

UJI ADSORBSI ZEOLIT ALAM BAYAH DAN PENGARUH SINAR ULTRAVIOLET TERHADAP DEGRADASI LIMBAH METHYLENE BLUE

Indar Kustiningsih, Denni Kartika Sari
Teknik Kimia, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
IndarKustiningsih@yahoo.com

Abstrak

Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil merupakan senyawa organik yang sulit terurai, berbahaya dan dapat mencemari lingkungan perairan.. Tujuan penelitian inia dalah untuk mengetahui kemampuan zelit alam bayah dan sinar UV terhadap degradasi limbah methylene blue. Penelitian ini terdiri dari 3 tahapan, yaitu aktivasi zeolit, adsorpsi limbah *methylene blue* dengan menggunakan zeolite alam bayah berbantu sinar UV. Analisa yang digunakan adalah analisa BET dan spektrofotometer UV-VIS. Pada penelitian ini hasil adsorpsi terbaik adalah dengan menggunakan zeolite teraktivasi dengan berbantu sinar UV sebesar 87,4 %.

Kata Kunci: Zeolite alam Bayah, UV, *Methylene Blue*

Abstract

The dye waste produced from the textile industry is a compound Organics that are difficult to decompose, harmful and can contaminate the aquatic environment. The purpose of this study is to determine the ability of natural zeolite and UV rays to degradation of methylene blue waste. This research consists of 3 stages, namely zeolite activation, methylene blue waste adsorbtion by using UV-assisted natural auxiliary zeolite. The analysis used is BET analysis and UV-VIS spectrophotometer. In this study the best adsorption result was by using activated zeolite with UV-assisted light of 87.4%.

Keywords: Natural Zeolite Bayah, UV, Methylene Blue

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil merupakan senyawa organik yang sulit terurai, berbahaya dan dapat mencemari lingkungan perairan. Industri tekstil merupakan salah satu pemasok limbah berbahaya, limbah yang dihasilkan salah satunya methylene blue. Limbah industri tekstil mengandung zat warna dengan kadar sekitar (20-30 mg/L) sehingga sulit terurai dalam air dan dapat mengganggu ekosistem dalam air [1]. Kadar konsentrasi methylene blue yang diperbolehkan dalam perairan adalah (5-10 mg/L) sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 51/MENLH/10/1995. Senyawa ini hanya digunakan sekitar 5 % dalam pewarnaan sedangkan sisanya sebesar 95% akan dibuang sebagai limbah dan dalam konsentrasi yang besar karena dapat menaikkan COD (Chemical Oxygen Demand) yang dapat merusak ekosistem lingkungan. Penelitian Perreira et al (2015) melakukan dekomposisi senyawa methylene blue menggunakan metode electrocoagulation, dengan menggunakan bahan electrode plates berupa aluminium dan stainless steel, sumberdaya DC, dan pompa aquarium sebagai suplai udara, dengan efisiensi penghilangan polutan sebesar 90%, namun hal ini belum cukup dikatakan efisien dan efektif, karena alat proses dibuat dengan cara yang cukup rumit dan kompleks.

Pada penelitian ini dipilih penyangga zeolit karena ketersediannya di alam cukup melimpah, terutama zeolit alam bayah – Banten. Sebanyak lebih dari 123 juta ton dengan luas area mencapai 400 hektar, pemanfaatan zeolit belum dirasa cukup optimal karena hanya terbatas pada bahan galian mineral industri multiguna [2]. Zeolit merupakan material non-logam yang memiliki sifat fisikakimia yang unik yaitu sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator. Zeolit juga memiliki struktur permukaan pori yang luas yang baik digunakan pada proses adsorpsi [3,4]. Industri tekstil salah satu penghasil limbah berbahaya, sekitar 280.000 ton/tahun limbah pewarna dibuang di seluruh dunia, limbah tersebut dihasilkan dari proses pencelupan, pengecatan dan pencucian, senyawa yang digunakan antara lain *surfactant*, PH, *conditioners*, *whitening agent* dan lainnya. Produk limbah yang dihasilkan pun beraneka ragam seperti senyawa azo dan turunannya, *methylene blue*, *methyl orange* dan logam metal kompleks lainnya [5]. Guna menanggulangi permasalahan tersebut beberapa metode *waste water treatment* dikembangkan dan beberapa diantaranya telah digunakan, antara lain proses koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi, *chemical adsorption* dan teknologi membran, namun metode di atas membutuhkan peralatan yang kompleks, biaya yang tinggi dan hanya menghasilkan permasalahan dengan menghasilkan polutan baru akibat treatment proses yang menghasilkan residu [6]. Maka dikembangkanlah metode pengolahan limbah yang ramah lingkungan, tidak beracun, memiliki resistansi yang baik terhadap senyawa kimia dan mikroba (*chemical stability*), dan bersifat stabil dibawah penyinaran sinar UV yang dikenal dengan metode *advanced oxidation process* (AOP) [5].

1. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia (OTK) Fakultas Teknik UNTIRTA dan Laboratorium Teknik Metalurgi Fakultas Teknik UNTIRTA. Penelitian ini diawali dengan persiapan katalis yang akan digunakan dalam reaktor, kemudian dilanjutkan dengan uji kinerja katalis dalam mendegradasi limbah *methylene blue*

1.1. Aktivasi zeolit

Zeolit alam bayah ditimbang sebanyak 100 gram dengan ukuran 60, 80, 100 mesh dimasukkan ke dalam gelas kimia 500 ml dan ditambahkan larutan asam nitrat (HNO_3) 0,3M sebanyak 250 ml. Campuran tersebut diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 120 menit disertai pemanasan pada suhu $90\text{ }^\circ\text{C}$, kemudian dibilas menggunakan aquades hingga pH netral setelah itu drying pada suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam dan tahap terakhir dikalsinasi pada suhu $500\text{ }^\circ\text{C}$ selama 180 menit. Hasil yang diperoleh kemudian dianalisa menggunakan BET.

1.2. Uji Degradasi Methylene Blue Menggunakan Zeolit

Menyiapkan larutan induk *methylene blue* 1000 ppm dengan cara melarutkan 1 gram serbuk *methylene blue* sintesis dalam 1000 ml air demin. Setelah itu membuat limbah dengan konsentrasi 20 ppm dengan cara pengenceran dari larutan induk. Kemudian memasukkan limbah sebanyak 500 ml dan katalis sebanyak 0,5 g/l ke dalam reaktor, dimana sistem yang digunakan pada setiap variasi adalah *batch*. Setelah itu menyalakan lampu UV, kemudian mencatat data yang diperlukan pada rentang waktu tertentu.

Alat

Alat – alat yang digunakan untuk penelitian ini sebagai berikut : Ayakan 60,80 dan 100 mesh, *Ball Mill* Seiko SH-350, Botol sampel, Corong, Erlenmeyer, *Furnace box* T-1000 *automatic timer*, Gelas beker 250 ml, 500 ml, dan 100 ml, Labu ukur 250 ml dan 1000 ml, *Magnetic stirrer*, Neraca analitik, oven, Pengaduk, pH meter, Pipet volume 1 mL, Reaktor batch, Stopwatch, Spektrofotometer UV – VIS Merck Hitachi U-3900, BET Nova, StationA3200e

Bahan

Air demin Aquades, Etanol absolut 96%, HNO_3 0,3 M, TiO_2 P25 Degussa, Zeolit alam Bayah, *Methylene Blue* sintesis *Manufactured by* UPT BPPTK LIPI.

2. PEMBAHASAN

Karakteristik BET digunakan untuk mengetahui luas permukaan zeolit alam Bayah teraktivasi, zeolit non aktivasi, TiO_2 P25 Degussa dan katalis impregnasi TiO_2 - Zeolit Alam Bayah. Zeolit yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam yang diperoleh dari daerah Bayah, provinsi Banten. Bentuk dan ukuran zeolit yang digunakan dalam penelitian adalah berbentuk serbuk dan berukuran 80 mesh. Hasil dari analisa BET dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil uji analisa BET

Jenis Material	Luas Permukaan (m ² /g)
Zeolit alam Bayah non aktivasi	34,075
Zeolit alam Bayah setelah aktivasi	37.644
TiO ₂ P25 Degussa	137,141
Zeolit Alam Bayah – TiO ₂ perolehan terbaik	49,154

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa luas permukaan zeolit alam Bayah setelah aktivasi asam dengan luas permukaan sebesar 37.644 m²/g sedangkan zeolit non aktivasi luas permukaan sebesar 34,075 m²/g. Pada proses aktivasi asam dengan HNO₃ nilai luas permukaannya tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan zeolit non aktivasi hanya menaikkan 3,569 m²/g saja. Hasil ini mengindikasikan bahwa masih terdapat pengotor dalam pori-pori zeolite. Banyaknya pengotor yang menutupi pori – pori zeolit, hal ini mungkin disebabkan proses pencucian yang kurang maksimal dan penggunaan larutan asam dengan konsentrasi yang kurang sesuai[7,8,9].

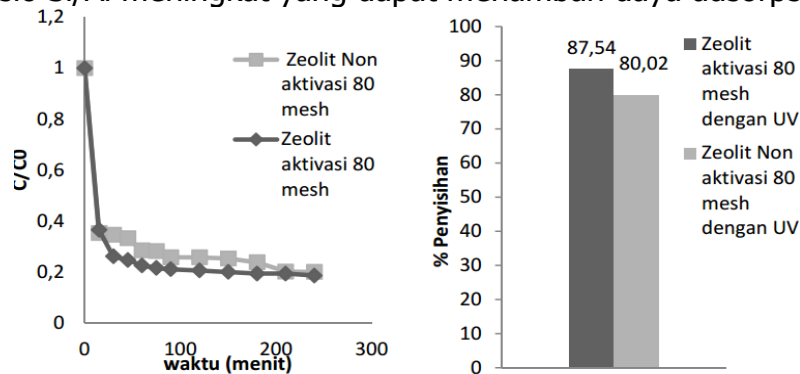
Penggunaan larutan asam bertujuan untuk memperbesar pori-pori zeolit dari pengotor seperti Na⁺, Ca²⁺, K⁺ dan Mg⁺ sehingga akan mempermudah terjadinya immobilisasi TiO₂ ke dalam pori-pori zeolit [10,8], sedangkan pencucian dengan air demin disertai pengadukan juga dapat mempercepat pengotor-pengotor untuk terbawa keluar sehingga dapat memperluas permukaannya dan daya adsorpsinya menjadi lebih baik[10]. Kemungkinan dari dua faktor tersebut yaitu perendaman pada saat aktivasi dan pencucian menggunakan air demin yang kurang maksimal, sehingga banyak pengotor yang masih menempel pada permukaan zeolit, seperti yang dilakukan oleh Chaouati (2013) yang menggunakan asam format (HF) yang mampu menaikkan kapasitas adsorpsi .

Katalis TiO₂ P25 Degussa dengan luas 137,141 m²/g lebih besardari katalis hasil impregnasi TiO₂-zeolit alam Bayah sebesar 49,154 m²/g . Hasil uji BET diatas mengindikasikan bahwa katalis *pure* TiO₂ P25 Degussa menunjukkan hasil lebih baik dibandingkan dengan katalis hasil impregnasi, hal ini bertolak belakang dengan penelitian yang dilakukan oleh Goefei *et al* (2014) yang menunjukkan bahwa zeolit dengan pengemban zeolit memiliki luas permukaan lebih besar (352,8 m²/g) dibandingkan tanpa pengemban (344,6 m²/g). Hal ini menurut Slamet (2010) disebabkan karena material zeolit alam Bayah tergolong material *non porous*, material *porous* adalah material yang memiliki luas permukaan (>50 m²/g) dan memiliki banyak pori[11].

Selain itu ada dua faktor yang menyebabkan penurunan luas permukaan spesifik, yang pertama disebabkan karena terjadinya proses *sintering* partikel titan dioksida pada permukaan eksternal maupun internal. *Sintering* adalah penggabungan partikel titan dioksida dengan zeolit pada temperatur tinggi [7]. Hal tersebut menyebabkan pergeseran pori dari mesopori kedalam mikropori dan yang kedua terjadinya agregasi titan dioksida pada permukaan padatan sehingga menutupi pori-pori zeolit alam Bayah[11].

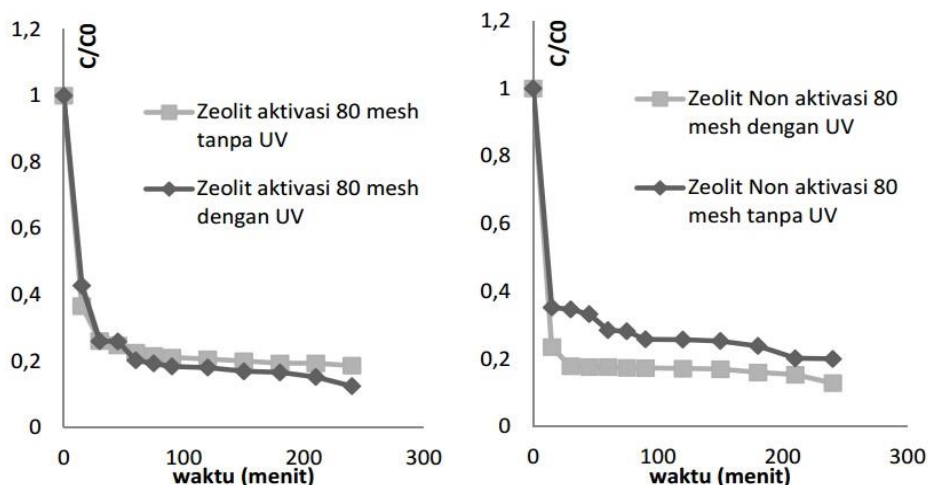
2.1. Uji Adsorpsi zeolit

Pengujian zeolit dilakukan untuk melihat kemampuan zeolit dalam mengadsorpsi *methylene blue*. Hasil uji adsorpsi zeolit dapat dilihat pada Gambar 1. terlihat bahwa zeolit dengan aktivasi asam memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik. Perendaman zeolit dalam larutan asam HNO₃ menyebabkan terlepasnya alumunium dalam kerangka menjadi alumnunium di luar kerangka sehingga rasio Si/Al meningkat yang dapat menambah daya adsorpsi zeolit [12].



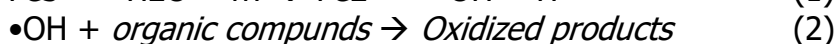
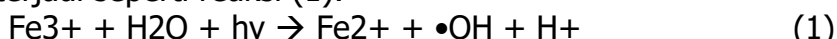
Gambar 1 Pengaruh adsorpsi terhadap limbah methylene blue

Pada Gambar 1 terlihat bahwa penurunan drastis yang terjadi pada 30 menit penyinaran pertama dikarenakan proses penyerapan secara adsorpsi oleh zeolit yang cukup baik, hal ini dikarenakan struktur pori dari zeolit yang mampu menyerap senyawa *methylene blue* dengan cepat. Zeolit yang teraktivasi asam mengalami proses dekatinonisasi yang menyebabkan luas permukaan zeolit bertambah karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori – pori zeolite [13]. Zeolit dengan aktivasi asam memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan zeolit non aktivasi,hal ini dapat di lihat pada Tabel 1. Selanjutnya variasi pengaruh lampu UV pada proses adsorpsi *methylene blue*. Pengujian ini dilakukan selama 240 menit untuk mengetahui kemampuan zeolit alam Bayah dalam penyerap limbah methylene blue baik tanpa lampu UV maupun menggunakan lampu UV. Hasil uji adsorpsi zeolit dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Pengaruh tanpa lampu dan dengan lampu terhadap degradasi limbah *methylene blue* ($C_0 = 20$ ppm dan loading katalis 0,5 g/l)

Berdasarkan Gambar 2 untuk mengetahui sejauh mana *treatment* awal mempengaruhi penyerapan *methylene blue* oleh zeolit non aktivasi dan sesudah di aktivasi baik tanpa lampu UV maupun menggunakan lampu UV. Penurunan konsentrasi limbah *methylene blue* terjadi karena ukuran pori-pori dari material zeolit yang baik dalam menjerap polutan, molekul molekul polar dalam zeolit akan berinteraksi lebih kuat dibandingkan dengan molekul non polar (senyawa organik, sehingga zeolit cenderung memilih molekul non polar (senyawa organik) untuk diadsorpsi [11,14]. Penurunan konsentrasi limbah *methylene blue* pada saat menggunakan lampu UV lebih disebabkan karena terjadi proses foto fenton [15]. Unsur. Proses foto fenton dapat terjadi karena adanya unsur Fe pada zeolit serta sinar UV untuk membentuk radikal hidroksil, radikal hidroksil ini yang menyerang polutan organik seperti methylene blue[3,15] . Reaksi foto fenton terjadi seperti reaksi (1).



Tabel 2 Persen adsorpsi methylene blue menggunakan zeolit

Sampel	% adsorpsi tanpa	% adsorpsi dengan
	lampu UV	lampu UV
Zeolit non aktivasi	87,14	80,02
Zeolit aktivasi asam	81,38	87,54

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan persen adsorpsi methylene blue menggunakan zeolit non aktivasi dan zeolit aktivasi asam baik menggunakan lampu UV maupun tidak menggunakan lampu UV. Proses penyerapan yang terjadi lebih dikarenakan proses foto fenton, dimana unsur Fe pada zeolit non aktivasi dan aktivasi asam membentuk radikal hidroksil yang menyerang polutan organik seperti methylene blue. Zeolit aktivasi asam memiliki kemampuan penyerapan limbah methylene blue lebih baik dibandingkan dengan zeolit non

aktivasi hal ini dikarenakan zeolit aktivasi asam memiliki luas permukaan lebih besar

3. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan aktivasi zeolit mempengaruhi luas permukaan dari zeolite, adsorpsi terbaik adalah dengan menggunakan zeolite teraktivasi dengan berbantu sinar UV sebesar 87,4 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yeni Dwi Lestari, Sri Wardhani, Muhammad Misbah Khunnur. Degradasi Methylene Blue menggunakan fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-N}$ /Zeolit dengan sinar matahari. *Kimia. Student Journal*, Vol.1, No. 1, pp. 592 – 598.2015
- [2] Herry Rodiana Eddy. Potensi dan Pemanfaatan Zeolit di Provinsi Jawa Barat dan Banten. *Kelompok Kerja Mineral Provinsi Jawa Barat*
- [3] Sanly Liu, May Lim, Rose Amal, TiO_2 - coated natural zeolite: Rapid humic acid adsorption and effective photocatalytic regeneration, *Chemical Engineering Science* 105 (2014) 46–52
- [4] Nourrdine Chaouati, Ahcene Soualah, Mohamed Chater. Adsorption of phenol from aqueous solution onto zeolites Y modified By silylation. 2012. Published by Elsevier Masson SAS on behalf of Academie des sciences.
- [5] Maria Visa, Luminita Isac, Anca Duta. 2015. New fly ash TiO_2 composite for the sustainable treatment of waste water with complex Pollutants load. *Journal of Applied Surface Science* 339 (2015) 62–68
- [6] Meng Nan Chong, Bo Jin, Christopher W.K. Chow, Chris Saint, Recent developments in photocatalytic water treatment technology: A review, *water research* 44 (2010) 2997e3027
- [7] Is Fatimah, Karna Wijaya. 2005. Sintesis TiO_2 /Zeolit Sebagai Fotokatalis Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi Fotodegradasi. *Jurnal Fotokatalis TEKNOIN*, Vol. 10, No. 4, Desember 2005, 257-267
- [8] Novita Rizqi Andarini, Sri Wardhani, Mohammad Misbah Khunnur. 2013. Fotodegradasi Zat Warna Jingga Metil Menggunakan TiO_2 Zeolit Dengan Penambahan Anion Anorganik NO_3^- . *KIMIA. STUDENT JOURNAL*, Vol. 1, No. 1, pp. 98-104 UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
- [9] Eka Wahyu Putri Dini, Sri Wardhani. 2014. Degradasi Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis ZnO -Zeolit. *Jurnal penelitian Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya*
- [10] Firmansyah, Moh. Mirzan, Prismawiryanti: Application of TiO_2 -zeolit photocatalyst to reduce intensity of tartazine dye using photocatalytic method: *Journal of natural science* (2015) Vol 4(1):10-16

- [11] Slamet, Meta Ellyana dan Setijo Bismo. 2010. Modifikasi Zeolit Alam Lampung Dengan Fotokatalis TiO₂ Melalui Metode Sol Gel dan Aplikasinya Untuk Penyisihan Fenol. *Jurnal fotokatalisis Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia*
- [12] Nourrdine Chaouati, Ahcene Soualah, Mohamed Chater. Adsorption of phenol from aqueous solution onto zeolites Y modified By silylation. 2012. Published by Elsevier Masson SAS on behalf of Académie des sciences
- [13] Emelda, L. 2013. Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi Untuk Adsorpsi Logam Krom (Cr³⁺). *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan. Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung*
- [14] Juergen Caro, Manfred Noack. 2009. Zeolite Membranes – Status and Prospective. *Journal of Photocatalytic Advances in Nanoporous Materials, Volume 1*
- [15] Lian Yu, Jiandong Chen, Zhen Liang, Weicheng Xu, Limin Chen, Daiqi Ye. 2016. Degradation of phenol using Fe₃O₄-GO nanocomposite as a heterogeneous photo-Fenton catalyst. *Journal Of Sains Separation and Purification Technology* 171 (2016) 80–87.