

PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT ZnO-ZEOLIT UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF ZnO-ZEOLIT COMPOSITE FOR PHOTODEGRADATION OF CONGO RED

Syaiful Amri dan M. Pranjoto Utomo, M. Si

Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

e-mail : pranjoto_utomo@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempersiapkan dan mengkarakterisasi komposit ZnO-zeolit, serta uji aktivitasnya pada fotodegradasi *congo red*. Komposit ZnO-zeolit dapat disintesis dengan metode sol-gel menggunakan prekursor zeolit alam dan $Zn(CH_3COO)_2$. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, UV-Vis *Diffuse Reflectance* dan SEM-EDX. Uji aktivitas fotoakatalitik terdiri dari tiga bagian yaitu: uji adsorpsi pada keadaan gelap, uji aktivitas fotokatalitik dengan sinar UV dan uji aktivitas fotokatalitik dengan sinar tampak. Analisis XRD ZnO-zeolit menunjukkan ukuran kristal 26,07 nm. Spektra FTIR menunjukkan adanya serapan ZnO pada bilangan gelombang $468,24\text{ cm}^{-1}$. Analisis SEM material zeolit berukuran 4-13 mikrometer. Sedangkan material Zink Oksida (ZnO) dengan ukuran 0,31-0,35 mikrometer. Analisis EDX komposit ZnO-zeolit menunjukkan persentase massa element Zn = 21.06%.. Analisis UV-Vis didapatkan energi celah pita dari komposit ZnO-zeolit adalah 2.15 eV. Uji adsorpsi pada keadaan gelap komposit ZnO-zeolit mengikuti pola isotherm Langmuir.

Kata kunci : ZnO-zeolit, fotodegradasi, *congo red*.

Abstract

This research was aimed to prepare and characterize ZnO-Zeolit composite, to determine the pattern of adsorption isotherms and kinetics of photodegradation reaction *congo red* with ZnO-zeolite composite. Composite ZnO-zeolite can be synthesized by sol-gel method using a precursor of natural zeolite and $Zn(CH_3COO)_2$. The synthesis result characterized with XRD, FTIR, UV-Vis *Diffuse Reflectance* and SEM-EDX. Photocatalytic activity test consists of three parts: adsorption test in the dark, the photocatalytic activity test with UV light and photocatalytic activity test with visible light. XRD analysis showed that the crystal size zeolite-ZnO was 26.07 nm. FTIR spectra showed absorption at wave number ZnO 468.24 cm^{-1} . Based on SEM analysis, the particle size of zeolite was 4 -13 micrometers. Where as Zinc Oxide (ZnO) was 0.31-0.35 micrometer. EDX analysis of zeolite-ZnO composite showed that the composite contained 21.06 % of Zn. Based on UV-Vis analysis, band gap energy of ZnO-zeolit composite was 2.15 eV. Adsorption test in a dark state showed that ZnO-zeolite composite followed the pattern Langmuir isotherm.

Keywords : ZnO-zeolit, photodegradation, *congo red*.

PENDAHULUAN

Zat warna tekstil merupakan salah satu pencemar yang bersifat non-biodegradable, umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya yang merupakan gugus benzena. Senyawa azo digunakan sebagai bahan celup, yang dinamakan azo dyes. Salah satu zat warna azo yang banyak digunakan adalah *congo red*. Senyawa azo bila terlalu lama berada di lingkungan akan menjadi sumber penyakit karena sifatnya karsinogenik dan mutagenik, oleh karena itu perlu dicari metode yang efektif untuk menguraikan limbah tersebut. (Maria, dkk., 2007).

Salah satu metode alternatif pengolahan limbah zat warna yang telah dikembangkan pada saat ini yaitu metode fotodegradasi dengan menggunakan semikonduktor fotokatalis dan sinar ultraviolet (Widihati, Diantariani dan Nikmah, 2011). Proses fotokatalitik perlu dikembangkan lebih lanjut karena tidak seperti pengolahan limbah konvensional yang hanya memindahkan polutan dari suatu tempat ke tempat lainnya melainkan mampu mengubah polutan menjadi senyawa sederhana dan bersifat ramah lingkungan (Kabra, Chandhary dan Sawhney, 2004).

Beberapa faktor yang mempengaruhi aktivitas fotokatalisis yaitu jarak celah energi atau *band gap* dan rekombinasi pasangan *electron-hole* dari fotokatalis. Kedua faktor tersebut dipengaruhi oleh ukuran partikel dari bahan semikonduktor atau fotokatalis. Oleh karena itu banyak dilakukan usaha untuk membuat fotokatalis dengan distribusi ukuran partikel yang lebih baik. Banyak peneliti yang mencoba untuk membuat fotokatalis dengan distribusi ukuran yang lebih baik dengan cara mendispersikan partikel semikonduktor pada material pendukung padat seperti kaca, silika, arang aktif, lempung dan zeolit (Tayade, Kulkarni dan Jasra, 2007). Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis akan melakukan preparasi fotokatalis ZnO yang

berbasis zeolit alam dan akan diuji aktivitasnya dengan mendegradasi zat warna *congo red*.

METODE PENELITIAN

Bahan

Zeolit alam, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ padat, larutan NaCl, larutan NaOH, akuades, zat warna *congo red*, etanol.

Alat

Fourier Transform Infra Red (FTIR) Shimadzu IR Prestige-21, XRD Lab-X Type 6000 Shimadzu Japan, SEM-EDX JEOL JED-2300, Spectronic 20 dan UV-Vis 1700 *Pharmaspec Spectrophotometer Specular Reflectance Attachment*.

Aktivasi Zeolit

Aktivasi zeolit secara fisika

Aktivasi zeolit secara fisika dengan cara mencampurkan sebanyak 1 : 3 zeolit alam dengan akuades kemudian diaduk selama 1 jam pada suhu 90°C. Selanjutnya campuran didekantasi untuk membuang pelarutnya kemudian dilakukan pengeringan pada suhu 120°C dalam oven, dan diakhiri dengan kalsinasi dalam tanur pada suhu 300°C selama 2 jam.

Aktivasi zeolit secara kimia dengan penyeragaman kation

Penyeragaman kation dilakukan dengan menambahkan larutan NaCl 1 M sebanyak 500 mL (perbandingan 2:1) ke dalam wadah yang berisi zeolit yang telah diaktivasi secara fisika dan mengaduknya selama 1 jam dengan magnetic stirrer pada suhu 80°C. Langkah selanjutnya endapan dipisahkan dan dikeringkan dalam oven 120°C. Langkah terakhir zeolit dikalsinasi pada suhu 300°C selama 2 jam.

Preparasi larutan *congo red* dan penentuan panjang gelombang maksimum *congo red*

Larutan stok *congo red* $1,0 \times 10^{-3}$ M dibuat dengan cara menimbang 0,179 gram *congo red* kemudian dilarutkan dengan akuades di dalam labu ukur 250 mL. Larutan *congo red* $1,0 \times 10^{-5}$ M kemudian digunakan untuk menentukan panjang gelombang maksimum dengan cara

mengambil beberapa mL larutan *congo red* untuk diukur absorbansinya menggunakan UV-Vis. Panjang gelombang maksimum didapatkan pada pengukuran 496 nm.

Membuat larutan standar *congo red*

Pembuatan larutan standar dilakukan melalui pengenceran larutan *congo red* 10^{-3} M dengan variasi konsentrasi konsentrasi 1×10^{-5} M; $1,5 \times 10^{-5}$ M; 2×10^{-5} M; $2,5 \times 10^{-5}$ M; dan 3×10^{-5} M. Selanjutnya larutan standar diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimumnya.

Sintesis komposit ZnO-Zeolit

Sintesis zeolit dilakukan dengan cara mencampurkan zeolit yang sudah diaktivasi, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ dan pelarut etanol, perbandingan masing-masing komposisi 4:2:15. Kemudian campuran dipanaskan dan diaduk dengan *heat* dan *magnetic stirrer* pada suhu 50°C selama 2 jam. Supaya terbentuk komposit ZnO-zeolit, langkah selanjutnya adalah menambahkan larutan NaOH 0,1 M kemudian diaduk selama 1 jam, dipisahkan endapannya dan dilakukan pengovenan dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu 400°C .

Uji adsorpsi pada keadaan gelap

Sebanyak 10 ml larutan *congo red* dengan konsentrasi total yang berbeda (1; 1,5; 2; 2,5; dan 3×10^{-5} mol/L) ditambahkan 0,2 gram ZnO-Zeolit. Kemudian campuran diletakkan dalam tabung reaksi yang dibungkus dengan aluminium foil lalu diaduk dalam *shaker* selama 24 jam. Selanjutnya campuran dipisahkan dengan *sentrifuge*. Filtrat diukur absorbansinya dengan Spectronic 20 pada panjang gelombang 496 nm untuk menentukan *congo red* teradsorpsi dalam katalis.

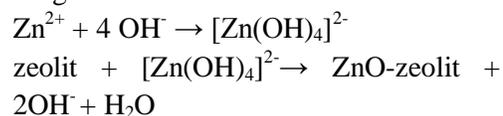
HASIL DAN DISKUSI

Pembuatan komposit ZnO-Zeolit

Pembuatan komposit ZnO-Zeolit diawali dengan proses aktivasi dari material zeolit. Zeolit yang digunakan adalah jenis zeolit alam tipe *klipnotiolit*. Zeolit yang telah dihaluskan kemudian diaktivasi untuk mengurangi pengotor-

pengotor yang menutupi pori dan rongga. Dengan demikian diharapkan luas permukaan zeolit tersebut akan semakin besar. Proses aktivasi ini dilakukan dengan cara fisika dan kimia. Tujuan dari proses fisika yaitu menghilangkan pengotor-pengotor yang bersifat fisik seperti pasir, tanah, dan lain sebagainya. Sedangkan proses kimia bertujuan untuk melarutkan pengotor yang bersifat basa maupun basa. Aktivasi secara kimia dilakukan dengan menggunakan larutan asam kuat encer dan basa kuat encer. Pengotor yang bersifat basa akan larut pada pencucian dengan larutan asam dan pengotor yang bersifat asam akan larut pada pencucian dengan larutan basa. golongan alkali, dalam penelitian menggunakan larutan NaCl 1 M. Pada penelitian ini kation-kation yang terdapat pada zeolit digantikan dengan kation Na^+ , hal ini bertujuan untuk mempermudah pada saat proses pertukaran kation dengan Zn^{2+} . Na-Zeolit dikalsinasi pada suhu 300°C selama 2 jam. Pemanasan pada suhu tinggi akan menguraikan senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam rongga, dan memperoleh rongga zeolit yang lebih terbuka.

Komposit ZnO-zeolit dibuat dengan mencampurkan masing-masing padatan zink asetat yang dilarutkan dengan etanol ke dalam erlenmeyer yang berisi zeolit teraktivasi, kemudian dipanaskan dan diaduk pada 50°C selama 2 jam dengan sistem refluks, hal ini dilakukan supaya ion Zn^{2+} masuk ke dalam rongga-rongga atau pori-pori zeolit dan berikatan dengan zeolit. Supaya terbentuk komposit ZnO-zeolit, kemudian ditambahkan larutan NaOH 0,1 M kemudian diaduk selama 1jam. Penambahan NaOH dengan maksud supaya terjadi reaksi hidrolisis yang menghasilkan spesi $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ yang reaktif di dalam zeolit, spesi ini akan menyebabkan terjadinya reaksi kondensasi, menghasilkan ikatan oksigen-logam, reaksinya adalah sebagai berikut:

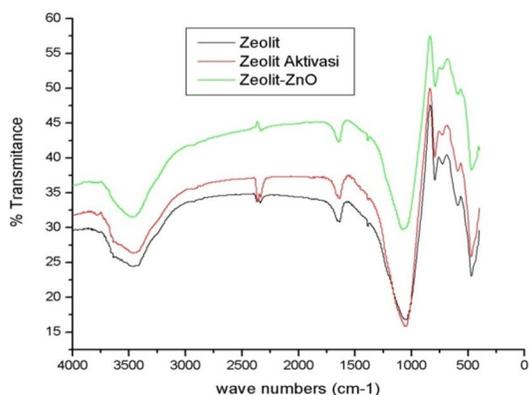


Setelah itu endapan ZnO-zeolit dipisahkan dari larutannya dan dilakukan pengovenan pada suhu 120 °C dilanjutkan dengan proses kalsinasi pada suhu 400 °C. Pada penelitian ini NaOH digunakan sebagai agen hidrolisis karena NaOH memiliki ion OH⁻ yang dapat berikatan dengan ion Zn²⁺ menghasilkan koloid yang stabil dengan konsentrasi yang tinggi.

Karakterisasi Komposit ZnO-Zeolit

Spektroskopi Inframerah

Analisis dengan spektroskopi inframerah dalam penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perubahan gugus fungsional pada zeolit sebelum dan sesudah aktivasi serta komposit ZnO-zeolit. Sebanyak 0,1 gram padatan sampel dicampur dengan KBr dan ditekan untuk menghasilkan pelet, selanjutnya direkam pada kisaran panjang gelombang 4000 – 400 cm⁻¹ menggunakan FTIR. Pelet KBr murni digunakan sebagai standar untuk setiap analisis. Hasil analisis FTIR dari zeolit, zeolit teraktivasi dan komposit ZnO-zeolit disajikan pada **Gambar 1**.



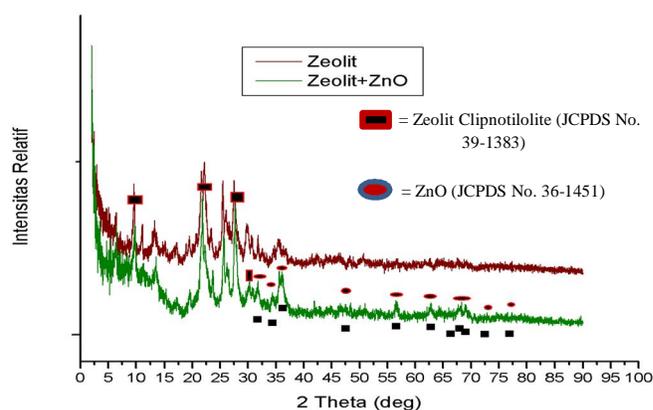
Gambar 1. Spektrum Inframerah Zeolit, Zeolit Aktivasi dan ZnO-zeolit

Hasil karakterisasi dengan FTIR terhadap sampel fotokatalis ZnO-zeolit, diketahui bahwa keberadaan ZnO dalam fotokatalis hasil sintesis dibuktikan dengan terbentuknya puncak karakteristik yang tajam pada bilangan gelombang 468,24 cm⁻¹ (Purbo, 2012). Serapan kuat dan melebar yang terlihat pada bilangan gelombang 3470,22 cm⁻¹ diidentifikasi sebagai vibrasi regangan O-H dari molekul H₂O yang terperangkap dalam kerangka zeolit karena

memiliki sifat higroskopis (Anwar, 2011). Sedangkan serapan yang muncul pada bilangan gelombang 1643,20 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi tekuk O-H dari molekul H₂O. Serapan karakteristik zeolit muncul pada bilangan gelombang 1079,16 cm⁻¹ dan 790,34 cm⁻¹ yang diidentifikasi merupakan vibrasi regangan T-O-T dan O-T-O, dimana T merupakan atom Si atau Al dari mineral zeolit (Zuhriah, 2011).

Difraksi sinar-X

Difraksi sinar-X (XRD) adalah salah satu karakterisasi yang digunakan untuk menganalisis struktur kristal. Analisis dilakukan dengan alat difraktometer sinar-X (XRD) *Rigaku Miniflex 600 Benchtop* dengan range 2° sampai 90°, menggunakan radiasi K_α sebesar 1,5406 Å, tegangan 40 kW dan arus 15 mA. **Gambar 2** memperlihatkan pola difraksi zeolit dan ZnO-zeolit.



Gambar 2. Pola Difraksi Zeolit dan ZnO-zeolit

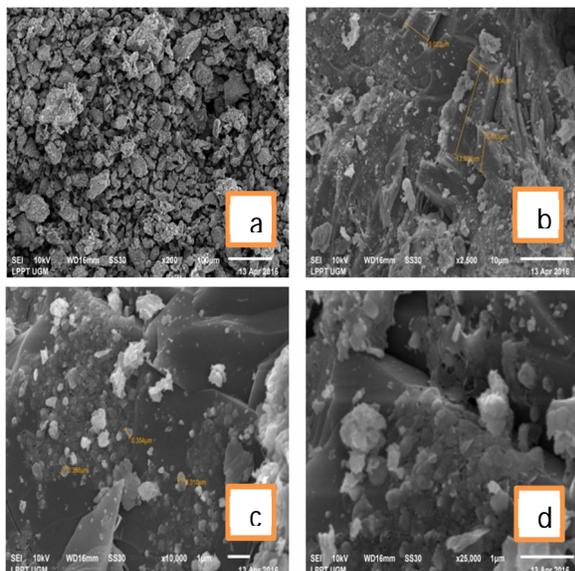
Berdasarkan pola difraksi pada **Gambar 2** muncul puncak-puncak khas zeolit yaitu pada sudut $2\theta = 9,67^\circ ; 11,05^\circ ; 13,24^\circ ; 15,12^\circ ; 17,15^\circ ; 19,42^\circ ; 22,22^\circ ; 25,4^\circ ; 29,77^\circ ;$ dan $35,42^\circ$. Hasil pencocokan nilai data 2θ zeolit dengan data JCPDS (*Joint Comitte for Powder Diffraction Standard*) No. 39-1383 menggunakan *software* PCPDFWIN menunjukkan zeolit yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit jenis *Clinoptilolite* yang memiliki struktur moniklinik dengan beberapa titik kesamaan nilai 2θ pada

9,87° ; 11,14° ; 13,05° ; 15,84° ; 17,3° ; 19,07° ; 22,34° ; 25,03° ; 29,77° dan 35,49°.

Komposit zeolit (clinoptilolite) dan ZnO menunjukkan puncak-puncak khas keduanya yaitu pada sudut $2\theta = 9,75^\circ ; 13,46^\circ ; 21,69^\circ ; 23,72^\circ ; 25,62^\circ ; 27,64^\circ ; 31,82^\circ ; 35,95^\circ ; 56,71^\circ ; 62,88^\circ$ dan $68,30^\circ$. Pencocokan data komposit ZnO-zeolit dilakukan dengan data JCPDS dari zeolit (clinoptilolite) No. 39-1383 dan zink oxide (ZnO) No. 36-1451 menggunakan *software* PCDFWIN menunjukkan adanya beberapa titik kesamaan nilai 2θ untuk zeolit yaitu pada $9,75^\circ ; 13,46^\circ ; 21,69^\circ ; 23,72^\circ ; 25,62^\circ ; 27,64^\circ$ dan ZnO pada $31,82^\circ ; 35,95^\circ ; 56,71^\circ ; 62,88^\circ$ dan $68,30^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa komposit ZnO-zeolit telah berhasil dipreparasi. Ukuran kristal dari zeolit aktivasi dengan komposit ZnO-zeolit dihitung dengan persamaan *Scherrer* sehingga didapatkan ukuran kristal zeolit = 13,8 nm dan komposit ZnO-zeolit = 26,07 nm. Berdasarkan perhitungan tersebut maka ukuran kristal tersebut berukuran nanokristal karena berada pada rentang antara 10-200 nm.

Scanning Electron Microscopy-Electron Dispersive X-Ray Analyzer (SEM/EDX)

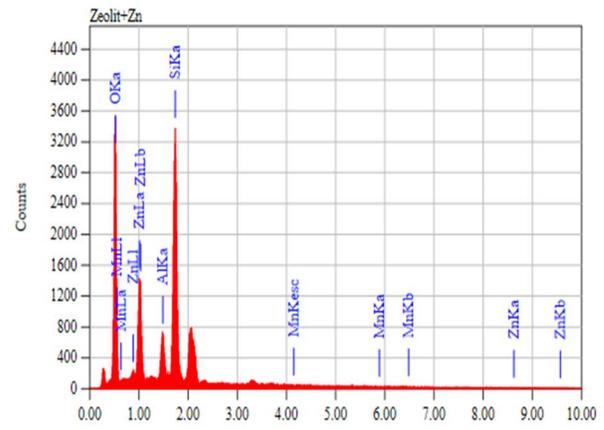
Analisis SEM digunakan untuk menentukan morfologi partikel (permukaan) dan ukuran partikel sedangkan hasil analisis EDX digunakan untuk menentukan komposisi senyawa dari suatu sampel. Hasil SEM dari komposit ZnO-zeolit dengan berbagai perbesaran disajikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. a. Hasil SEM Komposit ZnO-zeolit b. Perbesaran x2500 c. Perbesaran x10.000 d. Perbesaran x25.000

Analisis terhadap morfologi komposit ZnO-zeolit menunjukkan struktur yang menggumpal dengan permukaan gumpalan terdapat material berukuran kecil tersebar secara acak. Gumpalan tersebut diduga sebagai material zeolit dengan ukuran 4-13 mikrometer. Sedangkan material yang tersebar secara acak di atas permukaan gumpalan diduga sebagai zink oksida (ZnO) dengan ukuran 0,31-0,35 mikrometer.

Analisis EDX komposit ZnO-zeolit menunjukkan persentase massa element O = 43,74%, Al = 5,12%, Si = 30,09%, dan Zn = 21,06%. Besar energy dispersi dari atom O = 0,525 keV, Al = 1,486 keV, Si = 1,739 keV, dan Zn = 1,012 keV. Berdasarkan data-data di atas membuktikan bahwa komposit ZnO-zeolit telah berhasil disintesis. Spektra EDX dari ZnO-zeolit disajikan pada **Gambar 4**.

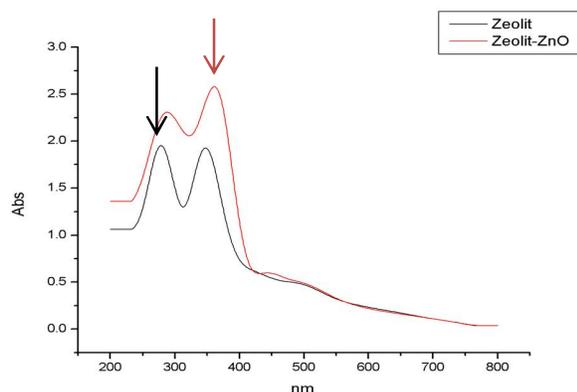


Gambar 4. Spektra EDX dari Komposit Zeolit-ZnO

Spektroskopi UV-Vis

Material komposit ZnO-zeolit hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis untuk mengetahui absorbansi atau kemampuan material untuk menyerap cahaya dan

energi celah pita. Sampel zeolit dan komposit ZnO-zeolit akan mengadsorpsi pada panjang gelombang tertentu. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 200-800 nm. Kisaran radiasi untuk UV adalah 180-380 nm sedangkan untuk visibel adalah 380-780 nm (Fessenden dan Fessenden, 1997). Dari data karakterisasi UV-Vis diperoleh data hasil absorbansi zeolit dan komposit ZnO-zeolit ditunjukkan oleh **Gambar 5**.



Gambar 5. Spektrum Absorbansi dari Zeolit dan Komposit ZnO-zeolit

Berdasarkan spektrum pada **Gambar 5** terlihat bahwa menunjukkan bahwa material zeolit mengalami penyerapan energi pada panjang gelombang maksimal 278 nm dengan nilai absorbansi 1,952 yang merupakan daerah UV. Sedangkan material komposit ZnO-zeolit memiliki serapan maksimum pada 444 nm dengan absorbansi 0,597 yang merupakan daerah sinar tampak. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan material ZnO dapat memperbaiki kualitas fotokatalis dari zeolit karena dapat memperbaiki kinerja dari daerah ultra violet ke daerah sinar tampak.

Energi celah pita merupakan besarnya energi yang digunakan untuk melepaskan elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Energi

celah pita mempengaruhi kemampuan fotokatalitik suatu katalis, sehingga sangat penting dilakukan pengukuran. Data reflektansi yang diperoleh dari pengukuran UV-Vis digunakan untuk menghitung energi celah pita (E_g) dengan menggunakan persamaan *Kubelka-Munk*. Perhitungan energi celah pita pada sampel dengan menggunakan metode *Kubelka-Munk*. Hasilnya diperoleh besar energi celah pita pada material zeolit adalah 3.55 eV dan energi celah pita pada material ZnO-zeolit adalah 2.15 eV. Dapat disimpulkan bahwa penambahan material ZnO dapat menurunkan besarnya energi celah pita. **Uji Aktivitas Fotokatalitik Komposit ZnO-zeolit**

Pada penelitian ini dilakukan uji aktivitas material komposit ZnO-zeolit sebagai fotokatalis pada reaksi fotodegradasi pewarna *congo red*. Komposit ZnO-zeolit yang telah berhasil dipreparasi dan dikarakterisasi menunjukkan nilai energi celah pita sebesar 2,15 Ev. Hal ini menunjukkan bahwa komposit ZnO-zeolit dapat digunakan sebagai fotokatalis pada reaksi fotodegradasi. Selanjutnya komposit ZnO-zeolit akan diuji aktivitasnya di bawah sinar UV dan sinar tampak.

Isoterm Adsorpsi Komposit ZnO-zeolit

Uji adsorpsi *congo red* dilakukan pada keadaan gelap, yaitu keadaan dimana media yang digunakan tertutup sehingga tidak ada cahaya yang menginisiasi reaksi fotokatalitik, sehingga adsorpsi dapat berjalan secara natural. Proses adsorpsi menggunakan katalis ZnO-zeolit sebanyak 0,2 gram dan sebagai zat yang diadsorpsi adalah 10 mL larutan *congo red* dengan variasi konsentrasi yaitu 1; 1,5; 2; 2,5; dan 3×10^{-5} mol/L. Adsorpsi *congo red* oleh komposit ZnO-zeolit dilakukan selama 24 jam di dalam *shaker* dengan tujuan diperoleh keadaan setimbang dan tidak ada *congo red* yang teradsorpsi oleh komposit dalam proses adsorpsi. Setelah itu, campuran larutan yang telah terdegradasi dipisahkan antara fasa cair dan endapannya dengan menggunakan *sentrifuge*

dengan kecepatan 1000 rpm selama 15 menit sehingga endapan akan terendapkan semua dan mudah dipisahkan antara fasa cair dan endapannya. Filtrat dianalisis dengan *Spectronic 20* dengan panjang gelombang maksimum 496 nm untuk mengetahui konsentrasi *congo red* setelah dilakukan adsorpsi dengan ZnO-zeolit. Perubahan nilai absorbansi sebelum dan sesudah dari proses adsorpsi disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 1. Perubahan Nilai Absorbansi dari Proses Adsorpsi

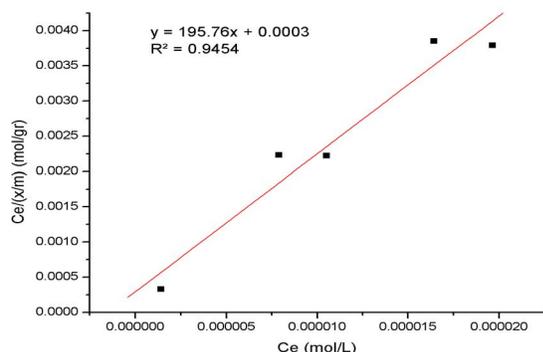
Konsentrasi <i>congo red</i>	Sebelum	Sesudah
1,0 x 10 ⁻⁵ M	0,281	0,046
1,5 x 10 ⁻⁵ M	0,442	0,227
2,0 x 10 ⁻⁵ M	0,552	0,300
2,5 x 10 ⁻⁵ M	0,693	0,465
3,0 x 10 ⁻⁵ M	0,852	0,554

Pengujian pola isoterm adsorpsi yang sesuai untuk proses penyerapan larutan *congo red* oleh komposit ZnO-zeolit dilakukan dengan

Tabel 2. Perhitungan Harga x/m, Ce/(x/m), log Ce/(x/m) dan log Ce

C _{CR} awal (M)	Ce (M)	x/m (mol/gr)	Ce/(x/m)	Log (x/m)	Log Ce
1,0x10 ⁻⁵	1,407x10 ⁻⁶	4,30x10 ⁻³	3,27x10 ⁻⁴	-2,36	-5,85
1,5x10 ⁻⁵	7,904x10 ⁻⁶	3,55x10 ⁻³	2,23x10 ⁻³	-2,45	-5,10
2,0x10 ⁻⁵	1,052x10 ⁻⁵	4,74x10 ⁻³	2,22x10 ⁻³	-2,32	-4,97
2,5x10 ⁻⁵	1,645x10 ⁻⁵	4,28x10 ⁻³	3,85x10 ⁻³	-2,36	-4,78
3,0x10 ⁻⁵	1,964x10 ⁻⁵	5,18x10 ⁻³	3,79x10 ⁻³	-2,28	-4,71

Persamaan Langmuir didapatkan dengan memplotkan harga Ce/(x/m) versus Ce dan Persamaan Freundlich didapatkan dengan memplotkan log (x/m) versus log Ce. Hasil pemetaan terlihat pada **Gambar 6** dan **Gambar 7**.



perhitungan menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich. Uji persamaan Langmuir dilakukan dengan menggunakan persamaan,

$$\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{aCe}$$

Sedangkan untuk uji persamaan Freundlich menurut I Nyoman Sukarta (2008), dilakukan pengujian menggunakan persamaan,

$$\log \frac{x}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log Ce$$

dimana:

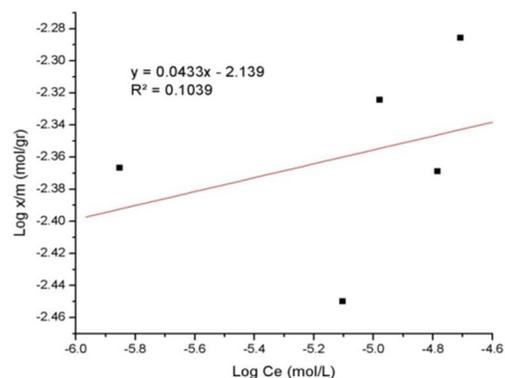
Ce = konsentrasi larutan *congo red* setelah proses adsorpsi (mol/L)

x/m = jumlah *congo red* teradsorpsi pada tiap 1 gram katalis (mol/gram)

b = parameter afinitas atau konstanta Langmuir a dan k = kapasitas / daya adsorpsi maksimum.

Harga x/m, Ce/(x/m), log Ce/(x/m) dan log Ce dihitung untuk menentukan persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich. Perhitungan harga x/m, Ce/(x/m), log Ce/(x/m) dan log Ce disajikan pada **Tabel 2**.

Gambar 6. Grafik Persamaan Isoterm Langmuir



Gambar 7. Grafik Persamaan Isoterm Freundlich

Pengujian persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich dibuktikan dengan grafik linierisasi yang baik dan mempunyai harga koefisien determinasi $R^2 \geq 0.9$ (mendekati angka 1). Persamaan isoterm Langmuir bernilai $y = 195,76x + 0,0003$ sedangkan persamaan isoterm Freundlich bernilai $y = 0,0433x - 2,139$. Dari **Gambar 6** dan **Gambar 7** terlihat bahwa persamaan adsorpsi *congo red* oleh komposit ZnO-zeolit yang memenuhi adalah persamaan adsorpsi Langmuir dengan $R^2 = 0,94$ sedangkan pada persamaan isoterm Freundlich tidak memenuhi karena harga $R^2 = 0,1$.

KESIMPULAN

1. Komposit ZnO-zeolit dapat disintesis dengan metode sol-gel menggunakan prekursor zeolit alam (clinoptilolite) dan $Zn(CH_3COO)_2$.
2. Berdasarkan analisis XRD didapatkan bahwa ukuran kristal ZnO-zeolit adalah 26,07 nm. Spektra FTIR menunjukkan adanya serapan ZnO pada bilangan gelombang 468,24 cm^{-1} . Analisis SEM material zeolit berukuran 4 -13 mikrometer. Sedangkan material Zink Oksida (ZnO) dengan ukuran 0,31-0,35 mikrometer. Analisis EDX komposit ZnO-zeolit menunjukkan persentase massa element Zn = 21.06%. Analisis UV-Vis didapatkan energi celah pita komposit ZnO-zeolit adalah 2,15 eV.
3. Proses isoterm adsorpsi komposit ZnO-zeolit mengikuti pola isoterm Langmuir dengan persamaan bernilai $y = 195,76x + 0.0003$ dan nilai $R^2 = 0,94$.

DAFTAR PUSTAKA

Anwar, D. I. (2011). Sintesis Komposit Fe-TiO₂-SiO₂ sebagai Fotokatalis pada Degradasi Erionyl Yellow, *Tesis*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

Fessenden, R. J., & J. S. Fessenden. (1997). *Kimia Organik Edisi Ketiga*. Penerjemah: A. H. Pudjaatmaka. Jakarta: Erlangga.

Kabra, K., Chandhary, R dan Sawhney R.L. (2004). Treatment of Hazardous Organic and Inorganic Compounds Through Aqueous-Phase Photocatalysis: A Review. *Ind. Eng. Chem. Res.* No.24.Vol.43.7683-7696.

Maria Christina., Mu'nisatun., Rani Saptaji & Djoko Marjanto. (2007). Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 Kev/10 Ma. *Jurnal Forum Nuklir*. No.1.Vol.1.31-44.

Purbo, S. (2012). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel-Nanofluida Undoped ZnO (Zink oksida) dengan Metode Kopresipitasi serta Aplikasinya pada Heat Pipe. Skripsi. FMIPA Universitas Indonesia, Depok.

Tayade R. J., R.G. Kulkarni & R.V. Jasra. (2007) Enhanced Photocatalytic Activity of TiO₂ Coated NaY and HY Zeolites for The Degradation of Methylene Blue in Water. *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 46: 369-376.

Widihati I.A.G., Diantariani N.P., & Nikmah Y.F. (2011). Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis Al₂O₃. *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Udayana: Bukit Jimbaran.

Zuhriah, S. (2011). Degradasi Zat Warna Methyl Orange menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit dengan Sinar UV. *Skripsi*. FMIPA Universitas Brawijaya. Malang.

I Nyoman Sukarta. (2008). Absorpsi Ion Cr³⁺ oleh Serbuk Gergaji Kayu Albizia. Sekolah Pasca Sarjana.IPB. Bogor.