

## MAKALAH PENDAMPING : PARALEL E



**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA IV**  
"Peran Riset dan Pembelajaran Kimia dalam Peningkatan Kompetensi  
Profesional"  
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS  
Surakarta, 31 Maret 2012



### STUDI KOMPARASI SORPSI ION FOSFAT OLEH GOETHITE DAN MONTMORILLONITE

**Jaslin Ikhsan\***, Endang Widjajanti LFX, dan Sunarto

Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

\* Keperluan korespondensi, tel/fax : +6281908089858/+62 274 548203, email:  
jikhsan@uny.ac.id

#### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses adsorpsi ion fosfat oleh goethite dan montmorillonite, menentukan konstanta kesetimbangan reaksi-reaksi yang terjadi. Goethite merupakan metal hidroksida yang memiliki situs aktif sebagai akibat dari keberadaan gugus fungsi hidroksil (SOH) yang dapat terprotonasi dan terdeprotonasi oleh derajat keasamaan sistem. (situs SOH). Berbeda dengan montmorillonite, yang selain memiliki situs aktif tersebut, montmorillonite juga memiliki situs bermuatan negatif permanen (Situs  $X^-$ ), dan permukaan internal (daerah antar lapis) yang juga selalu bermuatan negatif ( $X^-$ ) sebagai akibat pergantian isomorfik.

Data penelitian dikumpulkan melalui eksperimen *adsorpsi tepi* untuk menentukan pengaruh pH, *isoterm adsorpsi* untuk menentukan pengaruh konsentrasi sorbat, dan *titrasi asam-basa* untuk menentukan banyaknya ion  $H^+$  yang diikat atau dilepaskan pada proses adsorpsi. Ketiga set eksperimen tersebut dilakukan pada suhu 30 °C. Data titrasi selanjutnya dimodel menggunakan model Kapasitan Konstan Modifikasi (*Extended Constant Capacitance Model-Surface Complexation Model (ECCM)*) untuk memprediksi reaksi-reaksi adsorpsi dan menentukan konstanta kesetimbangan reaksi-reaksi tersebut. Parameter tersebut selanjutnya dijadikan parameter tetap dalam membuat fit terhadap data adsorpsi tepi, yang ternyata fit dengan baik, yang berarti parameter hasil pemodelan adalah baik, dan dapat diterima.

Goethite mengikat fosfat dalam jumlah sekitar empat kali lebih besar daripada montmorillonite. Model kompleksasi permukaan menunjukkan bahwa ion fosfat terikat oleh permukaan goethite dengan membentuk dua kompleks *inner-sphere*. Kompleks pertama, terbentuk pada pH rendah antara ion fosfat dengan situs SOH yang terprotonasi melalui ikatan hidrogen. Kompleks kedua terbentuk pada pH tinggi antara ion fosfat dengan gugus SOH yang juga melalui ikatan hidrogen. Sedangkan kompleks permukaan pada montmorillonite adalah kompleks *outer-sphere* yang terjadi melalui ikatan hidrogen antara ion fosfat dan kedua situs aktif montmorillonite SOH dan Situs  $X^-$  pada permukaan internal.

**Kata Kunci:** goethite; fosfat; kompleks *inner-sphere*; model kompleksasi permukaan.

#### PENDAHULUAN

Adsorpsi menjadi salah satu pilihan yang dipandang efektif untuk mengurangi ion-ion yang tak dikehendaki keberadaannya. Usaha untuk mengurangi limbah fosfat telah dilakukan melalui adsorpsi. Sorben yang dimanfaatkan

dalam penelitian adsorpsi fosfat juga bervariasi.

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan perilaku sorpsi fosfat oleh goethite dan montmorillonite serta mempelajari secara seksama reaksi yang terjadi pada proses adsorpsi ion fosfat oleh

goethite (besi oksida-hidroksida,  $\alpha$ -FeOOH) dan montmorillonite (suatu mineral lempung). Reaksi ini diprediksi dengan suatu model yang disebut Model Kompleksasi Permukaan dengan bantuan piranti lunak (*software*) komputer GRFIT [1]. Model ini telah digunakan oleh beberapa peneliti sebelumnya dan hasilnya sangat memuaskan untuk menggambarkan proses adsorpsi ion-ion logam [2] atau ligan organik [3,4,5,6,7,8] oleh logam oksida-hidroksida dan mineral lempung. Pengukuran dengan menggunakan XRD juga dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui keberadaan kompleks yang dibentuk oleh sorbat dan sorben.

Situs aktif goethite yang dominan berperan dalam adsorpsi adalah FeO-OH (situs eksternal, yang disimbolkan SOH, dengan S singkatan dari Surface). Sedang montmorillonite selain SOH juga memiliki situs bermuatan negatif yang permanen, yang disimbolkan  $X^-$  dan situs antar lapis.

Atas dasar pemikiran tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses adsorpsi ion fosfat oleh goethite dan montmorillonite, serta mempelajari pengaruh pH dan konsentrasi fosfat terhadap adsorpsi tersebut.

## PROSEDUR PERCOBAAN

### *Pengumpulan Data*

Data dilakukan melalui 4 macam eksperimen; kinetika adsorpsi-desorpsi, adsorpsi tepi (adsorpsi sebagai fungsi pH), dan isoterm adsorpsi, dan titrasi asam-basa, pada suhu 30 °C.

Kinetika adsorpsi dilaksanakan untuk menentukan waktu setimbang yang diperlukan dalam proses adsorpsi. Suspensi goethite atau montmorillonite yang berisi 1mM ion fosfat dijaga konstan pada pH 4, dan setiap durasi waktu tertentu (1 menit sampai 1 hari), sampel diambil, disentrifus, dan filtratnya dianalisis untuk sisa fosfat.

Kinetika desorpsi dilakukan untuk mengetahui besarnya ion fosfat yang sudah terikat oleh permukaan goethite/montmorillonite untuk terlepas kembali. pH goethite/montmorillonite yang berisi 1mM fosfat dijaga 4, dan sampel diambil, dicentrifuge, dan filtratnya dianalisis untuk ion fosfat sisa. Sistem tersebut kemudian dinaikkan pHnya menjadi 10, dan dijaga konstan. Setelah waktu tertentu dari 1 menit sampai 3 hari, sampel diambil,

dicentrifuge segera, dan filtratnya dianalisis untuk ion fosfat sisa.

Adsorpsi tepi dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH pada adsorpsi. Sampel Suspensi goethite/montmorillonite yang berisi 1 mM fosfat pada setiap harga pH dari 3 sampai 10 diambil dan dianalisa untuk ion fosfat bebas.

Isoterm adsorpsi dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi sorbat. pH suspensi goethite/montmorillonite disesuaikan menjadi 4 dan dijaga konstan. Larutan stok 0,01 M fosfat yang pHnya sudah disesuaikan dengan pH 4 dengan volum yang bervariasi ditambahkan ke dalam suspensi dan dibiarkan selama waktu optimum. Sampel di setiap penambahan sejumlah volum fosfat tersebut diambil dan dianalisis untuk konsentrasi sisa fosfat.

Titrasi asam-basa dilaksanakan terhadap larutan fosfat untuk menentukan reaksi disosiasinya, terhadap suspensi goethite/montmorillonite saja untuk menentukan reaksi protonasi dan deprotonasi permukaan, serta terhadap suspensi yang berisi goethite/montmorillonite dan fosfat untuk menentukan reaksi adsorpsi dan konstanta kesetimbangan reaksi.

### *Penentuan konsentrasi ion fosfat*

Konsentrasi ion fosfat sisa adsorpsi dapat ditentukan dengan metode pengomplekan menggunakan molibdenum [9]. Dua mL 10% asam sulfat dan 1 mL 5% larutan amonium molibdat ditambahkan ke dalam sampel, dan diaduk selama 5 menit. Sampel tersebut selanjutnya diukur dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 389 nm.

### *Teknik Analisis Data*

Reaksi pembentukan kompleks pada proses adsorpsi ditentukan dengan model kompleksasi permukaan ECCM terhadap data yang diperoleh dari 3 eksperimen terpisah. Harga konstanta kesetimbangan untuk adsorpsi/desorpsi proton, spesiasi fosfat, dan adsorpsi fosfat dapat dilakukan dengan membuat fit dari data titrasi asam basa menggunakan program komputer GRFIT [1]. Hasil model terhadap data titrasi tersebut selanjutnya dijadikan parameter tetap untuk memodel data adsorpsi tepi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Sorpsi Fosfat oleh Goethite/Montmorillonite*

Meskipun kinetika adsorpsi ion fosfat oleh goethite dan montmorillonite untuk mencapai kesetimbangan memerlukan durasi waktu yang sama, 24 jam, tetapi kinetika desorpsinya sangat berbeda (Gambar 1). Desorpsi oleh montmorillonite terjadi pada durasi waktu yang jauh lebih cepat dibandingkan montmorillonite. Pada waktu 15 menit, semua fosfat yang terikat oleh montmorillonite dapat dilepaskan kembali, namun selama waktu tersebut, goethite hanya dapat melepaskan kembali 50% fosfat yang telah diikatnya. Goethite dapat melepaskan kembali semua fosfat yang diikatnya setelah 26 jam. Hal ini menandakan bahwa ikatan permukaan montmorillonite kepada fosfat lebih lemah dibandingkan goethite. Oleh karena itu, kompleks antara fosfat dan permukaan montmorillonite adalah kompleks *outer-sphere* (sorpsi fisika), sedangkan pada permukaan goethite adalah kompleks *inner-sphere* (sorpsi kimia).

Menilik karakteristik kinetika adsorpsi fosfat oleh montmorillonite yang cepat untuk sebagian besar fosfat yang tersedia, maka situs eksternal montmorillonite lebih dominan berperan daripada situs internal. Pengamatan dengan seksama pada montmorillonite menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi masih berjalan terus secara lambat setelah durasi waktu 15 menit dan mencapai kesetimbangan setelah 24 jam. Ini menunjukkan bahwa daerah *internal* montmorillonite juga berperan dalam adsorpsi fosfat. Fenomena yang samadengan ini telah dilaporkan sebelumnya [10,11,12]. Teikatnya fosfat oleh daerah *internal* montmorillonite juga didukung hasil pengukuran XRD (diffractogram tidak disertakan dalam tulisan ini), di mana spasi (*d001*) *internal* berkurang secara signifikan. Mengecilnya spasi ini menjadi fenomena yang menarik karena interkalasi senyawa organik biasanya memperbesar spasi tersebut [10,13]. Namun, fenomena ini terjadi sebagai akibat reaksi pertukaran kation antara fosfat dan silikat atau antara fosfat dan molekul air yang terkoordinasi oleh kation. Ion fosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) yang tidak tersolvasi terikat dalam struktur datar dan tipis sehingga dapat memperkecil spasi *internal* montmorillonite [11].

Isotherm Adsorpsi menunjukkan bahwa goethite mempunyai daya adsorpsi yang sangat besar, seperti yang tertera dalam Gambar 2. Penambahan konsentrasi sorbat fosfat yang tinggi masih dapat dijerap oleh goethite.

Konsentrasi fosfat total  $1,5 \times 10^{-4}$  M, hanya sekitar  $3,5 \times 10^{-5}$  M yang tidak dijerap. Itu berarti sekitar 98% dari  $1,5 \times 10^{-4}$  M ion fosfat dapat dijerap oleh goethite pada pH 4. Hasil isotherm ini sejalan dengan hasil adsorpsi tepi (Gambar 3), di mana sekitar 98% dari 1 mM ion fosfat dijerap oleh goethite pada pH 4. Dibandingkan dengan montmorillonite, daya adsorpsi goethite jauh lebih tinggi, seperti yang tertera pada Gambar 2 dan 3. Hal ini dapat disebabkan oleh tingginya konsentrasi situs aktif SOH goethite dibandingkan dengan montmorillonite, yang besarnya empat kali lipat, yaitu  $1,65 \times 10^{-2}$  mmol per  $\text{m}^2$  permukaan goethite dan  $3,8 \times 10^{-3}$  mmol per permukaan montmorillonite. Namun demikian, perlu kiranya dimengerti bahwa montmorillonite masih memiliki situs aktif lain, yaitu permukaan bermuatan negatif permanen ( $\text{X}^-$ ) yang juga berperan aktif dalam adsorpsi, sehingga daya adsorpsi goethite kurang dari empat kali daya adsorpsi montmorillonite (Gambar 3), yang ditemukan sebesar  $6,15 \times 10^{-3}$  mmol per  $\text{m}^2$  permukaan montmorillonite pada suhu 30 °C. Sayangnya, penelitian ini tidak mampu menemukan daya adsorpsi goethite karena pada penambahan konsentrasi ion fosfat yang sangat besar,  $1 \times 10^{-2}$  M (Gambar 2), 98% dari konsentrasi tersebut masih dijerap oleh goethite. Oleh karena itu, berdasarkan rasio perbandingan konsentrasi gugus aktif goethite dan montmorillonite dari penelitian ini, diperkirakan daya adsorpsi goethite terhadap ion fosfat pada pH 4 adalah sekitar  $2,5 \times 10^{-2}$  mmol per  $\text{m}^2$  permukaan goethite.

Dari hasil eksperimen adsorpsi isotherm didapatkan bahwa proton stoikiometri yang terlibat dalam proses adsorpsi fosfat oleh goethite dan montmorillonite sangat kecil konsentrasinya, yang mengindikasikan bahwa proses adsorpsi fosfat oleh goethite dan montmorillonite tidak melibatkan proton dalam jumlah yang signifikan. Pada adsorpsi goethite, penambahan proton pada pH rendah memang diperlukan tetapi dalam konsentrasi yang kecil.

#### *Model Kompleksasi Permukaan tentang Proses Sorpsi*

Model kompleksasi permukaan dilakukan secara bertahap terhadap data titrasi asam-basa larutan fosfat, goethite/montmorillonite dan sistem biner yang berisi fosfat dan goethite/montmorillonite (Gambar 4). Hasil pemodelan ini adalah reaksi kimia pembentukan kompleks antara fosfat dan adsorben goethite/montmorillonite dengan

parameter tercantum dalam Tabel 1 dan 2. Selain itu, dengan pemodelan data titrasi suspensi goethite dan montmorillonite, maka bukan hanya reaksi protonasi-protonasi permukaan dan konstanta kesetimbangan saja yang diperoleh, melainkan juga beberapa variabel penting yang merupakan karakteristik mineral lempung yang digunakan dalam penelitian (Tabel 2).

- Densitas situs SOH untuk goethite yang besarnya adalah  $0,0165 \text{ mmol m}^{-2}$ , dan situs SOH dan  $X^{-}$  untuk montmorillonite yang besarnya adalah  $0,00376$  dan  $0,0125 \text{ mmol m}^{-2}$ .
- Kapasitas bidang goethite adalah  $2,1 \text{ Fm}^{-2}$ , dan kapasitas bidang montmorillonite masing-masing adalah  $7 \text{ Fm}^{-2}$  untuk kapasitas bidang dalam, dan  $3 \text{ Fm}^{-2}$  untuk kapasitas bidang luar. Kapasitas total bidang goethite dan montmorillonite yang ditemukan oleh penelitian ini dikatakan sama, yaitu  $2,13 \text{ Fm}^{-2}$ , yang juga sama dengan hasil penelitian sebelumnya [3,4,5,7].

Parameter yang telah diperoleh dari model ini selanjutnya digunakan sebagai parameter tetap pada adsorpsi tepi (Gambar 3) dan isotherm adsorpsi (Gambar 2) sebagai konfirmasi pada hasil model titrasi, di samping dukungan difraktogram XRD dan spektogram IR.

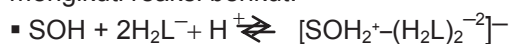
Gambar 4 menunjukkan perbandingan konsentrasi  $H^{+}$  yang perlu ditambahkan terhadap sistem adsorpsi. Ada perbedaan yang sangat signifikan antara titrasi  $50 \text{ m}^2\text{L}^{-1}$  goethite sebelum dan sesudah adsorpsi  $1 \text{ mM}$  fosfat, di mana  $[H^{+}]$  yang harus ditambahkan untuk kesetimbangan pada goethite sesudah adsorpsi  $1 \text{ mM}$  fosfat lebih besar pada pH di bawah 6,2 dan jauh lebih kecil pada pH di atas 6,2. Hal ini disebabkan interaksi antara fosfat dan permukaan melepaskan gugus hidroksil yang mengakibatkan suspensi cenderung lebih basa, sedangkan keberadaan  $1 \text{ mM}$  fosfat yang terdeprotonasi secara berkelanjutan dan melepaskan  $H^{+}$  ke dalam suspensi sepanjang rentang pH di bawah 6,2 masih lebih kecil jumlahnya. Oleh karena itu, jumlah proton yang ditambahkan dalam hal ini tidak sangat signifikan perbedaannya. Lain dengan fakta pada rentang pH di atas 6,2 di mana interaksi antara fosfat dan permukaan goethite tidak melibatkan proton, sehingga keberadaan fosfat yang mengalami deprotonasi berkelanjutan menyebabkan suspensi cenderung bersifat asam,

sehingga penambahan proton pada titrasi semakin kecil.

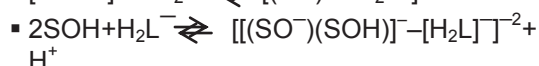
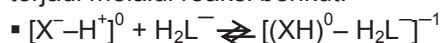
Kenyataan di atas mengindikasikan bahwa pada pH rendah, reaksi kompleksasi permukaan goethite terjadi dengan memerlukan proton, sedang pada pH tinggi interaksi mungkin tidak melibatkan proton.

Gambar 4 juga menunjukkan bahwa proton yang ditambahkan pada suspensi montmorillonite yang telah mengikat fosfat, terutama pada pH di atas 5,5 juga sangat rendah, yang menandakan bahwa kompleksasi di pH tinggi cenderung melepaskan proton.

Pemodelan terhadap data tersebut menghasilkan kompleks *inner-sphere*  $[\text{SOH}_2^{+} - (\text{H}_2\text{L})_2^{-2}]^{-}$  di pH rendah dan  $[(\text{SOH}) - (\text{H}_2\text{L})]^{-}$  di pH tinggi dalam adsorpsi fosfat oleh goethite, melalui ikatan hidrogen mengikuti reaksi berikut.

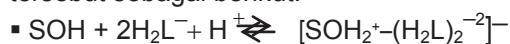


Sedangkan pada montmorillonite terjadi melalui reaksi berikut.

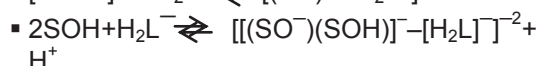
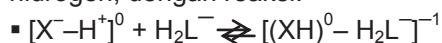


## KESIMPULAN

Berdasarkan model kompleksasi permukaan dengan ECCM dengan dukungan hasil XRD, dapat disimpulkan bahwa adsorpsi ion fosfat oleh goethite berbeda dengan montmorillonite. Adsorpsi pada goethite terjadi melalui pembentukan dua kompleks permukaan *inner-sphere* dengan ikatan hidrogen. Reaksi permukaan tersebut sebagai berikut.



Sedangkan kompleks permukaan pada montmorillonite adalah kompleks *outer-sphere* yang terjadi melalui ikatan hidrogen, dengan reaksi:



Goethite memiliki daya adsorpsi terhadap fosfat sekitar empat kali lipat lebih besar daripada montmorillonite.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini ditulis dari hasil Penelitian Fundamental tahun 2007, yang didanai oleh DP2M Ditjen DIKTI, dengan nomor kontrak: 036/SP2H/PP/DP2M/III/ 2007. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih

kepada DP2M yang memungkinkan terlaksananya penelitian ini.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Ludwig, C. (1992). *GRFIT - A Computer Program for Solving Speciation Problems: Evaluation of Equilibrium Constants, Concentration and Other Physical Parameters*. Switzerland, University of Berne.
- [2] Ikhsan, J., Wells, J. D. and Johnson, B. B., (1999). *A Comparative Study of the Adsorption of Transition Metals on Kaolinite*, *J. Colloid Interface Sci.* 217, 403
- [3] Ikhsan, J., Johnson, B.B., Wells, J.D., and Angove, M.J., (2004), *Adsorption of Aspartic Acid on Kaolinite*. *J. Colloid Interface Sci.* 273(1): 1.
- [4] Ikhsan, J., M. J. Angove, Wells, J.D., and Johnson, B.B. (2005). *Surface Complexation Modeling of the Sorption of 2-, 3-, and 4-aminopyridine by Montmorillonite*. *J. Colloid Interface Sci.* 284: 383.
- [5] Ikhsan, J., Wells, J.D. Johnson, B.B. and Angove, B.B. (2005). *Sorption of 3-amino-1,2,4-triazole and Zn(II) onto Montmorillonite*, *Clays Clay Miner.*, 53(2), 137.
- [6] Lackovic, K., Johnson, B.B., Angove, M. J., and Wells, J.D., (2004), *Modeling the Adsorption of Citric Acid onto Muloorina Illite and Related Clay Minerals*, *J. Colloid Interface Sci.* 270(86): 86.
- [7] Angove, M. J., Fernandes, M.B. and Ikhsan J. (2002). *The Sorption of Anthracene onto Goethite and Kaolinite in the Presence of Some Benzene Carboxylic Acids*, *J. Colloid Interface Sci.* 247: 1.
- [8] Boily, J.-F., Persson, P. and Sjöberg, S. (2000). *Benzenecarboxylate FeOOH/Water Interface: II. Linking IR Surface Complexation at Goethite ( $\alpha$ - Spectroscopic Observations to Mechanistic Surface Complexation Model for Phthalate, Trimellitate, and Pyromellitate*. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 64(20): 3453.
- [9] Kabayama, M., Kawasaki, N., and Nakamura, T., Tokimoto, T., and Tanada, S. (2004), *Adsorption of Phosphate Ions from Sea Water by Use of Surface-Modified Boehmite*, *Surf.Sci.* 25(8): 499.
- [10] Akyüz, S., Akyüz, T. and Davies, J.E.D. (1999). *FT-IR and FT-Raman Spectroscopic Study of Surface Species of 2-Aminopyridine Adsorbed by Sepiolite from Anatolia*, *J. Struct. Chem.* 40(5): 796.
- [11] Morillo, E., Perez-Rodriguez, J.L. and Maqueda, C. (1991). *Mechanisms of Interaction Between Montmorillonite and 3-Aminotriazole*, *Clays Clay Miner.* 26: 269.
- [12] Gemeay, A. H., El-Sherbiny, A.S. and Zaki, A. B. (2002). *Adsorption and Kinetic Studies of the Intercalation of Some Organic Compounds onto Na+-montmorillonite*, *J. Colloid Interface Sci.* 245: 116.
- [13] Ikhsan, J., Endang W. LFX., dan Sunarto, (2006). *Study of Reaction Mechanisms on the Adsorption of 9-Aminoacridine by Montmorillonite*, *Proceeding: International Conference on Mathematics and Natural Sciences, ITB Bandung*.
- [14] Silberberg, M.S., (2000). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*, 2nd edition, Boston: Mc.Graw Hill, 776.
- [15] anonim, <http://inorg-phys.chem.itb.ac.id/wp-content/uploads/2007/04/bab-9-10.pdf>, diakses Oktober 2008.

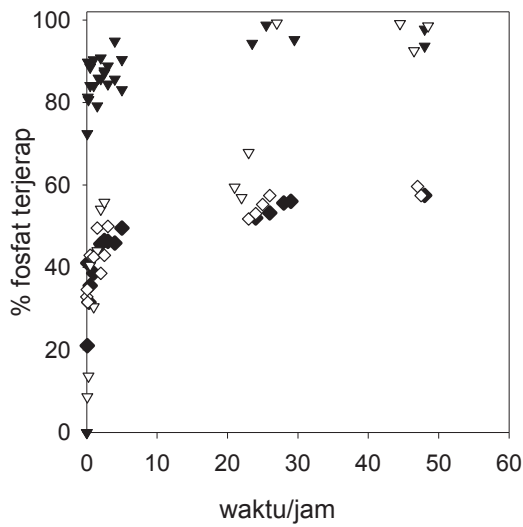
## LAMPIRAN

**Table 1.** Parameter reaksi disosiasi fosfat berdasarkan hasil hitung model kompleksasi permukaan ECCM.

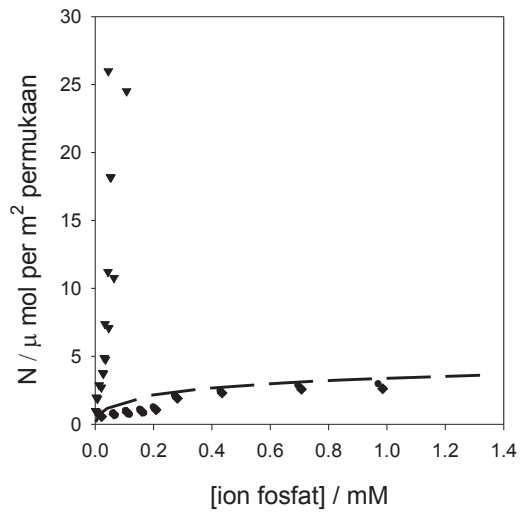
Reaksi deprotonasi	Log K	Referensi
$H_3L \rightleftharpoons H_2L^- + H^+$	-2.100	-2.143 [14], -3.875 [15]
$H_2L^- \rightleftharpoons HL^{2-} + H^+$	-6.537	-7.201 [14], -7.208 [15]
$HL^{2-} \rightleftharpoons L^{3-} + H^+$	-18.892	-12.377 [14], -19.876 [15]

**Table 2.** Parameter adsorpsi ion fosfat oleh goethite dan montmorillonite berdasarkan hasil hitung model kompleksasi permukaan ECCM.

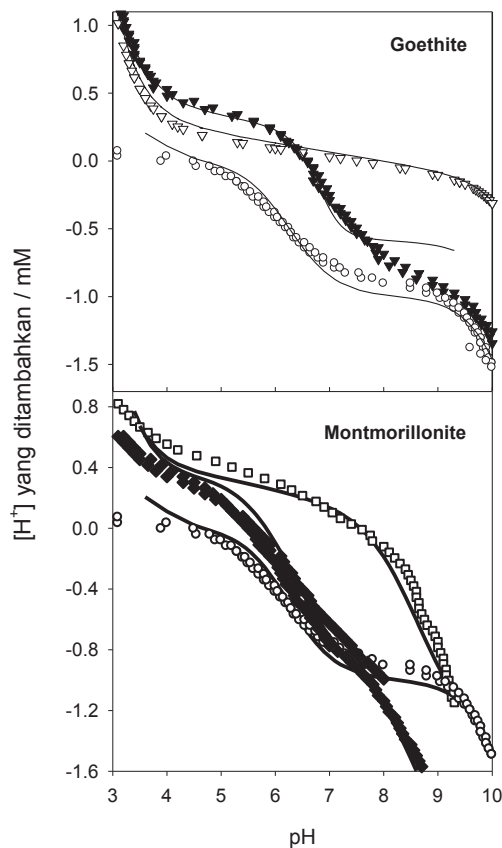
	Goethite	Montmorillonite
Konsentrasi situs aktif/ $mmol\ m^{-2}$		
SOH	0,0165	0.00376
$X^-$		0.0125
Kapasitan permukaan/ $F\ m^{-2}$		
Kapasitan	2,1	
Kapasitan luar		7
Kapasitan dalam		3
Konstanta Keseimbangan protonasi deprotonasi situs aktif permukaan, $\log K$		
$SOH + H^+ \rightleftharpoons SOH_2^+$	7,884	5,46
$SOH \rightleftharpoons SO^- + H^+$	-8,113	-6,50
$[X^-H^+]^0 + K^+ \rightleftharpoons [X^-K^+]^0 + H^+$		-6,25
Konstanta Keseimbangan Reaksi Kompleksasi Permukaan		
$SOH + 2\ H_2L^- + H^+ \rightleftharpoons [SOH_2^+ - (H_2L)_2^{-2}]^-$	36.950	
$SOH + H_2L^- \rightleftharpoons [(SOH) - (H_2L)]^-$	27.667	
$[X^-H^+]^0 + H_2L^- \rightleftharpoons [(XH)^0 - H_2L]^{-1}$		-0.43
$2SOH + H_2L^- \rightleftharpoons [[(SO^-)(SOH)] - (H_2L)]^{-2} + 2H^+$		-3.62



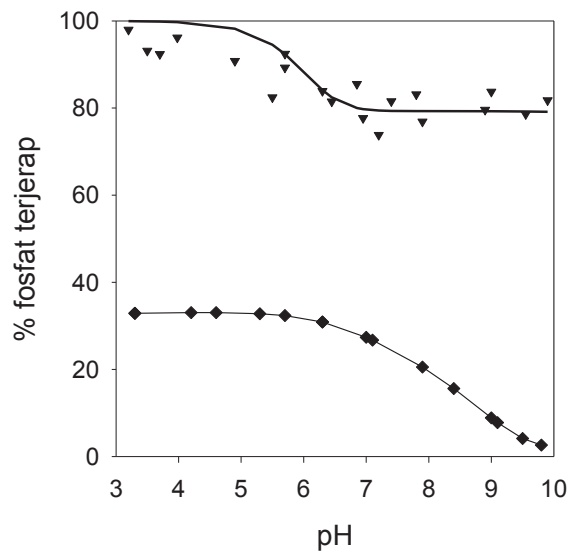
**Gambar 1.** Kinetika adsorpsi (simbol arsir) dan kinetika desorpsi (simbol kosong) ion fosfat oleh goethite (segitiga) dan montmorillonite (kotak)



**Gambar 2.** adsorpsi ion fosfat oleh goethite (segitiga) dan montmorillonite (kotak) sebagai fungsi konsentrasi ion fosfat pada pH 4.



**Gambar 4.** Titrasi asam-basa terhadap 1 mM fosfat (O), dan 50 m<sup>2</sup> L<sup>-1</sup> suspensi goethite, tanpa 1 mM fosfat (segitiga kosong) dan dengan 1 mM fosfat (segitiga arsir), serta titrasi terhadap 100 m<sup>2</sup> L<sup>-1</sup> suspensi montmorillonite tanpa 1 mM fosfat (kotak kosong) dan dengan 1 mM fosfat (kotak arsir). Garis merupakan hasil hitung dengan menggunakan parameter yang dicantumkan dalam Tabel 1 dan 2.



**Gambar 3.** Pengaruh pH pada adsorpsi 0,1 mM fosfat oleh  $50 \text{ m}^2 \text{ L}^{-1}$  goethite (segitiga) dan  $50 \text{ m}^2 \text{ L}^{-1}$  montmorillonite (kotak). Garis merupakan hasil hitung dengan ECCM menggunakan parameter yang dicantumkan dalam Tabel 1 dan 2.

**Tanya Jawab :**

**Nama Penanya : Fandi Ade Darmawan**

**Pertanyaan :**

1. Solvent apakah yang dipakai ?
2. Apakah dalam solvent yang berbeda akan mempengaruhi aktivitas adsorben ?

**Jawaban :**

1. Solvent yang dipakai adalah air.
2. Solvent yang berbeda tentu akan mempengaruhi aktivitas adsorben.