

POLA ADSORPSI ZEOLIT TERHADAP PEWARNA AZO METIL MERAH DAN METIL JINGGA

Endang Widjajanti, Regina Tutik P, dan M. Pranjoto Utomo

Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk 1) menentukan pH sistem optimum untuk adsorpsi pewarna azo metil merah dan metil jingga, 2) menentukan waktu adsorpsi optimum untuk adsorpsi zeolit terhadap pewarna azo metil merah dan metil jingga pada kondisi pH optimum dan 3) menentukan pola adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah maupun metil jingga.

Sebagai subyek penelitian adalah zeolit alam, sedangkan objek penelitian ini adalah daya adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah (MR) dan metil jingga (MO). Sedangkan variabel bebas adalah pH, waktu adsorpsi dan konsentrasi pewarna, Optimasi rasio massa adsorben dan adsorbat dilakukan dengan menambahkan pada 50 mL larutan pewarna metil merah sejumlah tertentu zeolit, tanpa pengaturan pH. Optimasi pH dilakukan pada kondisi massa optimum dengan waktu adsorpsi 24 jam dan konsentrasi pewarna 20 ppm. Waktu adsorpsi ditentukan pada kondisi massa dan pH optimum, sedangkan variasi konsentrasi dilakukan pada kondisi massa, pH dan waktu optimum. Daya adsorpsi ditentukan dengan membandingkan konsentrasi pewarna sebelum dan sesudah adsorpsi. Konsentrasi pewarna ditentukan menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang maksimumnya masing-masing. Karakterisasi zeolit ditentukan secara FTIR.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa 1) hasil optimasi pH pada adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah maupun metil jingga didapatkan pH optimum adalah 2, 2) waktu optimum untuk adsorpsi adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah maupun metil jingga adalah sama yaitu 60 menit dan 3) Adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah mengikuti pola isotherm Freundlich.

Kata kunci : Adsorpsi, Zeolit, pewarna Azo

PENDAHULUAN

Salah satu limbah industri tekstil adalah limbah pewarna yang tidak terserap sempurna. Apabila pembuangan air limbah ini kurang tepat, maka akan mengakibatkan pencemaran lingkungan. Pewarna sintetik, padatan tersuspensi dan zat organik terlarut merupakan bahan berbahaya yang sering ditemukan dalam limbah tekstil (Benkli YE, et al, 2005, 487). Selain adanya warna yang tidak diinginkan dari limbah tekstil, beberapa pewarna dapat terdegradasi dan menghasilkan produk karsinogenik dan beracun (Shawabkeh RA, et al, 2005, 111). Selain itu limbah yang berwarna berpotensi mengurangi masuknya cahaya matahari dan mencegah fotosintesis (Gong R, et al, 2005, 187). Hal ini akan berakibat menurunnya kualitas perairan disekitar indusrti, dan makhluk hidup yang tinggal di dalamnya akan mati karena kekurangan O₂ atau terkontaminasi oleh bahan beracun.

Beberapa cara pengolahan limbah konvensional telah banyak dilakukan, misalnya dengan cara klorinasi, pengendapan dan penyerapan oleh karbon aktif, kemudian lumpur (*sludge*) yang terbentuk dibakar atau diproses secara mikrobiologi (Pearce CL, et al, 2003, 179). Pembakaran *sludge* memicu terbentuknya senyawa klorooksida, penggunaan karbon aktif hanya menyerap pencemar organik nonpolar dengan berat molekul rendah, sedangkan senyawa non polar dengan berat molekul tinggi tidak tereliminasi. Proses mikrobiologi hanya menguraikan senyawa *biodegradable*, sedangkan senyawa *non-biodegradable* tetap berada dalam *sludge* yang akan kembali ke lingkungan. Salah satu pencemar organik yang bersifat *non biodegradable* adalah pewarna tekstil, terutama pewarna yang mengandung gugus azo, misalnya metil merah dan metil jingga.

Zat warna tekstil umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya yang merupakan gugus benzena. Diketahui bahwa gugus benzena sangat sulit didegradasi, walaupun dimungkinkan dibutuhkan waktu yang lama. Senyawa azo bila terlalu lama berada di lingkungan, akan menjadi sumber penyakit karena sifatnya karsinogen dan mutagenik. Karena itu perlu dicari alternatif efektif untuk menguraikan limbah tersebut. Pengolahan limbah pewarna pada tekstil sulit dilakukan karena struktur aromatik pada zat warna yang sulit dibiodegradasi, khususnya zat warna reaktif karena terbentuknya ikatan kovalen yang kuat antara atom C dari zat warna dengan atom O, N atau S dari gugus hidroksi, amina atau thiol dari polimer

Pewarna tersebut memiliki gugus kromofor azo sehingga disebut pewarna azo. Pewarna reaktif ini banyak digunakan dalam proses pencelupan bahan tekstil. Zat warna azo adalah senyawa yang paling banyak terdapat dalam limbah tekstil, yaitu sekitar 60 % - 70 % (Endang W, 2009,). Senyawa azo memiliki struktur umum $R-N=N-R'$, dengan R dan R' adalah rantai organik yang sama atau berbeda. Senyawa ini memiliki gugus $-N=N-$ yang dinamakan struktur azo. Senyawa azo dapat berupa senyawa aromatik atau alifatik. Senyawa azo aromatik bersifat stabil dan mempunyai warna menyala. Kenaikan suhu atau iradiasi, ikatan nitrogen dan karbon akan pecah secara simultan melepaskan gas nitrogen dan radikal. Dengan demikian, beberapa senyawa azo alifatik digunakan sebagai inisiator radikal.

Metil merah merupakan salah satu zat warna azo yang digunakan dalam pewarnaan kain. Metil merah ini memiliki gugus azo, yang merupakan zat warna sintesis dan paling reaktif dalam proses pencelupan bahan tekstil. Metil merah mempunyai sistem kromofor gugus azo ($-N=N-$) yang berikatan dengan gugus aromatik. Perbedaan antara metil merah dan metil jingga adalah pada gugus aktif kedua, metil merah memiliki gugus karboksil sedangkan metil jingga memiliki gugus sulfonat.

Penanganan limbah ini bisa dilakukan dengan berbagai cara diantaranya filtrasi, flokulasi, penghilangan warna (decoloring), dan adsorpsi Freundlich. Namun cara yang paling mudah diterapkan adalah cara adsorpsi Freundlich. Zeolit merupakan adsorben yang banyak terdapat di alam, Zeolit dapat digunakan sebagai adsorben karena merupakan polimer anorganik berongga yang tersusun dari satuan berulang berupa tetrahedral SiO_2 dan Al_2O_3 .

Untuk meningkatkan daya adsorpsinya, zeolit alam perlu diaktivasi, baik secara kimia maupun secara fisika. Keberadaan ion H^+ pada permukaan zeolit setelah aktivasi akan menyebabkan zeolit menjadi aktif karena mempunyai situs H^+ aktif (Jaslin, 2006). Ion H^+ inilah yang nantinya akan berfungsi menjadi penukar ion bila proses adsorpsi berbasis pada pertukaran ion. Bila proses adsorpsi merupakan penjerapan dalam pori, maka ion H^+ akan terdesak keluar. Penelitian Ambarwati (2004, 15). memperlihatkan bahwa zeolit mampu mengadsorpsi naftol meskipun kemampuan adsorpsi zeolit terhadap naftol hanya sebesar 5 %. Rendahnya daya adsorpsi zeolit mungkin disebabkan asam yang digunakan untuk mengaktifkan terlalu pekat, sehingga struktur pori telah rusak (Agus Widodo, 2005, 35).

Zeolit bersifat asam yang disebabkan adanya situs asam Bronsted dan asam Lewis yang terdapat dalam struktur kristalnya. Pada zeolit, ion aluminium (III) akan digantikan oleh ion silikon (4^+), sehingga muatan negatifnya akan dinetralkan oleh ion positif yang berdekatan. Hal ini terjadi karena adanya disosiasi air yang membentuk gugus hidroksil pada atom aluminium. Struktur yang dihasilkan adalah asam Bronsted, dimana Al dan Si keduanya berkoordinasi tetrahedral. Bila dipanaskan, maka air akan terbentuk kembali dan situs asam Bronsted akan berubah menjadi situs asam Lewis.

Aktivasi secara kimia dilakukan melalui pengasaman. Tujuannya untuk menghilangkan pengotor anorganik. Pengasaman ini akan menyebabkan terjadinya pertukaran kation dengan H^+ (Ertan, 2005, 151). Melalui proses pengasaman, maka rasio Si/Al dari zeolit alam dapat dimodifikasi. Salah satu cara untuk mendapatkan rasio Si/Al sesuai yang diinginkan adalah melalui proses dealuminasi, sedangkan proses dealuminasi dapat dilakukan menggunakan asam klorida. Sebagai pengaktif zeolit dalam penelitian dipilih asam klorida.

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya pH sistem, rasio massa adsorben dengan adsorbat, suhu adsorpsi, waktu adsorpsi, konsentrasi adsorbat. Agar diperoleh daya adsorpsi yang tinggi, maka perlu ditentukan kondisi optimum proses adsorpsi terlebih dahulu, misalnya menentukan pH optimum, waktu adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi zeolit alam terhadap pewarna metil merah dan metil jingga pada kondisi pH

optimum dan menentukan pola adsorpsinya. Dengan mengetahui pola adsorpsi maka akan lebih mudah untuk mengaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

METODE PENELITIAN

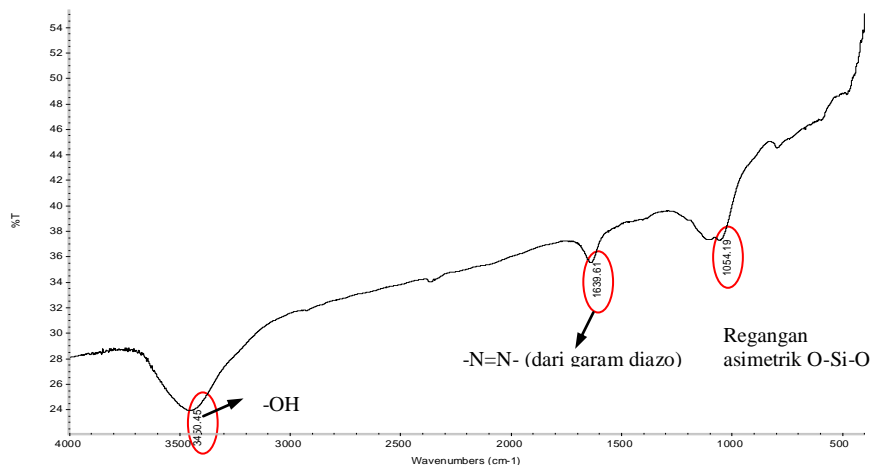
Subjek penelitian ini adalah zeolit alam, sedangkan objek penelitian ini adalah daya adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah (MR) dan metil jingga (MO). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pH, waktu adsorpsi dan konsentrasi pewarna

Optimasi rasio massa adsorben dan adsorbat dilakukan dengan menambahkan pada 50 mL larutan pewarna metil merah sejumlah tertentu zeolit, tanpa pengaturan pH. Optimasi pH dilakukan pada kondisi massa optimum dengan waktu adsorpsi 24 jam dan konsentrasi pewarna 20 ppm. Waktu adsorpsi ditentukan pada kondisi massa dan pH optimum, sedangkan variasi konsentrasi dilakukan pada kondisi massa, pH dan waktu optimum. Daya adsorpsi ditentukan dengan membandingkan konsentrasi pewarna sebelum dan sesudah adsorpsi pergram adsorben. Konsentrasi pewarna ditentukan menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang maksimum, yaitu 509,8 nm untuk metil merah dan 462,5 nm untuk pewarna metil jingga. Karakterisasi zeolit alam, zeolit setelah aktivasi maupun zeolit setelah adsorpsi ditentukan menggunakan spektrofotometer FTIR.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Zeolit setelah Adsorpsi

Gambar. 1 memperlihatkan spektra FTIR zeolit setelah digunakan untuk adsorpsi. Dan interpretasi spektra FTIR dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar.1. Spektra FTIR zeolit setelah digunakan untuk adsorpsi

Tabel 1. Gugus Fungsi dalam Spektra Inframerah Zeolit setelah Adsorpsi

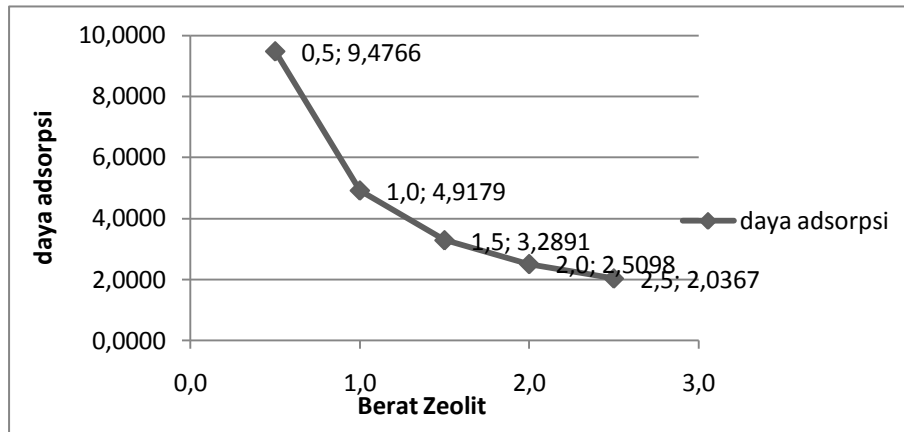
No.	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
1.	1054,15	Regangan asimetrik O-Si-O
2.	1639,61	-N=N- (dari garam diazo)
3.	3450,45	-OH

Berdasarkan spektra FTIR zeolit pada gambar 1 dan interpretasinya pada tabel 1, nampak bahwa ada gugus fungsi $-N=N-$ yang terikat pada zeolit setelah proses adsorpsi. Ini berarti setelah adsorpsi terjadi pengikatan gugus azo $-N=N-$ dari pewarna oleh permukaan aktif zeolit.

Optimasi rasio massa adsorben (zeolit) dan adsorbat (pewarna azo)

Optimasi rasio massa adsorben dan adsorbat dilakukan dengan menambahkan pada 50 mL larutan pewarna metil merah sejumlah tertentu zeolit. Larutan sistem tidak diatur pHnya, hasil pengukuran memperlihatkan bahwa pH sebelum adsorpsi adalah 7,8 dan pH sistem setelah

adsorpsi sekitar 7,5. Jadi terjadi penurunan pH sistem. Gambar.2 memperlihatkan kurva hubungan antara daya adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah dan berat adsorben. Berdasarkan gambar. 2 memperlihatkan bahwa massa adsorben yang menghasilkan daya adsorpsi zeolit terbesar adalah untuk massa 0,5 gram zeolit yang berarti pada rasio 0,5 gram adsorben : 50 mL adsorbat atau rasio 1: 100.



Gambar.2. Hubungan antara daya adsorpsi zeolit sebagai fungsi massa adsorben

Optimasi pH Adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah dan metil jingga

Larutan metil merah 20 ppm dan larutan metil jingga 20 ppm masing- masing diadsorpsi oleh zeolit yang telah diaktivasi pada kondisi mendekati pH 2, 3, 4, dan 5. Pengukuran pH dilakukan 2 kali yaitu sebelum ditambahkan zeolit dan setelah proses adsorpsi selama 24 jam. Perbandingan antara zeolit dan larutan atau adsorbat adalah 1:100.

Tabel 2. Hubungan antara pH Larutan MR dan MO dan daya adsorpsi zeolit

pH setelah penambahan zeolit		pH setelah adsorpsi 24 jam		Daya adsorpsi zeolit terhadap (mg/g)	
MR	MO	MR	MO	MR	MO
2	2.6	1.9	4	15.2	15.8
3.1	3	3.2	6.5	13.6	7.6
3.7	3.3	4.4	6.5	15	7.4
4.5	4.5	4.9	6.5	10	3.1
	5.4		6.5		3.0

Berdasarkan data pada tabel. 2 dapat ditentukan bahwa pH optimum baik untuk adsorpsi zeolit terhadap larutan metil merah adalah 2 sedangkan untuk adsorpsi larutan metil jingga adalah 2,6. Atau dengan kata lain pH optimum untuk kedua larutan adalah pada pH 2.

Optimasi waktu adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah dan metil jingga

Larutan metil merah 20 ppm dan larutan metil jingga 20 ppm masing- masing diadsorpsi oleh zeolit yang telah diaktivasi pada kondisi pH optimum 2. Rasio antara zeolit yang ditambahkan dan larutan pewarna adalah 1: 100. Optimasi terhadap waktu adsorpsi dilakukan dengan cara mengambil larutan sampel setelah menit terpilih. Tabel 3 dan 4 memperlihatkan daya adsorpsi zeolit terhadap metil merah dan metil jingga sebagai fungsi waktu. Menggunakan tabel 3 dan 4 dibuat grafik (Gambar 3) antara daya adsorpsi zeolit dan waktu adsorpsi untuk menentukan waktu adsorpsi optimum.

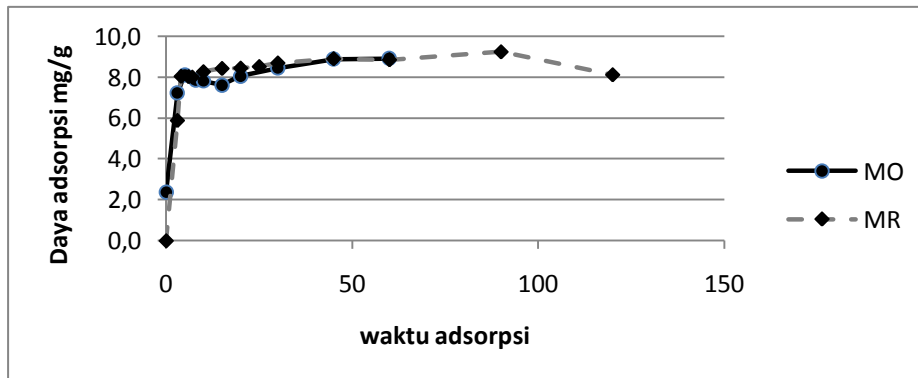
Tabel 3. Konsentrasi larutan MR sisa dan daya adsorpsi zeolit sebagai fungsi waktu

Menit ke (waktu)	Konsentrasi sisa (ppm)	Daya Adsorpsi (mg/g)	Menit ke (waktu)	Konsentrasi Sisa (ppm)	Daya adsorpsi (mg/g)
3	13.60	5.88	25	10.97	8.51
4	11.44	8.03	30	10.79	8.68
6	11.46	8.02	45	10.58	8.89
7	11.48	7.99	60	10.64	8.84
10	11.22	8.26	90	10.25	9.23
15	11.06	8.42	120	11.37	8.11
20	11.04	8.43			

Tabel 4. Konsentrasi larutan MO sisa dan daya adsorpsi zeolit sebagai fungsi waktu

Menit ke (waktu)	Konsentrasi sisa (ppm)	Daya Adsorpsi (mg/g)	Menit ke (waktu)	Konsentrasi Sisa (ppm)	Daya Adsorpsi (mg/g)
0	16.084	2.36	15	10.84	7.60
3	11.23	7.21	20	10.40	8.04
5	10.33	8.11	30	10.01	8.43
8	10.60	7.84	45	9.57	8.87
10	10.64	7.80	60	9.53	8.91

Terlihat pada gambar 3 bahwa pada menit ke 60 daya adsorpsi relatif stabil baik untuk pewarna metil merah maupun untuk pewarna metil jingga, ini berarti daya adsorpsi optimum setelah 1 jam adsorpsi.



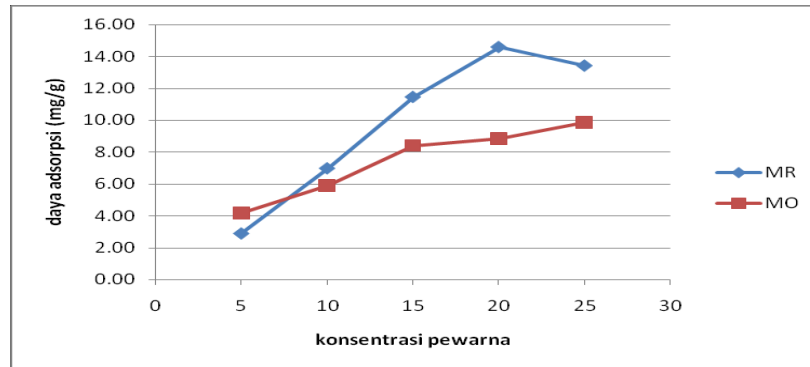
Gambar 3. Daya adsorpsi zeolit terhadap pewarna MR dan MO sebagai fungsi waktu

Pengaruh konsentrasi pewarna metil merah dan metil jingga pada daya adsorpsi zeolit terhadap pewarna metal merah dan metal jingga

Larutan metil merah dan metil jingga pada berbagai konsentrasi masing- masing diadsorpsi oleh zeolit yang telah diaktivasi pada kondisi pH optimum 2 dan waktu adsorpsi 24 jam dan rasio antara massa zeolit dengan volume pewarna adalah 1:100. Tabel 5 memperlihatkan hubungan antara daya adsorpsi zeolit (mg/g) terhadap berbagai konsentrasi metil merah dan berbagai konsentrasi metil jingga. Menggunakan data pada tabel 5 dibuat grafik antara daya adsorpsi terhadap konsentrasi setimbang seperti pada gambar. 4.

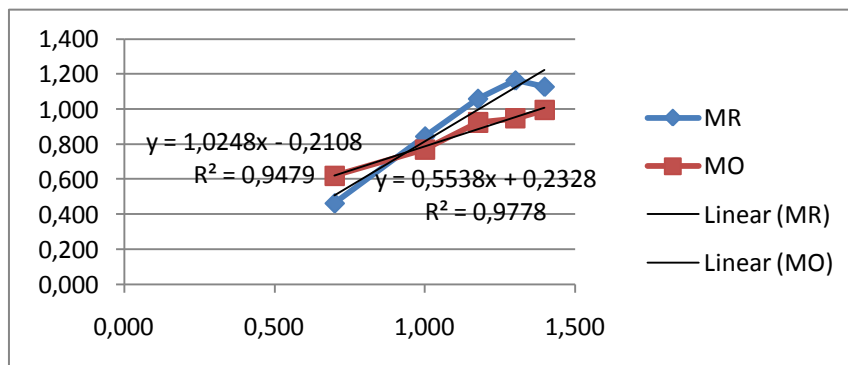
Tabel.5. Hubungan antara daya adsorpsi zeolit terhadap berbagai konsentrasi pewarna

Konsentrasi pewarna (ppm)	Daya adsorpsi (mg/g) zeolit terhadap	
	Pewarna metil merah (MR)	Pewarna metil jingga (MO)
5	2.90	4.15
10	6.99	5.87
15	11.47	8.39
20	14.60	8.83
25	13.43	9.85



Gambar.4 Hubungan antara daya adsorpsi zeolit terhadap berbagai konsentrasi pewarna

Kemudian dilakukan evaluasi terhadap masing- masing grafik, berdasarkan teori isoterm Langmuir dan Freundlich. Dengan memperhatikan harga linearitas R^2 dan R untuk masing- masing isoterm terlihat bahwa adsorpsi metil merah maupun metil jingga keduanya mempunyai harga R mendekati 1 untuk isoterm Freundlich.

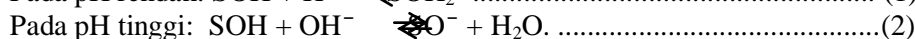
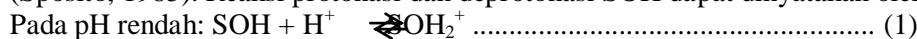


Gambar 5. Evaluasi isoterm Freundlich

Hasil evaluasi memperlihatkan bahwa untuk adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah maupun metil jingga mengikuti pola isoterm Freundlich. Ini berarti adsorpsi tidak cenderung hanya membentuk monolayer pada permukaan, tetapi mampu membuat lebih dari satu layer di permukaan adsorben.

Pembahasan

Kondisi pH sistem mengakibatkan perubahan distribusi muatan pada adsorben zeolit dan zat warna sebagai akibat terjadinya reaksi protonasi dan deprotonasi gugus-gugus fungsional. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa permukaan sorben mengalami protonasi di pH rendah, dan terdeprotonasi pada pH tinggi (Jaslin *et al.* 2005). Situs tepi zeolit merupakan situs yang muatannya bervariasi tergantung pada harga pH, bermuatan positif pada pH rendah dan bermuatan negatif pada pH tinggi sebagai akibat protonasi dan deprotonasi gugus hidroksil permukaan (SOH) (Sposito, 1985). Reaksi protonasi dan deprotonasi SOH dapat dinyatakan oleh persamaan berikut:



Keasaman permukaan zeolit (asam Bronsted atau asam Lewis) sangat berperan dalam pembentukan ikatan antar muka (E. McCafferty, 1998: 549). Dalam penelitian ini pH optimum adalah 2, artinya permukaan zeolit mengalami reaksi protonasi atau permukaan zeolit memiliki situs aktif SOH_2^+ .

Berdasarkan data variasi pH nampak bahwa pH sistem setelah adsorpsi semua meningkat. Adanya peningkatan pH sistem menunjukkan bahwa jumlah ion H^+ dalam sistem berkurang. Artinya pada proses adsorpsi terjadi pengikatan H^+ dari permukaan dengan pewarna, dengan terikatnya ion H^+ permukaan maka kemungkinan terlepasnya ion H^+ ke sistem menjadi kecil, hal ini sesuai dengan pengamatan yang memperlihatkan bahwa pH sistem meningkat.

Setiap molekul pewarna metil merah dan metil jingga mempunyai dua gugus amin. Masing-masing atom nitrogen memiliki pasangan elektron bebas (merupakan nukleofil) yang mudah mengikat ion H^+ permukaan. Meskipun demikian persentase kemampuan adsorpsi zeolit terhadap pewarna relatif kecil, sekitar 50 %. Hal ini mungkin disebabkan molekul pewarna setelah mengikat situs aktif memblokir situs aktif permukaan yang lain atau dapat juga pengikatan menyebabkan tegangan sterik pada lapisan atas permukaan. Hal ini menyebabkan jumlah pengikatan pewarna menjadi terbatas atau kecil.

Proses adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah maupun metil jingga ternyata pengikatan adsorbat tidak terbatas lagi pada monolayer. Meskipun memiliki pola isoterm sama, namun daya adsorpsi zeolit terhadap metil merah lebih tinggi dibandingkan daya adsorpsi terhadap metil jingga. Hal ini mungkin disebabkan jumlah nukleofil pada metil merah lebih banyak dibandingkan pada metil jingga. Peningkatan pH sistem pada adsorpsi metil jingga disebabkan adsorpsi metil jingga memiliki ion Na^+ , sehingga dimungkinkan selain terjadi adsorpsi juga terjadi pertukaran ion antara H^+ dan Na^+ . Ion Na^+ akan terlepas ke dalam sistem. Adanya ion Na^+ dalam sistem memungkinkan ion OH^- permukaan terlepas ke sistem dan akan meningkatkan pH sistem.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa pH optimum pada adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah maupun metil jingga didapatkan pH optimum adalah 2. Waktu optimum untuk adsorpsi adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah maupun metil jingga adalah sama yaitu 60 menit. Dan Pola Adsorpsi zeolit alam terhadap metil merah maupun metil jingga mengikuti pola isoterm Freundlich.

SARAN

Penelitian ini dapat dilakukan juga untuk pewarna yang lain dengan kondisi adsorpsi yang berbeda pula misalnya pH basa atau adsorben lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Widodo (2005). Daya Adsorpsi monmorilonit teraktivasi terhadap rhodaminB, *Skripsi*, Jurdik Kimia, FMIPA, UNY
- Ambarwati S, 2004, Adsorpsi Pewarna Naftol dengan Zeolit sebagai Adsorben, *Skripsi*, Yogyakarta, Prodi Kimia FMIPA UNY
- Benkli YE, Can MF, Turan & Celik MS, 2005, Modification of Organo-zeolite Surface for Removal of Reactive Azo Dyes in Fixed-bed Reactors, *Journal of Water Research*, 39, 487
- Connel, D.W & Miller, GJ. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi pencemaran*. Jakarta : UI-Press.
- Endang Widjajanti, 2009, *Kajian Penggunaan Adsorben sebagai alternatif Pengolahan limbah zat pewarna tekstil*. Prosiding Seminar Nasional Kimia, 17 Oktober 2009
- Ertan, A., and Ozkan, 2005, CO₂ and N₂ Adsorption on the Acid (HCl, HNO₃, H₂SO₄, and H₃PO₄) Treated Zeolites. *Adsorption*, Vol 11, 151-156
- Gong R, Ding Y, Li M, Yang C, Liu H & Sun Y, 2005, Utilization of Powdered Peanut Hull as Biosorben for removal of Anionics Dyes From Aqueous Solution, *Journal of dyes Pigment*, 64, 187

Jaslin, I. (2006a). Penentuan Reaksi Protonasi dan Deprotonasi Molekul Organik Serta Konstanta Keseimbangan Reaksinya Dengan Titrasi Potensiometri. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, Nopember 2006, Yogyakarta.

Schulze, D. J., (1998), in *Minerals in Soil Environments*, (J.B. Dixon and S.B. Weed, eds.), Madison, Winconsin: Soil Science Society of America, 1.

Shawabkeh RA, & Tutunji MF, 2003, Experimental Study and Modelling of Basic Dye Sorption by Diatomaceous Clay, *Journal of Application Clay Science*, 24, 111

Sposito, G., (1984), *The Surface Chemistry of Soils*, New York: Oxford University Press.

Triantafillidis, C., Vlessidis, A., and Evmiridis, N., 2000, Dealuminated H-Y Zeolite: Influence of The Degree and The Type of Dealumination Method on Structural and Acidic Characteristics of H-Y Zeolite, *Ind. Eng. Chem* Vol. 39, No. 2, 307-3019

Yuanita Dewi, 2010, Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara, *Prosiding seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*, FMIPA UNY

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Preparation_of_Methyl_Red.png

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Methyl-orange-2D-skeletal.png>