

## AKTIVASI ZEOLIT ALAM SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA ALAMI KULIT BUAH NAGA (*PITAYA*)

**Eka Nurul Hidayah, Munasir\***

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Surabaya

\*E-mail korespondensi: [munasir\\_physics@unesa.ac.id](mailto:munasir_physics@unesa.ac.id)

### ABSTRACT

*Natural zeolite is one of the alternative adsorbents with good absorption capabilities, including in absorbing color. The adsorption ability of zeolite can be increased by the activation process because it can increase the Si/Al ratio and pore size. Dragon fruit peel is a natural material that can be used as a natural dye because it contains betacyanin pigments which are equivalent to synthetic dyes. This study aimed to investigate the characteristics of activated green and brown zeolite and their adsorption ability on natural dyes of dragon fruit peel. Zeolite was activated chemically using 3M HCl solution and physically through a heating process of 500°C, then characterized using XRD and FTIR. The zeolite adsorption process was carried out with variations in contact time of 30, 60 and 90 minutes and variations in the mass of the adsorbent 0.1, 0.3 and 0.5 grams. The results of XRD analysis showed that the green and brown zeolite contained mordenite, nepheline and quartz minerals. The highest percentage of color degradation in the adsorption process was in brown zeolite at 27.70% at a contact time of 90 minutes and 88.2% at an adsorbent mass of 0.5 grams. Differences in brown zeolite before and after adsorption can be seen from the shift in the wavelength of each functional group due to the interaction with dragon fruit peel.*

**Keywords:** Natural Zeolite, Adsorbent, Dragon Fruit Peel Dye.

### ABSTRAK

*Zeolit alam menjadi salah satu alternatif adsorben dengan kemampuan penyerapan yang baik, termasuk dalam menyerap warna. Kemampuan adsorpsi zeolit dapat ditingkatkan dengan proses aktivasi karena dapat meningkatkan rasio Si/Al dan ukuran pori. Kulit buah naga termasuk bahan alam yang dapat dijadikan pewarna alami karena mengandung pigmen betasianin yang setara dengan pewarna sintesis. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki karakteristik zeolit hijau dan coklat yang telah diaktivasi serta kemampuan adsorpsinya terhadap pewarna alami kulit buah naga. Zeolit diaktivasi secara kimia menggunakan larutan HCl 3M dan secara fisika melalui proses pemanasan 500°C, kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD dan FTIR. Proses adsorpsi zeolit dilakukan dengan variasi waktu kontak 30, 60 dan 90 menit serta variasi massa adsorben 0,1; 0,3 dan 0,5 gram. Hasil analisa XRD menunjukkan bahwa zeolit hijau dan coklat mengandung jenis mineral mordenite, napheline dan kuarsa. Persentase degradasi warna tertinggi dalam proses adsorpsi yaitu pada zeolit coklat sebesar 27,70% pada waktu kontak 90 menit dan 88,2% pada massa adsorben 0,5 gram. Perbedaan zeolit coklat sebelum dan sesudah adsorpsi dapat dilihat dari pergeseran panjang gelombang pada setiap gugus fungsinya karena adanya interaksi dengan kulit buah naga.*

**Kata kunci:** Zeolit Alam, Adsorben, Pewarna Kulit Buah Naga.

Diterima 01-07-2022 | Disetujui 14-07-2022 | Dipublikasi 31-07-2022

### PENDAHULUAN

Zeolit alam merupakan bahan mineral aluminosilikat dari proses hidrotermal yang memiliki unit kerangka 3 dimensi terdiri dari tetrahedral  $[\text{SiO}_4]^{-4}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{-5}$  yang

terhubung satu sama lain dengan berbagi atom oksigen [1]. Muatan pada kerangka aluminosilikat yang dibentuk oleh polimerisasi  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  menghasilkan muatan negatif yang berasal dari muatan +4 pada silikon dan +3 pada aluminium [2], untuk

menyeimbangkan muatan negatif zeolit mengandung kation yaitu  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  atau  $\text{Mg}^{2+}$  [3]. Pada struktur kerangka zeolit terdapat rongga antar kristal yang ditempati oleh kation dan molekul air yang sifatnya mudah terlepas saat mengalami pemanasan. Ketika molekul air dihilangkan, pori mikro dan rongga akan melebar dan dapat membentuk 50% dari volume kristal [4].

Sruktur rongga yang saling berhubungan ke segala arah menyebabkan permukaan zeolit menjadi luas serta kemampuan dalam menukar kation yang tinggi membuat zeolit menjadi salah satu alternatif adsorben dengan kemampuan adsorpsi yang baik. Zeolit murni pada dasarnya tidak berwarna, namun zeolit ditemukan dengan beberapa jenis warna, zeolit yang masih segar umumnya berwarna putih kehijauan, hijau gelap, hingga putih keabu-abuan sedangkan ketika mengalami pelapukan zeolit akan berwarna kecoklatan. Warna dari zeolit tergantung dari kadar mineral, jenis, zat pengotor atau komposisi kimia yang berbeda sebelum dan sesudah aktivasi [5].

Kemampuan zeolit alam dalam menyerap dan menukar ion dapat ditingkatkan dengan melakukan metode aktivasi yang bertujuan untuk menghilangkan unsur pengotor yang masih menempel pada zeolit, meningkatkan rasio Si/Al dan meningkatkan ukuran pori pada zeolit [6]. Proses aktivasi zeolit dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Metode aktivasi kimia dengan penambahan larutan asam akan mengalami proses dealuminasi, yaitu proses reduksi atom alumina dari kerangka zeolit yang menyebabkan peningkatan rasio Si/Al dan keasaman zeolit. Sedangkan metode aktivasi fisika dilakukan dengan proses penghancuran dan pemanasan dengan suhu tinggi untuk menghilangkan pengotor yang bersifat organik, memperbesar pori dan memperluas permukaan zeolit. Menurut Hor *et al.* [7] aktivasi zeolit alam menggunakan HCl memiliki kapasitas adsorpsi lebih tinggi pada *methylene blue* yaitu sekitar 98,8% daripada NaOH sekitar 52,2%.

Pemanfaatan zeolit alam sebagai adsorben pewarna sudah cukup sering digunakan, Amelia & Maryudi [8] menggunakan pewarna

*methylene blue* menghasilkan penyerapan warna menggunakan zeolit sekitar 32,11%, *yellow dye* juga pernah digunakan pada penelitian Alabbad [9] menunjukkan bahwa zeolit 0,05 gram dapat menyerap *yellow dye* sekitar 58,63%, sementara pada penelitian Sarabadan *et al.* [10] menggunakan pewarna kristal violet menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimum zeolit alam adalah 177,75 mg/g. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut dapat dilihat bahwa belum terdapat pewarna alami yang diaplikasikan sebagai bahan adsorbat pada zeolit. Seperti diketahui, pewarna alami memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi dari pewarna sintetis dan juga mudah didapatkan.

Pigmen betasianin merupakan pigmen yang dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami. Salah satu bahan alam yang mengandung pigmen betasianin adalah kulit buah naga (*pitaya*). Kulit buah naga kaya akan kandungan betalain yang terdiri dari betasianin menunjukkan warna merah-ungu dan betaxanthins menunjukkan warna kuning-oranye. Betasianin sangat ideal digunakan sebagai pewarna alam karena setara dengan pewarna sintetis dan dapat mempertahankan warnanya pada rentang pH yang luas dari 3 hingga 7 [11]. Studi lain mengungkapkan bahwa betasianin tiga kali lebih kuat dari pewarna merah ungu biru yang dihasilkan oleh antosianin [12]. Saat ini penggunaan kulit buah naga sebagai pewarna alami sudah banyak digunakan oleh beberapa industri seperti industri kosmetik, sandang dan pangan sebagai salah satu upaya dalam pemanfaatan limbah buah-buahan agar tidak merusak ekosistem dan pemborosan senyawa bioaktif.

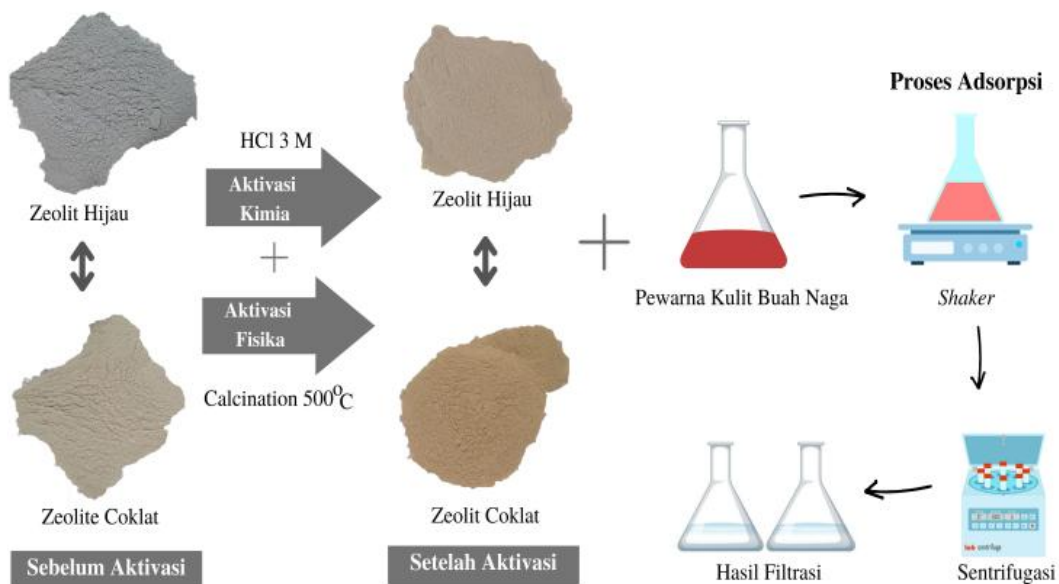
Pada penelitian ini dilakukan aktivasi zeolit hijau dan coklat secara kimia dengan penambahan larutan HCl dan secara fisika melalui proses pemanasan pada suhu 500°C untuk mengetahui karakteristik dari zeolit alam menggunakan instrumen XRD dan FTIR serta kemampuannya dalam menyerap pewarna kulit buah naga. Hasil dari penelitian ini dapat diterapkan sebagai bahan adsorben pewarna dalam pengelolaan limbah di bidang industri termasuk pewarna alami.

## METODE PENELITIAN

### Aktivasi Zeolit Alam

Zeolit alam dari Malang yang terdiri dari 2 warna yaitu zeolit coklat dan zeolit hijau digerus hingga halus dan lolos ayakan 200 mesh, serbuk zeolit kemudian dicuci menggunakan aquadest dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Pada proses aktivasi kimia, 20 gram sampel zeolit alam ditambahkan larutan HCl 3 M sebanyak

100 ml, campuran dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer selama 2 jam pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan 350 rpm, larutan kemudian dicuci dengan aquadest hingga pH netral ( $\text{pH} = 7$ ), selanjutnya larutan disaring menggunakan kertas saring dan hasil endapan yang diperoleh dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam. Sementara proses aktivasi secara fisika dilakukan dengan kalsinasi menggunakan furnace pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam.



**Gambar 1.** Mekanisme aktivasi zeolit sebagai adsorben pewarna kulit buah naga.

### Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Naga

Kulit buah naga merah yang sudah diambil dari dagingnya dicuci hingga bersih dari kotoran yang menempel, kulit buah naga kemudian dipotong kecil-kecil dan dihaluskan menggunakan mortal alu untuk menghasilkan tekstur yang lebih lembut dan ditimbang hingga mendapatkan berat 50 gram, sampel kemudian dilarutkan menggunakan ethanol dengan perbandingan 1:10 (wt/v), selanjutnya sampel distirer selama 1 jam agar larutan menjadi homogen, larutan dimaserasi selama 24 jam dalam kondisi vakum kemudian filtrat hasil ekstrak dipisahkan dengan residu menggunakan. Hasil ekstrak yang telah disaring telah siap digunakan sebagai bahan pewarna alami.

### Karakterisasi Zeolit dan Ekstrak Kulit Buah Naga

Zeolit alam yang telah diaktivasi dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui kristalinitas dan jenis mineral yang terbentuk pada kedua jenis zeolit. kemudian ekstrak kulit buah naga serta zeolit dengan kemampuan adsorpsi terbaik (sebelum dan sesudah proses adsorpsi) dianalisa menggunakan *Fourier Transformasi Infrared* (FTIR) untuk mengetahui perbedaan gugus fungsinya.

### Uji Adsorpsi

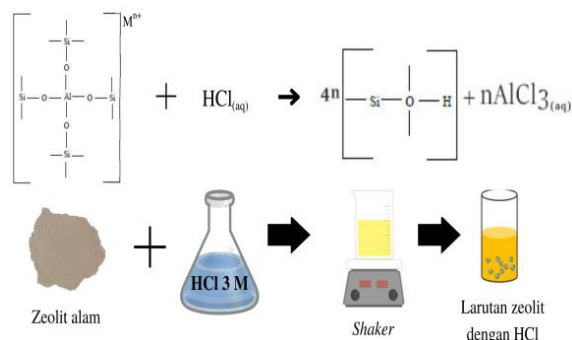
Uji adsorpsi zeolit terhadap pewarna kulit buah naga dilakukan dengan variasi waktu

kontak (30, 60 dan 90 menit) dan variasi massa zeolit (0,1; 0,3 dan 0,5 gram) untuk mengetahui kemampuan adsorpsi yang paling efektif. Serbuk zeolit alam yang telah ditambahkan ekstrak kulit buah naga kemudian di shaker sesuai waktu kontak yang digunakan, larutan disentrifugasi dengan kecepatan 3500 rpm selama 10 menit untuk memisahkan filtrat dengan residu, filtrat yang diperoleh serta larutan ekstrak kulit buah naga murni diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 350-370 nm untuk mengetahui perbedaan nilai absorbansinya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Aktivasi Zeolit Alam

Aktivasi zeolit alam dilakukan secara kimia dan fisika, pada aktivasi kimia zeolit yang telah dipreparasi dilarutkan dengan asam klorida 3M. Proses aktivasi kimia bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang menempel pada zeolit sehingga pori-pori zeolit semakin besar dan meningkatkan rasio Si/Al diikuti dengan meningkatnya adsorptivitas karena pelepasan Al dari sisi aktif Si-O-Al menjadi Si-O-Si [13].



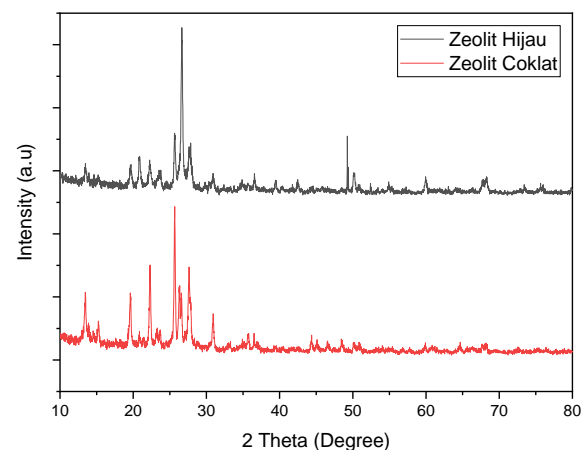
**Gambar 2.** Reaksi pelepasan ikatan Al pada zeolit setelah aktivasi larutan HCl [14].

Ion  $H^+$  yang berasal dari HCl akan menggeser ikatan Al yang awalnya berada pada kerangka menjadi keluar dari kerangka zeolit namun proses ini tidak sampai menghilangkan aluminium pada kerangka zeolit. Ion  $H^+$  juga akan menghilangkan pengotor lain seperti katio-kation menyeimbang pada zeolit seperti  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  atau  $Mg^{2+}$  sehingga kandungan logam pada zeolit setelah aktivasi semakin

berkurang. Larutan zeolit yang telah tercampur dengan HCl mengalami perubahan warna dari bening menjadi kuning, hal tersebut menandakan adanya reaksi antara HCl dengan senyawa logam yang berasal dari zeolit tersebut.

Aktivasi fisika bertujuan agar menstabilkan kembali struktur alumina silika akibat proses dealuminasi, mengoksidasi pengotor alkali, alkali tanah ataupun impuritas lain serta membuat pori-pori zeolit semakin terbuka dan bersih [15]. Setelah proses kalsinasi zeolit coklat mengalami perubahan warna menjadi coklat kemerahan, sedangkan pada zeolit hijau mengalami perubahan warna menjadi coklat terang. Perubahan warna ini menandakan bahwa kandungan hidrat (air) pada kerangka zeolit setelah kalsinasi sangat sedikit.

### Karakteristik Zeolit Alam



**Gambar 3.** Hasil Pola Difraktogram zeolit hijau dan zeolit coklat setelah proses aktivasi.

Analisis kualitatif zeolit alam yang telah teraktivasi dilakukan dengan menggunakan XRD untuk mengetahui jenis kandungan mineralnya. Gambar 3 menunjukkan pola difraksi zeolit alam yaitu warna hijau dan coklat. Hasil difraktogram zeolit alam berwarna hijau menunjukkan adanya puncak pada  $2\theta = 13,4963^\circ; 19,6482^\circ; 22,2609^\circ; 25,6715^\circ; 27,7184^\circ$  yang merupakan karakteristik dari zeolit alam Mordenit berdasarkan data dari JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards) no 6-239. Sedangkan puncak pada  $2\theta = 20,8555^\circ; 26,6503^\circ$  menurut JCPDS no 5-

0490 merupakan puncak kuarsa (SiO<sub>2</sub>) dan puncak 2θ = 30,8944° berdasarkan JCPDS no 19-1176 menunjukkan puncak mineral napheline. Selain itu muncul intensitas tajam pada 2θ = 49,25170 yang menunjukkan zeolit terdealuminasi akibat dari proses aktivasi, hal ini didasarkan pada penelitian Afidah & Khamidinal [16] dimana zeolit dengan perlakuan larutan asam HCl dan kalsinasi pada suhu 500°C muncul intensitas tajam pada 2θ = 47,79°.

Sedangkan zeolit alam berwarna coklat muncul refleksi dengan intensitas yang tajam pada 2θ = 13,4540°; 19,6285°; 22,2930°; 25,6632°; 26,3102°; 27,6264° yang merupakan karakteristik dari zeolit alam mordenit. Puncak pada 2θ = 26,5993° menunjukkan puncak mineral kuarsa (SiO<sub>2</sub>) dan puncak 2θ = 30,9121° merupakan puncak mineral napheline. Mordenit merupakan jenis mineral pembentuk zeolit alam yang memiliki sifat fisik seperti struktur ortorombik dengan volume rongga 28% dan biasanya ditemukan pada batuan kaya silika. Perlakuan asam HCl pada zeolit menyebabkan sudut puncak menjadi lebih tajam disertai dengan meningkatnya rasio Si/Al [17]. Dalam proses kalsinasi terdapat pengotor mineral zeolit yang masih stabil pada suhu kalsinasi seperti mineral kuarsa [18].

### Analisis Adsorpsi Zeolit terhadap Pewarna Kulit Buah Naga

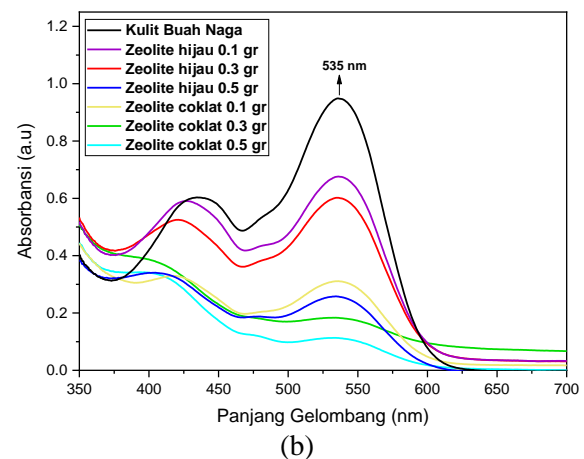
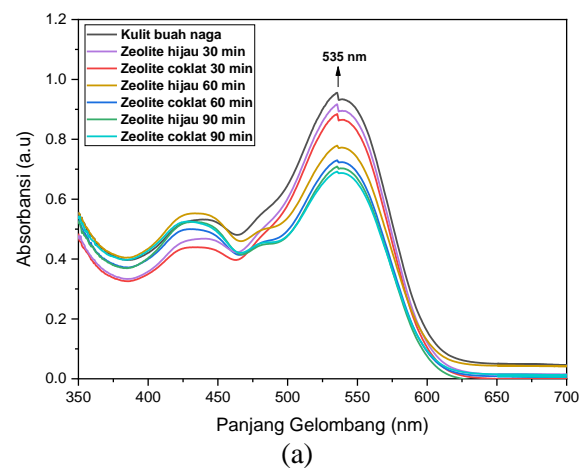
Pewarna kulit buah naga yang diekstraksi menggunakan ethanol menunjukkan spektra penyerapan warna seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Penyerapan maksimum terjadi pada panjang gelombang 535 nm dimana menunjukkan adanya pigmen betasianin yang menjadi penyebab warna merah dalam ekstrak kulit buah naga. Pigmen betasianin memiliki rentang panjang gelombang maksimum 534-555 nm. [19].

Gambar 4 menunjukkan spektra penyerapan pada pewarna kulit buah naga yang telah teradsorpsi oleh zeolit, terlihat bahwa terjadi penurunan intensitas seiring lamanya waktu kontak maupun massa adsorben. Munculnya

penurunan nilai absorbansi tersebut dapat digunakan untuk menentukan persentase degradasi warna larutan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{kontrol}}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana A = nilai absorbansi pada larutan



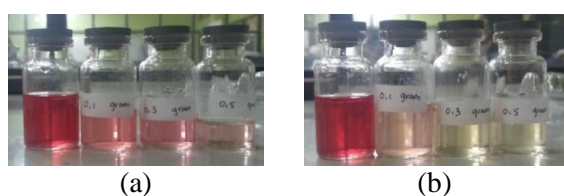
**Gambar 4.** Hasil spektrometer Uv-vis kulit buah naga (a) variasi waktu kontak (b) massa adsorben.

Berdasarkan persamaan tersebut, ekstrak kulit buah naga digunakan sebagai larutan kontrol dengan nilai absorbansi sebesar 0,9535. Sehingga nilai persentase degradasi warna pada zeolit hijau dengan variasi waktu kontak 30, 60 dan 90 menit sebesar 5,11%; 22,52%; 24,30%. Sedangkan zeolit coklat sebesar 7,65%; 23,77%; 27,70%. Semakin lama waktu kontak adsorben (zeolit) dengan adsorbat (pewarna kulit buah naga), maka jumlah adsorbat yang terjerap semakin banyak dan adsorpsi semakin

meningkat. Variasi waktu kontak tidak terlalu terlihat perubahan warna yang signifikan seperti pada Gambar 5, akan tetapi masih menunjukkan perbedaan nilai absorbansi pada uji Uv-Vis.



**Gambar 5.** Hasil filtrat adsorpsi dengan variasi waktu kontak (a) zeolit hijau (b) zeolit coklat.



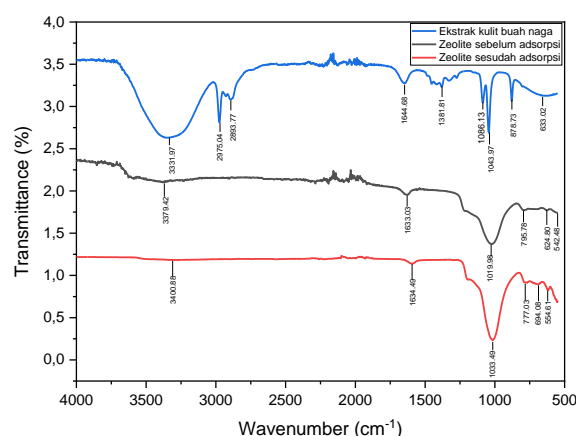
**Gambar 6.** Hasil filtrat adsorpsi dengan variasi massa adsorben (a) zeolit hijau (b) zeolit coklat.

Banyaknya massa adsorben yang digunakan juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan proses adsorpsi terhadap pewarna yang akan diserap. Variasi massa zeolit 0,1; 0,3 dan 0,5 gram menunjukkan persentase degradasi warna pada zeolit hijau sebesar 28,7%; 35,6% dan 73,4% dan zeolit coklat sebesar 67,9%; 79,0% dan 88,2%. Semakin banyak massa zeolit membuat warna hasil filtrasi semakin memudar dan bening. Hal tersebut dapat terjadi karena permukaan (sisi aktif zeolit) semakin luas sehingga adsorptivitas juga semakin baik. Degradasi warna akan meningkat seiring bertambahnya waktu kontak dan massa adsorben [20, 21]

### Analisis Gugus Fungsi Zeolit sebelum dan sesudah mengadsorpsi Kulit Buah Naga

Ekstrak kulit buah naga dan zeolit coklat baik sebelum dan sesudah adsorpsi dikarakterisasi dengan FTIR untuk mengidentifikasi jenis ikatannya. Berdasarkan Gambar 7, pada kulit buah naga terdapat pita serapan di daerah  $3331,97 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi *stretching* gugus hidroksil (O-H). Vibrasi gugus O-H memiliki

daerah cukup lebar yang dapat disebabkan karena adanya gugus amina (N-H) yang umumnya muncul di daerah  $3300\text{-}3500 \text{ cm}^{-1}$  dan tertutupi oleh gugus O-H. Panjang gelombang  $2893,77 \text{ cm}^{-1}$  dan  $2975,05 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-H alkana, pada vibrasi ini terdapat rengangan (*stretch*) pada pigmen betasianin [22]. Penyerapan pada regangan cincin muncul pada panjang gelombang  $1644,68 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi C=C alkena *stretching*. Pita serapan pada bilangan gelombang  $1361,81 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi C-H alkana *bending*. Pita pada daerah bilangan  $1043,97 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1086,13 \text{ cm}^{-1}$  dengan intensitas yang cukup tinggi menunjukkan adanya vibrasi *stretching* dari gugus ester (C-O) atau asam karbosilat. Pita serapan pada panjang gelombang  $633,02 \text{ cm}^{-1}$  dan  $878,73 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi C-H *bending* yang ditemukan dalam senyawa aromatik. Berdasarkan penelitian Sari *et al.* [23] menyatakan bahwa vibrasi *stretching* O-H dan C-O menunjukkan adanya senyawa polar berupa *fenolik* dan *flavonoid*; gugus N-H menandakan senyawa *alkaloid* dan gugus C - H menunjukkan senyawa yang bersifat non polar yaitu *terpenoid* dan *steroid*.



**Gambar 7.** Spektra FTIR kulit buah naga, zeolit sebelum dan sesudah proses adsorpsi.

Hasil spektrofotometer FTIR pada zeolit sebelum proses adsorpsi menunjukkan bahwa terdapat vibrasi ulur O-H pada panjang gelombang  $3379,42 \text{ cm}^{-1}$  dengan intensitas yang cukup rendah akibat dari proses aktivasi

sehingga menyebabkan molekul air yang terikat pada kerangka zeolit mengalami pelepasan dan membuat zeolit menjadi bersih dan pori-pori menjadi terbuka [24], vibrasi tekuk Si-OH atau Al-OH menandakan adanya air yang terikat secara molekuler dalam struktur zeolit [25], vibrasi ulur simetris Si-O-Si atau Al-O-Al menunjukkan fase alotropik SiO<sub>2</sub> pada zeolit [26].

Sementara hasil FTIR zeolit setelah proses adsorpsi pewarna kulit buah naga menunjukkan adanya pergeseran di setiap puncak serapan ke bilangan yang lebih tinggi dan lebih rendah seperti pada Tabel 1. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ketika proses adsorpsi, pewarna alami kulit buah naga

berinteraksi dengan bagian vibrasi ulur O-H, vibrasi tekuk Si-OH atau Al-OH, vibrasi ulur asimetris Si-O-Si atau Al-O-Al, vibrasi ulur asimetri Si-O-Si atau Al-O-Al, gugus Na-O dan deformasi Si-O-Al pada zeolit. Pada vibrasi ulur asimetris Si-O-Si atau Al-O-Al terlihat bahwa bentuk puncak lebih tajam dan intensitas lebih tinggi daripada zeolit sebelum proses adsorpsi, spektra ekstrak kulit buah naga pada gugus C-O dengan panjang gelombang 1043,97 cm<sup>-1</sup> juga memiliki puncak yang cukup tajam sehingga hal tersebut mengindikasikan bahwa gugus vibrasi ulur asimetris Si-O-Si pada zeolit setelah adsorpsi telah bereaksi dengan gugus C-O pada ekstrak kulit buah naga.

**Tabel 1.** Karakteristik spektra FTIR pada zeolit sebelum dan sesudah adsorpsi.

Sebelum adsorpsi (cm <sup>-1</sup> )	Setelah adsorpsi (cm <sup>-1</sup> )	Gugus fungsi	Referensi
3379,42	3400,88	O-H <i>stretching</i>	[25]
1633,03	1634,49	Si-OH/Al-OH <i>bending</i>	[24]
1019,98	1033,49	Si-O-Si/Al-O-Al <i>stretching</i> asimetri	[24]
795,78	777,03	Si-O-Si/Al-O-Al <i>stretching</i> simetri	[24]
624,80	694,08	Na-O <i>bond</i>	[27]
542,48	554,61	Si-O-Al <i>bond deformation</i>	[28]

## KESIMPULAN

Nilai Karakterisasi zeolit alam yang telah diaktivasi menggunakan analisa XRD menunjukkan bahwa zeolit hijau dan coklat memiliki kandungan jenis mineral yang hampir sama yaitu mordenite, napheline dan kuarsa. Dari kedua zeolit tersebut kemampuan adsorpsi yang paling efektif yaitu zeolit warna coklat pada waktu kontak 90 menit dan massa adsorben 0,5 gram dengan persentase degradasi warna sebesar 27,70% dan 88,2%. Perbedaan gugus fungsi pada zeolit coklat sebelum dan sesudah proses adsorpsi ditandai dengan adanya pergeseran panjang gelombang pada setiap puncak serapan karena berinteraksi dengan kulit buah naga. Sehingga zeolit yang telah diaktivasi dapat digunakan sebagai media adsorben yang baik terhadap pigmen betasianin pada kulit buah naga.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Laboratorium Material jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya, Laboratorium jurusan kimia Universitas Negeri Surabaya, Laboratorium Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang, dan Laboratorium Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh November yang telah membantu memberikan fasilitas dalam proses pengujian XRD, UV-Vis dan FTIR.

## REFERENSI

- Georgiev, D., Bogdanov, B., Angelova, K., Markovska, I., & Hristov, Y. (2009, June). Synthetic zeolites—structure, classification, current trends in zeolite synthesis. Review. *International Science Conference*, 4-5.
- KP Veerapandian, S., De Geyter, N., Giraudon, J. M., Lamonier, J. F., & Morent, R. (2019). The use of zeolites for

- VOCs abatement by combining non-thermal plasma, adsorption, and/or catalysis: a review. *Catalysts*, **9**(1), 98.
3. Ola, P. D., Djami, A. G., & Wogo, H. E. (2013). The Use of Activated Natural Zeolite as an Adsorbent on Removing of Rhodamine B from Aqueous Solution. *Journal of Applied Chemical Science*, **2**(2), 252-258.
  4. Nazir, L. S. M., Yeong, Y. F., & Chew, T. L. (2020). Methods and synthesis parameters affecting the formation of FAU type zeolite membrane and its separation performance: a review. *Journal of Asian Ceramic Societies*, **8**(3), 553-571.
  5. Neolaka, Y. A., Kalla, E. B., Malelak, G. A., Rukman, N. K., Supriyanto, G., & Puspaningsih, N. N. T. (2018). Adsorption of methylene blue using acid activated green color natural zeolite from Ende-Flores, Indonesia. *Rasayan Journal of Chemistry*, **11**(2), 494-504.
  6. Palentin, E. R., Hindryawati, N., & Gunawan, R. (2019). Adsorption of Fe Metal Ion in Solution Using Natural Zeolite Activated by KOH. *Jurnal Atomik*, **4**(2), 82-85.
  7. Hor, K. Y., Chee, J. M. C., Chong, M. N., Jin, B., Saint, C., Poh, P. E., & Aryal, R. (2016). Evaluation of physicochemical methods in enhancing the adsorption performance of natural zeolite as low-cost adsorbent of methylene blue dye from wastewater. *Journal of cleaner production*, **118**, 197-209.
  8. Amelia, S., & Maryudi, M. (2019). Application of natural zeolite in methylene blue wastewater treatment process by adsorption method. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, **8**(2), 144-147.
  9. Alabbad, E. A. (2021). Efficacy assessment of natural zeolite containing wastewater on the adsorption behaviour of Direct Yellow 50 from; equilibrium, kinetics and thermodynamic studies. *Arabian Journal of Chemistry*, **14**(4), 103041.
  10. Sarabadan, M., Bashiri, H., & Mousavi, S. M. (2019). Removal of crystal violet dye by an efficient and low cost adsorbent: modeling, kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *Korean Journal of Chemical Engineering*, **36**(10), 1575-1586.
  11. Archana, D., Chougule, B. S., Assma, P., Lahan, J. P., Madhumita, B., & Boro, R. C. (2015). Natural pigment betacyanin as tracking dye for gel electrophoresis. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, **6**(1), 23-26.
  12. Raj, G. B., & Dash, K. K. (2020). Ultrasound-assisted extraction of phytochemicals from dragon fruit peel: Optimization, kinetics and thermodynamic studies. *Ultrasonics Sonochemistry*, **68**, 105180.
  13. Yosefi, L., Haghghi, M., Allahyari, S., & Ashkriz, S. (2015). The beneficial use of HCl-activated natural zeolite in ultrasound assisted synthesis of Cu/clinoptilolite–CeO<sub>2</sub> nanocatalyst used for catalytic oxidation of diluted toluene in air at low temperature. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, **90**(4), 765-774.
  14. Oktaviani, R., Hindryawati, N., & Panggabean, A. S. (2019). Modification And Characterization of Tasikmalaya Natural Zeolites With Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Jurnal Atomik*, **4**(1), 30-35.
  15. Mara, A., Wijaya, K., & Mudasir, W. T. (2016). Effect of Sulfuric Acid Treatment and Calcination on Natural Zeolites of Indonesia. *Asian Journal of Chemistry*, **28**(1), 11.
  16. Afidah, L. T., & Khamidinal, K. (2019). Pengaruh variasi temperatur kalsinasi zeolit alam terhadap kemampuan adsorpsi limbah fenol. *Indonesian Journal of Materials Chemistry*, **2**(2), 35-42.
  17. Wirawan, S. K., Sudibyo, H., Setiaji, M. F., Warmada, I. W., & Wahyuni, E. T. (2015). Development of natural zeolites adsorbent: chemical analysis and preliminary TPD adsorption study. *Journal of Engineering Science and Technology*, **10**(Spec. issue4), 87-95.



18. Seraj, S., Ferron, R. D., & Juenger, M. C. (2016). Calcining natural zeolites to improve their effect on cementitious mixture workability. *Cement and Concrete Research*, **85**, 102-110.
19. Vellano, P., Morais, R., Soares, C., SOUZA, A. R. D., SANTOS, A. D., Martins, G. A., & Damiani, C. (2022). Extraction and stability of pigments obtained from pitaya bark flour (*Hylocereus costaricensis*). *Food Science and Technology*, **42**.
20. Munasir, N., Kusumawati, R. P., Kusumawati, D. H., Supardi, Z. A. I., Taufiq, A., & Darminto, D. (2020). Characterization of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/rGO composites from natural sources: application for dyes color degradation in aqueous solution. *International Journal of Engineering*, **33**(1), 18-27.
21. Taufiq, A., Teraningtyas, A., Kusumawati, D. H., & Supardi, Z. A. I. (2022). Nanosized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub> core-shells fabricated from natural sands, magnetic properties, and their application for dye adsorption. *Engineering and Applied Science Research*, **49**(3), 340-352.
22. Sambasevam, K. P., Yunos, N., Rashid, H. N. M., Baharin, S. N. A., Suhaimi, N. F., Raoov, M., & Shahabuddin, S. (2020). Optimization of Natural Colour Extraction from Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Peel. *Scientific Research Journal*, **17**(2), 33-44.
23. Sari, D. N., Wahdaningsih, S., & Kurniawan, H. Analisis gugus fungsi ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*)| Analysis functional groups of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, **5**(1).
24. Fitriana, N. (2019). Pembuatan Zeolit Alam Teraktivasi HCl dan Karakterisasinya Making Activated Natural Zeolite And Characterization. *UNESA Journal of Chemistry*, **8**(1), 17-19.
25. Rashid, T., Iqbal, D., Hazafa, A., Hussain, S., Sher, c F., & Sher, F. (2020). Formulation of zeolite supported nano-metallic catalyst and applications in textile effluent treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **8**(4), 104023.
26. Ruíz-Baltazar, A., Esparza, R., Gonzalez, M., Rosas, G., & Pérez, R. (2015). Preparation and characterization of natural zeolite modified with iron nanoparticles. *Journal of Nanomaterials*, **2015**.
27. Purwaningsih, H., & Rosdiana, T. (2008). Pencirian dan uji aktivitas katalitik zeolit alam teraktivasi. *Jurnal Riset Kimia*, **1**(2), 107-107.
28. Saputra, O. A., Prameswari, M. D., Kinanti, V. T. D., Mayasari, O. D., Sutarni, Y. D., Apriany, K., & Lestari, W. W. (2017, February). Preparation, characterization and methylene blue dye adsorption ability of acid activated-natural zeolite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **172**(1), 012039.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)