

# PEMANFAATAN ZEOLIT ALAM CIAMIS SEBAGAI PENGEMBAN FOTOKATALIS TiO<sub>2</sub> UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA RHODAMINE B

## THE APPLICATION OF NATURAL ZEOLITE FROM CIAMIS AS TiO<sub>2</sub> PHOTOCATALYST SUPPORT FOR RHODAMINE B DYE PHOTODEGRADATION

Siti Agusriyanti\* dan Pedy Artsanti

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
Jl. Marsda Adisucipto, No.1, Yogyakarta 55281, Indonesia

\*email: [agristy22@gmail.com](mailto:agristy22@gmail.com)

diterima 2 Desember 2014, disetujui 3 Maret 2015

### Abstrak

Sintesis komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> telah berhasil dilakukan dengan mencampurkan zeolit alam Ciamis teraktivasi HCl, TiO<sub>2</sub> *degussa*, dan etanol *absolute*. Komposit yang terbentuk kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, FT-IR dan XRF. Selanjutnya komposit digunakan untuk fotodegradasi zat warna *Rhodamine B* dengan variasi waktu kontak selama 60, 75, 90, 105, 120 dan 135 menit, serta variasi konsentrasi awal larutan *Rhodamine B* yaitu 10, 20, 40, 60, 80, 90 dan 100 ppm. Hasil karakterisasi menggunakan XRD, FT-IR, dan XRF menunjukkan bahwa sintesis komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> relatif berhasil. Hal tersebut dilihat dengan adanya refleksi TiO<sub>2</sub> jenis anatase di daerah 2 $\theta$  25,38 $^{\circ}$  pada difraktogram XRD komposit. Selain itu, pada spektra FT-IR komposit juga muncul serapan gugus TiO<sub>2</sub> pada daerah 694,37 cm<sup>-1</sup>. Dugaan tersebut diperkuat oleh XRF dengan bertambahnya jumlah Ti pada komposit setelah pengembanan TiO<sub>2</sub> sebanyak 0,55 %. Kondisi optimum untuk fotodegradasi zat warna *Rhodamine B* dicapai pada waktu 105 menit dengan konsentrasi awal larutan 10 ppm yaitu sebesar 81,8 %.

Kata kunci: Zeolit Alam, TiO<sub>2</sub>, Komposit zeolit-TiO<sub>2</sub>, Fotodegradasi, *Rhodamine B*

### Abstract

The composite of zeolite-TiO<sub>2</sub> was successfully prepared by mixing acid-activated Ciamis natural zeolite and TiO<sub>2</sub> *Degussa* in absolute ethanol. The composite obtained was characterized by XRD, FT-IR and XRF. Zeolite-TiO<sub>2</sub> composite was applied in the photodegradation of the dye of *Rhodamine B* in the variation of contact time (60, 75, 90, 105, 120, and 135 minutes, respectively) and initial concentration (10, 20, 40, 60, 80, 90, and 100 ppm, respectively) of *Rhodamine B*. The result of XRD, FT-IR, and XRF confirmed that the composite of zeolite-TiO<sub>2</sub> was successfully synthesized. The composite showed the optimum photodegradation of *Rhodamine B* solution when the initial *Rhodamine B* concentration was 10 ppm, being equivalent to 81.8% of *Rhodamine B* removal for 105 minutes.

Keywords: Natural Zeolit, TiO<sub>2</sub>, zeolite-TiO<sub>2</sub> composite, photodegradation, *Rhodamine B*

### Pendahuluan

Perkembangan industri tekstil yang terus meningkat memberikan dampak positif bagi perekonomian bangsa, karena mampu menyumbang devisa yang cukup besar, akan tetapi disisi lain justru dapat menimbulkan masalah yang serius bagi lingkungan terutama masalah limbah zat warna yang dibuang secara langsung ke sungai/lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu. Menurut laporan Gupta dkk. [1] terdapat sekitar 100 ton limbah zat warna yang dibuang ke perairan oleh industri tekstil untuk setiap tahunnya.

Limbah zat warna merupakan hasil samping dari proses pencelupan dan pencapan yang sifatnya berbahaya bagi lingkungan terutama lingkungan perairan karena umumnya merupakan senyawa organik yang bersifat *non-biodegradable*, beracun dan stabil [2,3]. *Rhodamine B* merupakan salah satu jenis zat warna sintetik yang sering digunakan dalam industri tekstil. Zat warna ini bersifat reaktif, stabil dan dapat terdekomposisi menjadi senyawa yang lebih berbahaya [4]. Oleh karena sifatnya yang berbahaya bagi lingkungan maka perlu

adanya penanganan lebih lanjut terhadap limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil tersebut sehingga benar-benar aman untuk dilepas ke lingkungan.

Berbagai metode sudah banyak dilakukan, diantaranya metode adsorpsi, biodegradasi, klorinasi dan ozonisasi. Akan tetapi metode tersebut memerlukan biaya operasional yang sangat besar sehingga kurang efektif untuk diterapkan di Indonesia. Metode lainnya adalah koagulasi kombinasi, oksidasi, elektrokimia, flukolasi, osmosis balik dan adsorpsi menggunakan karbon aktif. Namun metode-metode tersebut juga memiliki kelemahan, yaitu pada dasarnya hanya berperan mentransfer polutan dari air limbah ke media lainnya sehingga menyebabkan polusi yang lain [5]. Dalam beberapa dekade ini, proses fotokatalitik menggunakan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  dengan sinar UV sebagai sumber penyinaran telah menunjukkan potensi untuk mengatasi permasalahan dari limbah zat warna [6]. Dalam praktek remediasi polutan biasanya penggunaan semikonduktor tersebut dikombinasikan dengan sebuah matriks seperti adsorben. Kombinasi ini dapat meningkatkan kemampuan matriks yaitu selain adsorpsi juga mampu mendegradasi limbah secara fotokatalitik [7].

Salah satu jenis adsorben yang keberadaannya cukup melimpah di Indonesia adalah zeolit. Di Jawa Barat, zeolit dapat ditemukan di wilayah Kabupaten Bogor, Sukabumi, Tasikmalaya dan Ciamis [8]. Kelimpahan sumberdaya zeolit tersebut belum sebanding dengan pemanfaatannya yang masih sangat minim.

Zeolit merupakan senyawa alumina silika yang memiliki pori serta luas permukaan yang relatif besar, sehingga sering dimanfaatkan sebagai adsorben, katalisator dan pertukaran ion [9]. Peningkatan daya guna atau optimalisasi zeolit alam sebagai adsorben dapat dilakukan melalui aktivasi, baik secara fisis (seperti pemanasan pada suhu tinggi) atau secara kimia (seperti menggunakan larutan asam) [10].

Pada penelitian ini akan dilakukan pemanfaatan zeolit alam yang berasal dari kabupaten Ciamis sebagai pengemban fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dengan harapan dapat meningkatkan efektivitas  $\text{TiO}_2$  sebagai fotokatalis dan daya guna zeolit alam sebagai adsorben. Untuk meningkatkan kualitas zeolit alam sebagai adsorben maka dilakukan modifikasi terlebih dahulu melalui aktivasi oleh HCl dan pemanasan pada suhu tinggi. Selanjutnya, komposit zeolit-

$\text{TiO}_2$  yang terbentuk diuji aktivitasnya terhadap fotodegradasi zat warna *Rhodamine B* sebagai metode alternatif pengolahan limbah zat warna tekstil.

## Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan untuk analisis dan karakterisasi yaitu spektrofotometer UV-Vis *Hitachi U-1800* dari Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga, *Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FT-IR) Thermo Nicolet Avatar 360* dan *X-Ray Diffraction (XRD) Shimadzu 6000* dari Laboratorium FMIPA UGM, serta *X-Ray Fluorescence (XRF)* dari Laboratorium Pusat Sains dan Teknologi Akselerator BATAN Yogyakarta. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: zeolit alam yang berasal dari Dusun Babakan Jaya, Desa Bojongsari, Kecamatan Padaherang, Kabupaten Ciamis, Jawa Barat,  $\text{TiO}_2$  P25 *Degussa*, HCl 1M, etanol *absolute* dan zat warna *Rhodamine B*.

*Preparasi dan aktivasi zeolit.* Zeolit alam Ciamis digerus dan diayak hingga ukuran partikel lolos *saringan* 140 mesh sebanyak 100 g. Zeolit hasil ayakan direndam dalam 2L akuades sambil diaduk selama 24 jam. Kemudian suspensi yang terbentuk disaring dan dikeringkan pada suhu  $120\text{ }^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Selanjutnya, zeolit dikarakterisasi menggunakan XRD dan FT-IR sebagai zeolit alam (ZA). Aktivasi zeolit dilakukan dengan merendam ZA sebanyak 50 g yang telah dihaluskan dalam 100 mL HCl 1 M sambil diaduk selama 2 jam. Selanjutnya, campuran disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH filtrat sama dengan pH akuades. Setelah itu, zeolit yang telah diaktivasi oleh HCl dipanaskan dalam *furnace* pada suhu  $600\text{ }^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Selanjutnya, zeolit dikarakterisasi menggunakan XRD, FT-IR dan XRF sebagai zeolit teraktivasi asam (ZH).

*Sintesis komposit zeolit- $\text{TiO}_2$ .* Sintesis komposit zeolit- $\text{TiO}_2$  dilakukan dengan cara mencampurkan 20 g ZH yang telah dihaluskan dengan 1 g  $\text{TiO}_2$  dan dilarutkan dengan 20 mL etanol *absolute* sambil diaduk selama 2 jam pada suhu kamar. Kemudian campuran yang terbentuk dikeringkan dalam oven pada suhu  $120\text{ }^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Setelah itu, komposit zeolit- $\text{TiO}_2$  yang terbentuk digerus sampai halus, lalu dipanaskan dalam *furnace* pada suhu  $400\text{ }^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Hasil yang diperoleh kemudian dikarakterisasi

menggunakan XRD, FT-IR dan XRF sebagai komposit zeolit-TiO<sub>2</sub>.

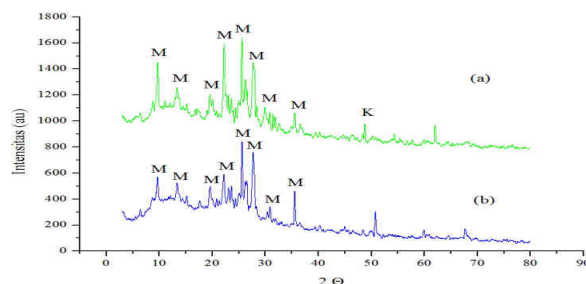
**Fotodegradasi Larutan Rhodamine B Variasi Waktu.** Fotodegradasi larutan *Rhodamine B* variasi waktu dilakukan dengan cara menambahkan 25 mg komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> ke dalam 25 mL larutan *Rhodamine B* 20 ppm sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan dilakukan di dalam reaktor UV *black light* dengan penyinaran UV selama 60, 75, 90, 105, 120 dan 135 menit. Sebagai pembandingan, dilakukan hal yang serupa terhadap *Rhodamine B* menggunakan komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> tanpa penyinaran UV dan ZH dengan penyinaran UV dengan variasi waktu yang sama. Selanjutnya, larutan hasil perlakuan dipisahkan dari material yang terkandung didalamnya dengan cara diendapkan menggunakan *sentrifuge*, kemudian larutan tanpa endapannya disaring menggunakan *filter millipore*. Setelah itu, larutan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 200-650 nm. Nilai absorbansi yang didapat kemudian digunakan untuk mengukur konsentrasi larutan *Rhodamine B* yang tersisa.

**Fotodegradasi Larutan Rhodamine B Variasi Konsentrasi.** Larutan sampel *Rhodamine B* dengan variasi konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, 90 ppm dan 100 ppm masing-masing dimasukkan ke dalam gelas beker 50 mL sebanyak 25 mL dan ditambahkan 25 mg komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> sambil diaduk di dalam reaktor UV *black light* dengan penyinaran UV selama waktu optimum. Larutan hasil degradasi diendapkan menggunakan *sentrifuge*, kemudian larutan tanpa endapannya disaring menggunakan *filter millipore*. Setelah itu larutan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV pada panjang gelombang maksimum

**Hasil dan Pembahasan**

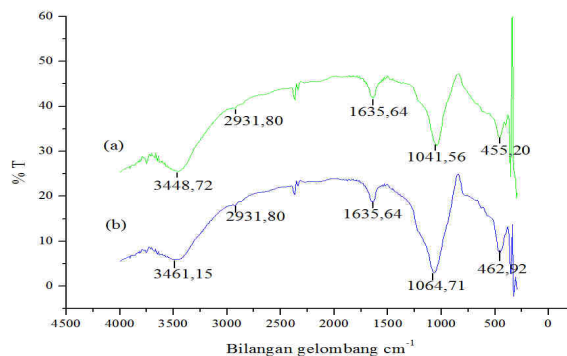
Hasil karakterisasi ZA dan ZH menggunakan menggunakan XRD dalam bentuk difraktogram ditampilkan pada Gambar 1. Berdasarkan difraktogram ZA (Gambar 1a), kandungan utama sampel zeolit alam Ciamis adalah mordenit. Puncak yang menunjukkan kandungan mordenit adalah pada sudut difraksi 2θ = 9,7°; 13,38°; 19,52°; 22,22°; 25,56°; 27,68°; 30,89°; dan 35,5°. Sedangkan pada puncak lain, yaitu pada sudut difraksi 2θ = 48,76° adalah puncak khas klinoptilolit.

Difraktogram ZH (gambar 1b), tidak mengalami perubahan yang cukup signifikan dari difraktogram ZA (gambar 1a). Hal ini menunjukkan bahwa proses aktivasi asam tidak mempengaruhi jenis mineral penyusun dari zeolit alam tersebut. Hanya saja intensitas puncak pada ZH mengalami penurunan, hal ini dimungkinkan karena adanya kerusakan struktur kerangka zeolit yang disebabkan oleh pemanasan pada suhu tinggi sehingga tingkat kristalinitasnya berkurang.



Gambar 1. Difraktogram ZA (a) dan ZH (b) (M adalah mordenit, K adalah klinoptilolit)

Untuk mempelajari perubahan gugus fungsional dilakukan analisis yang hasilnya ditampilkan pada Gambar 2.



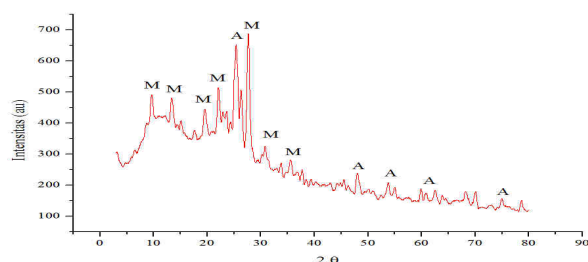
Gambar 2. Spektra FT-IR ZA (a) dan ZH (b)

Berdasarkan Gambar 2a, spektra ZA memiliki serapan gugus fungsional pada bilangan gelombang 3448,72 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya gugus OH dari molekul air yang teradsorpsi. Serapan pada bilangan gelombang 1635,64 cm<sup>-1</sup> menunjukkan gugus fungsional dari OH tekuk yang merupakan deformasi dari H<sub>2</sub>O. Pada bilangan gelombang 2931,80 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus C-H yang diduga berasal dari pengotor senyawa organik yang

terperangkap dalam kerangka zeolit. Pada bilangan gelombang 1041,56 cm<sup>-1</sup> terdapat regangan dari O-Si-O dan O-Al-O. Pita serapan 455,20 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya serapan vibrasi tekuk T-O yang merupakan interpretasi dari jalinan internal pada kerangka zeolit.

Gambar 2b memberikan informasi bahwa dalam spektra ZH memiliki serapan gugus fungsional yang hampir sama dengan ZA, sehingga tidak banyak mengalami perubahan gugus fungsi yang berarti. Hanya saja pada ZA terjadi beberapa pergeseran bilangan gelombang, yaitu pada gugus fungsi OH dari 3448,72 cm<sup>-1</sup> menjadi 3464,15 cm<sup>-1</sup> dan pada bilangan gelombang 1041,56 cm<sup>-1</sup> menjadi 1064,71 cm<sup>-1</sup>. Pergeseran spektra ke bilangan gelombang yang lebih besar kemungkinan mengindikasikan terjadinya dealuminasi atau pengurangan gugus Al pada kerangka zeolit.

Analisis XRD komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> hasil sintesis (Gambar 3) dilakukan bertujuan untuk mengetahui keberadaan TiO<sub>2</sub> didalam komposit sehingga bisa dilihat keberhasilan dalam sintesisnya. Hasil karakterisasi XRD TiO<sub>2</sub> *degussa* dan komposit zeolit-TiO<sub>2</sub>.

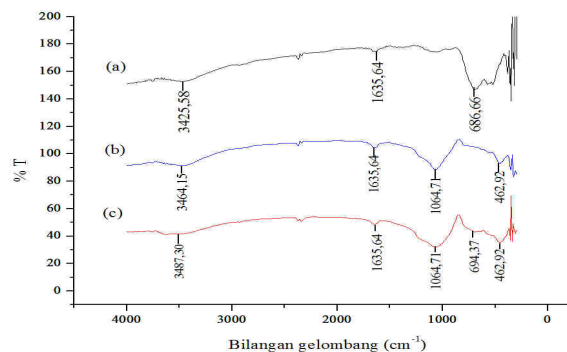


Gambar 3 Difraktogram komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> (M : mordenit, A : anatase)

Dari Gambar 3 terlihat refleksi TiO<sub>2</sub> jenis anatase (A) paling tinggi di daerah 2θ = 25,38° dan puncak-puncak kecil pada daerah 2θ = 47,98°; 53,76°; 62,58° dan 74,98°. Data tersebut hasil pencocokkan dengan data *Join Committee on Powder Diffraction Standart* (JCPDS) (1969) 21-1272.

Berdasarkan penjelasan diatas, hasil karakterisasi XRD mengindikasikan adanya keberadaan TiO<sub>2</sub> dalam komposit zeolit-TiO<sub>2</sub>, akan tetapi dari difraktogram ini belum dapat dipastikan apakah TiO<sub>2</sub> telah terdispersi di dalam pori-pori atau permukaan eksternal zeolit. Untuk memperkuat dugaan analisis tersebut, dilakukan karakterisasi lanjutan dengan menganalisis gugus fungsinya menggunakan FT-IR.

Gambar 4 memperlihatkan adanya perbedaan antara spektra FT-IR komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> dengan spektra ZH. Perbedaan tersebut terjadi karena adanya serapan baru yang muncul pada bilangan gelombang 694,37 cm<sup>-1</sup> pada spektra komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> dimana serapan tersebut tidak terbaca pada spektra ZH. Serapan tersebut diduga adalah milik TiO<sub>2</sub> karena pada spektra TiO<sub>2</sub> *Degussa* juga muncul serapan yang kuat pada bilangan gelombang 686,66 cm<sup>-1</sup>.



Gambar 4 Spektra FTIR (a) TiO<sub>2</sub> *Degussa*, (b) ZH dan (c) Komposit zeolit-TiO<sub>2</sub>

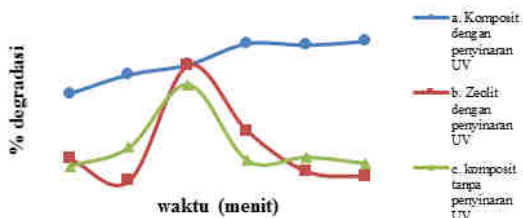
Dari penjelasan diatas dapat diasumsikan adanya TiO<sub>2</sub> dalam komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang karakteristik TiO<sub>2</sub> dimana serapan tersebut tidak terbaca pada spektra ZH. Akan tetapi, keberadaan TiO<sub>2</sub> ini tidak menjelaskan adanya ikatan dengan zeolit karena tidak diketahui adanya serapan yang mengindikasikan ikatan antara gugus TiO<sub>2</sub> dengan SiO/AIO. Oleh karena itu dilakukan analisis lanjutan dengan menganalisis kandungan Ti pada zeolit maupun pada komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> menggunakan XRF. Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui kandungan logam Ti pada komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> mengalami peningkatan sebesar 0,55 % dibandingkan dengan kandungan Ti pada ZH. Hal tersebut mengindikasikan bahwa sintesis komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> relatif berhasil.

Tabel 1 Hasil analisis XRF kandungan Ti pada zeolit aktivasi (ZH) dan komposit zeolit-TiO<sub>2</sub>

Nama Sampel	Kadar (%)
Zeolit Aktivasi (ZH)	0,294
Komposit zeolit-TiO <sub>2</sub>	0,844

**Fotodegradasi Larutan Rhodamine B Variasi Waktu.** Hasil perlakuan menggunakan

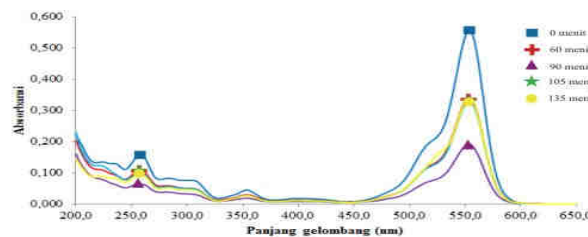
komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> dengan penyinaran UV (Gambar 5a) memperlihatkan bahwa persentase degradasi meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak dan relatif stabil ketika telah mencapai titik optimum. Persentase degradasi tertinggi terjadi pada menit ke 135 yaitu sebesar 79,05%. Akan tetapi, pada menit ke 135 persentase degradasinya tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, karena pada menit ke 105, 120 dan 135 persentase degradasi relatif stabil. Hal ini kemungkinan terjadi dikarenakan kemampuan komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> dalam mendegradasi larutan *Rhodamine B* sudah mencapai titik maksimal, sehingga waktu optimum untuk mendegradasi *Rhodamine B* adalah pada saat menit ke 105 dengan persen degradasi sebesar 78,35%.



Gambar 5. Kurva hubungan waktu kontak terhadap persentase degradasi *Rhodamine B*

Pada eksperimen pembandingan dengan menggunakan komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> tanpa penyinaran UV (Gambar 5b) dan zeolit dengan penyinaran UV (Gambar 5c) memperlihatkan persentase degradasi naik hingga waktu optimum (90 menit) dan turun kembali setelah melewati waktu optimum. Penurunan persentase degradasi yang terjadi kemungkinan karena komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> maupun zeolit yang digunakan sebagai adsorben mengalami kejenuhan dalam mengadsorpsi larutan *Rhodamine B*, sehingga ketika waktu adsorpsi melebihi waktu optimumnya maka akan menyebabkan terjadinya proses desorpsi atau pelepasan kembali ion/molekul yang telah berikatan dengan gugus aktif pada adsorben, sehingga konsentrasi larutannya kembali meningkat yang menyebabkan persentase degradasi menurun. Adanya proses desorpsi tersebut mengindikasikan bahwa larutan *Rhodamine B* tidak terdegradasi menjadi senyawa baru akan tetapi hanya teradsorpsi ke dalam adsorben.

Lebih lanjut dilakukan pembacaan spektra UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200-650 nm untuk melihat terjadinya perubahan antara proses adsorpsi maupun proses fotodegradasi terhadap zat warna *Rhodamine B*. Gambar 6 merupakan spektra UV-Vis larutan *Rhodamine B* sebelum dan setelah direaksikan dengan komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> tanpa penyinaran UV.

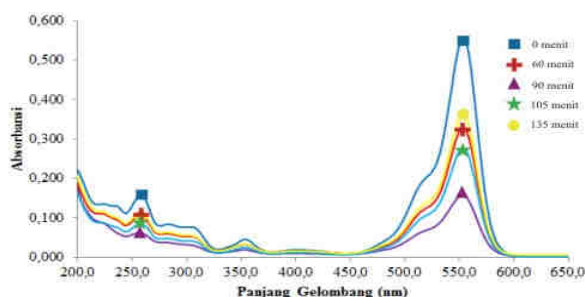


Gambar 6. Spektra Absorpsi UV-Vis larutan *Rhodamine B* menggunakan komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> tanpa penyinaran UV

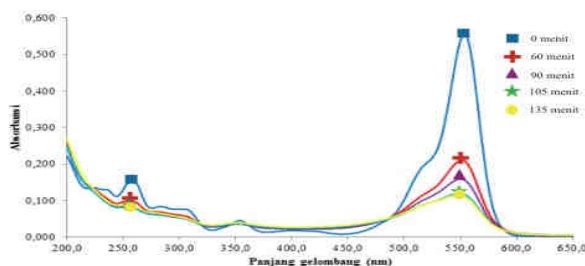
Dari spektra di atas (Gambar 6) dapat dilihat bahwa tidak terjadi perubahan puncak serapan yang cukup signifikan. Hanya terjadi penurunan intensitas dengan skala yang sangat kecil. Intensitas puncak terendah terjadi pada spektra waktu 90, selanjutnya intensitas puncak kembali meningkat. Hal ini menguatkan bahwa zat warna *Rhodamine B* yang direaksikan dengan komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> tanpa penyinaran UV tidak terdegradasi menjadi senyawa baru, akan tetapi hanya teradsorpsi di dalam adsorben. Berdasarkan penjelasan di atas, menunjukkan bahwa peran UV sangat berpengaruh terhadap proses fotodegradasi, yaitu untuk mengaktifkan kinerja fotokatalis TiO<sub>2</sub> yang dapat mengubah zat warna *Rhodamine B* menjadi senyawa baru yang lebih sederhana, sehingga dalam penelitian ini, TiO<sub>2</sub> diduga tidak menjalankan tugasnya sebagai fotokatalis (dengan tidak adanya penyinaran UV) yang menyebabkan proses yang berlangsung hanya terjadi adsorpsi oleh zeolit.

Spektra absorpsi UV-Vis *Rhodamine B* sebelum dan setelah direaksikan dengan zeolit dan penyinaran UV disajikan pada Gambar 7. Spektra tersebut hampir serupa dengan spektra *Rhodamine B* yang dihasilkan ketika perlakuan menggunakan komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> tanpa penyinaran (Gambar 6). Pada spektra tersebut tidak terjadi perubahan puncak serapan yang cukup signifikan. Hanya terjadi penurunan intensitas dengan skala yang sangat kecil. Intensitas puncak terendah terjadi pada spektra

waktu menit ke 90, selanjutnya intensitas puncak kembali meningkat. Hal ini menguatkan bahwa *Rhodamine B* yang direaksikan dengan zeolit dan penyinaran UV juga tidak terdegradasi menjadi senyawa baru, akan tetapi hanya teradsorpsi di dalam adsorben. Berdasarkan penjelasan diatas, peran UV dalam perlakuan tersebut tidak terlalu memberikan pengaruh terhadap proses fotodegradasi, karena tidak adanya  $TiO_2$  yang bisa diaktifkan sebagai fotokatalis dan hasilnya relatif sama dengan yang dihasilkan oleh perlakuan menggunakan komposit zeolit- $TiO_2$  tanpa penyinaran (yang diindikasikan hanya zeolit yang bekerja). Oleh karena itu, dari penelitian ini dapat diketahui bahwa keberadaan  $TiO_2$  juga sangat berpengaruh terhadap proses fotodegradasi yaitu sebagai fotokatalis yang mengoksidasi zat warna menjadi senyawa yang lebih sederhana.



Gambar 7. Spektra Absorpsi UV-Vis larutan *Rhodamine B* menggunakan komposit zeolit dengan penyinaran UV

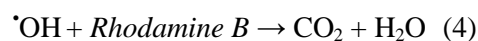
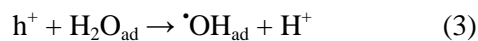
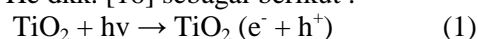


Gambar 8. Spektra Absorpsi UV-Vis larutan *Rhodamine B* menggunakan komposit zeolit- $TiO_2$  dengan penyinaran UV

Eksperimen yang memperlihatkan pengaruh dari adanya  $TiO_2$  dan UV secara bersamaan yaitu eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan komposit zeolit- $TiO_2$  dengan penyinaran UV. Spektra (Gambar 8) menunjukkan adanya penurunan intensitas spektra seiring dengan lamanya proses degradasi dan relatif tetap setelah waktu optimum tercapai. Hal tersebut

kemungkinan menandai bahwa adanya proses degradasi struktural *Rhodamine B*. Selain itu, spektra tersebut juga memperlihatkan terjadinya pergeseran pita ke energi yang lebih besar. Menurut Li dkk. [11] dan Behnajady dkk [12] penurunan intensitas serapan dan terjadinya pergeseran pita ke energi yang lebih besar di bawah sinar UV disebabkan oleh proses *deethylation* yang menyerang spesies oksigen aktif pada kelompok N-etil dalam *Rhodamine B* yang dapat mengubah struktur *Rhodamine B*. Hal ini mengindikasikan bahwa *Rhodamine B* pada menit ke 105 sudah terdegradasi menjadi senyawa baru yang sederhana. Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa adanya  $TiO_2$  dan sinar UV sangat berpengaruh terhadap proses fotodegradasi.

Secara teoritik fotodegradasi terjadi karena komposit zeolit- $TiO_2$  mengandung oksida titan yang merupakan suatu bahan semikonduktor yang memiliki pita valensi terisi dan pita konduksi yang kosong. Hal ini berakibat ketika zeolit- $TiO_2$  dikenai sinar UV yang bersesuaian atau melebihi energi celah pita dalam oksida titan tersebut, maka elektron akan mengalami eksitasi dari pita valensi ke pita konduksi (menghasilkan  $e^-$ ) yang menyebabkan adanya kekosongan atau *hole* ( $h^+$ ) yang dapat berperan sebagai muatan positif. Selanjutnya, *hole* ( $h^+$ ) akan bereaksi dengan hidroksida logam yaitu hidroksida titan yang terdapat dalam larutan membentuk radikal hidroksida logam yang merupakan oksidator kuat untuk mengoksidasi *Rhodamine B* [14]. Reaksinya digambarkan oleh Sonewane dkk [15] dan He dkk. [16] sebagai berikut :



**Fotodegradasi Larutan *Rhodamine B* Variasi Konsentrasi.** Fotodegradasi larutan *Rhodamine B* variasi konsentrasi dilakukan untuk melihat sejauh mana pengaruh konsentrasi awal larutan *Rhodamine B* terhadap efisiensi degradasinya. Penelitian ini dilakukan pada rentang 10-100 ppm dalam waktu 105 menit. Dari gambar 9 dapat dilihat bahwa persen degradasi yang dihasilkan dari perlakuan dengan variasi konsentrasi awal larutan yaitu menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi awal larutan. Hasil tersebut menyatakan bahwa konsentrasi

awal *Rhodamine B* paling optimum terdapat pada *Rhodamine B* dengan konsentrasi awal 10 ppm dengan persentase degradasi 81,80 %. Hal tersebut terjadi karena ketika konsentrasi awal larutan *Rhodamine B* meningkat maka molekul *Rhodamine B* pada permukaan komposit juga akan meningkat sehingga penyerapan ion OH oleh komposit mengalami hambatan dan menyebabkan tingkat pembentukan OH radikal menurun. Konsentrasi dapat menurunkan tingkat efisiensi degradasi [17].



Gambar 9 Kurva hubungan konsentrasi awal larutan *Rhodamine B* dengan persen degradasi

## Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa proses aktivasi asam tidak mempengaruhi jenis mineral penyusun dari zeolit alam yaitu mordenit. Hanya saja zeolit teraktivasi HCl diindikasikan terjadi dealuminasi atau pengurangan gugus Al pada kerangka zeolit menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya logam pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Proses pengembunan TiO<sub>2</sub> ke dalam zeolit (sintesis komposit zeolit-TiO<sub>2</sub>) relatif berhasil yang ditunjukkan dengan adanya refleksi TiO<sub>2</sub> dalam difraktogram komposit zeolit-TiO<sub>2</sub>, spektra karakteristik TiO<sub>2</sub> dalam spektra komposit zeolit-TiO<sub>2</sub>, serta adanya peningkatan jumlah Ti. Kondisi optimum untuk fotodegradasi zat warna *Rhodamine B* dicapai pada waktu penyinaran UV selama 105 menit dengan konsentrasi awal larutan 10 ppm, yaitu sebesar 81,8 %.

## Pustaka

[1] Gupta, V.K. (2005). Removal of Dyes From Wastewater Using Bottom ash, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 44: 3655-3664

[2] Manurung, R., Hasibuan, R., dan Irvan. (2004). Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob, *e-Repository USU*

[3] Rashed, M.N and El-Amin, A.A. (2007). Photocatalytic Degradation of Methyl Orange

in Aqueous TiO<sub>2</sub> under Different Solar Irradiation Sources, *Internasional Journal of Physical Science*, 1(3): 073-081

[4] Kurnia, Y. (2011). Studi Adsorpsi Zat Warna *Rhodamine B* Menggunakan Abu Dasar Batu Bara PLTU Paiton. *Skripsi*. UGM

[5] Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D. (2006). Utilisasi TiO<sub>2</sub>-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna *Congo Red*, *Berkala MIPA*, 16(3): 7-12.

[6] Joshi, K.M. and Shrivastava, V.S. (2010). Removal Of Hazardious Textile Dyes From Aqueous Solution By Using Commercial Activated Carbon With TiO<sub>2</sub> and ZnO As Photocatalyst, *ChemTech*, 2, 427-435.

[7] Utubira, Y., Wijaya, K., Triyono, dan Sugiharto, E. (2006). Preparasi dan Karakterisasi TiO<sub>2</sub>-Zeolit serta Pengujiannya Pada Degradasi Limbah Industri Tekstil Secara Fotokatalitik. *Indo. J. Chem*, 6(3): 231-237.

[8] Indarto, S., Suyadi, D., Setiawan, I., Fatimah, D., dan Estiaty, L.M. (2010). Ganesha Zeolit Berdasarkan Kandungan Mineraloginya Daerah Padaherang dan Kalipucang, Ciamis, Jawa Barat, *Prosiding*, Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi-LIPI

[9] Sutarti, M. dan Rahmawati, M. (1994) *Zeolit: Tinjauan Literatur*. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI

[10] Ertan, A., and Ozkan. (2005). CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> Adsorption on the Acid (HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) Treated Zeolites, *Adsorption*, 11: 151-156.

[11] Li, D., Zheng, H., Wang, Q., Wang, X., Jiang, W., Zhang, Z., and Yang, Y. (2014). A Novel Double-Cylindrical-Shell Photoreactor Immobilized With Monolayer TiO<sub>2</sub>-Coated Silica Gel Beads For Photocatalytic Degradation of *Rhodamine B* And Methyl Orange in Aqueous Solution, *Separation and Purification Technology*, 123, 130-138.

[12] Behnajady, M.A., Modirshahla, N., Tabrizi, S.B., and Molanee, S. (2008). Ultrasonic Degradation of *Rhodamine B* in Aqueous Solution: Influence of Operational Parameters, *Journal of Hazardous Materials*, 152, 381-386

[13] Fatimah, I., Sugiharto, E., Wijaya, K., Tahir, I., and Kamalia. (2006). Titanium Oxide Dispersed On Natural Zeolite (TiO<sub>2</sub>/Zeolite) And Its Application For *Congo Red*

- Photodegradation, *Indo. J. Chem.*, 6(1): 38-42.
- [14] Sonawane, R.S., and M.K Dongare, 2006, Sol-gel Sunthesis of Au/TiO<sub>2</sub> Thin Films for Photocatalytic Degradation of Phenol in Sunlight, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 243, 68-76
- [15] He, Z., Sun, C., Yang, S., Ding, Y., He, H., and Wang, Z. (2009). Photocatalytic Degradation of Rhodamine B by Bi<sub>2</sub>WO<sub>6</sub> with Electron Accepting Agent Under Microwave Irradiation: Mechanism and Pathway, *Journal of Hazardous Material*, 162: 1477-1486.
- [16] Wang, J., Jiang, Z., Zhang, Z., Xie, Y., Wang, X., Xing, Z., Xu, R., and Zhang, X. (2008). Sonocatalytic Degradation of Acid Red B and Rhodamine B Catalyzed By Nano-Sized ZnO Powder Under Ultrasonic Irradiation, *Ultrasonic Sonochemistry*, 15: 768-774.