

PEMBUATAN FOTOKATALIS TiO_2 -ZEOLIT ALAM ASAL TASIKMALAYA UNTUK FOTODEGRADASI METHYLENE BLUE

Arfan Sani A*, Atiek Rostika N, Diana Rakhmawaty**

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia

e-mail: * arfan_kimia_unpad@yahoo.com

** diana.rahmawati@unpad.ac.id

ABSTRAK

Fotokatalisis merupakan suatu proses terjadinya reaksi suatu materi terhadap materi lainnya yang dibantu oleh energi dari penyinaran sinar ultraviolet dan katalis padat. Penelitian yang dilakukan yaitu membuat katalis berdasarkan variasi konsentrasi yang berasal dari zeolit alam asal Cikalong Tasikmalaya yang ditambahkan dengan TiO_2 . Uji aktivitas fotokatalis dilakukan terhadap methylene blue. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh fotokatalis yang baru yaitu zeolit alam yang dimodifikasi dengan TiO_2 yang diharapkan mempunyai kereaktifan yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair. Tahapan yang dilakukan yaitu aktivasi zeolit alam, kemudian pembuatan fotokatalis dari TiO_2 dan zeolit alam, lalu pengeringan di oven dan kalsinasi pada $500^{\circ}C$. Pada difraktogram TiO_2 -zeolit (20%) terdapat puncak TiO_2 yaitu di sekitar daerah 2θ sebesar $25,3^{\circ}$, hal ini menandakan bahwa TiO_2 telah terpilarkan di sekitar zeolit alam. TiO_2 -zeolit (20%) setelah dianalisis dengan SEM menunjukkan bahwa logam aktif TiO_2 sudah terpilarkan di sekitar permukaan zeolit. Analisis absorpsi gas (GSA) dengan metode BET menunjukkan kenaikan luas permukaan yaitu $7,0 \text{ m}^2/\text{g}$ untuk zeolit dan $19,4 \text{ m}^2/\text{g}$ untuk TiO_2 -zeolit (20%). Pendegradasian terbaik methylene blue ditunjukkan oleh TiO_2 -zeolit (20%) dengan nilai 82,5 % setelah diiradiasi dengan ultraviolet selama 80 menit dan diukur dengan spektrofotometer uv-tampak.

Kata kunci: Zeolit alam, TiO_2 , fotokatalis, fotodegradasi, methylene blue

ABSTRACT

PHOTOCATALYTIC PRODUCTION OF TiO_2 -NATURAL ZEOLITE FROM TASIKMALAYA FOR PHOTODEGRADATION OF METHYLENE BLUE. Photocatalyst is reaction process of one materials to another materials which aided by energy from ultraviolet radiation and solid catalyst. The study conducted by making a catalyst based on variation concentrates from natural zeolite Cikalong-Tasikmalaya with addition of TiO_2 . The test of photocatalytic activity was conducted on methylene blue. The purpose this study to obtain a new photocatalytic is modified of natural zeolite with TiO_2 which expected had a high reactivity so able to used on waste fluid processing. The step was conducted were activated natural zeolite, than making of photocatalytic from TiO_2 and natural zeolite, and the last is drying on the oven and calcination at $500^{\circ}C$. In the diffraction pattern of TiO_2 -zeolit (20%) there was a peak of TiO_2 around of 2θ about $25,3^{\circ}$, it is indicated that TiO_2 was surroundings on natural zeolite. TiO_2 -zeolit (20%) which was analyzed with SEM showed that active metal of TiO_2 has been surroundings on surface of zeolite. Analysis of gas absorption (GSA) with BET methods showed an increase wide of $7,0 \text{ m}^2/\text{g}$ for zeolite and $19,4 \text{ m}^2/\text{g}$ for TiO_2 -zeolit (20%). Best degradation of methylene blue was indicated by TiO_2 -zeolit (20%) with the value of 82,5% after the radiation with ultraviolet for 80 minutes and measured by visible UV spectrophotometer.

Keywords: natural zeolite, TiO_2 , photocatalyst, photodegradation, methylene blue

PENDAHULUAN

Dewasa ini, pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh zat pewarna telah memprihatinkan sehingga diperlukan penanganan yang serius untuk mengatasi masalah tersebut. Upaya penanganan secara konvensional seperti secara adsorpsi menggunakan karbon aktif atau zeolit telah banyak dilakukan, namun hasilnya sering kurang efektif (Sumerta, dkk, 2002). Beberapa metode modern seperti metode biodegradasi, klorinasi, dan ozonisasi telah

dikembangkan (Gunlazuardi, 2000). Metode ini, memang memberikan hasil yang cukup memuaskan tetapi membutuhkan biaya operasional yang cukup mahal sehingga kurang efektif diterapkan di Indonesia. Di antara metode modern penanggulangan limbah cair, metode fotodegradasi merupakan metode yang relatif murah serta mudah untuk diterapkan (Hofmann *et al*, 1995). Fotodegradasi yang akan dilakukan menggunakan suatu fotokatalis TiO_2 -Zeolit alam dengan pemberian ultraviolet pada sampel uji.

Keberadaan zeolit alam di Indonesia amat melimpah, hanya saja pemanfaatan yang dilakukan terhadap mineral ini belum maksimal hanya sebatas sifatnya sebagai adsorben dan penukar ion. Penelitian yang dilakukan berupaya untuk memanfaatkan sifat lain yang terdapat pada zeolit alam yaitu sifatnya sebagai katalis. Fotokatalis TiO_2 -zeolit alam yang dibuat berusaha memanfaatkan sifat adsorben dan katalis pada zeolit alam dan sifat fotokatalis pada semikonduktor TiO_2 sehingga dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair nantinya.

Penelitian yang dikerjakan yaitu pembuatan fotokatalis TiO_2 yang dimodifikasi pada material pendukung (*support*) dalam hal ini adalah zeolit alam asal Tasikmalaya. Fotokatalis yang dibuat akan dibandingkan reaktivitas fotokatalisisnya dengan TiO_2 standar (P-25, Degussa). Setelah dibuat fotokatalis TiO_2 yang *disupport* pada zeolit alam dengan variasi berat TiO_2 , maka akan diuji reaktivitas fotokatalisisnya dengan reaksi degradasi untuk mengurangi zat warna yang ada pada limbah cair. Dari sekian banyak bahan pencemar yang ada, maka dalam penelitian ini digunakan zat warna *methylene blue* yang mudah dan murah didapat. Senyawa ini juga merupakan zat warna yang cukup berbahaya (Sumerta, dkk., 2002).

TINJAUAN PUSTAKA

Zeolit

Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam mineral yang melimpah, dimana salah satunya adalah zeolit. Namun sayangnya mineral zeolit tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Nama zeolit berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani, yaitu *zeo* (mendidih) dan *lithos* (batu). Nama ini menggambarkan perilaku mineral yang dengan cepat melepaskan air bila dipanaskan sehingga kelihatan seolah-olah mendidih, seperti pengamatan Cronsted, ahli mineral Swedia, terhadap mineral *stilbite* yang ditemukannya pada tahun 1756 (Barrer, 1982).

Selama 200 tahun setelah penemuannya oleh Cronstedt, zeolit hanya merupakan batuan yang disimpan di museum-museum, tanpa banyak dilakukan penelitian untuk menyingkap keajaibannya, walaupun sekitar 50 jenis dari zeolit telah diketahui (Toth, 1987). Di Indonesia sendiri zeolit sudah lama

ditemukan tetapi kegunaannya belum dikenal secara rinci. Baru pada tahun 1960 zeolit mulai diperhatikan dan dimanfaatkan oleh para ahli ke arah pemakaian yang ekonomis (Darsoprayitno, 1990).

Zeolit adalah kristal aluminosilikat terhidratasi dari logam alkali dan alkali tanah dengan struktur kristal tiga dimensi. Karakterisasi lainnya adalah kemampuannya untuk menangkap dan menghilangkan air secara bolak-balik dan untuk menukarkan beberapa unsur tertentu tanpa merubah strukturnya secara nyata (Mumpton, 1999).

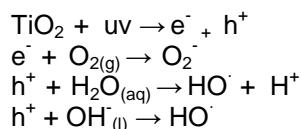
Dalam bidang industri, zeolit dimanfaatkan sebagai penukar ion, bahan pengisi dalam detergen, katalis industri pertanian dan peternakan, dan adsorben. Dalam bidang teknologi pengolahan lingkungan, zeolit telah dikenal luas sebagai bahan adsorben yang handal (Corrent et al., 1999). Selain dikenal sebagai negara kaya sumber alam, Indonesia juga dikenal dengan perindustrian tekstilnya. Industri tekstil Indonesia termasuk penyumbang devisa yang penting selain pariwisata dan minyak bumi, namun kemajuan dalam bidang industri ini tidak diiringi dengan kesadaran yang memadai dalam pengelolaan lingkungan sebagai dampak kemajuan industri tersebut. Industri tekstil merupakan kontributor penting dalam pencemaran lingkungan, khususnya lingkungan perairan karena limbah yang dihasilkan walaupun limbah yang keluar umumnya tidak lagi berwarna namun masih tetap berbahaya untuk lingkungan (Fatimah, dkk., 2006).

Fotokatalis

Fotokatalisis adalah proses terjadinya reaksi suatu materi terhadap materi lainnya yang dibantu oleh energi dari penyinaran ultraviolet dan katalis padat (Setyawan, 2003). Fotokatalisis pertama kali ditemukan oleh Renz pada tahun 1921, yaitu pada permukaan semikonduktor metal-oksida. Popularitas fotokatalis ini meningkat sejak dipublikasikan oleh Akira Fujishima di majalah Nature pada tahun 1972. Ia melaporkan pemecahan air menjadi oksigen dan hidrogen menggunakan kristal tunggal TiO_2 dengan input sinar uv berenergi rendah.

Ketika TiO_2 terkena cahaya ($\lambda < 385$ nm) akan menghasilkan elektron (e^-) dan lubang positif (h^+), yang dapat menginisiasi reaksi kimia di permukaannya. Elektron kemudian berinteraksi dengan oksigen menghasilkan

O^{2-} sementara h^+ berinteraksi dengan air menghasilkan radikal hidroksil.



Daya oksidasi kuat spesi kimia tersebut terbukti dapat menghancurkan polutan dan mikroorganisme. Penelitian menggunakan fotokatalisis ini melalui beberapa tahap yaitu preparasi, tahap pengaktivasian zeolit, karakterisasi, dan fotokatalisis.

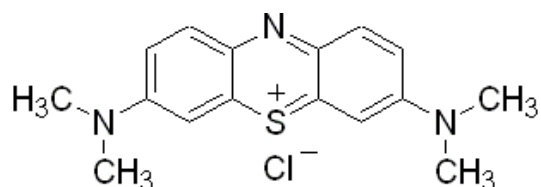
Fotodegradasi

Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan. Jenis bahan pewarna yang digunakan di dalam industri tekstil dewasa ini sangat beraneka ragam, dan biasanya tidak terdiri atas satu jenis zat warna, oleh karena itu penanganan limbah tekstil menjadi sangat rumit dan memerlukan beberapa langkah sampai limbah tersebut benar-benar aman untuk dilepas ke lingkungan perairan. Saat ini, berbagai teknik atau metode penanggulangan limbah tekstil telah dikembangkan, diantaranya adalah metode adsorpsi. Namun metode ini ternyata kurang begitu efektif karena zat warna tekstil yang diadsorpsi tersebut masih terakumulasi di dalam adsorben yang pada suatu saat nanti akan menimbulkan persoalan baru. Sebagai alternatif, dikembangkan metode fotodegradasi dengan menggunakan bahan fotokatalis dan iradiasi ultraviolet yang energinya sesuai atau lebih besar dari energi celah fotokatalis tersebut. Dengan metode fotodegradasi ini, zat warna akan diurai menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana dan lebih aman untuk lingkungan (Corrent et al., 1999)

Dalam penelitian ini akan dipaparkan penggunaan metode fotodegradasi untuk mendegradasi zat warna *methylene blue* dengan menggunakan bahan baku zeolit alam dan TiO_2 . Zat warna ini dipilih karena dipandang mewakili zat warna industri tekstil. Fotodegradasi terkatalisis TiO_2 dengan metode dispersi padat-padat (DPP) sebenarnya telah banyak dilakukan, dan menunjukkan hasil yang cukup efektif, namun metode DPP memiliki kelemahan, yaitu TiO_2 kurang terikat kuat pada matriks. TiO_2 -zeolit yang terbentuk akan digunakan untuk

mendegradasi zat warna *Methylene Blue* secara fotokatalisis dengan bantuan ultraviolet.

Methylene Blue merupakan senyawa aromatik heterosiklik dengan rumus molekul $C_{16}H_{18}ClN_3S$. Senyawa ini memiliki banyak kegunaan baik dalam bidang kimia atau biologi. Pada suhu ruangan, senyawa ini berada dalam bentuk padatan yaitu serbuk hijau gelap dan apabila dilarutkan di dalam pelarut air maka akan menghasilkan larutan berwarna biru (Anonymous, 2009).



Gambar 1. Struktur zat *methylene blue* (Anonymous, 2009)

METODE PENELITIAN

Penyiapan Bahan Baku

Pada penelitian ini digunakan metode eksperimen di laboratorium yang meliputi tahapan pembuatan sampel fotokatalis dan analisis fotokatalis yang sudah terbentuk. Selanjutnya sampel fotokatalis yang terbentuk dilakukan pengujian aktivitas fotokatalitiknya dengan melakukan reaksi fotodegradasi zat warna.

Aktivasi Zeolit Alam Cikalong dengan Asam Klorida

Ditimbang sampel zeolit asal Cikalong 100 g lalu digerus dan diayak menggunakan pengayak 300 *mesh* setelah itu dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL dan ditambahkan larutan asam klorida (HCl) 1 M sebanyak 200 mL. Campuran tersebut diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 180 menit, kemudian dibilas dengan *aquadest* hingga pH netral setelah itu dikeringkan dalam oven pada suhu $250^{\circ}C$ selama 180 menit. Proses pengaktivasian dilakukan secara berulang-ulang sebanyak tiga kali prosedur. Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan (*X-Ray Diffraction* (XRD), GSA dengan metode BET, dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Pembuatan Fotokatalis TiO₂-Zeolit

Fotokatalis TiO₂-zeolit dibuat dengan pilarisasi titan dioksida terhadap zeolit Cikalong dengan variasi konsentrasi yaitu 0,5, 1, 2, 5, 10, 20, dan 50% (b/b) dengan jumlah total masing-masing fotokatalis TiO₂-zeolit sebesar 2 gram. Prosedur yang dilakukan yaitu dengan cara mencampurkan zeolit Cikalong yang telah diaktivasi dengan titan dioksida (TiO₂) asal Degussa dan etanol absolut (C₂H₅OH p.a). Perbandingan etanol absolut (C₂H₅OH p.a) yang digunakan yaitu 1:1 dengan jumlah titan dioksida (TiO₂). Setelah itu, campuran ketiga bahan tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 5 jam. Fotokatalis yang terbentuk dipisahkan dengan penyaring kertas *Whatman* 41. TiO₂-zeolit yang dibuat dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °C selama ± 5 jam untuk membersihkan pori-pori dari parikel TiO₂ yang tidak terikat dengan baik pada permukaan zeolit. Setelah kering kemudian dikalsinasi pada suhu 500°C selama ± 5 jam.

Pembuatan Sampel Uji Methylene Blue 0,0001 M

Hal pertama yang dilakukan yaitu membuat larutan stok *methylene blue* 0,001 M, yaitu dengan mencampurkan 0,0319 g padatan *methylene blue* dengan *aquadest* hingga 100 mL pada labu ukur 100 mL. Selanjutnya untuk membuat larutan uji *methylene blue* 0,0001 M dilakukan dengan cara pengenceran menggunakan gelas kimia. Sebanyak 10 mL *methylene blue* 0,001 M dipipet dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL lalu ditambahkan *aquades* hingga 100 mL.

Uji Aktivitas Fotokatalis Menggunakan Methylene Blue 0,0001 M

Fotodegradasi zat warna dilakukan dengan mengambil 25 mL *methylene blue* 0,0001 M kemudian ditambahkan 25 mg fotokatalis, dan diiradiasi oleh lampu ultraviolet selama ± 80 menit, setelah fotokatalisis telah selesai filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer uv-tampak. Uji aktivitas fotokatalis dilakukan terhadap semua konsentrasi dari fotokatalis TiO₂-zeolit yang dibentuk dan sebagai pembanding, prosedur yang sama dilakukan terhadap zeolit Cikalong saja dan TiO₂ saja.

Analisis Sampel

Karakterisasi Zeolit Cikalong

Pada penelitian ini telah didapatkan data fisika ataupun kimia dari zeolit asal Cikalong. Data-data tersebut didapatkan dari Pusat Sumber Daya Geologi yang dilakukan oleh kelompok kerja mineral Herry Rodiana Eddy pada tahun 2007.

Analisis Luas permukaan, SEM, dan XRD

Pada penelitian ini sampel yang diuji hanya zeolit Cikalong teraktivasi dan fotokatalis TiO₂-zeolit yang menunjukkan aktivitas fotokatalitik terbaik. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium OIK, FMIPA, Unpad, dan P3GL, Djunjunan, Bandung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Zeolit Cikalong asal Tasikmalaya merupakan zeolit yang pada umumnya mengandung 52% mordenit (Na₈(Al₈Si₄₀O₉₆).24H₂O) dan 27% klipnoptilotit ((Na₄K₄)(Al₈Si₄₀O₉₆).24H₂O) (Suardi & Dyah, 1995).

Berdasarkan data yang terdapat di Pusat Sumber Daya Geologi pada tahun 2007 diketahui bahwa keterdapatannya sumber daya zeolit Cikalong sekitar 2.766.160 ton. Pada Tabel 1 dikemukakan komposisi kimia dari zeolit Cikalong yang dipublikasikan oleh tim kerja mineral di Pusat Sumber Daya Geologi.

Preparasi Bahan Baku

Sampel zeolit Cikalong dihaluskan dan diayak hingga 325 *mesh*.

Tabel 1. Komposisi kimia zeolit asal Cikalong

Komposisi kimia zeolit Cikalong	Persentase / %
SiO ₂	67,18 – 69,77
Al ₂ O ₃	10,93 – 11,69
MgO	0,40 – 1,02
Na ₂ O	1,36 – 2,68
K ₂ O	1,05 – 1,86
CaO	2,10 – 3,21
Fe ₂ O ₃	0,96 – 1,46
H ₂ O	4,17 – 5,77
Hilang Dibakar	10,02 – 13,86

Aktivasi Zeolit Alam Asal Cikalong

Pada penelitian ini metode pengaktifan dilakukan dengan cara kimia yaitu menggunakan asam klorida 1 M. Penggunaan asam klorida 1 M ini diharapkan dapat mengeluarkan senyawa organik yang menutupi pori-pori zeolit (Setyawan, 2002).

Fotokatalis TiO₂-Zeolit

Dalam penelitian ini dibuat 8 variasi konsentrasi fotokatalis TiO₂-Zeolit yaitu 0,5, 1, 2, 5, 10, 20, dan 50%. Fotokatalis TiO₂-zeolit dibuat dengan menggunakan metode dispersi padat-padat. Penggunaan TiO₂ jenis anatase dilakukan karena kristal TiO₂ dalam bentuk anatase mempunyai stabilitas lebih baik daripada kristal TiO₂ jenis lainnya baik terhadap asam maupun terhadap suhu. Pelarut etanol p.a digunakan sebagai perantara agar kristal TiO₂ dapat masuk ke dalam internal pori dari zeolit disamping itu etanol p.a juga berguna untuk menyerap pengotor-pengotor polar seperti air yang mungkin masih terkandung di dalam zeolit ataupun TiO₂.

Analisis Sampel

Analisis Luas Permukaan Spesifik dengan Metode BET

Modifikasi zeolit alam menjadi zeolit alam terpilarisasi logam aktif TiO₂ akan

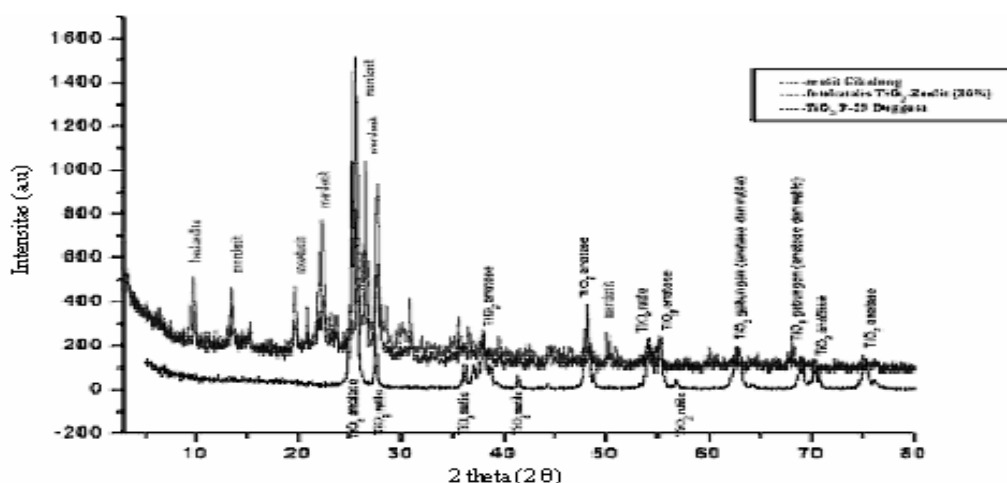
meningkatkan luas permukaan spesifik dari katalis. Pada penelitian ini peningkatan luas permukaan spesifik terjadi sebesar 281,3%. Itu artinya telah terjadi peningkatan luas permukaan hingga hampir 3 kali lipat dari luas permukaan awal (zeolit). Peningkatan ini lebih disebabkan karena terjadinya pembukaan pori zeolit alam.

Analisis Sampel dengan X-Ray Diffraction (XRD)

Zeolit Cikalong yang dikarakterisasi menunjukkan sebagian besar merupakan jenis mordenit hal ini berkesinambungan dengan apa yang diungkapkan oleh Suwardi dan Dyah. Pada pola difraksi zeolit Cikalong terdapat puncak pada $2\theta = 22,3^\circ$ dan $2\theta = 25,6^\circ$ yang merupakan daerah karakterisasi mineral mordenit alam dengan intensitas yang cukup berarti. Dugaan ini didukung oleh analisis yang dilakukan oleh program *X'Pert High Score*.

Tabel 2. Perbandingan luas permukaan spesifik zeolit teraktivasi dan fotokatalis TiO₂-zeolit (20%)

Jenis sampel	Luas permukaan spesifik (m ² /g)
zeolit alam teraktivasi	7,035
TiO ₂ -zeolit (20%)	19,788



Gambar 2. Pola difraksi dari zeolit Cikalong, fotokatalis TiO₂-zeolit (20%), dan standar TiO₂ P-25 Degussa

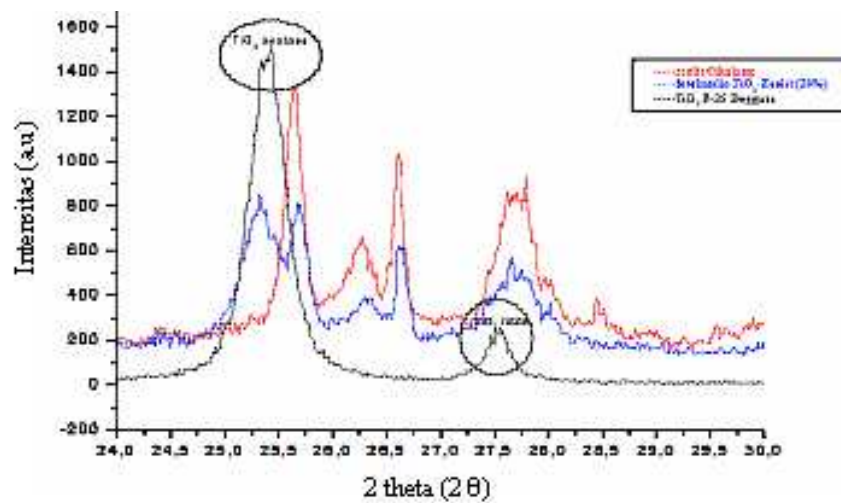
Untuk memperjelas masuknya kristal TiO_2 ke dalam zeolit pada fotokatalis maka kita persempit skalanya dengan menggunakan program *Origin 6.0*. Berdasarkan Gambar 2 terdapat puncak baru pada fotokatalis TiO_2 -zeolit (20%) yaitu puncak yang menunjukkan 2θ khas kristal TiO_2 jenis anatase.

Analisis sampel dengan Scanning Electron Microscope (SEM)

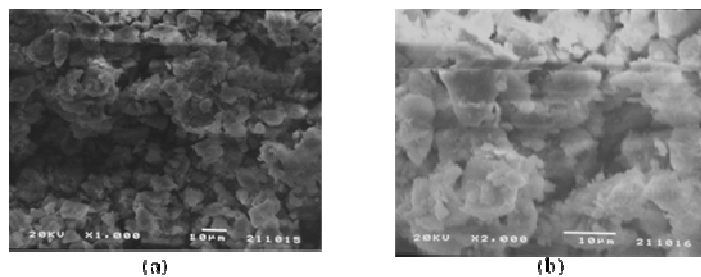
Pada penelitian ini sampel yang dikarakterisasi hanya sampel zeolit Cikalong

teraktivasi dan fotokatalis yang menunjukkan aktivitas terbaik dalam mendegradasi *methylene blue* yaitu fotokatalis TiO_2 -zeolit (20%).

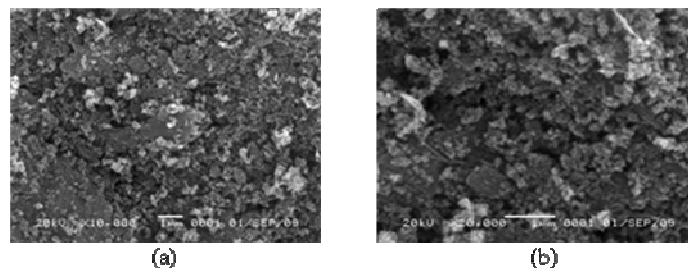
Gambar 4 menunjukkan morfologi dari zeolit Cikalong sedangkan Gambar 5 merupakan morfologi dari fotokatalis TiO_2 -zeolit (20%). Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa logam TiO_2 sudah terdistribusi di daerah eksternal zeolit.



Gambar 3. Pola difraksi dari zeolit Cikalong, fotokatalis TiO_2 -zeolit (20%), dan standar TiO_2 P-25 Degussa setelah dipersempit skala pada $2\theta = 24^\circ$ - 30°



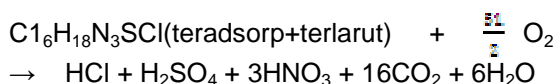
Gambar 4. Morfologi permukaan sampel zeolit Cikalong (a) pembesaran 1000 kali, (b) pembesaran 2000 kali



Gambar 5. Morfologi permukaan sampel fotokatalis TiO_2 -zeolit (20%). (a) pembesaran 10000 kali, (b) pembesaran 20000 kali

Fotodegradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis TiO₂-Zeolit

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa secara umum semakin lama waktu penyinaran, maka pengurangan jumlah *methylene blue* semakin besar. Telah dilaporkan bahwa degradasi senyawa organik mengikuti reaksi orde satu. Reaksi degradasi *methylene blue* ditampilkan sebagai berikut :



(Nogueira and Jardim, 1993)

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa zeolit Cikalong teraktivasi memiliki kemampuan mengadsorpsi cukup baik hingga 82,3%, ini menandakan bahwa zeolit Cikalong dapat berperan sebagai adsorben. Untuk mengetahui pengaruh adsorpsi yang terjadi pada *methylene blue*, maka dilakukan percobaan yang sama dengan percobaan fotokatalisis hanya tanpa diberi sinar uv, perlakuan dilakukan di tempat gelap dan labu

kuarsa yang digunakan ditutup oleh plastik hitam.

Berdasarkan data pada Tabel 4.4 didapatkan penurunan jumlah *methylene blue* yang teradsorpsi oleh fotokatalis, itu artinya semakin tinggi konsentrasi kristal TiO₂ yang digunakan maka semakin rendah adsorpsi yang terjadi oleh fotokatalis..

Setelah dilakukan pengurangan terhadap pengaruh adsorpsi, persentase pendegradasian *methylene blue* terbesar terjadi pada fotokatalis TiO₂-zeolit (20 %) dengan pendegradasian *methylene blue* sebesar 82,5 % nilai ini lebih kecil daripada yang dilakukan oleh Noguera dan Jardim yang mana pendegradasian *methylene blue* sebesar 99,9% (termasuk pengaruh adsorpsi dari fotokatalis) dan juga penelitian yang dilakukan oleh Is Fatimah dan Karna Wijaya hingga sebesar 98,6 % (termasuk pengaruh adsorpsi oleh fotokatalis). Perbedaan ini dapat disebabkan oleh perbedaan metode pilarisasi logam aktif TiO₂ dan pengaktifasian zeolit.

Tabel 3. Ringkasan fotodegradasi *methylene blue* terhadap variasi konsentrasi Fotokatalis (masih terdapat pengaruh adsorpsi)

Konsentrasi fotokatalis TiO ₂ -Zeolit	Persentase <i>methylene blue</i> yang berkurang / %
0,0 % (zeolit Cikalong saja)	82,3
0,5 %	68,3
1,0 %	70,1
2,0 %	73,3
5,0 %	85,1
10,0 %	91,1
20,0 %	94,7
50,0 %	67,6
100,0 % (kristal TiO ₂ saja)	9,5

Tabel 4. Ringkasan adsorpsi *methylene blue* terhadap variasi konsentrasi fotokatalis

Konsentrasi fotokatalis TiO ₂ -Zeolit	Persentase <i>methylene blue</i> teradsorpsi / %
0,0 % (zeolit Cikalong saja)	81,9
0,5 %	71,3
1,0 %	65,3
2,0 %	29,6
5,0 %	28,5
10,0 %	23,6
20,0 %	12,2
50,0 %	2,0
100,0 % (Kristal TiO ₂ saja)	0,1

Tabel 5. Persentase fotodegradasi *methylene blue* oleh fotokatalis TiO_2 -zeolit setelah dihilangkan pengaruh adsorpsi dari zeolit dan TiO_2

Konsentrasi fotokatalis (%)	Persentase <i>methylene blue</i> terdegradasi (%)		Persentase sebenarnya <i>methylene blue</i> terdegradasi oleh fotokatalis (%)
	Proses fotokatalisis	Proses adsorpsi	
TiO_2 -Zeolit (0,5)	68,3	71,3	-2,9
TiO_2 -Zeolit (1%)	70,1	65,3	4,8
TiO_2 -Zeolit (2%)	73,3	29,6	43,6
TiO_2 -Zeolit (5%)	85,1	28,5	56,6
TiO_2 -Zeolit (10%)	91,1	23,6	67,4
TiO_2 -Zeolit (20%)	94,7	12,2	82,5
TiO_2 -Zeolit (50%)	67,6	2,0	65,6
TiO_2 (100%)	9,5	0,1	9,4

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa:

1. Fotokatalis TiO_2 -zeolit Cikalong dengan variasi konsentrasi 0,5, 1, 2, 5, 10, 20, dan 50% dapat disintesis menggunakan metode padat-padat dengan etanol p.a sebagai pelarut untuk membantu pendispersian TiO_2 ke dalam zeolit Cikalong.
2. Uji aktivitas fotokatalis TiO_2 -zeolit terhadap *methylene blue* 0,0001 M menunjukkan bahwa konsentrasi terbaik fotokatalis untuk mendegradasi *methylene blue* 0,0001 M adalah pada konsentrasi 20% dengan jumlah pendegradasian hingga 82,5%.
3. Hasil karakterisasi fotokatalis TiO_2 -zeolit Cikalong (20 %) dengan menggunakan XRD, BET, dan SEM menunjukkan bahwa TiO_2 telah masuk ke dalam bagian eksternal maupun internal dari zeolit Cikalong.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sumerta, I Kadek., Wijaya, Karna., & Tahir, Iqmal. 2002. Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Katalis TiO_2 -Montmorilonit dan Sinar UV. Seminar Nasional Pendidikan Kimia. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
2. Gunlazuardi, J. 2000. Fotoelektrokatalis untuk Detoksifikasi Air, Prosiding, Seminar Nasional Elektrokimia, 1-21.
3. Hofmann, M.R., Seot, C.W., & Bahnemann, D.W. 1995. Chem Rev.69-96.
4. Barrer, R.M. 1982. Hydrothermal Chemistry of Zeolites. Academic Press Inc. London.
5. Toth, J. 1987. Zeolite Mineral Of The Future. Your Bussiness Bright To Europe.Hungary.
6. Darsoprayitno, S. 1990. Sebaran Endapan Zeolit dan Kegunaannya. Kumpulan Makalah Seminar Zeo Agroindustri "Potensi Zeolit Dalam Agroindustri". Kerjasama PPSKI, HKTI dan Universitas Padjadjaran. Bandung.
7. Mumpton, F.A. 1999. La roca magica: Uses Of Natural Zeolites In Agriculture And Industry. Natl. Acad. USA. Sci. 96, 3463-3470.
8. Corrent, S., Cosa, G., Scaiano, J.C., Galletero, M.S., Alvaro, M., Garcia, H., 1999.Chem. Mater. 13, 715-722.
9. Fatimah, Is., Sugiharto, Eko., Wijaya, Karna., Tahir, Iqmal., & Kamalia. 2006. Titan Dioksida Terdispersi pada Zeolit Alam (TiO_2 /zeolit) dan Aplikasinya untuk Fotodegradasi Congo Red, Indo. J. Chem., 2006, 6 (1), 38 – 42.
10. Setyawan D. 2003. Aktivitas Katalis Cr/Zeorlit dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol dan Metil Isobutil Keton dalam Jurnal Ilmu Dasar Vol. 4 No. 2. FMIPA UNEJ, Jember.
11. K, Honda ., A, Fujishima. 1972. Nature 238, 37; 1971. Bull. Chem. Soc. Jpn. 44.

12. Anonymous. 2009. Methylene Blue. http://en.wikipedia.org/wiki/methylene_blue.
13. Setyawan D. 2002. Pengaruh Perlakuan Asam, Hidrotermal dan Impregnasi Logam Kromium Pada Zeolit Alam dalam Preparasi Katalis dalam Jurnal Ilmu Dasar Vol. 3 No. 2, FMIPA UNEJ, Jember.
14. Suwardi & Tjahyandari S, Dyah. 1995. The Effect of Aeolite Application on Cation Exchange Capacity (CEC) of Soils and Production of Tomatoes.
15. Nogueira, R.F.P. & Jardim, W.F. 1993. Photodegradation of Methylene Blue Using Solar Light and Semiconductor (TiO_2), J. Chem. Ed., 70, 10, 861-862.