

Adsorpsi Pewarna Biru Metilena dan Jingga Metil Menggunakan Adsorben Zeolit Alam Ende – Nusa Tenggara Timur (NTT)

Adsorption Methylene Blue and Methyl Orange Using Natural Zeolite from Ende – East Nusa Tenggara (NTT) as an Adsorbent

Yulius Dala Ngapa*, Yasinta Embu Ika

Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Flores,
Jln. Sam Ratulangi No X Ende-Nusa Tenggara Timur

*Corresponding Author: ydalangapa@gmail.com

Received: 2020-9-1
Received in revised: 2020-9-5
Accepted: 2020-9-29
Available online: 2020-9-30

Abstract

Waste from the textile industry is considered as a potential source of environmental pollution, especially water because it contains dangerous dyes. In this research, natural zeolite is used as an effective and efficient alternative adsorbent to overcome pollution caused by methylene blue and methyl orange dyes. Activation of natural zeolite was carried out with 3 M HCl solution and was characterized using X-Ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscope (SEM). While the methylene blue and methyl orange adsorption processes were studied in variations in the weight of the adsorbent, contact time, and pH. The concentration of dyes left in the solution was observed with Spectrophotometer UV-Vis. The results showed that the adsorption capacity of natural zeolite in absorbing methylene blue was 21.189 mg/g and methyl orange was 18.208 mg/g. The optimum conditions of methylene blue and methyl orange adsorption are achieved with successive adsorbent weights 0.3 g and 0.4 g, successive contact times are 60 minutes and 90 minutes, and successive pH are 6 and 2 respectively. The adsorbent weight factor, contact time, and pH have an effect on the adsorption of methylene blue and methyl orange by natural zeolite from Ende.

Keywords: Natural zeolite, activation, adsorption, methylene blue, methyl orange.

Abstrak (Indonesian)

Limbah yang berasal dari industri tekstil dianggap sebagai sumber potensial pencemaran lingkungan khususnya air karena mengandung pewarna yang berbahaya. Dalam penelitian ini zeolit alam digunakan sebagai alternatif adsorben yang efektif dan efisien untuk mengatasi pencemaran akibat pewarna biru metilena dan jingga metil. Aktivasi zeolit alam dilakukan dengan larutan HCl 3 M dan dikarakterisasi menggunakan difraksi sinar-X (XRD) dan Scanning Electron Microscope (SEM). Sementara proses adsorpsi biru metilena dan jingga metil dipelajari pada variasi bobot adsorben, waktu kontak, dan pH. Konsentrasi zat pewarna yang tertinggal dalam larutan diamati dengan instrumen Spektrofotometer UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi zeolit alam dalam menyerap biru metilena sebesar 21,189 mg/g dan jingga metil sebesar 18,208 mg/g. Kondisi optimum adsorpsi biru metilena dan jingga metil dicapai dengan bobot adsorben berturut-turut 0,3 g dan 0,4 g, waktu kontak berturut-turut 60 menit dan 90 menit, serta pH berturut-turut 6 dan 2. Faktor bobot adsorben, waktu kontak, dan pH memberikan pengaruh terhadap penyerapan biru metilena maupun jingga metil oleh zeolit alam Ende.

Kata Kunci: Zeolit alam, aktivasi, adsorpsi, biru metilena, jingga metil.

PENDAHULUAN

Salah satu industri unggulan yang dikembangkan di Indonesia adalah industri tekstil dan garmen. Adanya industri tersebut telah mampu

menekan angka pengangguran di Indonesia karena merupakan industri padat karya yang menyerap tenaga kerja dalam jumlah banyak. Selain itu, industri tekstil juga berperan sebagai penyumbang devisa

negara (Riyadi dkk., 2013). Akan tetapi, perkembangan industri tekstil dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan jika tidak diimbangi dengan pengolahan limbah pewarna selama proses produksi. Limbah pewarna cair dari industri tekstil akan memberikan kontribusi besar terhadap pencemaran lingkungan (Kahoul dkk., 2018).

Penggunaan zat warna sintetis pada industri ini merupakan strategi alternatif disebabkan sifatnya yang lebih stabil dibandingkan pewarna alami, mudah memperolehnya, dan harga yang relatif tidak mahal (Beldean-Galea dkk., 2018). Pewarna organik seperti biru metilena dan jingga metil adalah pewarna yang paling banyak digunakan. Kemampuan penyerapan kain terhadap pewarna sekitar 80-85%, dan sisanya akan hilang dalam proses pencucian (Rosyida dan Zulfiya, 2013). Limbah pewarna sintetis yang dilepaskan ke dalam air akan menjadi bahaya besar bagi kesehatan manusia dan lingkungan karena sifat toksisitas dan bahkan karsinogenisitasnya, serta sulit didegradasi oleh mikroorganisme (Lv dkk., 2019).

Selama beberapa tahun terakhir ada beberapa metode yang telah dikembangkan untuk mengendalikan dan menghilangkan limbah pewarna yang terdapat di perairan seperti ultrafiltrasi (Liu dkk., 2018), koagulasi (Zhang dkk., 2014), elektrokimia (Kaushik dan Malik, 2011), dan adsorpsi (Hossain dkk., 2016). Di antara metode yang dikembangkan tersebut, adsorpsi dipilih sebagai metode yang paling potensial dilakukan karena pengoperasiannya yang mudah, efisiensi tinggi, dan biaya yang rendah, serta tidak menimbulkan efek samping yang berbahaya (Fu dkk., 2016).

Adsorpsi adalah proses penyerapan suatu molekul (adsorbat) pada permukaan zat lain (adsorben) disebabkan adanya gaya tarik menarik antara kedua zat tersebut. Inovasi adsorben yang dikembangkan adalah sumber daya alam mineral yang memiliki kemampuan penyerapan tinggi, mudah diperoleh dengan biaya murah, dan ketersediaannya berlimpah. Kriteria tersebut ada pada zeolit alam (Lu dkk., 2016).

Zeolit merupakan mineral alumino silikat berbentuk tetrahedral TO_4 ($T = Al, Si$) yang terhidrasi dalam logam-logam alkali dan alkali tanah (Gougazeh and Buhl, 2014). Zeolit alam yang tersebar di kabupaten Ende – NTT sekitar 20 juta ton. Cadangan yang cukup besar tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk keperluan di bidang lingkungan (Arryanto dkk., 2012).

Pemanfaatan zeolit alam Ende sebagai adsorben limbah dalam cairan telah dilakukan dan hasilnya menunjukkan bahwa kualitas zeolit alam Ende sebagai adsorben tidaklah berbeda dengan zeolit yang umumnya digunakan dalam penelitian yang berasal dari daerah Bayah dan Cikalong (Ngapa dkk., 2016). Penelitian adsorpsi pewarna anion (jingga metil) menggunakan zeolit NaA/CuO menunjukkan efisiensi adsorpsi zeolit terhadap limbah mencapai 98% (Mekatael dkk., 2015).

Untuk lebih mengoptimalkan pemanfaatan zeolit alam Ende, maka diperlukan kajian mendalam mengenai potensi dan karakterisasinya sebagai adsorben. Zeolit alam memiliki rasio Si/Al yang besar namun masih mengandung pengotor dalam bentuk oksida logam sehingga luas permukaannya menjadi rendah. Mengatasi hal tersebut diperlukan suatu perlakuan aktivasi dengan tujuan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsinya.

Berdasarkan latar belakang maka dilakukan penelitian sehingga didapatkan data karakterisasi zeolit alam Ende. Selain itu, kemampuan adsorpsi zeolit alam Ende juga perlu diketahui tidak hanya pada pewarna kation (biru metilena) tetapi juga kemampuan adsorpsinya terhadap pewarna anion (jingga metil). Penelitian ini juga merupakan salah satu upaya dalam mengatasi pencemaran yang disebabkan oleh limbah pewarna tekstil.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sentrifuse Kokusan H-107, shaker Titramax 101, SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) Shimadzu AA-7000, spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1700, *Scanning Electron Microscope* (SEM) Carl-Zeiss Bruker EVO MA10, *X-Ray Diffraction* (XRD) D4 Bruker, neraca analitik, tanur, oven, dan peralatan gelas.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah adsorben zeolit alam Ende, HCl p.a Merck 38%, aquades, indikator pH universal, biru metilena Merck 115943, dan jingga metil C. I. 13025.

Prosedur kerja

Preparasi Sampel Zeolit ALam

Sampel zeolit alam diubah ukurannya menjadi serbuk halus dengan ukuran butir lolos ayakan 200 mesh, dicuci dengan akuades, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 4 jam, dan disimpan dalam desikator untuk pemakaian selanjutnya.

Aktivasi Zeolit Alam

Sampel zeolit alam diaktivasi secara kimia. Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampurkan 50 gram zeolit dalam larutan HCl pada konsentrasi 3 M. Campuran diaduk dengan pengaduk magnet selama 3 jam, kemudian dibilas dengan akuades sampai pH netral dan dikeringkan dalam tanur pada suhu 300 °C selama 3 jam.

Karakterisasi Zeolit Alam Ende

Karakterisasi zeolit alam Ende dianalisis menggunakan instrumen Difraksi Sinar-X (*X-Ray Diffraction / XRD*), sedangkan morfologi permukaan zeolit alam dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)*.

Pembuatan Larutan Standar Biru Metilena dan Jingga metil 1000 mg/L

Sebanyak 0,5 g serbuk biru metilena dan 0,5 g jingga metil dimasukkan masing-masing ke dalam labu ukur 500 mL yang berbeda dan diencerkan hingga tanda batas.

Penentuan Panjang Gelombang untuk Penyerapan Biru Metilena dan Jingga metil

Penentuan panjang gelombang dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan standar pada rentang panjang gelombang 600 – 700 nm untuk biru metilena dan 300 – 600 nm untuk jingga metil.

Pembuatan Kurva Standari Biru Metilena dan Jingga metil

Larutan deret standar biru metilena dan jingga metil dengan konsentrasi 1; 2; 3; 4; 5; dan 6 mg/L dibuat dari larutan induk melalui proses pengenceran, dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum.

Penentuan Bobot Optimum

Adsorben zeolit dengan variasi bobot 0,1;0,2;0,3;0,4;0,5;0,6 g ditambahkan dalam 20 mL biru metilena dan jingga metil dengan konsentrasi 400 mg/L, larutan dikocok selama 1 jam. Larutan disentrifus selama 15 menit dengan kecepatan 5000 rpm. Larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Bobot optimum yang diperoleh ditambahkan dalam 20 mL biru metilena dan jingga metil dengan konsentrasi 400 mg/L, kemudian dikocok dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120, 150 menit. Larutan

disentrifus selama 15 menit dengan kecepatan 5000 rpm. Larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh.

Penentuan pH Optimum

Bobot optimum yang diperoleh ditambahkan dalam 20 mL biru metilena dan jingga metil dengan konsentrasi 400 mg/L, kemudian dikocok pada waktu optimum. Larutan disentrifus selama 15 menit dengan kecepatan 5000 rpm. Larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh.

Penentuan Isoterm Adsorpsi

Bobot optimum yang diperoleh ditambahkan dalam 20 mL biru metilena dan jingga metil dengan konsentrasi variasi konsentrasi 100, 200, 400, 600, 800, 1000 mg/L, kemudian dikocok pada waktu dan pH optimum yang diperoleh. Larutan disentrifus selama 15 menit dengan kecepatan 5000 rpm. Larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh. Kapasitas adsorpsi dapat ditentukan menggunakan persamaan 1.

$$q = \frac{V(C_0 - C_e)}{m} \quad (1)$$

Keterangan :

- q = kapasitas adsorpsi (mg/g)
- V = volume larutan (L)
- C₀ = konsentrasi awal pewarna (mg/L)
- C_e = konsentrasi akhir pewarna (mg/L)
- m = massa zeolit (gram)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Sampel Zeolit Alam

Preparasi awal dilakukan dengan menghaluskan zeolit hingga dihasilkan serbuk halus berukuran 150 mesh. Proses ini bertujuan untuk menghomogenkan ukuran dan memperbesar permukaan kontak sehingga kemampuan adsorpsi zeolit dapat lebih optimal. Pencucian dan pemanasan yang dilakukan di tahap preparasi untuk menghilangkan pengotor dan menguapkan air yang terdapat sehingga dapat memperbesar ukuran pori (Kim dan Ahn, 2011).

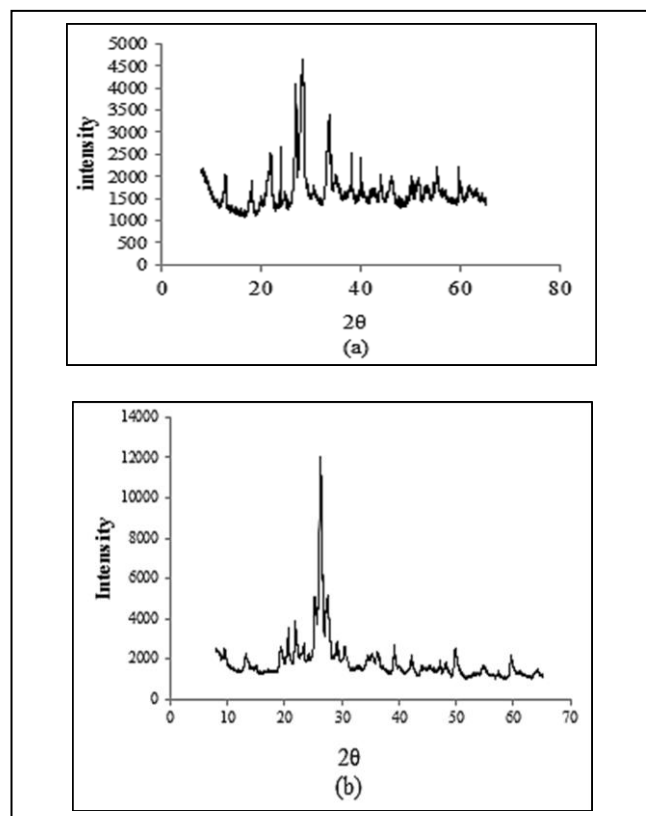
Aktivasi Zeolit Alam

Zeolit alam masih mengandung uap air dan oksida logam sehingga menyebabkan kemampuan adsorpsi dan penukar ionnya rendah. Untuk

meningkatkan kualitas zeolit alam diperlukan proses aktivasi. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan oksida logam yang terjerap dan menutupi permukaan zeolit sehingga bidang kontak menjadi lebih besar. Penambahan luas bidang kontak dapat meningkatkan kemampuan zeolit sebagai adsorben (Wang dkk., 2009).

Karakterisasi Zeolit Alam Ende

XRD merupakan suatu metode analisis kualitatif dan kuantitatif yang berfungsi untuk menganalisis struktur serbuk zeolit. Semua material yang mengandung kristal tertentu apabila dianalisis dengan XRD akan menghasilkan puncak-puncak yang khas. Difraktogram hasil analisis zeolit alam sebelum dan sesudah diaktivasi ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Difraktogram zeolit alam sebelum diaktivasi (a) dan setelah diaktivasi (b)

Aktivasi dengan HCl pada konsentrasi 3 M tidak mengubah puncak-puncak difraktogram secara signifikan. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa jenis zeolit alam Ende adalah campuran klinoptilolit dan mordenit. Hal ini dibuktikan oleh puncak-puncak karakteristik pada data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*) dengan intensitas tinggi yang muncul pada sudut $25,60^\circ$, $26,25^\circ$, dan

$27,67^\circ$ untuk mordenit, serta intensitas klinoptilolit muncul pada sudut $9,74^\circ$, $13,38^\circ$, dan $29,07^\circ$. Puncak-puncak dengan intensitas tertinggi dimiliki oleh mordenit hal ini mengindikasikan bahwa mordenit merupakan jenis zeolit alam dengan kelimpahan besar yang tersebar di Ende.

Morfologi partikel kristal diamati dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada perbesaran 3000 kali. Gambar 2 menunjukkan morfologi permukaan zeolit alam Ende. Indikator zeolit alam berdasarkan pengamatan SEM ditunjukkan dengan material berupa susunan lembaran pipih berbentuk seperti batangan dengan susunan menumpuk dan acak (Mansouri dan Rikhtegar, 2013).

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum untuk Penyerapan Biru Metilena dan Jingga metil

Konsentrasi biru metilena dan jingga metil secara kualitatif dapat dibandingkan dari intensitas warnanya yang akan memudar ketika proses adsorpsi berakhir, dan secara kuantitatif penentuan diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada kisaran panjang gelombang 600 – 700 nm untuk biru metilena, dan 300 – 600 nm untuk jingga metil. Panjang gelombang maksimum biru metilena dan jingga metil berturut-turut diperoleh pada 664 nm dan 463 nm.

Penentuan Bobot Optimum

Bobot adsorben yang digunakan berkisar dari 0,1 hingga 0,6 g. Bobot adsorben optimum untuk penyerapan biru metilena adalah sebesar 0,3 g. Bobot adsorben optimum untuk penyerapan jingga metil sebesar 0,4 g. Pengaruh bobot adsorben pada kapasitas adsorpsi zeolit terhadap biru metilena dan jingga metil dapat dilihat pada Tabel 1.

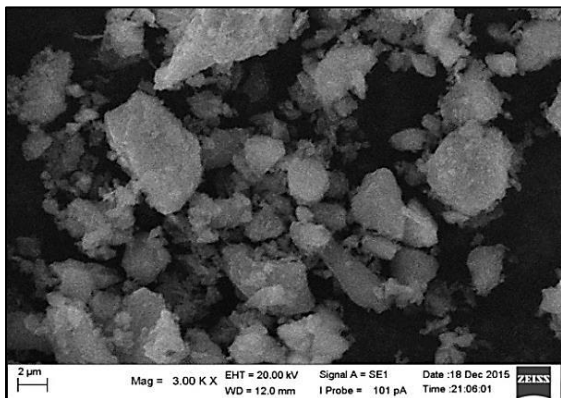
Tabel 1 Kapasitas adsorpsi zeolit alam terhadap biru metilena dan jingga metil pada berbagai bobot adsorben

Bobot Adsorben (g)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	
	Biru Metilena	Jingga metil
0,1	4,817	3,935
0,2	6,913	4,093
0,3	12,454	7,178
0,4	11,761	10,514
0,5	9,483	9,205
0,6	8,013	8,184

Berdasarkan Tabel 1, titik optimum terjadi karena semakin banyak adsorben yang digunakan

maka semakin luas permukaan (tapak aktif zeolit) tersebut sehingga semakin besar kemungkinan terjadi adsorpsi. Namun setelah bobot optimum terjadi penurunan kadar zat pewarna yang terjerap. Penurunan tersebut disebabkan tidak semua sisi aktif terisi oleh adsorbat. Sisi aktif dalam jumlah yang besar membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai keadaan setimbang (Moradi, 2017).

Kapasitas adsorpsi tertinggi diperoleh saat semua sisi aktif dari adsorben telah terisi oleh adsorbat. Pada proses adsorpsi biru metilena dan jingga metil, kapasitas adsorpsi tertinggi diperoleh dengan bobot adsorben yang kecil. Penambahan bobot adsorben dapat meningkatkan sisi aktif, sehingga memungkinkan adanya sisi aktif yang masih belum berinteraksi dengan adsorbat dan menyebabkan terjadinya penurunan kapasitas adsorpsi. Oleh karena itu, pada hasil penelitian ini sampel dengan bobot adsorben yang tinggi tidak menghasilkan kapasitas adsorpsi yang tinggi. Demikian juga hasil penelitian yang dilakukan oleh Riwayati, dkk (2019), pengaruh bobot adsorben terhadap kapasitas adsorpsi menunjukkan bahwa terjadi peningkatan penyerapan zat warna dengan meningkatnya bobot adsorben abu alang-alang teraktivasi asam sulfat.



Gambar 2. Morfologi permukaan zeolit alam

Hal ini terjadi karena luas permukaan menjadi lebih besar dan ketersediaan sisi aktif adsorpsi yang lebih banyak. Tetapi, pada peningkatan bobot adsorben setelah bobot optimum untuk kapasitas adsorpsinya semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada bobot adsorben besar masih banyak zat aktif yang belum berikatan dengan adsorbat, sehingga efisiensi adsorpsi semakin kecil, sedangkan pada massa yang lebih kecil seluruh permukaan adsorben telah berikatan dengan adsorbat zat warna.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Penentuan waktu kontak optimum bertujuan untuk mengetahui waktu yang diperlukan dalam mencapai kesetimbangan adsorpsi biru metilena dan jingga metil oleh adsorben zeolit alam. Umumnya semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, maka akan meningkatkan jumlah adsorbat yang terjerap. Kontak adsorben zeolit dalam mengadsorpsi biru metilena dan jingga metil mengalami kenaikan berturut-turut pada 60 menit dan 90 menit (waktu kontak optimum), kemudian mengalami sedikit penurunan di menit berikutnya. Setelah melewati waktu optimum, sisi aktif pada permukaan zeolit telah diisi penuh oleh sejumlah adsorbat sehingga penambahan waktu adsorpsi hanya akan memengaruhi sedikit peningkatan pada kapasitas adsorpsinya atau cenderung konstan. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi zeolit alam terhadap biru metilena dan jingga metil disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas adsorpsi zeolit alam terhadap biru metilena dan jingga metil pada berbagai waktu kontak

Waktu Kontak (menit)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	
	Biru Metilena	Jingga metil
30	11,825	9,467
60	12,978	9,713
90	11,891	10,815
120	11,675	10,014
150	11,228	9,624

Pada penentuan waktu kontak optimum perlu diketahui bahwa semakin lama waktu adsorpsi maka efek kestabilan listrik akan terganggu sehingga kapasitas adsorpsi setelah waktu kontak optimum cenderung menurun (Pauzan dkk., 2019).

Penentuan pH Optimum

Salah satu parameter penting yang menentukan penyerapan biru metilena dan jingga metil oleh zeolit alam adalah derajat keasaman (pH). Perubahan pH dapat memengaruhi sifat kimia dan permukaan dari adsorben, kelarutan adsorbat, serta kompetisi ion dalam proses penjerapan (Wang dkk., 2015). Adsorpsi zeolit alam terhadap biru metilena mengalami kenaikan pada pH 6 dan jingga metil terjadi pada pH = 2 (pH optimum). Pada rentang pH 2 - 6 terjadi peningkatan jumlah adsorbat biru metilena yang teradsorpsi dan terjadi penurunan pada pH = 8 - 10, sedangkan pada pH = 2

merupakan kapasitas adsorpsi terbesar utk adsorbat jingga metil dan selanjutnya terjadi penurunan pada rentang pH = 4 – 10.

Kondisi pH larutan mengakibatkan perubahan distribusi muatan pada adsorben dan zat warna sebagai akibat terjadinya reaksi protonasi dan deprotonasi gugus-gugus fungsional (Nurhasni dkk, 2018). Pada kondisi asam (pH < 7) ion Cl⁻ terlepas sehingga keadaan larutan bermuatan positif dan interaksi elektrostatis antara adsorbat dan adsorben menjadi besar. Sedangkan pada pH yang lebih besar pelepasan ion Cl⁻ akan terhambat akibat tertekan oleh ion OH⁻ dalam larutan sehingga interaksi antara adsorben dengan pewarna menjadi kecil. Selain itu, pada kondisi tersebut sisi aktif zeolit mengalami titik jenuh (Hu dkk., 2012). Kapasitas adsorpsi dan penyerapan biru metilena dan jingga metil pada variasi pH ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kapasitas adsorpsi zeolit alam terhadap biru metilena dan jingga metil pada berbagai pH kontak

pH	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	
	Biru Metilena	Jingga metil
2	11,407	11,427
4	12,823	10,325
6	13,298	10,011
8	13,014	9,763
10	12,115	8,728

Ikatan antara adsorben zeolit dan adsorbat zat warna yang terjadi penelitian ini adalah ikatan Van der Waals. Ikatan Van der Waals didefinisikan sebagai gaya tarik antar molekul akibat tarikan dipol-dipol. Molekul dipolar cenderung untuk bergabung dengan molekul tetangganya, hingga kutub negatif suatu molekul mendekati kutub positif molekul lainnya. Zeolit alam mengandung muatan negatif dan muatan positif dalam jumlah tertentu. Adsorbat yang memiliki muatan negatif akan berikatan dengan muatan positif dari zeolit alam, sedangkan adsorbat yang memiliki muatan positif akan berikatan dengan muatan negatif dari zeolit alam.

Penentuan Isoterm Adsorpsi

Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan untuk menentukan hubungan antara konsentrasi adsorbat dan tingkat penyerapannya ke permukaan adsorben pada suhu kamar. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi awal biru metilena dan jingga metil diikuti dengan kenaikan jumlah zat

tersebut yang teradsorpsi (kapasitas adsorpsi). Tabel 4 menunjukkan kapasitas adsorpsi zeolit alam pada variasi konsentrasi awal adsorbat.

Kapasitas adsorpsi zeolit alam terhadap biru metilena dan jingga metil yang teradsorpsi meningkat bertambahnya konsentrasi awal adsorbat. Hal ini disebabkan makin tinggi konsentrasi adsorbat maka makin banyak pula jumlah biru metilena dan jingga metil dalam larutan yang teradsorpsi

Kemampuan zeolit dalam menyerap suatu adsorbat dipengaruhi oleh sifat zeolit tersebut. Zeolit dengan aktivasi kimia memberikan nilai mutu yang telah memenuhi standar. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengotor seperti uap air dan mineral lain yang dapat mengganggu proses penyerapan cenderung sedikit sehingga zeolit mampu mengadsorpsi lebih banyak molekul biru metilena dan jingga metil. Mutu zeolit alam yang baik tersebut dibuktikan dengan hasil pengujian terhadap penyerapan biru metilena dan jingga metil yang menghasilkan nilai kapasitas adsorpsi yang besar. Kapasitas adsorpsi biru metilena dan jingga metil mencapai nilai tertinggi yakni berturut-turut 21,189 mg/g dan 18,208 mg/g.

Tabel 4 Kapasitas adsorpsi zeolit alam terhadap biru metilena dan jingga metil pada variasi konsentrasi awal

Konsentrasi adsorbat (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	
	Biru Metilena	Jingga metil
100	8,655	6,409
200	11,751	8,132
400	14,218	11,427
600	16,013	14,503
800	21,017	17,113
1000	21,189	18,208

Penentuan isoterm adsorpsi biru metilena dan jingga metil oleh zeolit alam dianalisis dengan menggunakan dua model isoterm adsorpsi yaitu model Langmuir dan Freundlich. Isoterm Langmuir berdasarkan adsorpsi *monolayer* pada sisi aktif adsorben yang homogen, sedangkan isoterm Freundlich menggambarkan adsorpsi pada permukaan heterogen. Bentuk linier dari persamaan Freundlich dinyatakan dalam persamaan 2.

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$

Dimana C_e adalah konsentrasi kesetimbangan adsorbat (mg/L), q_e adalah kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan (mg/g), K_f dan n adalah konstanta dan

intensitas adsorpsi. Bentuk linier persamaan isoterm Langmuir seperti pada persamaan 3.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{Q} + \frac{1}{Qb} \quad (3)$$

Dimana Q adalah adsorpsi maksimum pada monolayer (mg/g) dan b adalah konstanta Langmuir yang terkait dengan afinitas dari pengikatan (mL/mg). selain itu, b adalah ukuran energi adsorpsi (Auta dan Hamed, 2013). Pada adsorpsi biru metilena dan jingga metil dengan zeolit alam menunjukkan nilai korelasi isoterm Langmuir lebih besar dibandingkan isoterm Freundlich. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi merupakan adsorpsi *monolayer* (homogen). Nilai parameter isoterm q_m , Kf, n, dan R^2 disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Parameter isoterm adsorpsi zeolit alam terhadap biru metilena dan jingga metil

Parameter	Biru Metilena	Jingga metil
q (mg/g)	21,189	18,208
Langmuir b (L/mg)	0,387	0,148
R^2	0,998	0,992
K_f (mg/g)	9,252	7,951
Freundlich n	0,142	0,738
R^2	0,805	0,615

Proses adsorpsi zat pewarna yang didominasi oleh isoterm Langmuir menggambarkan adsorpsi terjadi pada satu sisi aktif dimana sekali molekul menempati sebuah sisi aktif maka tidak akan terjadi penyerapan lebih lanjut. Apabila sisi aktif adsorben sudah jenuh dengan adsorbat maka kenaikan konsentrasi adsorbat tidak meningkatkan jumlah biru metilena yang teradsorpsi (Rasouli dkk., 2012).

KESIMPULAN

Zeolit alam Ende dapat bertindak sebagai adsorben limbah pewarna dengan perlakuan aktivasi kimia menggunakan HCl 3 M. Kapasitas adsorpsi zeolit alam dalam menyerap biru metilena mencapai 21,189 mg/g dan jingga metil mencapai 18,208 mg/g. Keadaan optimum optimum penyerapan biru metilena dan jingga metil terjadi pada bobot adsorben berturut-turut 0,3 g dan 0,4 g, waktu kontak berturut-turut sebesar 60 menit dan 90 menit, serta pH

optimum terjadi pada pH 6 dan 2. Faktor bobot adsorben, waktu kontak, dan pH memberikan pengaruh secara simultan baik untuk penyerapan biru metilena maupun jingga metil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Yayasan Perguruan Tinggi Flores yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Yaperitif tahun 2020 serta LPPM Universitas Flores yang memberikan dukungan dan kesempatan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Arryanto, Suwardi, Husaini, Affandi, T., Amini, S., Al-Jabri, M., Siagian, P., Setyorini, Rahman, A. dan Pujiastuti, Y., 2012. *Zeolit dan masa depan bangsa*, Imperium Pr: Yogyakarta.
- Auta, M. and Hameed, B., 2014. Chitosan–clay composite as highly effective and low-cost adsorbent for batch and fixed-bed adsorption of methylene blue, *Chem. Engineering J.*, 237(1), 352-361.
- Beldean-Galea, S.M., Copaciu, F.M. and Coman, M.V., 2018. Chromatographic analysis of textile dyes, *J. of AOAC International*, 101(5), 1353-1370.
- Fu, J., Xin, Q., Wu, X., Chen, Z., Yan, Y., Liu, S., Wang, M. and Xu, Q., 2016. Selective adsorption and separation of organic dyes from aqueous solution on polydopamine microspheres, *J. Colloid Interface Science*, 461, 292-304.
- Gougazeh, M. and Buhl, J.C., 2014. Synthesis and characterization of zeolite A by hydrothermal transformation of natural Jordanian kaolin, *J. Association of Arab Universities for Basic and Applied Science*, 15, 35-42.
- Hossain, K., Quaik, S., Ismail, N., and Raffatullah, M., Avasan, M., and Shaik, R., 2016. Bioremediation and detoxification of the textile wastewater with membrane bioreactor using the white-rot fungus and reuse of wastewater, *Iran J. Biotechnology*, 14(3), 154-162.
- Kahoul, I., Bougdah, N., Djazi, F., Djilani, C., Magri, P., and Medjram, M.S., 2018. removal of methylene blue by adsorption onto activated carbons produced from agricultural wastes by microwave induced koh activation, *Chemistry and Chemical Tech.*, 13(3), 365-371.
- Kaushik, P.A., and Malik, 2011, Process optimization for efficient dye removal by *Aspergillus*

- lentulus* FJ172995, *J. Hazard Materials*, 185, 837-843.
- Kim, K., and Ahn, H., 2011. The effect of pore structure of zeolite on the adsorption of VOCs and their desorption properties by microwave heating, *Microporous and Mesoporous Materials*, 152, 78-83.
- Kustomo and Santoso, S.J., 2019. Adsorption and kinetic studies of cationic (methylene blue) and anionic (methyl orange) dyes onto magnetite coated with humic acid, *J. Jejaring Matematika dan Sains* 1(2), 64-69.
- Liu, Y., Zhu, W., Guan, K., Peng, C., and Wu, J., 2018, Freeze-casting of alumina ultra-filtration membranes with good performance for anionic dye separation, *Ceramics International*, 44, 11901-11904.
- Lu, X., Wang, F., Li, X., Shih, K., and Zeng, E.Y., 2016, Adsorption and thermal stabilization of Pb^{2+} and Cu^{2+} by zeolite, *Industrial and Engineering Chemistry Res.*, 55(32), 8767-8773.
- Lv, S., Liu, J.M., Ma, H., Wang, Z., Li, C., Zhao, N., and Wang, S., 2019. Simultaneous adsorption of methyl orange and methylene blue from aqueous solution using amino functionalized Zr-based MOFs, *Microporous and Mesoporous Materials*, 282, 179-187.
- Mansouri, N. and Rikhtegar, N., 2013. Porosity, characterization and structural properties of natural zeolite clinoptilolite as a sorbent, *Environ. Protection Engineering*. 39(1), 139-147.
- Mekatel, E.H., Amokrane, S., Aid, A., Nibou, D., and Trari, M., 2015. Photocatalytic reduction of Cr(VI) on nanosized Fe_2O_3 supported on natural Algerian clay: Characteristics, kinetic and thermodynamic study, *Comptes Rendus Chimie*, 18(3), 336-344.
- Moradi, S.E. and Nasrollahpour, A., 2017. Competitive adsorption and photodegradation of Methyl orange and Rhodamine B by TiO_2 modified mesoporous carbon photo-catalyst on UV irradiation, *Materials Tech.*, 32(12), 716-723.
- Ngapa, Y.D., Sugiarti, S., and Abidin, Z., 2016. Hydrothermal transformation of natural zeolite from Ende-NTT and its application as adsorbent of cationic dye, *Indonesian J. Chemistry*, 16(2), 138-143.
- Nurhasni, Mar'af, R., and Hendrawati, 2018. Pemanfaatan kulit kacang tanah (*Arachis hipogaea* L.) sebagai adsorben zat warna metilen biru, *J. Kimia Valensi*, 4(2), 156-167.
- Pauzan, M.A.B., Puteh, M.H., Yuzir, A., Othman, M.H.D., Wahab, R.A., and Abideen, M.Z., 2019. Optimizing ammonia removal from landfill leachate using natural and synthetic zeolite through statically designed experiment, *Arabian J. for Science and Engineering*, 45, 3657-3669.
- Riwayati, I., Fikriyyah, N., and Suwardiyono, 2019. Adsorpsi zat warna methylene blue menggunakan abu alang-alang (*Imperata cylindrica*) teraktivasi asam sulfat, *Inov. Teknik Kimia*, 4(2), 6-11.
- Riyardi, A., Hasmarini, M.I., Triyono., Setyowati, E., Setiaji, B., Wardhono, A., and Wahab, N., 2013. Deindustrialisasi pada industri tekstil dan produk tekstil di pulau Jawa, *J. Economics and Policy*, 6(1), 106-119.
- Rasouli, M., Yaghoobi, N., Hafezi, M., and Rasouli, M., 2012, Effect of nanocrystalline zeolite Na-Y on meta-xylene separation, *J.Industrial and Engeneering Chemistry*, 18, 1970-1976.
- Rosyida, A and Zulfiya, A, 2013, Pewarnaan bahan tekstil dengan menggunakan ekstrak kayuangka dan teknik pewarnaannya untuk mendapatkan hasil yang optimal, *J. Rakayasa Proses*, 7(2), 52-58.
- Wang, Y., Li, H., Gu, L., Gan, Q., Li, Y., and Calzaferri, G., 2009. Thermally stable luminescent lanthanide complexes in zeolite L, *Microporous and Mesoporous Materials*, 121, 1-6.
- Wang, X., Shao, D., Hou, G., and Wang, X., 2015. Uptake of $Pb(II)$ and $U(VI)$ ions from aqueous solutions by the ZSM-5 zeolite, *J. Molecular Liaquids*, 207, 338-342.
- Zhang, J., Chen, S., Zhang, Y., Quan, X., Zhao, H., and Zhang, Y., 2014, Reduction of acute toxicity and genotoxicity of dye effluent using fenton-coagulation process, *J.Hazard Materials*, 274, 198-204.