



Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat sebagai Adsorben Anion Fosfat dalam Air

Mariyanti Darmadinata , Jumaeri, dan Triastuti Sulistyaningsih

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima November 2018

Disetujui Januari 2019

Dipublikasikan Mei 2019

Keywords:

bentonit
adsorben
adsorpsi
anion fosfat

Abstrak

Bentonit merupakan lempung jenis *smektit* yang komponen utamanya *montmorillonit*. *Montmorillonit* memiliki struktur berlapis dan mengembang bila didispersikan ke dalam air, sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan bentonit sebelum dan sesudah teraktivasi asam dan aplikasinya sebagai adsorben anion fosfat. Asam yang digunakan untuk aktivasi adalah asam sulfat 1,5 M. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivasi asam menghasilkan pergeseran 2θ dari 5,2500 Å menjadi 5,2058 Å dan serapan pada bilangan gelombang 1040 cm^{-1} masih tampak setelah proses aktivasi menunjukkan ketahanan dari struktur bentonit. Kapasitas adsorpsi bentonit terhadap anion fosfat sebesar 1,3755 mg/g sedangkan kapasitas adsorpsi bentonit teraktivasi asam sebesar 2,9673 mg/g dengan mengikuti isoterm adsorpsi *Langmuir*.

Abstract

Bentonite is a *smectite*-type clay with is a main component of *montmorillonite*. *Montmorillonite* has a layered structure and expands when dispersed into water so it is best used as an adsorbent. This study aims to determine the effectiveness of bentonite before and after acid activation in adsorbing phosphate anion. The acid used as an activation was 1.5 M sulphuric acid. The result showed that acid activation resulted in a 2θ shift from 5.2500 Å to 5.2058 Å and the adsorption at the 1040 cm^{-1} wave number is still apparent after the activation process indicated the resilience of the bentonite structure. The adsorption capacity of bentonite to phosphate anion was 1.3755 mg/g while the activated bentonite adsorption capacity by 2.9673 mg/g by following *Langmuir* isotherm adsorption.

© 2019 Universitas Negeri Semarang

 Alamat korespondensi:
Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
E-mail: mariyanti_darma79@gmail.com

p-ISSN 2252-6951
e-ISSN 2502-6844

Pendahuluan

Indonesia memiliki sumber daya alam mineral yang tersebar di beberapa propinsi dengan jumlah yang cukup besar. Salah satu mineral yang banyak terdapat di Indonesia adalah lempung. Lempung diklasifikasikan berdasarkan komponen mineralnya, yaitu *montmorillonit*, *kaolinit*, *halosit*, *krolit*, dan *illit* (Wiley, 1977). *Montmorillonit* merupakan kelompok mineral filosilikat yang paling banyak menarik perhatian karena memiliki kemampuan untuk mengembang serta memiliki kapasitas penukar kation yang tinggi sehingga ruang antar lapis *montmorillonit* mampu mengakomodasi kation dalam jumlah besar (Lubis, 2007). *Bentonit* merupakan salah satu jenis lempung yang mempunyai kandungan utama mineral *smektit* (*montmorillonit*) dengan kadar 85-95% (Riyanto, 1992). Menurut Park (2011), permukaan *bentonit* bermuatan negatif karena substitusi isomorf dari Al^{3+} untuk Si^{4+} di lapisan tetrahedral dan Mg^{2+} untuk Al^{3+} di lapisan oktahedral. *Bentonit* sebagai adsorben biasanya digunakan untuk adsorpsi logam kationik, karena permukaan *bentonit* bermuatan negatif, sehingga tidak efektif digunakan untuk mengadsorpsi anion-anion yang berada di perairan. *Bentonit* perlu dimodifikasi agar dapat digunakan untuk mengadsorpsi anion seperti fosfat.

Aktivasi *bentonit* sering kali dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan luas permukaan serta kemampuan adsorpsi adsorben, sehingga diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan adsorben. Penelitian tentang aktivasi lempung telah banyak dilakukan seperti pada penelitian Sinta (2015) yang mengaktivasi lempung dengan asam sulfat berhasil meningkatkan luas permukaan sebesar 12,6602 m²/g dan 25,6101 m²/g dan mampu mengadsorpsi ion fosfat dengan kapasitas adsorpsi sebesar 3,0349 mg/g. Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Auliah (2009), lempung diaktivasi secara fisika pada suhu 350°C selama 3 jam untuk adsorpsi ion fosfat, hasil pengukuran menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi lempung aktif 0,8197 mg/g yang mengikuti pola isoterm *Langmuir*.

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari karakteristik bentonit teraktivasi asam sulfat menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) dilihat dari gugus fungsinya serta *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui komponen penyusun mineralnya ditinjau dari 2θ . Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi terhadap anion fosfat dalam air.

Metode

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *hot plate & magnetic stirrer* VS-130SHE, *orbital shaker* yellow line OS 10 basic. Adapun alat yang digunakan dalam analisis meliputi FT-IR *Spectrophotometer* Fountier, XRD-6000 *Shimadzu*, Spektrofotometer *Spectroquant Pharo 300*. Bahan yang digunakan meliputi *bentonit* dari CV. *Indrasari*, H_2SO_4 , $BaCl_2$, KH_2PO_4 , ammonium molibdat, asam askorbat produk *Sinopharm Chemical*, kalium antimonil tartrat dengan *grade pro analyst* buatan *Sinopharm Chemical* dan *Merck* serta aquademineral.

Sebanyak 100 g lempung *bentonit* dibersihkan dengan cara dicuci dengan aquademineral sebanyak 3 kali, disaring, dan dioven selama 5 jam pada temperatur 110°C. *Bentonit* yang sudah kering digerus menggunakan lumpang alu sampai halus dan diayak menggunakan ayakan 120 *mesh*. *Bentonit* dikarakterisasi dengan FT-IR dan XRD (Nafi'ah, 2011).

Sebanyak 50 g *bentonit* hasil preparasi, dimasukkan ke dalam 250 mL H_2SO_4 1,5 M sambil diaduk dengan pengaduk *magnetic stirrer* selama 24 jam. Campuran disaring dan dicuci dengan aquademineral (sampai uji negatif terhadap larutan $BaCl_2$ untuk menghilangkan ion SO_4^{2-}). Padatan kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 110°C selama 5 jam, kemudian disimpan dalam desikator. *Bentonit* hasil aktivasi diayak menggunakan ayakan 120 *mesh* dan dikarakterisasi dengan FT-IR dan XRD (Nafiah, 2011).

Pengaruh pH terhadap adsorpsi. Sebanyak 0,1 g masing-masing bentonit dimasukkan dalam botol vial kemudian ditambahkan 25 mL larutan standar fosfat 10 ppm dengan variasi pH 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Suspensi diaduk dengan *orbital shaker* dengan kecepatan 200 rpm selama 60 menit pada temperatur kamar. Selanjutnya disaring dan filtratnya ditambahkan 1,3 mL larutan campuran. Serapannya diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 878 nm.

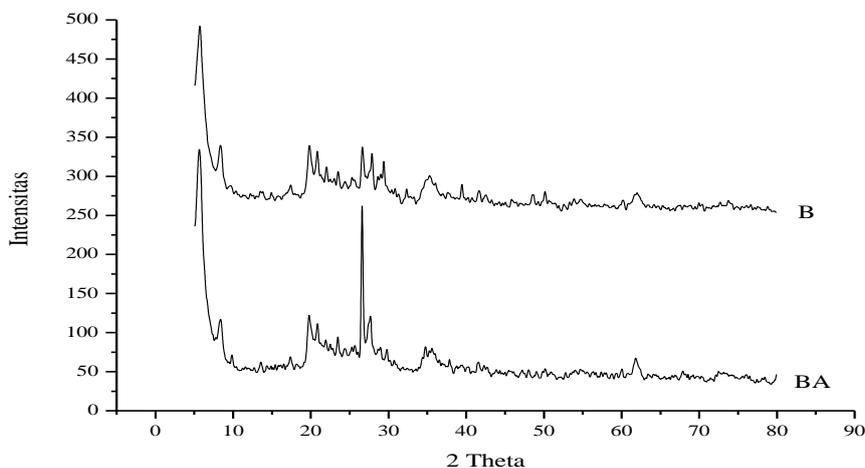
Penentuan waktu kontak terhadap adsorpsi. Sebanyak 0,1 g masing-masing *bentonit* dimasukkan ke dalam botol vial kemudian ditambahkan 25 mL larutan standar fosfat 10 ppm pada pH optimum. Suspensi diaduk dengan *orbital shaker* dengan kecepatan 200 rpm dengan variasi waktu berbeda-beda yaitu selama 15, 30, 60, 120, 180, 240, dan 300 menit. Suspensi disaring, filtratnya ditambahkan 1,3 mL larutan campuran. Serapannya diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 878 nm.

Kapasitas adsorpsi. Sebanyak 0,1 g masing-masing bentonit dimasukkan ke dalam botol vial kemudian ditambahkan 25 mL larutan standar fosfat 2, 4, 6, 10, 14, dan 20 ppm pada pH optimum. Suspensi diaduk dengan *orbital shaker* dengan kecepatan 200 rpm pada waktu kontak optimum. Suspensi disaring,

filtratnya ditambahkan 1,3 mL larutan campuran. Serapannya diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 878 nm (Auliah, 2009).

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini akan dibahas mengenai data-data hasil karakterisasi adsorben menggunakan XRD dan FT-IR serta hasil adsorpsi anion fosfat dalam larutan menggunakan bentonit hasil preparasi dan bentonit hasil aktivasi menggunakan asam sulfat 1,5 M. Karakterisasi adsorben. Karakterisasi difraksi sinar-X (XRD) mampu memberikan informasi yang lengkap mengenai komposisi mineral penyusun adsorben *bentonit*, selain itu dapat menentukan besarnya pergeseran jarak antarlapis *d-spacing* silikat *bentonit*. Difaktogram dan hasil analisis *d-spacing* berdasarkan pola difraksi sinar-X untuk *bentonit* (B) dan *bentonit* teraktivasi (BA) disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Difaktogram adsorben *bentonit* (B) dan *bentonit* teraktivasi (BA)

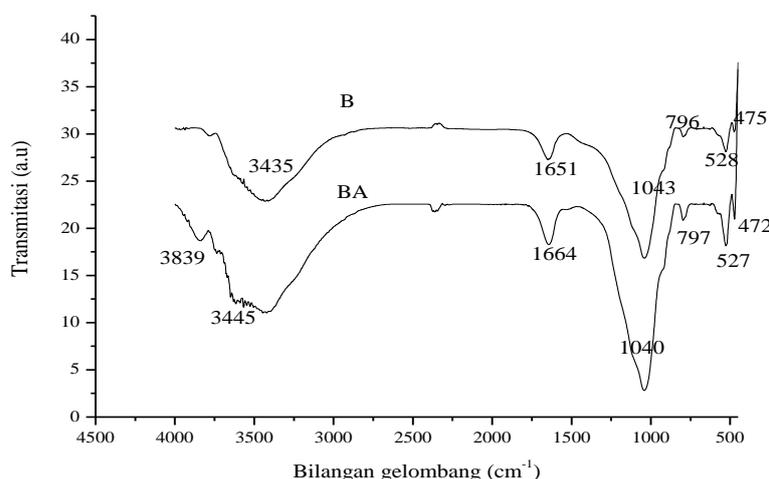
Tabel 1. Data *d-spacing* *bentonit* (B) dan *bentonit* teraktivasi (BA)

Adsorben	2θ	d (Å)	Karakteristik
B	5,2500	16,8311	<i>Montmorillonit</i>
	5,7477	15,3767	
	19,8095	4,4819	
BA	5,2058	16,9758	
	5,6563	15,6247	
B	19,8095	4,4819	SiO ₂
BA	19,7212	4,5017	
B	23,525	3,7816	
BA	23,4703	3,7904	
B	26,6122	3,3496	<i>Kuarsa</i>
BA	26,6027	3,3508	

Bentonit alam memberikan puncak tertinggi dari intensitas difraksi yaitu pada daerah 5,84°; 20,19°; dan 22,01°, yang sudah diperiksa dengan harga d mineral yang terdapat dalam *Mineral Powder Diffraction file* (Nafiah, 2011). Hasil ini sudah sesuai, dimana pada *bentonit* (B) terlihat puncak-puncak khas pada $2\theta = 5,74^\circ$; 19,80°, dan 26,61°. Puncak utama adalah puncak pada $2\theta = 5,74^\circ$ yang merupakan puncak karakteristik bidang (001) lempung golongan *smektit*. Munculnya puncak difraksi pada $2\theta = 19,80^\circ$ dengan bidang (020), menandakan bahwa lempung *smektit* tersebut merupakan jenis *montmorillonit*, sedangkan pada puncak $2\theta = 26,61^\circ$ merupakan karakteristik *kuarsa*.

Berdasarkan interpretasi data difaktogram sinar-X tersebut dapat disimpulkan bahwa *bentonit* CV. Indrasari merupakan lempung jenis *smektit* yang mempunyai komponen utama *montmorillonit*. Namun terdapat *kuarsa* dan mineral pengotor lainnya yang keberadaannya diperkirakan relatif sedikit. Pada *bentonit* teraktivasi asam hasilnya tidak menyebabkan perubahan struktur pada *montmorillonit* yang ditandai dengan puncak 2θ yang masih menunjukkan puncak khas *montmorillonit* dan SiO₂ yang merupakan penyusun kerangka dasar dari *bentonit*.

Analisis menggunakan spektrofotometer inframerah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui struktur *bentonit* serta gugus fungsinya. Hasil analisis FT-IR adsorben *bentonit* disajikan pada Gambar 2 dan interpretasinya pada Tabel 2. Analisis FT-IR menunjukkan serapan spektra inframerah tiap adsorben yang cukup tajam pada daerah bilangan gelombang 400, 500, 1000, 1600, dan 3400 cm^{-1} (Nafiah, 2011). Pada Tabel 2 terlihat bahwa spektra *bentonit* dan *bentonit* teraktivasi terdapat serapan tajam pada daerah 475 dan 472 cm^{-1} adalah pita karakteristik untuk vibrasi Si-O-Si. Pita serapan ini berdekatan dengan pita serapan vibrasi tekuk lain, yaitu vibrasi tekuk Si-O-Al yang muncul pada bilangan gelombang 528 dan 527 cm^{-1} . Serapan vibrasi ulur Si-O pada *bentonit* (B) muncul di bilangan gelombang 1043 cm^{-1} . Setelah diaktivasi dengan asam, serapan di bilangan gelombang 1040 cm^{-1} tetap tampak yang menunjukkan ketahanan struktur *bentonit* terhadap perlakuan asam. Serapan yang relatif kuat pada bilangan gelombang 3435 dan 3445 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur gugus -OH molekul air. Hal ini diperkuat dengan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 1651 dan 1644 cm^{-1} yang merupakan pita vibrasi tekuk gugus -OH molekul air.

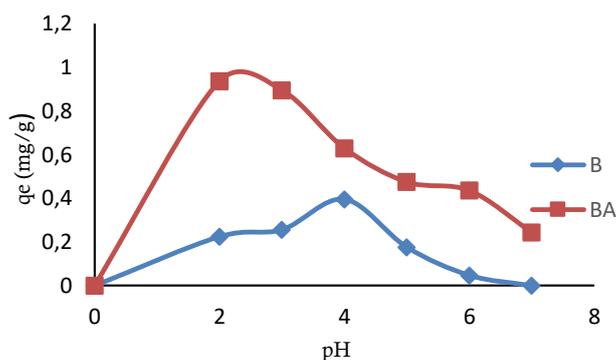


Gambar 2. Spektrum *bentonit* (B) dan *bentonit* teraktivasi (BA)

Tabel 2. Data spektrum *bentonit* (B) dan *bentonit* teraktivasi (BA)

Bentonit	Bentonit aktivasi	Gugus fungsi
475	472	Si-O-Si
528	527	Si-O-Al
796	797	Kuarsa
1043	1040	M-O/Si-O/Al-O
1651	1644	-OH
-	2361	
3435	3445	Si-OH
3572	3526	Si-OH

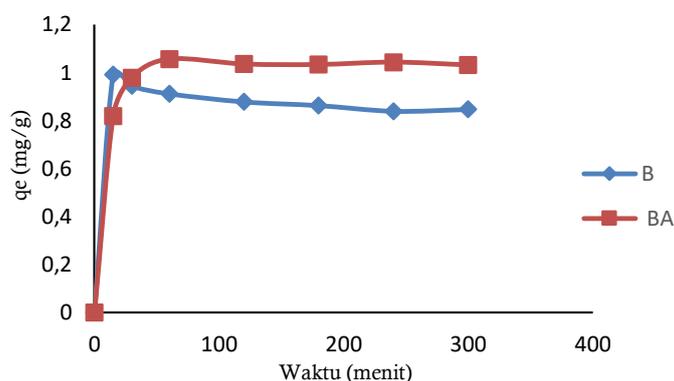
Kondisi pH pada larutan merupakan salah satu faktor yang sangat penting pada proses adsorpsi karena perubahan keasaman larutan dapat menyebabkan perubahan muatan permukaan adsorben maupun jenis ion dalam larutan. Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui pH interaksi adsorben menyerap anion fosfat secara optimal. Berdasarkan parameter distribusi spesies fosfat terhadap fungsi pH, ion fosfat selalu dalam bentuk anion. Pada pH rendah H_2PO_4^- merupakan jenis spesies yang eksistensinya dalam sistem adsorpsi paling dominan, sedangkan pada pH antara 7,5 – 9 adalah spesies HPO_4^{2-} yang dominan jumlahnya, di atas pH 8, keberadaan spesies PO_4^{3-} juga signifikan (Ikhsan, 2008). Pengaruh pH terhadap jumlah anion fosfat teradsorpsi oleh adsorben bentonit dan bentonit teraktivasi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara pH dengan anion fosfat teradsorpsi pada *bentonit* (B) dan *bentonit* teraktivasi (BA)

Pada Gambar 3 adsorben B menunjukkan jumlah anion fosfat teradsorpsi dari pH 2-4 semakin meningkat, masing-masing sebesar 0,2242; 0,2560; dan 0,3951 mg/g. Pada adsorben BA menunjukkan hasil penyerapan optimum pada pH 2 sebesar 0,9367 mg/g. Pada pH 3 terjadi penurunan kemampuan adsorpsi sebesar 0,8955 mg/g. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Sinta (2015). Pada pH 2-4, permukaan adsorben kelebihan proton (terprotonasi) sisi tepi bentonit menjadi bermuatan positif, sehingga terjadi interaksi elektrostatis antara muatan positif pada permukaan adsorben dengan muatan negatif $H_2PO_4^-$. Pada pH di atas 4 permukaan adsorben terdeprotonasi, sisi tepi *bentonit* menjadi bermuatan negatif, sehingga menyebabkan penurunan penyerapan anion $H_2PO_4^-$ oleh adsorben *bentonit*. Semakin meningkatnya pH, konsentrasi hidroksida yang tinggi menyebabkan permukaan masing-masing adsorben terdeprotonasi dan menjadi bermuatan negatif sehingga mengganggu proses adsorpsi anion $H_2PO_4^-$.

Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi dilakukan untuk mengetahui waktu minimum yang dibutuhkan oleh adsorben dalam mengadsorpsi anion fosfat secara maksimum sampai tercapai keadaan jenuh. optimasi waktu kontak masing-masing adsorben dalam menyerap anion fosfat dilakukan pada konsentrasi larutan fosfat 10 ppm dan kondisi pH optimum selama 15, 30, 60, 120, 180, 240, dan 300 menit. Hasil penentuan waktu kontak optimum untuk masing-masing adsorben *bentonit* disajikan pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui bahwa jumlah anion fosfat teradsorpsi oleh adsorben B paling optimum terjadi pada waktu awal adsorpsi yaitu 15 menit sebesar 0,9918 mg/g, sedangkan pada adsorben BA waktu kontak 15-60 menit mengalami kenaikan konsentrasi fosfat dengan jumlah anion fosfat teradsorpsi berturut-turut sebesar 0,8175; 0,9782; dan 1,0552 mg/g.

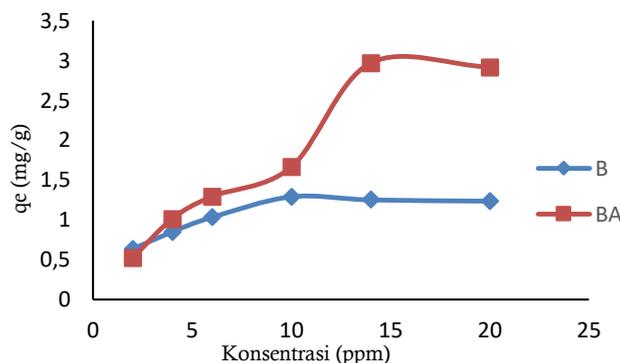


Gambar 4. Hubungan antara waktu kontak dengan anion fosfat teradsorpsi pada *bentonit* (B) dan *bentonit* teraktivasi (BA)

Adsorben B mengalami penurunan jumlah anion fosfat teradsorpsi pada waktu kontak 30 menit dan cenderung konstan pada waktu kontak 60-300 menit, sedangkan adsorben BA cenderung konstan atau sedikit mengalami penurunan jumlah anion fosfat teradsorpsi pada waktu kontak 120-300 menit. Hal ini dikarenakan permukaan adsorben sudah terlalu jenuh dan kemungkinan terjadi desorpsi, sehingga dengan bertambahnya waktu kontak adsorpsi akan berakibat terjadinya pelepasan ikatan antara anion fosfat dengan bentonit (Suarya, 2017).

Penentuan konsentrasi optimum dilakukan pada pH dan waktu kontak optimum untuk masing-masing variasi adsorben. Tujuan dilakukan penentuan konsentrasi optimum adalah untuk mengetahui

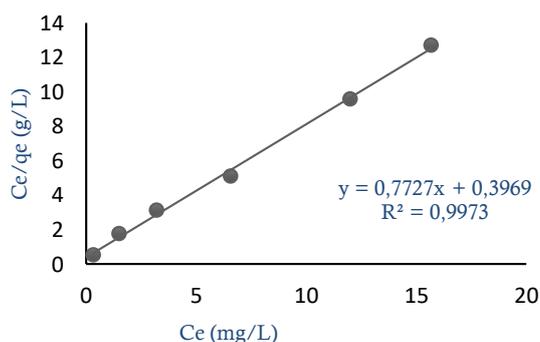
konsentrasi ion yang diserap berhubungan dengan jumlah situs aktif yang terdapat pada permukaan adsorben, jika jumlah situs aktif pada adsorben lebih besar dari jumlah ion fosfat yang diserap maka efisiensi penyerapan akan tinggi. Namun pada kondisi tertentu efisiensi penyerapan akan konstan karena telah terjadi kejenuhan pada adsorben (Yulianti, 2016). Hasil penentuan konsentrasi optimum untuk masing-masing variasi adsorben bentonit ditunjukkan oleh Gambar 5.



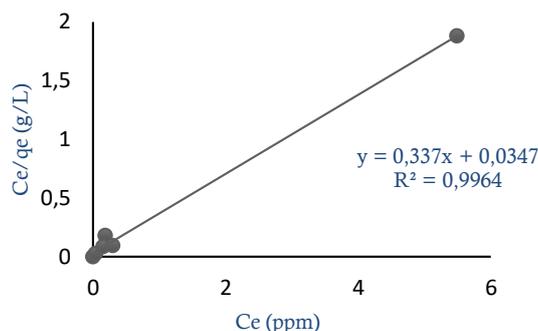
Gambar 5. Hubungan konsentrasi dengan anion fosfat teradsorpsi pada *bentonit* (B) dan *bentonit* teraktivasi (BA)

Gambar 5 menunjukkan bahwa adsorben B telah mencapai kondisi optimum pada konsentrasi 10 ppm dengan jumlah anion fosfat teradsorpsi sebesar 1,2916 mg/g, sedangkan pada konsentrasi 14-20 ppm jumlah anion fosfat yang teradsorpsi sedikit menurun atau cenderung konstan. Adsorben BA menunjukkan kenaikan adsorpsi pada konsentrasi 2-14 ppm. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sinta (2015), yang menjelaskan bahwa semakin besar konsentrasi larutan fosfat maka semakin banyak partikel-partikel adsorben yang bertumbukan dan berinteraksi dengan fosfat, sehingga kemampuan adsorpsinya meningkat. Konsentrasi optimum adsorben BA terjadi pada konsentrasi 14 ppm dengan jumlah anion fosfat teradsorpsi sebesar 2,9645 mg/g. Pada konsentrasi 16-20 ppm jumlah anion fosfat teradsorpsi mengalami sedikit penurunan atau cenderung konstan. Hal ini dikarenakan adsorben sudah jenuh, sehingga konsentrasi zat yang diserap tidak akan berubah lagi atau akan berkurang karena terjadinya kesetimbangan antara fosfat yang teradsorpsi dengan larutan fosfat yang tersisa.

Penentuan Isoterm adsorpsi masing-masing bentonit. Penentuan kapasitas adsorpsi maksimum bertujuan untuk mengetahui serta membandingkan kemampuan masing-masing adsorben dalam menyerap anion fosfat pada kondisi optimum. Isoterm adsorpsi merupakan model yang dapat digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi dan menggambarkan hubungan antara zat yang terserap dalam sejumlah berat adsorben dalam suatu kesetimbangan. Isoterm adsorpsi dalam penelitian ini digunakan isoterm *Langmuir* dan isoterm *Freundlich*. Isoterm *Langmuir* menunjukkan bahwa proses adsorpsi antara adsorben dan adsorbat terjadi pada permukaan adsorben (monolayer), sedangkan isoterm *Freundlich* menunjukkan bahwa proses adsorpsi antara adsorben dan adsorbat terjadi dalam beberapa lapisan adsorben (multilayer). Grafik isoterm *Langmuir* diperoleh dengan cara memplotkan nilai C_e/q_e (g/L) terhadap C_e (mg/L), sehingga diperoleh persamaan regresi linear. Persamaan regresi linier tersebut digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum (q_m) dan konstanta langmuir (K_L). q_m dapat ditentukan menggunakan slope, sedangkan nilai K_L diperoleh dari intersep. Hasil penentuan adsorpsi *Langmuir* dan masing-masing variasi bentonit disajikan dalam Gambar 6 dan 7, serta Tabel 3.



Gambar 6. Isoterm *Langmuir* bentonit (B)



Gambar 7. Isoterm *Langmuir* Bentonit teraktivasi (BA)

Tabel 3. Parameter isoterm adsorpsi fosfat menggunakan adsorben *bentonit* (B) dan *bentonit* teraktivasi (BA)

Isoterm		Kode	
		B	BA
<i>Langmuir</i>	R ²	0,9973	0,9964
	q _m (mg/g)	1,3755	2,9673
	K _L (g/L)	1831,70	9712,00
<i>Freundlich</i>	R ²	0,0266	0,0358
	n _F	9,9200	13,7362
	K _F (g/L)	0,7493	1,5791

Berdasarkan Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa pola adsorpsi dari masing-masing variasi *bentonit* cenderung mengikuti pola isoterm *Langmuir* yang ditunjukkan dengan nilai R² yang mendekati 1, sehingga kapasitas adsorpsi maksimum dari masing-masing variasi *bentonit* dapat ditentukan langsung menggunakan isoterm *Langmuir*. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum yang diperoleh untuk adsorben B dan BA masing-masing sebesar 1,3755 dan 2,9673 mg/g.

Simpulan

Aktivasi *bentonit* menggunakan asam sulfat dapat memberikan informasi bahwa proses aktivasi dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap anion fosfat. *Bentonit* yang tidak diaktivasi memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 1,3755 mg/g sedangkan *bentonit* yang teraktivasi asam sulfat memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 2,9673 mg/g. Isoterm adsorpsi baik menggunakan *bentonit* yang tidak diaktivasi maupun yang diaktivasi terhadap anion fosfat mengikuti model isoterm *Langmuir*.

Daftar Pustaka

- Auliah, A. 2009. Lempung Aktif sebagai Adsorben Ion Fosfat dalam Air. *Jurnal Chemica*, 10(2): 14-23
- Lubis, S. 2007. Preparasi Bentonit Terpillar Alumina dari bentonit Alam dan Pemanfaatannya sebagai Katalis pada Reaksi Dehidrasi Etanol, 1-Propanol serta 2-Propanol. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6(2): 77-81
- Nafi'ah, R., Sutarno, & A. Yateman. 2011. Modifikasi Bentonit dengan N-Cetil-N,N,N-Trimetilammonium Bromida (CTAB) untuk Adsorpsi Anion [Fe(CN₆)³⁻]. *Prosiding*. Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan FMIPA FKIP UNS
- Park, Y., G.A. Ayoko, & R.L. Frost. 2011. Application of Organoclay for Adsorption of the Recalcitrant Organic Molecules from Aqueous Media. *Journal of Colloid and Interface Science*, 354: 292-305
- Riyanto, A. 1992. *Bahan Galian Industri Bentonit*. Bandung: PPTM
- Sinta, I.N., P. Suarya, & S.R. Santi. 2015. Adsorpsi Fosfat oleh Lempung Teraktivasi Asam Sulfat (H₂SO₄). *Journal Kimia Khatulistiwa*, 4(2): 14-20
- Suarya, P & S.I. Wayan. 2017. Modifikasi Lempung menjadi Adsorben dan Pemanfaatannya sebagai Penyerap Limbah Deterjen. *Journal Media Sains*, 1(1): 7-11

Wiley, J. 1977. *Clay Colloid Chemistry for Clay Technologist, Geologist, and Soil Scientist 2th*. Wiley-Interscience Publication: New York

Yulianti., A.T. Prasetya, & S.Woro. 2017. Interkalasi Benzalkonium Klorida kedalam Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat sebagai Adsorben Cr(VI). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(1): 5-10