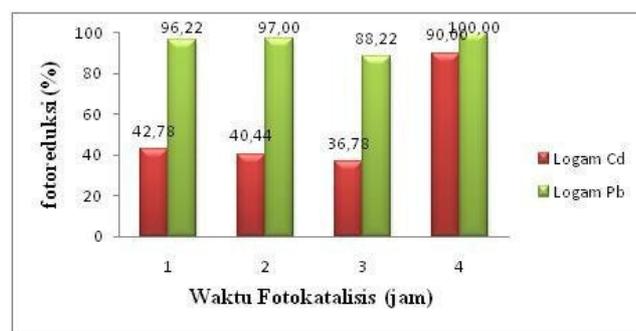


Gambar Pengaruh ion logam Cd²⁺ dan Pb²⁺ terhadap fotodegradasi *direct blue 3R*

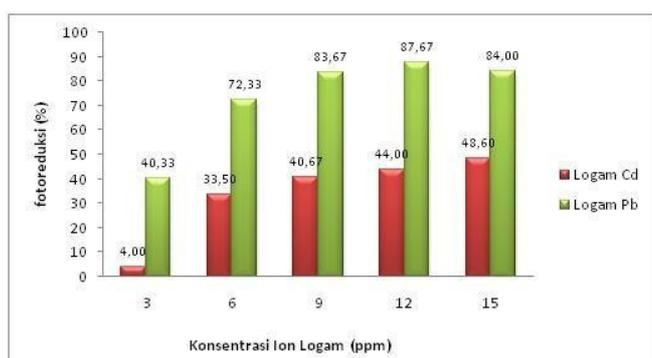
Pada gambar diatas menunjukkan persentase efektivitas fotodegradasi *direct blue 3R* dengan penambahan ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} . Efektivitas tertinggi terlihat pada ion logam Pb^{2+} 12 ppm dan ion logam Cd^{2+} 9 ppm. Semakin besar konsentrasi ion logam maka fotodegradasi semakin meningkat. Adanya penurunan dapat terjadi karena dengan semakin banyak ion logam yang ditambahkan, maka logam $Pb(s)$ dan $Cd(s)$ yang terbentuk juga semakin banyak. Akibatnya sisi aktif dari fotokatalis ZnO yang seharusnya digunakan dalam proses fotodegradasi tertutupi oleh logam $Pb(s)$ dan $Cd(s)$ yang menempel pada permukaan ZnO . Persentase fotoreduksi dari ion logam Pb^{2+} menjadi Pb^0 dan Cd^{2+} menjadi Cd^0 dapat ditunjukkan melalui gambar berikut:



Gambar Persentase pengaruh waktu terhadap efektivitas fotodegradasi *direct blue 3R*



Gambar Persentase pengaruh waktu terhadap fotoreduksi ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+}



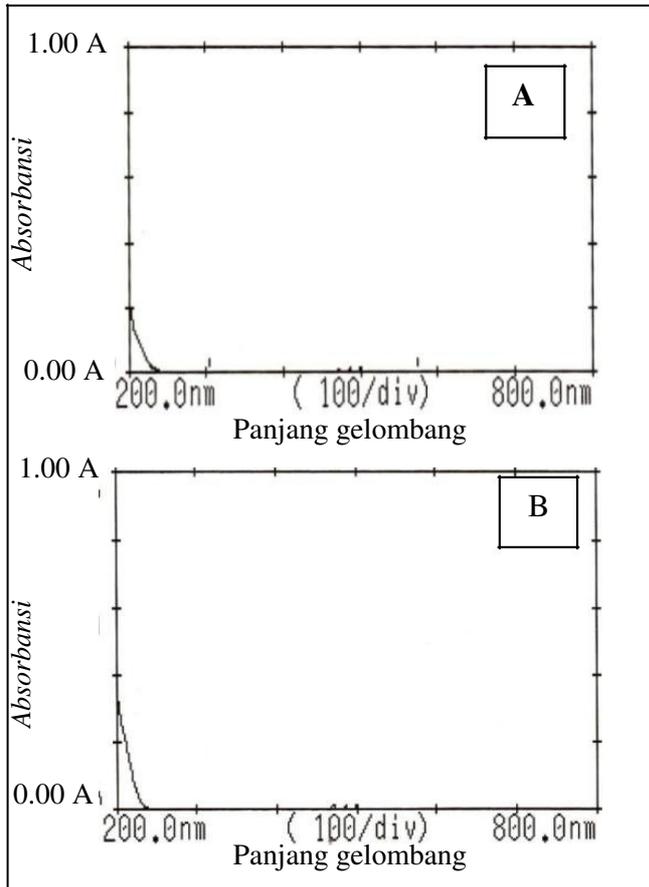
Gambar Persentase fotoreduksi ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+}

Pada gambar diatas menunjukkan persentase fotoreduksi tertinggi terjadi pada penambahan ion logam Pb^{2+} sebesar 12 ppm dan Cd^{2+} sebesar 15 ppm. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa logam Pb lebih mudah tereduksi dibandingkan logam Cd^{2+} . Hal ini dikarenakan logam Pb memiliki potensial reduksi lebih besar dibandingkan logam Cd .

Pada gambar diatas menunjukkan persentase pengaruh waktu terhadap fotodegradasi *direct blue 3R* dan fotoreduksi ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} , terlihat pada waktu 4 jam merupakan waktu optimum dalam proses fotokatalisis. Semakin lama reaksi fotokatalisis, maka reaksi akan berjalan semakin maksimal, dan fotokatalisis menjadi semakin efektif. Terlihat pada gambar IV.2 efektivitas fotoreduksi logam Pb^{2+} lebih besar dibandingkan logam Cd^{2+} . Hal ini dikarenakan nilai potensial reduksi logam Pb^{2+} lebih besar dibandingkan logam Cd^{2+} , nilai Hal ini sesuai dengan kaidah dalam deret volta, dimana logam Pb merupakan oksidator yang lebih kuat dibandingkan logam Cd sehingga logam Pb akan cenderung lebih mudah tereduksi oleh radikal $\bullet O_2^-$ untuk membentuk $Pb(s)$.

Pada gambar dibawah ini menunjukkan spektra hasil proses fotokatalisis zat warna *direct blue 3R* dan ion logam Pb^{2+} serta Cd^{2+} menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang

menunjukkan nilai absorbansi dari sampel jauh menurun dibandingkan ketika sebelum mengalami proses fotokatalisis. Dari spektra tersebut beberapa puncak hilang dan beberapa gugus penyusunnya juga telah terdegradasi, seperti gugus benzene terkonjugasi.



Gambar Spektra UV-Vis setelah fotokatalisis a.) Zat warna *direct blue 3R* dan ion logam Pb^{2+} . b.) Zat warna *direct blue 3R* dan ion logam Cd^{2+} .

KESIMPULAN

1. Fotokatalis ZnO berupa serbuk putih disintesis dengan menggunakan bahan seng asetat dan asam oksalat. Dari hasil XRD didapatkan ukuran partikel sebesar 30,96-33,48 nm dan hasil DR-UV menghasilkan nilai celah energi

(E_g) ZnO sintesis sebesar 3,8 eV

2. Komposit fotokatalis ZnO-karbon aktif dikarakterisasi dengan menggunakan SEM dan BET dimana citra permukaan komposit

yang berongga dengan luas area permukaan sebesar $27.209 \text{ m}^2/\text{g}$, volume pori sebesar 0.089 cc/g sedangkan radius pori sebesar $3,2534 \text{ nm}$

3. Dengan adanya UV, penurunan konsentrasi lebih optimum dibandingkan tanpa UV, dimana persentase penurunan konsentrasi sebesar $95,37\%$ sedangkan tanpa UV sebesar $50,89 \%$
4. pH optimum untuk proses fotodegradasi *direct blue 3R* pada pH 4 dengan efektivitas fotodegradasi sebesar $91,92 \%$
5. Fotokatalis dapat mendegradasi *Direct Blue 3R* dan secara simultan dapat mereduksi ion Pb^{2+} dan Cd^{2+}
6. Pada proses fotodegradasi *direct blue*, penambahan ion logam Pb^{2+} optimum pada konsentrasi 12 ppm yang menghasilkan fotodegradasi *direct blue 3R* sebesar $93,60\%$ dengan fotoreduksi ion Pb^{2+} sebesar $84,00 \%$ sedangkan pada penambahan ion logam Cd^{2+} optimum pada konsentrasi 9 ppm yang menghasilkan fotodegradasi *direct blue 3R* sebesar $94,70\%$ dengan fotoreduksi ion Cd^{2+} sebesar $48,60 \%$
7. Waktu optimum untuk proses fotodegradasi *direct blue 3R* adalah selama 4 jam dengan efektivitas fotodegradasi sebesar $95,32\%$ dengan penambahan

ion logam Cd dan $98,46\%$ dengan penambahan logam Pb sedangkan efektivitas fotoreduksi ion logam Cd sebesar $90,00\%$ dan ion logam Pb sebesar 100%

DAFTAR PUSTAKA

- Alba-Rubio, Ana C., Jose Santamaria-Gonzalez, Josefa M., 2010, Heterogeneous Transesterification Processes by Using CaO Supported On Zinc Oxide as Basic Catalysts *Catalysis Today*, Vol 149, hal 281-287
- Anonymous, *Lead Health Effects*, Departement Of Labor, [Http://www.osha.gov](http://www.osha.gov)
- Corrent, S., 1999. Intrazeolit Photochemistry 26 Photophysical Properties of Nanosized TiO_2 Clusters Included in Zeolite Y, B and Mordenite, *Chem Mater*, 13, vol. 715-722
- El-Maazawi, M., Finken, A.N., Nair, A.B., dan Grassian, A.V., 2000, Adsorption and Photocatalytic Oxidation of Acetone on TiO_2 : An in Situ Transmission FT-IR Study, *J. Catal.*, 191, hal. 138-146
- Kanjwal, Muzafar A., Barakat, Nasser A. M., Sheikh Faheem A., dan Park, Soo Ji, 2010, Photocatalytic Activity of ZnO-TiO_2 Hierarchical Nanostructure Prepared by Combined Electrospinning and Hydrothermal Techniques, Chonbuk National University, *Korea Macromolecular Research*, Vol. 18, No. 3, pp 233-240
- Kanade K.G., Kale B.B., Aiyer R.C., Das B.K., 2006 , Effect Of Solvents On The Synthesis Of Nano-Size Zinc Oxide And Its Properties, *Materials Research Bulletin*, Vol. 41, hal. 590–600
- Manivannan, M., Reetha, D., dan Ganesh, P., 2011, Decolourization of Textile Azo Dyes by using Bacteria Isolated from Textile Dye Effluent, *Journal of Ecobiotechnology*, 29-32
- Marganof, 2003, *Potensi Limbah Udang Sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium*

dan Tembaga) di Perairan, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Modirshahla, Aydin Hassani, Nasser, Behnajady, Mohammad A., dan Rahbarfam, Rajab, 2011, Effect of operational parameters on decolorization of Acid Yellow 23 from wastewater by UV irradiation using ZnO and ZnO/SnO₂ photocatalysts,

Desalination, 187–192

Piscopo A., Didier Robert, Jean Victor Weber, 2001, Influence of pH and chloride anion on the photocatalytic degradation of organic compounds Part I. Effect on the benzamide and *para*-hydroxybenzoic acid in TiO₂ aqueous solution, *Journal of Environmental*, 117–124

Slamet, Raisuli R.F., dan Tristantini, Dewi,

2009,

Disinfeksi Bakteri E.Coli Secara Fotokatalitik Dengan Katalis Komposit TiO₂-Karbon Aktif Berpenyangga Batu Apung, Universitas Indonesia

Sudarwin, 2008, Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang, *Tesis Universitas Diponegoro Semarang*

Wang, J., dan Gao, L., 2004, Synthesis of uniform rod-like, multi-pod-like ZnO whiskers and their photoluminescence properties, *Journal of Crystal Growth*, 262, 290-294

Zhang dan Zeng, Visible light-activated cadmium-doped ZnO nanostructured photocatalyst for the treatment of methylene blue dye, *Journal Mater Sci* DOI 10.1007/s10853-011-6016-4

Semarang, Desember 2012

Pembimbing I,

Pembimbing II,

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

Khabibi, S. Si, M. Si.
NIP. 19730522 1998 02 1 001