



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA III

"Teori dan Aplikasi Sains dalam Isu Globalisasi Lingkungan, Profesionalisasi Pembelajaran dan Kewirausahaan"

Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS

Surakarta, 7 Mei 2011



MAKALAH PENDAMPING

KIMIA FISIKA
(Kode : C-01)

ISBN : 978-979-1533-85-0

FOTODEGRADASI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN FOTOKATALIS TiO₂/ZEOLIT ALAM

Diana Rakhmawaty* dan Deny Ade Putra

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Padjadjaran, Jatinangor-Sumedang, 45363, Jawa Barat, Indonesia.

* Tlp/fax : (022)7794391, email : diana.rahmawati@unpad.ac.id

Abstrak

Fotodegradasi merupakan proses penguraian suatu senyawa dengan bantuan energi foton menggunakan suatu fotokatalis. Penelitian yang dilakukan yaitu membuat fotokatalis TiO₂/zeolit alam dengan metode impregnasi. Fotokatalis ini digunakan untuk fotodegradasi *methylene blue*. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh fotokatalis yang baru yaitu zeolit alam yang dimodifikasi dengan (NH₄)₂[TiO(C₂O₄)₂].2H₂O sebagai prekursor TiO₂ dan diharapkan mempunyai kereaktifan yang lebih tinggi dan juga lebih bermanfaat dalam mendegradasi limbah cair terutama di industri tekstil. Tahapan yang dilakukan yaitu aktivasi zeolit alam asal Cikalong, sintesis fotokatalis dengan metode impregnasi menggunakan (NH₄)₂[TiO(C₂O₄)₂].2H₂O sebagai prekursor TiO₂, kemudian pengeringan di oven, dan kalsinasi pada suhu 500°C. Fotokatalis dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM, dan BET. Dari hasil karakterisasi, pola difraksi TiO₂/zeolit (10%) terdapat puncak TiO₂ yaitu di sekitar daerah 2θ sebesar 47,8° hal ini menandakan bahwa TiO₂ telah terimpregnasi di sekitar zeolit alam. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa logam aktif TiO₂ sudah terimpregnasi di sekitar permukaan zeolit. Analisis absorpsi gas (GSA) dengan metode BET menunjukkan kenaikan luas permukaan yaitu 7,0 m²/g untuk zeolit dan 7,28 m²/g untuk TiO₂/zeolit (10%). Pendegradasian terbaik *methylene blue* ditunjukkan oleh TiO₂/zeolit (10%) dengan nilai 12,56 % setelah diiradiasi dengan ultraviolet selama 150 menit dan diukur dengan spektrofotometer UV-tampak.

Kata kunci : Zeolit, TiO₂, fotodegradasi, *methylene blue*

PENDAHULUAN

Dewasa ini pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh zat pewarna telah cukup memprihatinkan sehingga diperlukan penanganan yang serius untuk mengatasi masalah tersebut [1]. 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.

Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik *non-*

biodegradable, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama 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 [2]. Proses ini tidak dapat mendegradasi polutan menjadi senyawa yang tidak berbahaya, melainkan hanya memindahkan limbah dari cairan ke permukaan

adsorben, sehingga adsorben tersebut perlu diregenerasi bila telah jenuh [3].

Beberapa metode modern seperti metode biodegradasi, klorinasi, dan ozonisasi telah dikembangkan [4]. 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, metode fotodegradasi merupakan metode yang relatif murah serta mudah untuk diterapkan [5]. Dengan metode fotodegradasi ini, zat warna akan diurai menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana yang lebih aman untuk lingkungan [6].

Penelitian tentang fotokatalisis pada permukaan TiO_2 berkembang sangat pesat, setelah penelitian pendahuluan yang dilakukan oleh Fujishima dan Honda pada tahun 1972 tentang fotoelektrokatalisis pemecahan air pada elektroda lapisan tipis TiO_2 [7]. Penelitian pendahuluan ini menjadi pembuka tentang kemungkinan konversi energi matahari dengan menggunakan semikonduktor TiO_2 dalam usaha pengembangan kegunaan energi kimia.

Penelitian dilakukan dengan berbagai cara untuk memperoleh fotokatalisis dengan efisiensi tinggi, diantaranya dengan preparasi nanokristal TiO_2 , penambahan *sensitizer* atau dengan menambahkan material pendukung seperti silika, alumina, zeolit atau material anorganik lain.

Pengetahuan tentang fotokatalisis tersebut memberikan gambaran yang sangat bermanfaat dalam aplikasi teknologinya bagi kehidupan manusia.

Penelitian yang dikerjakan yaitu pembuatan fotokatalis TiO_2 yang dimodifikasi pada material pendukung (*support*) yaitu zeolit alam Cikalong dengan menggunakan metode impregnasi. Fotokatalis diuji reaktivitas fotokatalisnya dengan reaksi degradasi untuk mengurangi zat warna. Dari sekian banyak bahan pencemar yang ada, maka dalam penelitian ini digunakan zat warna *methylene*

blue yang mudah dan murah didapat, senyawa ini merupakan zat warna yang cukup berbahaya dan senyawa organik *non-biodegradable*.

PROSEDUR PERCOBAAN

1. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam asal Cikalong, Tasikmalaya, air suling, ammonium klorida (NH_4Cl) 1 M, asam klorida (HCl) 1 M, etanol absolut ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ p.a), *methylene blue* ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$), titanium ammonium oksalat ($(\text{NH}_4)_2[\text{TiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), dan titanium dioksida (TiO_2) P-25 Degussa.

2. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas yang umum dipakai (labu ukur, labu erlenmeyer, gelas ukur, gelas kimia, pipet ukur), pengayak 325 *mesh*, neraca analitis, oven, *magnetic stirrer*, kertas Whatman 41, *buchner funnel* dengan tekanan, indikator pH universal, satu set alat *evaporator*, krus alumina yang inert terhadap pereaksi dan tahan terhadap suhu tinggi pada tungku (*furnace*) yang memiliki daerah kerja $400^\circ\text{C} - 750^\circ\text{C}$, tang penjepit, untuk fotodegradasi zat warna digunakan tabung reaksi khusus yang terbuat dari kuarsa, lampu ultraviolet (UV), spektrofotometer UV-tampak, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Gas Sorption Analyzer* dengan metode Brunauer, Emmet, Teller (BET).

3. Metode

3.1. Penyiapan bahan baku

Pada penelitian ini digunakan metode eksperimen di laboratorium yang meliputi tahapan pembuatan fotokatalis dan pengujian karakterisasi. Selanjutnya dilakukan pengujian aktivitas fotokatalis dengan reaksi fotodegradasi untuk degradasi zat warna.

3.2. Aktivasi zeolit alam menggunakan asam klorida 1 M

Zeolit ditimbang sebanyak 50 g lalu digerus dan diayak menggunakan pengayak 325 *mesh* setelah itu dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL lalu ditambahkan larutan HCl 1M sampai 100 mL. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 60 menit, kemudian dibilas dengan air suling sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 250°C selama 3 jam. Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis dengan XRD, *Gas Sorption Analyzer* (GSA) dengan metode BET, dan SEM.

3.3. Protonasi zeolit teraktivasi menggunakan ammonium klorida 1 M

Ammonium klorida sebanyak 5,35 g dilarutkan dalam 100 mL air suling pada gelas kimia, kemudian ditambahkan zeolit teraktivasi sebanyak 30 g. Campuran diaduk selama 24 jam, dan disaring menggunakan kertas Whatman 41, kemudian dikeringkan pada suhu 100°C selama ± 2 jam dan dikalsinasi pada suhu 450°C selama 3 jam.

3.4. Pembuatan fotokatalis TiO₂/zeolit alam berbagai konsentrasi (0,5% b/b, 1% b/b, 5% b/b, 10% b/b, 50% b/b)

Titanium ammonium oksalat masing-masing sebanyak 0,0325 g, 0,0651 g, 0,3258 g, 0,6514 g, dan 3,2571 g dilarutkan dalam 100 mL air suling kemudian ditambahkan dengan 1 g zeolit hasil protonasi. Campuran kemudian dievaporasi pada suhu 70°C selama 1 jam, dikeringkan pada suhu 100°C selama 1 jam, dan dikalsinasi pada suhu 500°C selama 5 jam.

3.5. Pembuatan sampel uji *methylene blue* 0,0001 M

Hal pertama yang dilakukan yaitu membuat larutan stok *methylene blue* 0,001 M, yaitu dengan mencampurkan 0,032 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. 10 mL *methylene blue* 0,0001 M dipipet dan dimasukkan ke

dalam gelas kimia 250 mL lalu ditambahkan *aquades* hingga 100 mL.

3.6. Uji aktivitas fotokatalis dengan reaksi fotodegradasi zat warna *methylene blue*

Degradasi zat warna dilakukan dengan mengambil 25 mL *methylene blue* kemudian ditambahkan 25 mg fotokatalis, lalu diiradiasi oleh lampu *ultraviolet*, kemudian dianalisis filtratnya dengan melihat serapannya dengan menggunakan spektrofotometer UV-tampak. Uji aktivitas fotokatalis dilakukan terhadap semua konsentrasi dari fotokatalis TiO₂/zeolit alam yang dibentuk dan sebagai pembanding, prosedur yang sama dilakukan terhadap zeolit alam teraktivasi saja dan TiO₂ saja.

3.7. Analisis sampel

Analisis sampel yang telah dilakukan adalah karakterisasi zeolit Cikalong, analisis menggunakan BET, XRD, dan SEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Preparasi bahan baku

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam asal Cikalong, Tasikmalaya. Pada penelitian ini ukuran partikel zeolit Cikalong dibentuk hingga 325 *mesh*.

2. Aktivasi zeolit alam asal Cikalong

Pada penelitian ini metode aktivasi dilakukan dengan cara kimia yaitu menggunakan asam klorida 1 M. Zeolit yang digunakan secara luas sebagai katalis didasarkan pada produksi situs asam Bronsted dan adanya situs asam Lewis yang terdapat dalam pori zeolit. Zeolit alam yang telah ditambahkan dengan asam klorida 1 M harus diaduk dengan kuat selama 180 menit menggunakan *magnetic stirrer*.

Perlakuan asam terhadap zeolit bertujuan untuk meningkatkan rasio Si/Al. Rasio Si/Al pada zeolit mempunyai kecenderungan meningkat setelah mengalami perlakuan asam dan kenaikan

tersebut relatif mencapai kondisi maksimum. Meningkatnya rasio Si/Al maka keasaman sampel katalis meningkat. Aluminium dalam zeolit dapat terekstrak pada perendaman zeolit dalam larutan HCl 1 M. Karena perendaman zeolit dalam larutan HCl maka jumlah Al dalam kerangka (*Al framework*) menjadi aluminium di luar kerangka, sehingga rasio Si/Al menjadi meningkat.

Setelah proses pengaktifasian selesai, maka perlu dilakukan pembilasan terhadap zeolit yang telah teraktivasi, pembilasan dilakukan menggunakan aquades untuk menghilangkan asam klorida, oleh karena itu pembilasan dilakukan hingga pH filtrat netral.

Zeolit yang telah mengalami pembilasan kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 250°C selama ±3 jam. Dengan pemanasan, diharapkan atom aluminium dalam kerangka zeolit akan mengalami hidrolisis menghasilkan situs asam Bronsted. Hal ini dikarenakan adanya uap air pada pemanasan, seperti yang terlihat pada persamaan berikut :



3. Protonasi zeolit alam teraktivasi

Zeolit teraktivasi kemudian dicampurkan dengan larutan ammonium klorida dan diaduk selama 24 jam untuk menggantikan kation-kation yang terdapat dalam zeolit seperti Ca^{2+} untuk mendapatkan NH_4 -zeolit. Zeolit kemudian dicuci dengan menggunakan etanol 96% untuk menghilangkan ion ammonium berlebih, dikarenakan pertukaran kation tidak dienuhi secara sempurna oleh ion NH_4^+ dari larutan ammonium klorida, sebab kation-kation NH_4^+ berkompetisi untuk *adsorption sites*, atau karena kation-kation NH_4^+ sebagai *replacing power* kurang kuat untuk menggantikan kation-kation lainnya yang diadsorpsi sangat kuat.

Zeolit kemudian dikalsinasi pada suhu 450°C selama 3 jam. Kation NH_4^+ , dengan adanya

kalsinasi mudah terurai menjadi ammoniak dan ion H^+ sehingga dihasilkan H-zeolit serta struktur zeolit yang lebih stabil seperti pada Gambar 1.

4. Fotokatalis TiO_2 /zeolit alam

Fotokatalis TiO_2 /zeolit alam dibuat dengan menggunakan metode impregnasi menggunakan prekursor titanium(IV) ammonium oksalat. Dengan menggunakan alat evaporator, zeolit yang telah dijenuhkan dengan larutan titanium(IV) ammonium oksalat dievaporasi pada suhu 70°C selama 1 jam. Evaporasi ini bertujuan untuk menarik pelarut air yang terdapat pada larutan titanium(IV) ammonium oksalat sehingga diharapkan nantinya titanium akan terkristalisasi pada pori-pori dan permukaan zeolit.

Fotokatalis yang telah dibuat tersebut kemudian dikeringkan pada suhu 100°C untuk menghilangkan pelarut air yang tersisa, kemudian dilakukan kalsinasi pada suhu 500°C selama 5 jam.

Dalam penelitian ini, dibuat 5 variasi konsentrasi fotokatalis TiO_2 /zeolit alam yaitu 0,5% b/b, 1% b/b, 5% b/b, 10% b/b, dan 50% b/b yang dapat dilihat pada Gambar 2.

5. Analisis Sampel

5.1. Penentuan λ maks *methylene blue* dengan spektrofotometer uv-tampak

Pengukuran dilakukan menggunakan spektrofotometer uv-tampak, dengan menggunakan λ maksimum tersebut, *methylene blue* hasil dari pendegradasian atau pengadsorpsian oleh fotokatalis akan diukur. Pada percobaan ini didapatkan λ maksimum dari *methylene blue* sebesar 665,8 nm dengan harga absorbansi sebesar 0,658, di bawah ini ditampilkan grafik λ maksimum dari *methylene blue* 0,0001 M.

5.2. Analisis luas permukaan spesifik dengan metode BET

Metode penentuan luas permukaan spesifik dilakukan dengan GSA menggunakan metode BET. Modifikasi zeolit alam menjadi zeolit alam terimpregnasi logam titanium akan meningkatkan luas permukaan spesifik dari fotokatalis. Pada penelitian ini peningkatan luas permukaan spesifik terjadi sebesar 4%. Peningkatan luas permukaan adalah 0,04 kali lipat dari luas permukaan awal (zeolit). Peningkatan yang relatif kecil ini disebabkan karena terjadinya pembukaan pori zeolit alam yang semula tertutupi oleh pengotor melalui pengocokan dengan HCl 1 M dan titanium yang terimpregnasi secara tidak merata dan terjadi *sintering* (penggumpalan). Karena adanya *sintering*, titanium yang masuk ke dalam zeolit akan menutupi pori-pori sehingga luas permukaan spesifik menjadi relatif lebih kecil.

5.3. Analisis sampel dengan XRD

Karakterisasi dengan XRD dilakukan untuk mengetahui jenis dari zeolit alam yang digunakan dan untuk mengetahui apakah kristal TiO₂ sudah masuk ke dalam zeolit Cikalong, yaitu dengan membandingkan pola difraksi fotokatalis TiO₂/zeolit alam hasil sintesis dengan standar TiO₂ yang digunakan. Pada penelitian ini fotokatalis TiO₂/zeolit alam yang dikarakterisasi dengan XRD adalah fotokatalis yang menunjukkan aktivitas terbaik dalam mendegradasi *methylene blue* yaitu fotokatalis TiO₂/zeolit alam (10%) sedangkan kristal TiO₂ anatase yang dikarakterisasi berasal dari Degussa.

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*. Kristal TiO₂ P-25 Degussa yang

dikarakterisasi menunjukkan sebagian besar jenis anatase dan sebagian kecil jenis rutil. Pada pola difraksi kristal TiO₂ terdapat puncak pada $2\theta = 47,8^\circ$ merupakan daerah karakteristik kristal TiO₂ jenis anatase dan $2\theta = 54,8^\circ$ yang merupakan daerah khas kristal TiO₂ jenis rutil. Dugaan ini didukung oleh analisis yang dilakukan oleh program *X'Pert High Score*.

Gambar 3 merupakan gambar gabungan pola difraksi dari zeolit alam asal Cikalong, TiO₂ P-25 Degussa, dan fotokatalis TiO₂/zeolit alam (10%). Apabila melihat gambar tersebut cukup sulit untuk mengidentifikasi masuknya kristal TiO₂ pada fotokatalis TiO₂/zeolit alam (10%) karena antara puncak zeolit dan puncak kristal TiO₂ berdekatan dengan intensitas yang hampir sama.

Untuk memperjelas masuknya kristal TiO₂ ke dalam zeolit pada fotokatalis maka pola difraksi gabungan tersebut kita persempit skalanya dengan menggunakan program *Microcal Origin 6.0*. Maka didapatkan Gambar 4 yaitu gambar pada skala $2\theta = 45^\circ-50^\circ$.

Data yang didapatkan dari analisis XRD menunjukkan bahwa kristal TiO₂ sudah masuk ke bagian internal ataupun eksternal dari pori zeolit. Dengan masuknya logam TiO₂ ke dalam sistem zeolit mengakibatkan terjadinya perubahan struktur dari zeolit, dapat dilihat dari penurunan intensitas dari mordenit alam yang terkandung pada fotokatalis TiO₂/zeolit alam (10%) dan timbulnya puncak TiO₂ pada fotokatalis TiO₂/zeolit alam (10%) yang dibuat, selain pengaruh dari logam aktif TiO₂ pengaruh suhu pun dapat mengakibatkan perubahan struktur dari zeolit sehingga akan mengubah intensitas dari fotokatalis TiO₂/zeolit alam (10%) itu sendiri.

5.4. Analisis dengan SEM

Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan SEM untuk mengetahui morfologi dan distribusi logam titanium di dalam zeolit

Cikalong. Pada penelitian ini sampel yang dikarakterisasi yaitu sampel zeolit Cikalong teraktivasi dan fotokatalis TiO₂/zeolit alam (10%).

Gambar 5 menunjukkan morfologi dari zeolit Cikalong dengan pembesaran yang berbeda-beda. Hasil analisis pada Gambar 5 (a) menunjukkan bahwa zeolit Cikalong memiliki kristalinitas yang cukup rendah dan ukuran pori yang tidak seragam (gabungan mesopori dan mikropori). Data tersebut merupakan khas untuk zeolit alam [8]. Gambar 5 (b) menunjukkan salah satu kristal zeolit, untuk melihat pori-pori yang terdapat pada kristal tersebut maka dilakukan pembesaran seperti pada Gambar 5 (c). Pada Gambar 5 (c) terlihat jelas pori-pori seperti rongga dari kristal zeolit.

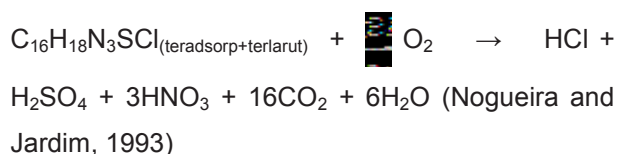
Gambar 6 menunjukkan bahwa bagian eksternal fotokatalis TiO₂/zeolit alam terlihat tidak seragam dan diperkirakan terjadi kerusakan struktur diakibatkan oleh pengasaman dan protonasi. Pada Gambar 6 (b) tidak terlihat adanya rongga pori pada fotokatalis TiO₂/zeolit alam, tetapi terlihat adanya partikel-partikel kecil pada permukaan eksternal fotokatalis TiO₂/zeolit alam. Terdapat beberapa kemungkinan yang dapat terjadi dalam melakukan impregnasi logam titanium ke dalam permukaan zeolit alam, yaitu pada konsentrasi larutan prekursor yang relatif tinggi terjadi kompetisi antara partikel yang satu dengan yang lain, untuk dapat berdifusi ke dalam pori zeolit. Keadaan yang saling berdesakan ini akan menghalangi mulut pori sehingga berakibat makin sedikit logam titanium yang dapat lolos dan berdifusi ke dalam pori dari zeolit. Semakin meningkat konsentrasi dari larutan prekursor yang digunakan, logam titanium yang dapat terimpregnasi semakin banyak dan menyebabkan luas permukaan spesifik menurun, karena pada konsentrasi Ti yang tinggi logam Ti yang terimpregnasi terakumulasi pada satu tempat dan menutup mulut pori dan saluran pori, sehingga jumlah Ti yang relatif banyak tidak meningkatkan

luas permukaan spesifik dari fotokatalis TiO₂/zeolit alam (terjadi sintering).

Untuk pendistribusian logam titan pada internal pori zeolit, tidak bisa dilihat dengan menggunakan analisis SEM karena pori-pori zeolit yang berukuran mikropori dan mesopori.

5.5. Fotodegradasi *methylene blue* menggunakan fotokatalis TiO₂/zeolit alam

Fotodegradasi *methylene blue* dilakukan menggunakan fotokatalis TiO₂/zeolit alam dengan sinar ultraviolet, dan dilakukan pada suhu kamar. Reaksi yang terjadi pada fotodegradasi *methylene blue* adalah reaksi radikal dimana terjadi pelepasan dan penangkapan elektron yang diakibatkan oleh oksidator yang terbentuk pada saat proses fotokatalisis berlangsung. Dari hasil analisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-tampak pada panjang gelombang 666 nm menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan konsentrasi *methylene blue* setelah ditambahkan fotokatalis yang disertai dengan penyinaran sinar ultraviolet. Telah dilaporkan bahwa sebagian besar degradasi senyawa organik mengikuti reaksi orde satu. Reaksi degradasi *methylene blue* diperlihatkan pada persamaan berikut.



Variasi waktu penyinaran dilakukan untuk mengetahui berapa banyak *methylene blue* yang dapat didegradasi oleh fotokatalis TiO₂/zeolit alam dan sinar UV sebagai fungsi waktu. Sedangkan variasi konsentrasi dilakukan untuk mengetahui pada konsentrasi berapa *methylene blue* paling banyak terdegradasi. Untuk mengetahui jumlah fotodegradasi yang terjadi oleh fotokatalis TiO₂/zeolit alam tanpa adanya pengaruh dari adsorpsi yang terjadi pada saat proses fotokatalisis berlangsung maka dilakukan prosedur adsorpsi terhadap *methylene blue*, baik untuk

fotokatalis TiO₂/zeolit alam, zeolit dan kristal TiO₂ menggunakan prosedur yang sama dengan proses fotokatalisis hanya saja tanpa diberikan penyinaran ultraviolet. Pengukuran absorbansi *methylene blue* dilakukan pada panjang gelombang maksimum 666 nm. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa secara umum semakin lama waktu penyinaran, maka pengurangan jumlah *methylene blue* semakin besar.

Zeolit teraktivasi mempunyai daya adsorpsi paling tinggi jika dibandingkan dengan fotokatalis TiO₂/zeolit alam dan TiO₂. Zeolit teraktivasi ini memiliki rongga pori yang belum terimpregnasi oleh logam titanium sehingga rongga pori ini berfungsi sangat baik sebagai adsorben. Setelah diimpregnasi dengan titanium, daya adsorpsi dari zeolit menjadi semakin berkurang dengan semakin bertambahnya konsentrasi dari larutan prekursor yang digunakan, hal ini karena titanium terdistribusi disekitar pori zeolit dan sebagian menutup rongga-rongga kecil dari pori-pori zeolit sehingga mengurangi kemampuan zeolit sebagai adsorben.

Setelah dilakukan pengurangan terhadap pengaruh adsorpsi, persentase pendegradasian *methylene blue* terbesar terjadi pada fotokatalis TiO₂/zeolit alam (10%) dengan pendegradasian *methylene blue* sebesar 12,56%. Dengan bertambahnya konsentrasi fotokatalis, maka *methylene blue* yang terdegradasi akan semakin meningkat. Apabila dilihat dari kemampuan adsorpsi dari logam TiO₂ yang lemah yaitu sebesar 0,2% maka pengaruh adsorpsi dari logam TiO₂ dapat kita abaikan pengaruhnya sehingga berdasarkan data yang didapatkan diketahui bahwa pengaruh adsorpsi lebih besar disebabkan oleh zeolit alam bukan oleh logam TiO₂, sedangkan logam TiO₂ lebih dominan pada proses fotokatalisis.

Untuk membuktikan fotokatalisis telah terjadi maka dilakukan pengujian terhadap *methylene blue* menggunakan fotokatalis TiO₂ saja dengan perlakuan keseluruhan sama dan didapatkan bahwa fotokatalisis telah terjadi dengan jumlah *methylene*

blue yang terdegradasi hanya 12,56%, persentase ini membuktikan bahwa diperlukan medium pendukung TiO₂ dalam hal ini zeolit Cikalong, zeolit ini selain berperan sebagai medium, dia juga berperan sebagai katalis, disamping itu zeolit merupakan medium berpori sehingga pendegradasian akan lebih selektif.

Dapat dilihat pada Gambar 7 bahwa semakin tingginya konsentrasi fotokatalis TiO₂/zeolit maka adsorpsi yang terjadipun semakin menurun, hal ini berbanding terbalik dengan proses fotokatalisis, semakin tingginya konsentrasi maka semakin tinggi pula pendegradasian *methylene blue* dan konsentrasi optimum terjadi pada konsentrasi fotokatalis TiO₂/zeolit alam (10%).

DAFTAR RUJUKAN

- [1] I Kadek, Sumerta., Wijaya, Karna., & Tahir, Iqmal. 2002. *Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Katalis TiO₂-Montmorilonit dan Sinar UV*.
- [2] Wijaya, Karna., Sugiharto, Eko., Fatimah, Is., Sudiono, Sri., & Kurniaysih, Dyan. 2006. *Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar-UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo-Red*. Laboratorium Kimia Fisika FMIPA UGM, Sekip Utara, Jogjakarta.
- [3] Slamet, Ellyana, M & Bismo, S. 2008. *Modifikasi Zeolit Alam Lampung Dengan Fotokatalis TiO₂ Melalui Metode Sol Gel dan Aplikasinya Untuk Penyisihan Fenol*. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Jakarta.
- [4] Gunlazuardi, J. 2000. *Fotoelektrokatalis untuk Detoksifikasi Air*, Prosiding, Seminar Nasional Elektrokimia, 1-21.
- [5] Hofmann, M.R., Seot, C.W., & Bahnemann, D.W. 1995. *Chem Rev*.69-96.
- [6] Guisnet, M. and Gilson, J.P. 2002. *Zeolites for Cleaner Technologies*, Imperial College Press, London, 5-8.
- [7] Liu, Y., J, Li., X, Qiu., & C, Burda. 2006. Novel TiO₂ Nanocatalysts for Wastewater Purification Tapping Energy from the

Sun. IWA. doi: 10.2166/WPT.2006072.

- [8] 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.
- [9] 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.

TANYA JAWAB

Nama Penanya : **Kurnia Wijayanti**

Nama Pemakalah : **Diana Rahmawati**

Pertanyaan :

Aplikasi fotokatalistik di lapangan sebagai pengolahan skala limbah industry?

Jawaban :

Aplikasi di lapangan dengan adanya sinar matahari sebagai sumber sinar ultraviolet, diharapkan dengan

menempelkan fotokatalis dapat menguraikan padatan baik gas maupun limbah cair.

Nama Penanya : **Yanik Ika Widiastuti**

Nama Pemakalah : **Diana Rahmawati**

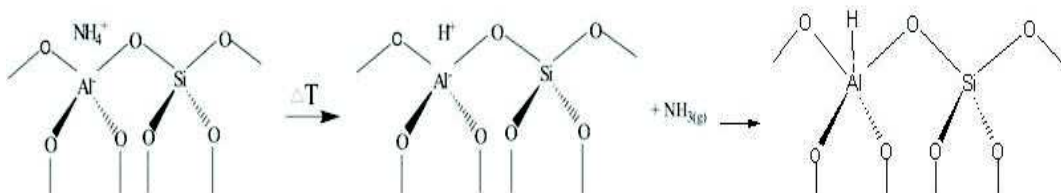
Pertanyaan :

Optimasi penyinaran dengan UV-Vis pada proses fotokatalik

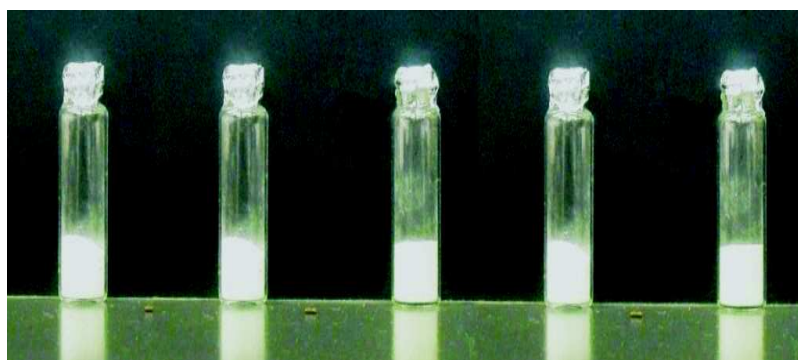
Jawaban :

Dengan Lampu merkuri $\lambda=420$ nm. Sumber sinar UV dengan lampu merkuri (Hg) pada $\lambda:320$ nm, yang dipakai 100 watt. Sumber sinar UV harus memenuhi criteria yang sesuai dengan λ UV visible.

LAMPIRAN



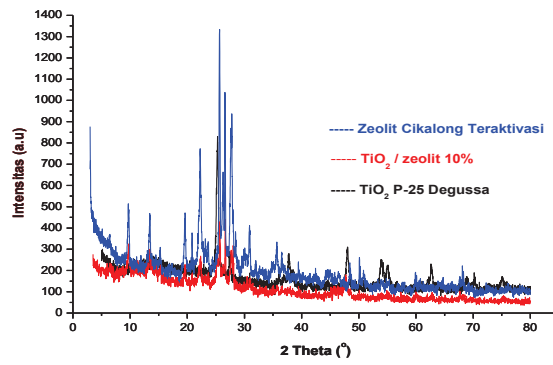
Gambar 1. Perlakuan termal terhadap NH_4 -zeolit sehingga diperoleh H-zeolit (Setyawan, 2002).



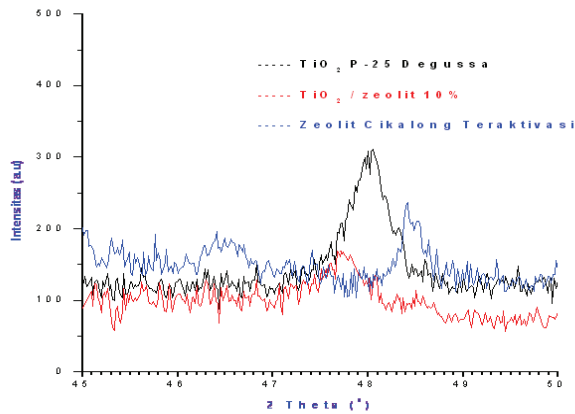
Gambar 2. Fotokatalis TiO_2 /zeolit alam. (a) 0,5% b/b (b) 1% b/b (c) 5% b/b (d) 10% b/b (e) 50% b/b.

Tabel 1. Perbandingan luas permukaan spesifik zeolit teraktivasi dan fotokatalis TiO_2 /zeolit (10%).

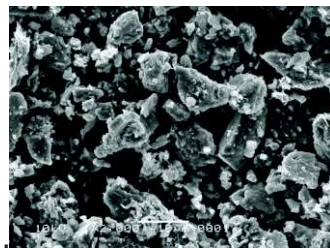
Jenis sampel	Luas permukaan spesifik (m^2/g)
Zeolit alam teraktivasi	7,0
TiO_2 /zeolit alam (10%)	7,28



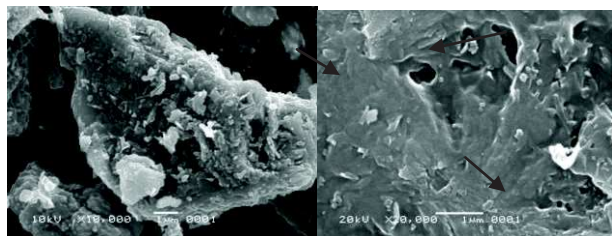
Gambar 3. Pola difraksi dari zeolit Cikalong, fotokatalis TiO_2 /zeolit alam (10%), dan standar TiO_2 P-25 Degussa.



Gambar 4. Pola difraksi dari zeolit Cikalong, fotokatalis TiO_2 /zeolit alam (10%), dan standar TiO_2 P-25 Degussa



(a)

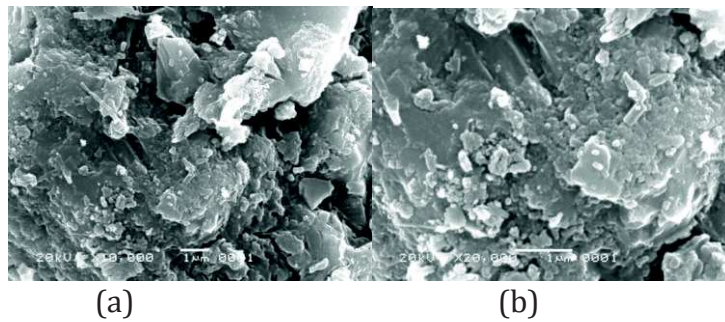


(b)

(c)

Gambar 5. Morfologi permukaan sampel zeolit Cikalong.

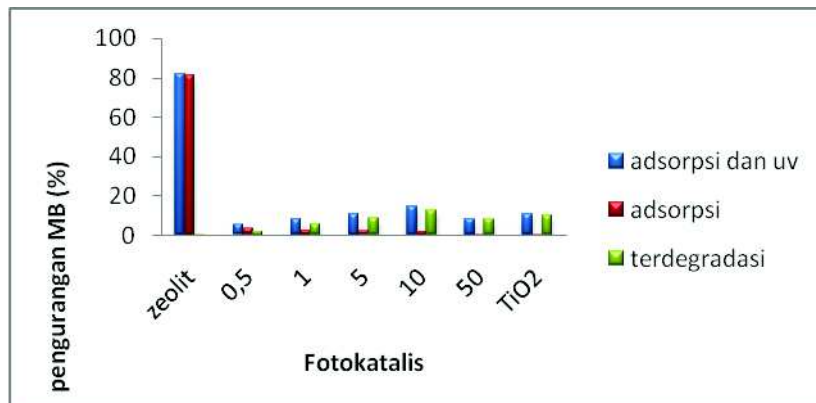
- (a) pembesaran 2000 kali
- (b) pembesaran 10000 kali
- (c) pembesaran 20000 kali



Gambar 6. Morfologi permukaan fotokatalis TiO₂/zeolit alam.
 (a) pembesaran 10000 kali
 (b) pembesaran 20000 kali

Tabel 2. Persentase fotodegradasi *methylene blue* oleh fotokatalis TiO₂/zeolit alam setelah dihilangkan pengaruh adsorpsi dari zeolit dan TiO₂.

Konsentrasi fotokatalis (%)	Persentase <i>methylene blue</i> terdegradasi (%)		Persentase sebenarnya <i>methylene blue</i> terdegradasi oleh fotokatalis (%)
	Gabungan fotokatalis dan adsorpsi	Proses adsorpsi	
Zeolit (0%)	81,59	81,34	0,25
TiO ₂ /zeolit (0,5%)	5,20	3,45	1,75
TiO ₂ /zeolit (1%)	7,95	2,4	5,55
TiO ₂ /zeolit (5 %)	10,96	2,20	8,76
TiO₂/zeolit (10%)	13,91	1,7	12,56
TiO ₂ /zeolit (50%)	8,25	0,05	8,20
TiO ₂ (100%)	10,51	0,2	10,31



Gambar 7. Grafik persentase adsorpsi dan degradasi *methylene blue* terhadap variasi konsentrasi fotokatalis TiO₂/zeolit alam selama 150 menit.