

ADSORPSI *REMAZOL BRILLIANT BLUE* MENGGUNAKAN ZEOLIT YANG DISINTESIS DARI ABU LAYANG BATUBARA

Lu'lu'atul Maghfiroh*), F. Widhi Mahatmanti, Ella Kusumastuti

Gedung Kimia Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang

Gedung D4 Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Januari 2017
Disetujui Pebruari 2017
Dipublikasikan Mei 2017

Kata Kunci:
abu layang batubara
zeolit hasil sintesis
adsorpsi
isoterm *Langmuir*

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik zeolit yang disintesis dari abu layang batubara, dan mengaplikasikannya sebagai adsorben *remazol brilliant blue* serta menentukan kapasitas adsorpsinya. Abu layang (silika 34,0%) digunakan sebagai bahan sintesis zeolit. Zeolit hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD dan FT-IR, untuk mengetahui kondisi optimum adsorpsi dilakukan variasi pH (5, 6, 7, 8, dan 9), waktu kontak (30, 60, 90, 120, dan 150 menit), dan konsentrasi *remazol brilliant blue* (50, 100, 150, 200 dan 250 ppm). Hasil penelitian menunjukkan sintesis menghasilkan zeolit yang mirip Na-P1 dan *carcrinite*. Karakterisasi FT-IR menunjukkan bahwa zeolit telah terbentuk dengan serapan spesifik pada bilangan gelombang 432,05 cm^{-1} . Adsorpsi zeolit terhadap zat warna optimum terjadi pada pH 6 dengan waktu kontak 120 menit pada konsentrasi awal larutan *remazol brilliant blue* 200 ppm. Adsorpsi *remazol brilliant blue* cenderung mengikuti pola isoterm *Langmuir* dan memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 6,45 mg/g dengan energi 20,44 kJ/mol.

Abstract

This research conducted to find out the characteristics of the synthesized zeolite from coal fly ash, and apply it as an adsorbent *remazol brilliant blue* and determine the adsorption capacity. The coal fly ash (34.0% silica) was used as materials synthesis of zeolites. Zeolite were characterized by using XRD and FT-IR, to find out the optimum conditions for adsorption with variation of pH (5, 6, 7, 8, and 9), contact time (30, 60, 90, 120, and 150 minutes), and concentration of *remazol brilliant blue* (50, 100, 150, 200 and 250 ppm). The results showed that zeolites were formed. The result showed that the synthesized to produce similar zeolite Na-P1 and *carcrinite*. FT-IR characterization showed fly ash has been succesfully transformed into zeolite with specific absorption on 432,05 cm^{-1} . Adsorption of *remazol brilliant blue* using the zeolite synthesized showed an optimum pH 6 with 120 minutes of time contact on the initial concentration of *remazol brilliant blue* 200 ppm. Adsorption of *remazol brilliant blue* can be best described by the *Langmuir* and has a capacity of 6.45 mg/g and the energy 20,44 kJ/mol.

Pendahuluan

Perkembangan industri tekstil di Indonesia telah maju dengan pesat. Industri tekstil umumnya menghasilkan zat warna senyawa organik *non-biodegradable*, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Apabila air limbahnya dibuang ke lingkungan, seperti ke selokan atau sungai tanpa diolah terlebih dahulu, air selokan menjadi berwarna dan mengubah kualitas air selokan atau air sungai sehingga tidak sesuai peruntukannya (Mufrodi, *et al.*; 2008).

Metode-metode yang digunakan untuk mengurangi intensitas zat warna pada limbah diantaranya elektrokolorisasi, koagulasi, filtrasi, dan adsorpsi. Menurut Setyaningtyas & Roy (2007), salah satu metode yang banyak digunakan untuk pengolahan limbah cair zat warna adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu teknik yang efisien untuk menghadapi masalah kontaminasi limbah cair domestik dan industri karena dapat menghilangkan bau serta menurunkan kadar zat warna dari larutan dengan sempurna tanpa mengubahnya menjadi senyawa yang lebih berbahaya. Munawaroh (2012), menyebutkan bahan adsorben yang murah dan mudah diperoleh adalah limbah sisa pembakaran batubara. Limbah abu layang batubara dapat dikonversi menjadi adsorben yang potensial untuk menurunkan kadar zat warna pada limbah, salah satunya adalah zeolit.

Zeolit merupakan senyawa alumina silika berpori yang memiliki struktur tiga dimensi yang dibentuk oleh tetrahedral silika (SiO_4^{4-}) dan alumina (AlO_4^{5-}). Zeolit memiliki sifat-sifat istimewa seperti penyaring molekul, kemampuan penukar ion, stabil terhadap panas, dan selektif permukaan dan mudah dimodifikasi sehingga banyak digunakan dalam industri. Salah satu metode yang digunakan pada sintesis zeolit dari abu layang adalah menggunakan metode hidrotermal alkali *treatment* yaitu memanaskan campuran abu layang dengan larutan alkali (KOH, NaOH) yang bertujuan untuk memperbaiki kristalinitas dan efektifitas abu layang (Querol, *et al.*; 2002). Beberapa penelitian telah dilakukan Jumaeri, *et al.* (2009) melakukan sintesis zeolit dari abu layang batubara menggunakan proses alkali hidrotermal dihasilkan senyawa-alumina, yang merupakan campuran dari beberapa kristal seperti zeolit P, zeolit Y, *sodalit*, *mullit*, dan *quartz* dengan menggunakan larutan NaOH (2, 3, dan 4 M) pada temperatur (120-160°C).

Penelitian berikutnya dilakukan oleh

Mustikasari (2009), yang mensintesis zeolit dari abu layang batubara yang melibatkan variabel konsentrasi NaOH 2, 3, 4 M waktu reaksi proses hidrotermal 8, 12, dan 24 jam pada temperatur 140°C. Kondisi optimum terjadi pada zeolit hasil sintesis dengan konsentrasi NaOH 4 M dan waktu 8 jam, yang mengandung zeolit P sebagai fase dominan.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis zeolit NaP1 dan akan diketahui pula kemampuan adsorpsi zeolit yang disintesis dari abu layang batubara terhadap larutan zat warna yang mengandung *remazol brilliant blue*. Uji daya serap dilakukan dengan menggunakan berbagai variasi, diantaranya pH, waktu kontak, dan konsentrasi zat warna yang mengandung *remazol brilliant blue* dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Adsorpsi ini dapat dipelajari menggunakan isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi yang digunakan yaitu isoterm adsorpsi *Langmuir* dan *Freundlich*.

Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu oven (*Memmert*), *shaker*, ayakan 100 *mesh*, *autoclave*, *magnetic stirrer*, *furnace (tube furnace 79400)*, XRF (*PANalytical*), spektrofotometer UV-Vis (*Shimadzu UV Mini 1240*), XRD (*Shimadzu 6000*), dan FT-IR *8201 PC*. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu abu layang batubara, zat warna *remazol brilliant blue* teknis, HCl, NaOH (*grade pro analyst* buatan *Merck*) dan aquades.

Prosedur penelitian meliputi abu layang kering yang sudah bersih dikalsinasi dengan *furnace* pada suhu 600°C selama 2 jam, diayak dengan ukuran 100 *mesh*. Abu layang direndam dengan HCl 1 M dengan rasio abu layang/HCl (1:5) selama 1 jam. Abu layang yang dihasilkan dicuci dengan aquades dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 2 jam. Abu layang ditimbang 10 g lalu ditambahkan 100 mL NaOH (4 M), diaduk menggunakan pengaduk magnet dengan kecepatan 500 *rpm* selama 2 jam. Campuran dimasukkan dalam *autoclave* dan dipanaskan dalam oven selama 8 jam pada temperatur 140°C. Zeolit hasil sintesis dibilas dengan aquades sampai pH netral dan dikeringkan pada suhu 120°C selama 2 jam. Abu layang dan zeolit hasil sintesis dikarakterisasi (XRF, XRD, dan FT-IR), kemudian zeolit siap digunakan sebagai adsorben.

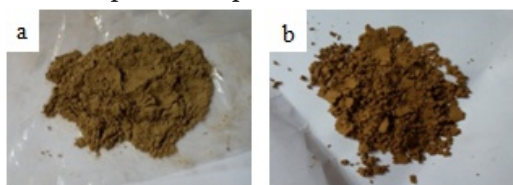
Zeolit hasil sintesis sebanyak 0,1 g ditambahkan ke dalam 50 mL larutan *remazol brilliant blue* masing-masing 50 ppm dilakukan variasi

pH mulai 5, 6, 7, 8, dan 9. Selanjutnya dilakukan variasi waktu kontak 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Terakhir dilakukan variasi konsentrasi yaitu 50, 100, 150, 200, dan 250 ppm. Filtrat diukur absorbansinya. Kapasitas adsorpsi dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (Zhao, *et al.*; 2013).

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m}$$

Hasil dan Pembahasan

Abu layang yang bersih dan kering dikalsinasi pada temperatur 600°C selama 2 jam. Berdasarkan hasil kalsinasi diperoleh abu layang yang mula-mula berwarna abu-abu kehitaman berubah menjadi coklat. Perubahan ini menunjukkan zat-zat organik yang ada dalam abu layang terdekomposisi selama kalsinasi menjadi gas CO₂. Sedangkan warna coklat menunjukkan abu layang sebelum kalsinasi mengandung Fe₂O₃ yang cukup tinggi (Sunardi, *et al.*; 2007). Kenampakan abu layang sebelum dan sesudah kalsinasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. a) abu layang batubara sebelum kalsinasi, b) abu layang batubara sesudah kalsinasi

Secara fisik hasil sintesis yang diperoleh dari proses peleburan menghasilkan padatan berwarna kuning kecoklatan, berbeda dengan abu layang sebelumnya yang berwarna abu-abu kehitaman dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. a) abu layang batubara, b) zeolit hasil sintesis

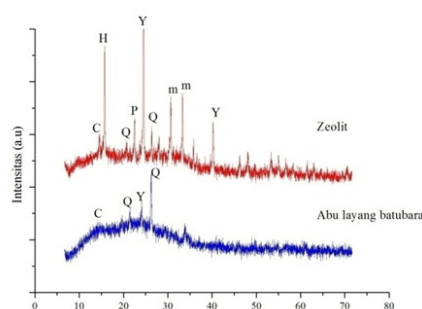
Komposisi kimia yang terkandung dalam abu layang dan zeolit hasil sintesis dicirikan dengan menggunakan fluoresensi Sinar-X (XRF). Berdasarkan hasil yang diperoleh, terlihat bahwa komposisi utamanya terdiri atas oksida besi (Fe₂O₃), silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), kalsium oksida (CaO), dan oksida logam lain dalam jumlah kecil (Tabel 1).

Berdasarkan Tabel 1 hasil analisis menggunakan XRF menunjukkan bahwa zeolit hasil sintesis mengalami penurunan kandungan oksida pengotor (Fe₂O₃) dibandingkan dengan abu

layang batubara, yang awalnya 40,53% menjadi 32,61%. Sedangkan SiO₂ yang terdapat dalam zeolit hasil sintesis mengalami peningkatan dari 34,0 menjadi 36,5%, kenaikan tersebut dikarenakan sifat SiO₂ yang tidak larut terhadap asam kuat. Oleh karena itu, adanya kalsinasi sebelumnya dan penambahan asam kuat HCl mampu mengurangi adanya pengotor dan meningkatkan kadar silika SiO₂. Namun, pada penelitian ini terdapat senyawa lain yang mengalami kenaikan dan penurunan yang relatif kecil. Kenaikan terjadi pada oksida-oksida logam seperti CaO, TiO₂, SrO, BaO, MnO, dan CuO. Setelah kandungan SiO₂ dan Al₂O₃ dari zeolit hasil sintesis telah diketahui, dapat diperoleh rasio mol SiO₂/Al₂O₃ yang memiliki perbandingan lebih dari 1 yaitu 1,76. Berdasarkan perbandingan rasio Si/Al antara 1-3 diperoleh zeolit Y (Saputra; 2006).

Tabel 1. Analisis komposisi kimia abu layang batubara dan zeolit hasil sintesis menggunakan XRF

No.	Komponen	Abu layang (%)	Zeolit hasil sintesis (%)
1.	Fe ₂ O ₃	40,53	32,61
2.	SiO ₂	34,0	36,5
3.	Al ₂ O ₃	12	17
4.	CaO	5,23	7,58
5.	K ₂ O	2,86	0,50
6.	TiO ₂	2,07	3,16
7.	SrO	0,92	1,0
8.	P ₂ O ₅	0,70	-
9.	BaO	0,27	0,39
10.	Rb ₂ O	0,26	-
11.	NiO	0,23	0,23
12.	Re ₂ O ₇	0,2	0,2
13.	MnO	0,17	0,18
14.	Cr ₂ O ₃	0,11	0,11
15.	CuO	0,11	0,12
16.	ZnO	0,10	0,08
17.	V ₂ O ₅	0,06	0,04

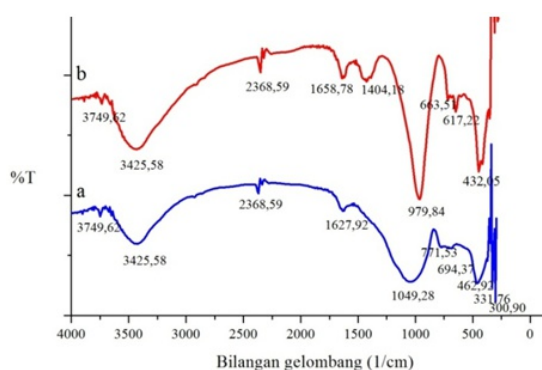


Gambar 3. Difraktogram zeolit hasil sintesis (Q = kuarsa, C = cancrinit, Y = zeolit Y, P = zeolit P, m = mullit)

Berdasarkan Gambar 3 puncak tajam menunjukkan adanya senyawa SiO₂ yang terkandung dalam abu layang batubara dalam bentuk kuarsa sesuai dengan JCPDS nomor 5-0490 yang menunjukkan kemiripan pada puncak-puncak utamanya. Pola difraktogram yang telah

didapatkan abu layang batubara mengandung fasa *amorf* yang dominan. Hal tersebut ditunjukkan oleh puncak yang terbentuk tidak terlalu tajam dengan intensitas yang relatif rendah yaitu berupa puncak yang melebar dengan bentuk rintik-rintik. Kuarsa ditunjukkan dengan adanya gundukan pada $2\theta = 12,4050^\circ$ sampai $2\theta = 35,1946^\circ$.

Difraktogram hasil uji XRD zeolit hasil sintesis menunjukkan adanya *cancrinite* pada 2θ $13,6882^\circ$ (JCPDS kode: 48-1862), pada puncak $2\theta = 24,118^\circ$ menunjukkan adanya zeolit Y, sedang pada puncak $2\theta = 21,6844^\circ$, $26,2951^\circ$ mengindikasikan adanya spektra zeolit P. Berdasarkan hasil analisis menggunakan XRD menunjukkan sintesis zeolit menghasilkan campuran zeolit P dan zeolit Y. Zeolit hasil sintesis menunjukkan bahwa kristal yang terbentuk adalah zeolit P ($\text{Na}_3\text{Al}_3\text{Si}_5\text{O}_{16}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Hasil analisis jenis zeolit sesuai dengan JCPDS (*Joint Committee for Powder Diffraction Standard*) yang ditunjukkan dalam difraktogram XRD.



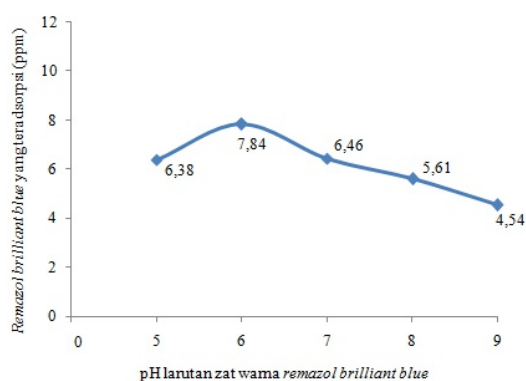
Gambar 4. Spektrum inframerah a) abu layang batubara dan b) zeolit hasil sintesis

Berdasarkan Gambar 4 interpretasi spektrum infra merah abu layang menunjukkan adanya pita serapan yang muncul pada daerah $3425,58\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi rentangan -OH. Vibrasi rentangan Si-H dalam abu layang ditunjukkan oleh pita serapan $2368,59\text{ cm}^{-1}$. Pada pita serapan $1627,92\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi rentang tekuk dari molekul H_2O . Selanjutnya, adanya gugus yang mengandung vibrasi T-O-T (T=Si atau Al) dan daerah sidik jari gugus SiO dan AlOH ditunjukkan oleh pita serapan $1049,28\text{ cm}^{-1}$. Adanya gugus Si-O ditunjukkan oleh pita serapan $771,53\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi Si-O. Serapan $462,92\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi tekuk ikatan T-O (T=Si atau Al) (Sunardi, *et al.*; 2007).

Spektrum inframerah zeolit hasil sintesis menunjukkan adanya vibrasi rentangan -OH pada pita serapan $3425,58\text{ cm}^{-1}$. Kemunculan

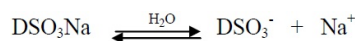
vibrasi rentangan Si-H ditunjukkan oleh pita serapan $2368,59\text{ cm}^{-1}$ sedangkan untuk keberadaan vibrasi ikatan -OSi-H ditunjukkan oleh pita serapan $2121,70\text{ cm}^{-1}$. Pada pita serapan $1658,78\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi rentang tekuk dari molekul H_2O . Daerah sidik jari gugus SiO dan AlOH pada zeolit hasil sintesis ditunjukkan oleh pita serapan $1404,18\text{ cm}^{-1}$. Keberadaan serapan vibrasi rentang asimetri TO_4 (T=Si atau Al) ditunjukkan oleh pita serapan $979,84\text{ cm}^{-1}$. Pada serapan $663,51\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi ulur simetri O-Si-O atau O-Al-O. Vibrasi tekuk ikatan T-O (T=Si atau Al) ditunjukkan pada serapan $432,05\text{ cm}^{-1}$. Sedangkan pada pita serapan $324,04\text{ cm}^{-1}$ terdapat vibrasi pori terbuka. Hal ini memungkinkan zeolit hasil sintesis memiliki kemampuan yang efektif untuk menurunkan zat warna *remazol brilliant blue*.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, pada penelitian ini dilakukan variasi pH. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh pH larutan terhadap kemampuan adsorpsi suatu adsorben. Hasil adsorpsi zat warna *remazol brilliant blue* dengan variasi pH ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara pH dengan zat warna *remazol brilliant blue* yang teradsorpsi (ppm)

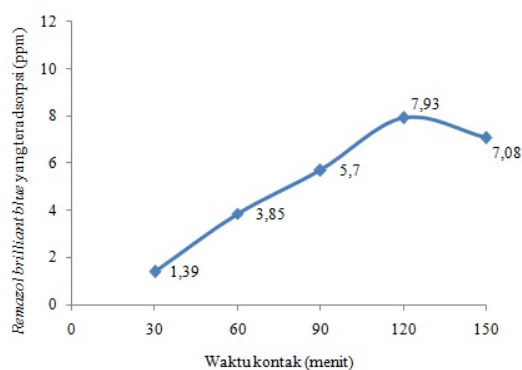
Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa hasil penyerapan zat warna *remazol brilliant blue* oleh adsorben zeolit hasil sintesis yang terbesar terjadi pada pH 6 sebesar 7,84 ppm. Pada pH 5 penyerapan yang terjadi relatif rendah. Hal ini dikarenakan adanya persaingan antara H^+ dan gugus aktif zeolit hasil sintesis untuk berikatan dengan larutan zat warna yang terdisosiasi menjadi ion-ionnya. Seperti pada penelitian Rahmawati (2007), reaksi larutan zat warna yang terionisasi ditunjukkan pada reaksi berikut.



Hasil penyerapan pada pH 6 mengalami

kenaikan, hal ini terjadi karena permukaan adsorben cenderung terionisasi dengan melepas ion H^+ sehingga permukaan adsorben menjadi negatif. Hal ini menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatis antara permukaan zeolit hasil sintesis dengan zat warna. Sedangkan pada pH diatas 6 terjadi penurunan adsorpsi, karena pada pH tersebut ion OH^- yang terlalu banyak mengakibatkan interaksi antara ion OH^- dengan zat warna tolak menolak sehingga daya serapnya semakin berkurang.

Variasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui berapa lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai penyerapan optimum pada zat warna *remazol brilliant blue* oleh zeolit hasil sintesis. Hasil yang diperoleh disajikan dalam Gambar 6.

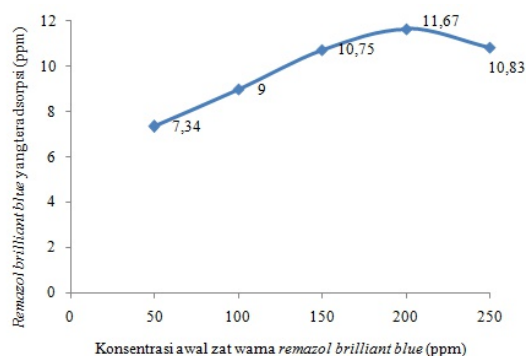


Gambar 6. Hubungan antara waktu kontak (menit) dengan zat warna *remazol brilliant blue* yang teradsorpsi (ppm)

Gambar 6 menunjukkan bahwa adsorpsi zat warna *remazol brilliant blue* yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya waktu kontak. Pada waktu kontak 30 sampai 90 menit penyerapan zat warna *remazol brilliant blue* mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan pada waktu kontak tersebut ruang-ruang kosong dari zeolit hasil sintesis yang belum terisi penuh karena gugus aktif pada adsorben belum berinteraksi secara optimal sehingga belum diperoleh keadaan setimbang. Sedangkan pada waktu 120 menit inilah terjadi keseimbangan antara adsorben dan adsorbat (zat warna), sehingga terjadi adsorpsi secara optimum dengan daya serap 7,93 ppm. Pada waktu kontak 150 menit daya serapnya mengalami penurunan menjadi 7,08 ppm. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat memungkinkan untuk terjadinya peningkatan penyerapan zat warna, namun jika terlalu lama dapat menurunkan tingkat penyerapan. Semakin lama waktu kontak juga dapat mengakibatkan desorpsi,

yaitu terlepasnya zat warna yang sudah terikat oleh adsorben.

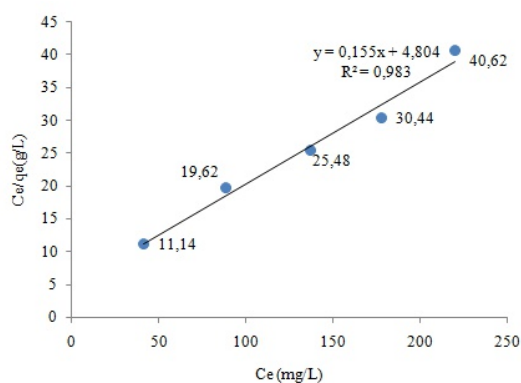
Sedangkan pada variasi konsentrasi bertujuan untuk mendapatkan informasi berapa konsentrasi yang dibutuhkan untuk mencapai penyerapan optimum pada warna *remazol brilliant blue* oleh zeolit hasil sintesis. Hasil adsorpsi warna *remazol brilliant blue* dengan variasi konsentrasi ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan konsentrasi awal *remazol brilliant blue* dengan zat warna *remazol brilliant blue* yang teradsorpsi (ppm)

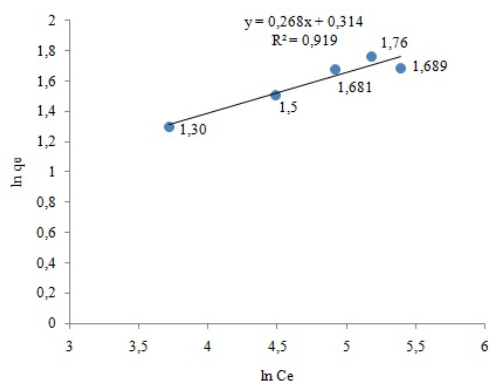
Gambar 7 menunjukkan penyerapan zat warna *remazol brilliant blue* oleh zeolit hasil sintesis terjadi pada konsentrasi optimum 200 ppm dengan *remazol brilliant blue* yang terserap sebesar 11,67 ppm. Konsentrasi 50, 100, dan 150 ppm berturut-turut mengalami kenaikan, dengan penyerapan sebesar 7,34; 9; dan 10,75 ppm. Hal ini terjadi karena masih terdapatnya ruang-ruang kosong yang terdapat pada permukaan adsorben, yaitu masih tersedianya gugus aktif dari zeolit hasil sintesis untuk berikatan dengan zat warna *remazol brilliant blue*. Pada konsentrasi 250 ppm terjadi penurunan daya serapnya. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi yang tinggi, jumlah zat warna dalam larutan tidak sebanding dengan banyaknya adsorben sehingga penyerapannya mengalami penurunan menjadi 10,83 ppm. Sedangkan pada konsentrasi lebih dari 200 ppm adsorben sudah mengalami kejenuhan, sehingga penambahan konsentrasi zat warna akan menurunkan kemampuan adsorpsi. Oleh karena itu, pada konsentrasi lebih dari 200 ppm kemampuan adsorpsi mengalami penurunan.

Isoterm adsorpsi digunakan untuk mengetahui hubungan antara jumlah zat yang terserap dengan jumlah zat penyerap. Kapasitas adsorpsi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan isoterm adsorpsi *Langmuir* atau persamaan isoterm adsorpsi *Freundlich* dengan data yang diperoleh dari konsentrasi optimum masing-masing adsorben.



Gambar 8. Isoterm adsorpsi *Langmuir*

Berdasarkan Gambar 8 hubungan antara C_e/q_e dengan C_e dapat diperoleh kapasitas adsorpsi dengan persamaan linier $y = 0,155x + 4,804$ dan $r^2=0,983$. Pengujian persamaan adsorpsi *Langmuir* dibuktikan dengan kurva linieritas yang baik dan memiliki koefisien determinasi $r^2 \geq 0,9$ (mendekati angka 1). Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi zat warna *remazol brilliant blue* oleh zeolit hasil sintesis mengikuti isoterm *Langmuir*.



Gambar 9. Isoterm adsorpsi *Freundlich*

Grafik yang diperoleh pada Gambar 9 selanjutnya diuji linieritasnya. Hasil pengujian linearitas menunjukkan harga koefisien regresi yang diperoleh adalah 0,91. Koefisien regresi yang diperoleh cukup tinggi, namun masih lebih tinggi koefisien regresi isoterm *Langmuir* yakni 0,98. Rahmawati (2012), mengatakan semua pola isoterm adsorpsi menunjukkan terjadinya kenaikan jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben seiring dengan naiknya konsentrasi zat yang direaksikan.

Persamaan *Langmuir* yang diperoleh digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi, konstanta kesetimbangan, dan energi adsorpsi zat warna *remazol brilliant blue*. Sedangkan persamaan *Freundlich* digunakan untuk mengetahui afinitas dan konstanta kesetimbangan. Menurut Amri, *et al.* (2004), afinitas merupakan ukuran

seberapa kuat molekul adsorbat teradsorpsi menuju permukaan adsorben. Hasil perhitungan parameter adsorpsi *Langmuir* dan *Freundlich* yang diperoleh dari Tabel 2.

Tabel 2. Parameter adsorpsi *Langmuir* dan *Freundlich*

Isoterm	r^2	q_{max} (mg/g)	K	n	E (kJ/mol)
<i>Langmuir</i>	0,98	6,45	3626,5611	-	20,44256
<i>Freundlich</i>	0,91	-	1,368	3,73	-

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai r^2 , dapat diasumsikan isoterm *Langmuir* mampu menunjukkan data adsorpsi yang lebih baik daripada isoterm *Freundlich*. Berdasarkan energi adsorpsi zat warna *remazol brilliant blue* oleh zeolit hasil sintesis sebesar 20,44256 kJ/mol. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi yang terjadi dalam proses adsorpsi zat warna *remazol brilliant blue* oleh zeolit hasil sintesis adalah adsorpsi fisika, karena berinteraksi secara fisika yaitu hanya menempel pada permukaan pori adsorben saja. Menurut Castellán (1982), adsorpsi fisika juga menghasilkan energi kurang dari 20,92 kJ/mol.

Simpulan

Zeolit hasil sintesis dari abu layang batubara menghasilkan SiO_2 (36,5%) dan Al_2O_3 (17,0%). Karakteristik menggunakan FT-IR dan XRD pada zeolit hasil sintesis menunjukkan kemiripan hasil pada puncak-puncak difraktogramnya dan zeolit yang dihasilkan memiliki struktur mirip zeolit NaP1. Adsorpsi zat warna *remazol brilliant blue* optimum pada pH 6, waktu kontak 120 menit dan konsentrasi awal zat warna 200 ppm. Studi isoterm *Langmuir* memberikan harga kapasitas adsorpsi maksimum zeolit hasil sintesis dalam menyerap zat warna *remazol brilliant blue* sebesar 6,45 mg/g adsorben dan koefisien regresi (r^2) sebesar 0,98. Adsorpsi zat warna *remazol brilliant blue* oleh zeolit hasil sintesis merupakan adsorpsi fisika dengan energi adsorpsi sebesar 20,44 kJ/mol.

Daftar Pustaka

- Amri, A., Suparnoto. & Fakhrurozi, M. 2004, Kesetimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd (II) dan Cr (II) dengan Zeolit Alam Terimpegnasi 2-Merkapto-benzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia*, 6(2): 111-117
- Castellán, G.W. 1982. *Physical Chemistry*. London: Addison Weley Publishing Company
- Jumaeri, Sutarno, E.S. Kuniarti, & S.J. Santosa. 2009. Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Temperatur pada Sintesis Zeolit dari Abu Layang Secara Alkali Hidrotermal. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 8(1): 22-32
- Mufrodi, Z., N. Widiastuti., & R.C. Kardika. 2008. *Adsorpsi Zat Warna Tekstil dengan*

- Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Variasi Massa Adsorben dan Suhu Operasi.* Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan
- Munawaroh, I. 2012. Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Adsorben *Rhodamin B* dan *Metanil Yellow*. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga
- Mustikasari, A.D. 2009. Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Reaksi Hidrotermal pada Sintesis Zeolit dari Abu Layang dan Aplikasinya sebagai Adsorben dalam Air Sadah pada Sumur Gali. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Querol, X., N. Moreno, J.C. Umana, A. Alastuey, E. Hernandez, A. Lopez-Soler, F. Plana. 2002. Synthesis of Zeolites from Coal Fly Ash: an Overview. *International Journal of Coal Geology*, 50(1): 413-423
- Rahmawati, A. & Santoso S.J. 2012. Studi Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cd(II) pada Asam Humat dalam Medium Air. *Alchemy*, 2(1): 46-57
- Rahmawati, E. 2007. Pemanfaatan Kitosan Hasil Deasetilasi Kitin Cangkang Bekicot sebagai Adsorben Zat Warna *Remazol Yellow*. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret
- Saputra, R. 2006. *Pemanfaatan Zeolit Sintetis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri*
- Setyaningtyas, T. & Roy, A. 2007. Penurunan Kadar Zat Warna Rodamin B Menggunakan Humin Hasil Isolasi dari Tanah Hutan Damar Batu Raden. *Molekul*, 2(2): 71-78
- Sunardi, Taufiqur, R., Edi, M. & Rini, R. 2007. Pengaruh Waktu Refluks dengan NaOH terhadap Konversi Abu Layang Batubara Menjadi Zeolit. *Sains dan Terapan Kimia*, 1(2): 83-92
- Zhao, F., Repo, E., Yin, D. & Silapaa, M. 2013. Adsorption of Cd (II) and Pb (II) by a Novel EGTA-Modified Chitosan Material: Kinetics and Interface Science. *Journal Colloid and Interface Science*, 40(9): 174-182