Pengaruh pH Impregnasi terhadap Daya Adsorpsi Zeolit 2-merkaptobenzotiazol (ZEOLIT-MBT) pada ion Cd^{2+}

The Influence of Impregnation pH to adsorp on zeolite 2-mercaptobenzothiazol (Zeolite-MBT) to Cd^{2+} ion)

Ramlawati dan Darminto
Jurusan Kimia FMIPA UNM

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH Impregnasi terhadap daya adsorpsi zeolit 2-merkaptobenzotiazol (Zeolit-MBT) pada ion Cd^{2+}. Sampel berasal dari Sangkaropi Kec.Saddang Balusu Kab.Toraja Utara Sulawesi Selatan yang diambil oleh dinas Pertambangan Sulawesi Selatan. Tahapan penelitian terdiri dari preparasi sampel zeolit, proses dealuminasi, proses impregnasi MBT pada zeolit dan adsorpsi zeolit MBT pada ion Cd^{2+}. Hasil analisis zeolit dengan menggunakan XRF dan XRD menunjukkan bahwa zeolit yang digunakan termasuk dalam golongan mordenit. Keberhasilan impregnasi MBT pada zeolit ditinjau dari spektra FTIR zeolit MBT pada frekuensi 1321 cm^{-1} (gugus C-N), 605,6 cm^{-1} (gugus C-S), dan 1955,7 cm^{-1} (gugus S-H). Kuantitas ion Cd yang teradsorpsi pada zeolit-MBT dianalisis dengan AAS. Dari hasil analisis diperoleh daya adsorpsi maksimum zeolit terhadap ion Cd^{2+} terjadi pada pH 8 sebesar 79,3373 mg/L. Dari hasil identifikasi memberi petunjuk bahwa pH Impregnasi mempengaruhi daya adsorpsi Zeolit-MBT.

Kata Kunci : *pH impregnasi, Zeolit-MBT, Ion Cd^{2+}*

ABSTRACT

The purpose of this experiment is to know The Impregnation pH Effect toward adsorbent potenceof zeolite 2-mercaptobenzothiazol (Zeolite-MBT) on Cd^{2+} ion). The sample is taken from Sangkaropi Kec.Saddang Balusu Kab.Toraja Utara Sulawesi Selatan by Dinas Pertambangan Sulawesi Selatan. The preparation started from dealumination, Impregnation zeolite by MBT and adsorb Cd^{2+} ion by zeolite MBT. Result of zeolite analysis based on XRF and XRD spectra indicate that the zeolite used is mordenit group. Efficiency of MBT impregnation to zeolite was evaluated by spectra FTIR zeolite MBT in frequency 1321 cm^{-1} (C-N group), 605,6 cm^{-1} (C-S group), and 1955,7 $cm^{-1}$for (S-H group). The amount of Cd^{2+} ion that is adsorb by zeolite-MBT was AAS analyzed is obtained 79,3373 mg/L on pH 8 and from identifying result show that pH impregnation influence adsorb power of zeolite-MBT.

Keywords : *Impregnation pH, Zeolite-MBT, Cd^{2+} ion*

A. PENDAHULUAN

Penelitian tentang proses aktivasi zeolit sudah banyak dilakukan, diantaranya penelitian Ramlawati (2006), dengan aktivasi menggunakan NaOH memberikan hasil adsorpsi zeolit sebesar 47,654 ppm. Penelitian Dwita Srihapsari (2006) menggunakan akivasi HCl 2 M memberikan hasil adsorpsi zeolit pada logam penyebab kesadahan air sebesar 57,338 ppm, serta penelitian Halimah dan Ramlawati (2007) menggunakan aktivasi Fisika dan Kimia memberikan hasil zeolit tidak dapat menurunkan kadar peroksida minyak jelantah.

Penelitian-penelitian tersebut jika digunakan untuk tujuan praktis tertentu yaitu ingin dipungut atau dipisahkan satu atau beberapa logam tertentu dalam sistem campuran limbah logam, terkadang penggunaan zeolit alam hasil aktivasi kurang selektif karena daya pisahnya relatif masih rendah. Sejalan dengan hal tersebut diperlukan upaya untuk mengoptimalkan sistem pengolahan limbah logam-logam berat. Salah satu metode yang sedang berkembang untuk meningkatkan selektifitas zeolit alam adalah memodifikasi permukaan zeolit dengan cara impregnasi dengan bahan organik tertentu.

Beberapa penelitian tentang impregnasi MBT telah cukup lama dirintis. Seperti Filho dkk. (1995) membuat adsorben MBT-lempung melalui impregnasi MBT pada padatan pendukung lempung. Agung Purwanto (1998) melakukan impregnasi 2-merkaptobenzotiazol pada pendukung tanah *diatomeae* sebagai adsorben raksa(II) dalam medium air. Dan penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Amun Amri dkk. (2004) yang menguji selektifitas zeolit 2-merkaptobenzotiazol terhadap logam Cd(II) dan Cr(III).

Pada penelitian ini, MBT yang terimpregnasi pada zeolit mengandung gugus basa lunak tiolat (R-SH). Berdasarkan klasifikasi asam basa pearson (1963) yang disebut dengan hard and soft acid bases (HSAB), seperti pada tabel di bawah:

Basa	Asam
Keras	*Keras*
H_2O, OH^-, F^-, $CH_3CO_2^-$, PO_4^{3-}, Cl^-, ClO_4^-, NO^{3-}, ROH, RO^-, R_2O, NH_3, RNH_2, N_2H_4	H^+, Li^+, Na^+, K^+, Be^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Al^{3+}, Ga^{3+}, Cr^{3+}, Co^{3+}, Fe^{3+}, CH_3Sn^{3+}, Si^{4+}, Ti^{4+}, RCO^+, CO_2, NC^+, HX (molekul-molekul ikatan hidrogen)
Madya	*Madya*
$C_6H_5NH_2$, C_5H_5N, N_3^-, Br^-, NO^{2-}, SO_3^{2-}, N_2	Fe^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}, Sn^{2+}, $B(CH_3)_3$, SO_2, NO^+, R_3C^+, $C_6H_5^+$
Lunak	*Lunak*
R_2S, RSH, RS^-, I^-, SCN^-, $S_2O_3^{2-}$, R_3P, R_3As, (RO)3P, CN-, RNC, CO, C_2H_4, C_6H_6, H^-, R^-	Cu^+, Ag^+, Au^+, Tl^+, Hg^+, Pd^{2+}, Cd^{2+}, Pt^{2+}, Hg^{2+}, CH_3Hg^+, $Co(CN)_5^{2-}$, I^+, Br^+, HO^+, RO^+, M^o (atom logam), CH_2

Asam lunak akan berinteraksi kuat dengan basa lunak begitupun sebaliknya. Interaksi gugus tiolat yang merupakan basa lemah dengan logam seperti Cd^{2+} yang merupakan asam lemah diharapkan terjadi sesuai dengan prinsip HSAB pearson.

Logam Cd selain merupakan pasangan asam lunak dari gugus RSH pada MBT. Kadmium juga merupakan logam yang sangat berbahaya dan dapat mencemari lingkungan.

Kadmium telah digunakan secara meluas pada berbagai industri antara lain pelapisan logam, peleburan logam, pewarnaan, baterai, minyak pelumas dan bahan bakar. Bahan bakar dan minyak pelumas mengandung Cd sampai 0,5 ppm, batubara mengandung Cd sampai 2 ppm, pupuk superpospat juga mengandung Cd bahkan ada yang sampai 170 ppm (Liestiaty Fachruddin, 2007). Sedangkan Konsentrasi Cd maksimum dalam air minum yang diperbolehkan oleh Depkes RI dan WHO adalah 0,01 mg/L. Sementara batas maksimum konsentrasi atau kandungan Cd pada daging makanan laut yang layak bagi kesehatan yang direkomendasikan FAO dan WHO adalah lebih kecil dari 0,95 mg/kg. Sebaliknya Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan merekomendasikan tidak lebih dari 2,0 mg/kg.

Penelitian lebih lanjut tentang pengaruh pH pada proses impregnasi belum dilakukan. Impregnasi MBT pada zeolit merupakan interaksi lemah, sehingga dengan adanya penambahan buffer dengan variasi pH pada zeolit akan mempengaruhi permukaan zeolit sehingga mempengaruhi proses penempelan MBT pada zeolit. Sehingga faktor inilah yang menjadi variabel dalam penelitian ini.

B. METODE PENELITIAN

1. Teknik Sampling

Dinas Pertambangan dan Energi Sulawesi Selatan telah melakukan eksplorasi terhadap kandungan zeolit pada Daerah Sangkaropi Kec.Saddang Balusu Kab.Toraja Utara Sulawesi Selatan, yang mana dilakukan analisis dengan mengambil 19 titik kemudian dilakukan pencampuran dan sampel dimatriks untuk mengambil perwakilan dari sampel. Hasil matriks kemudian di analisis dan diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa pada daerah ini mengandung zeolit jenis heulandit dan mordenit. Dari sampel tersebut peneliti mengambil zeolit sebanyak 3 kg kemudian dilakukan preparasi.

2. Preparasi dan Karakterisasi Sampel

Pada tahap ini, sampel zeolit alam yang diperoleh dari Dinas Pertambangan dan Energi Sulawesi Selatan digerus dengan menggunakan lumpang dan alu selanjutnya di ayak dengan menggunakan ayakan -20 + 30 mesh dan dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, XRF dan FTIR.

3. Proses Dealuminasi Zeolit

Proses dealuminasi zeolit bertujuan untuk meningkatkan rasio Si/Al nya.

Menurut Amun Amri dkk (2004) proses dealuminasi dilakukan sebagai berikut. Zeolit ukuran -20 + 30 mesh sebanyak 200 gram dicuci dengan aquades berulang-ulang sampai air pencucinya jernih, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 120^{o}C selama 6 jam. Selanjutnya ditambah 120 ml H_2SO_4 6 M dan 120 ml $KMnO_4$ 0,5 M, dipanaskan selama 4 jam pada suhu 80°C dengan pengadukan perlahan di atas hot plat. Selanjutnya, zeolit dicuci hingga netral, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 12 jam. Zeolit yang diperoleh kemudian ditambah dengan 120 ml H_2SO_4 6 M dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 5 jam dengan pengadukan perlahan. Kemudian dicuci dengan aquades sampai netral. Setelah itu, sampel ditambahkan 150 ml HCl 6 M

dan dipanaskan pada suhu 60°C selama 3 jam dengan pengadukan perlahan, dan selanjutnya dicuci lagi sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 12 jam.

Setelah proses dealuminasi dilakukan lagi analisis XRD dan XRF terutama untuk mengetahui kandungan alumina yang terdapat dalam zeolit.

4. Pembuatan larutan buffer Na_2HPO_4 0,2 M dan Asam sitrat 0,1 M (G.Svehla, 1985)

Pada pH 3 : 4,11 ml Na_2HPO_4 dicampurkan dengan 15,89 ml Asam sitrat. Pada pH 4: 7,71 ml Na_2HPO_4 dicampurkan dengan 12,29 ml Asam sitrat. Pada pH 5 : 10,30 ml Na_2HPO_4 dicampurkan dengan 9,70 ml Asam sitrat. Pada pH 6: 12,63 ml Na_2HPO_4 dicampurkan dengan 7,37 ml Asam sitrat. Pada pH 8: 19,45 ml Na_2HPO_4 dicampurkan dengan 0,55 ml Asam sitrat

5. Proses impregnasi MBT pada zeolit alam dengan variasi pH

Lima gram zeolit alam diatur pada pH 3, 4, 5, 6, dan 8 dengan buffer asam sitrat dan dinatrium hidogen fosfat selanjutnya dimasukkan ke dalam 5 ml larutan kloroform berisi polistirena (0,0125 g) sambil diaduk rata. Selanjutnya solven diuapkan pada temperatur ruang. Hasil yang diperoleh, kemudian dicelupkan ke dalam 5 ml larutan aseton berisi MBT (0,4 g) sambil diaduk rata pada berbagai pH larutan (3, 4, 5, 6 dan 8) . Kemudian solven diuapkan pada temperatur ruang. Selanjutnya segera dicuci, sampai air pencucinya kelihatan jernih dan dikeringkan pada temperatur 80^oC. Hasil yang diperoleh dinamakan sebagai zeolit-MBTa dan seterusnya. Setiap variasi pH dilakukan ulangan sebanyak tiga kali (Amun Amri dkk, 2004).

Setelah proses impregnasi dilakukan lagi analisis FTIR untuk mengetahui keberhasilan penempelan senyawa 2-merkaptobenzotiazol (2-MBT).

6. Pembuatan Larutan Cd^{2+} 100 ppm

1,3722 g $Cd(NO_3)_2$ 4 H_2O dilarutkan dengan aquades dalam labu takar 1000 ml (Larutan Baku 500 ppm). Sebanyak 200 ml diambil dan diencerkan dengan aquades pada labu takar 1000 ml. Diperoleh larutan Cd^{2+} 100 ppm.

7. Uji efektivitas adsorpsi pada ion Cd^{2+}

Zeolit-MBT yang diperoleh pada tahap pertama di atas selanjutnya diuji efektivitasnya dalam mengadsorpsi ion Cd^{2+}. Tahap ini dilakukan dengan mengambil 0,5 gram zeolit-MBT lalu dicelupkan ke dalam 50 mL larutan Cd^{2+} 100 ppm dan dikontakkan selama 3 jam. Selanjutnya supernatan dianalisis dengan menggunakan AAS. Kuantisasi ion Cd^{2+} yang teradsorpsi pada zeolit-MBT dihitung berdasarkan selisih konsentrasi ion Cd^{2+} sebelum dan setelah adsorpsi.

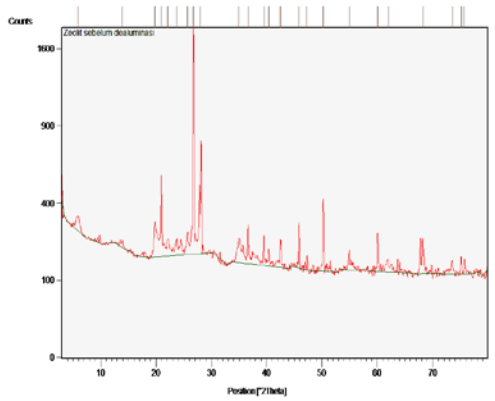
C. HASIL

1. Karakterisasi Zeolit Alam

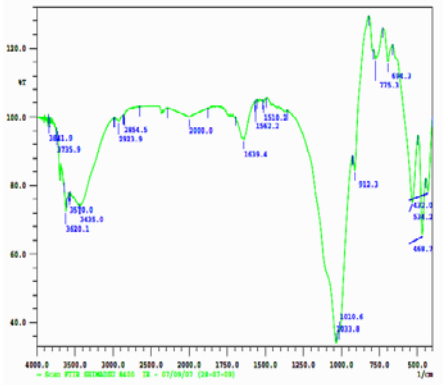
Analisis komposisi mineral menggunakan XRD terhadap sampel zeolit Sangkaropi dan Zeolit-MBT dipaparkan pada Gambar 1, 2, 3 dan 4 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Mineral dalam Zeolit alam Sangkaropi

No.	Nama Mineral	%
1.	Quartz (SiO_2)	74
2.	Albite, calcian, ordered (Na, Ca) (Si, $Al)_4$ O_8	11
3.	Alunogen ($Al_2(SO_4)_3$ 16 H_2O)	9
4.	Nontronite (Montmorilonite) ($Na0_{33}$ Fe_2^{+3} (Si, Al $)_4$ O_{10} $(OH)_2$ x H_2O)	6



Gambar 1. Hasil Analisis XRD komposisi mineral zeolit Sangkaropi

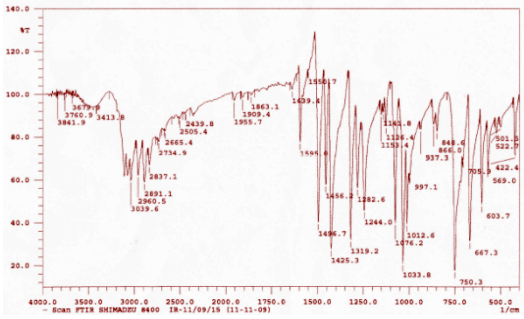


Gambar 2. Spektra FTIR zeolit alam Sangkaropi

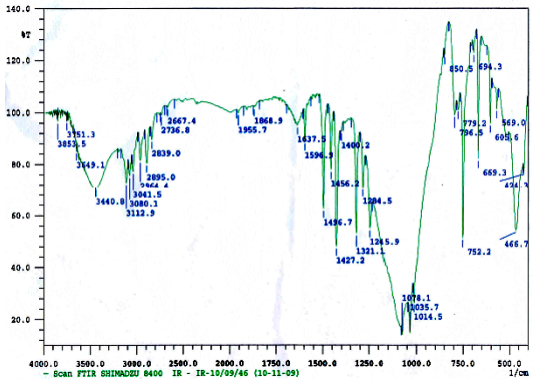
Tabel 2. Komposisi Kimia Zeolit Alam Sangkaropi Sebelum dan Setelah Dealuminasi

No.	Oksida	Zeolit Alam*	Zeolit Dealuminasi**
1.	SiO_2	62,69%	79.57 %
2.	Al_2O_3	9,90%)	8.63 %
3	Na_2O	0,12%	1.39 %
4.	K_2O	0,63%	1.54 %
5.	CaO	0,10%	1.08 %
6.	LOI	1,26%	4.93 %

Sumber:
*Badan Survey Geology Bandung (2009)
** Data Primer



Gambar 3. Spektra FTIR MBT

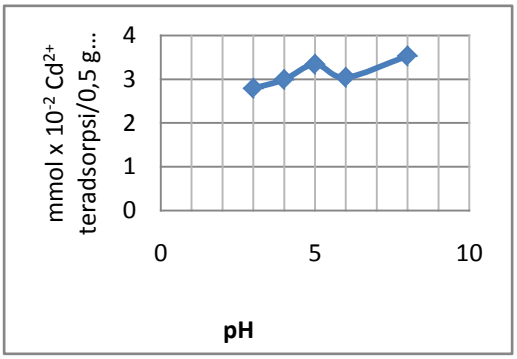


Gambar 4. Spektra FTIR zeolit-MBT

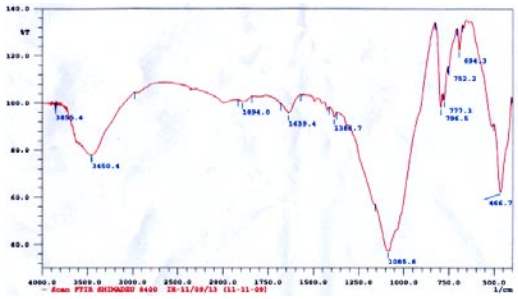
Hasil Impregnasi Impregnasi MBT pada Zeolit dengan variasi pH daya dsorbsinya dapat dilihat Tabel 3 dan Spektra serapan Interaksinya dengan ion Cd^{2+}

Tabel 3. Pengaruh pH terhadap Daya Adsorpsi Zeolit-MBT

pH	Cd yang teradsorpsi		
	(mg/L)	(mg)	(mmolx10^{-2})
3	62,2807	3,1140	2,7705
4	67,2513	3,3625	2,9900
5	75,0000	3,7500	3,3400
6	68,3723	3,4186	3,0400
8	**79,3373**	**3,9669**	**3,5300**



Gambar 5. Pengaruh pH terhadap daya adsorpsi zeolit-MBT pada ion Cd^{2+}



Gambar 6. Spektra serapan Interaksi zeolit-MBT dengan ion Cd^{2+}

D. PEMBAHASAN

1. Karakterisasi Zeolit Alam

Sampel zeolit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Desa Sangkaropi Kec.Saddang Balusu Kab.Toraja Utara Sulawesi Selatan yang terlebih dahulu dilakukan analisis dengan menggunakan XRD, XRF dan FTIR. Analisis XRD digunakan untuk mengetahui jenis mineral yang dikandung oleh zeolit dan hasilnya diperoleh komponen utama penyusun zeolit adalah Quartz (SiO_2) sebesar 74%. Analisis menggunakan XRF berfungsi untuk mengetahui unsur-unsur dan oksida-oksida penyusun zeolit, dari hasil analisis XRF dapat dilihat bahwa kandungan Na_2O lebih besar dari CaO sehingga zeolit ini digolongkan sebagai zeolit mordenit. Sedangkan analisis FTIR berfungsi untuk mengetahui Gugus fungsi penyusun zeolit, dari hasil analisis dapat dilihat bahwa terdapat gugus siloksan Si-O-Si pada frekuensi 1033 cm^{-1} dan gugus Si-OH pada frekuensi 3435 cm^{-1}.

Proses dealuminasi zeolit dilakukan untuk meningkatkan rasio Si/Al pada zeolit. Keberhasilan dealuminasi dapat dilihat pada tabel 2 yang mana komposisi Al_2O_3 sebelum dealuminasi sebesar 9,90% dan setelah dealuminasi komposisi Al_2O_3 turun menjadi 8,63%.

2. Pengaruh pH impregnasi

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa ion Cd^{2+} yang teradsorpsi pada zeolit tanpa impregnasi lebih sedikit dibandingkan dengan adsorpsi zeolit hasil impregnasi. Ini menunjukkan proses impregnasi memberikan peningkatan terhadap daya adsorpsi Cd^{2+}. Sebelum MBT terimpregnasi pada permukaan zeolit, terlebih dahulu zeolit diatur pH-nya yaitu 3, 4, 5, 6, dan 8. Selanjutnya ditambahkan polistiren dalam kloroform yang berfungsi sebagai perekat, lalu di atur kembali pHnya yang selanjutnya ditambahkan dengan MBT dalam Aseton. Sistem buffer ini memiliki

ligan dari gugus R-COOH dan posfat yang dapat membantu memudahkan penempelan MBT pada permukaan zeolit. Buffer asam sitrat dan dinatrium hidogen posfat pertama-tama membentuk ikatan pada situs aktif silika yang secara tidak langsung dapat membantu proses penempelan MBT pada zeolit.

Interaksi yang terjadi antara zeolit dengan MBT merupakan interaksi lemah, ini dibuktikan dengan adanya penambahan polistiren sebagai perekat serta MBT pada zeolit hanya menempel dan tidak menutupi pori-pori pada zeolit, bahkan akan menambah situs-situs aktif pada zeolit sehingga akan lebih banyak dapat mengadsorpsi ion Cd^{2+}.

Gambar 5 Menujukkan hasil adsorpsi pada ion Cd^{2+} dengan berbagai variasi pH, tampak bahwa adsorpsi Cd^{2+} meningkat dengan naiknya pH impregnasi. Pada pH rendah adsorpsi ion logam Cd^{2+} relatif sedikit, karena komposisi dinatrium hidrogen posfat lebih sedikit dibandingkan dengan asam sitrat. Dinatrium hidogen posfat memiliki kemampuan berikatan dengan gugus silanol pada zeolit lebih banyak dari pada asam sistrat sehingga jika dinatrium hidogen posfat sedikit maka kemampuan impregnasi MBT juga berkurang. Sedangkan pada pH di atas 3 adsorpsi ion logam Cd^{2+} mengalami peningkatan, ini karena bertambahnya dinatrium hidogen posfat pada permukaan zeolit sehingga impregnasi MBT semakin meningkat. Dan pada pH di atas 5 adsorpsi ion Cd^{2+} mengalami penurunan ini diakibatkan perbandingan dinatrium hidogen posfat dan asam sitrat hampir sama sehingga terjadi kompleks logam sitrat yang bermuatan negatif sehingga mengurangi impregnasi MBT.

Adsorpsi ion Cd^{2+} pada pH di atas 6 mengalami peningkatan. Pada pH ini komposisi gugus posfat lebih banyak dibandingkan dengan sitrat sehingga semakin kuatnya penempelan MBT pada zeolit yang menyebabkan semakin banyaknya situs-situs aktif pada permukaan zeolit yang mendukung semakin berhasilnya proses adsorpsi ion Cd^{2+}. Hasil uji adsorpsi terhadap ion Cd^{2+} menunjukkan bahwa pH maksimum impregnasi MBT pada zeolit terjadi pada pH 8 sebesar 79,3373 mg/L.

3. Adsorpsi zeolit-MBT pada ion Cd^{2+}

Berdasarkan klasifikasi asam basa keras lunak dari Pearson, gugus thiol R-SH pada 2-MBT tergolong basa lunak dan akan berinteraksi kuat dengan ion-ion logam yang tergolong dalam asam-asam lunak seperti Cd^{2+}, semakin banyak 2-MBT yang terimpregnasi pada zeolit maka semakin banyak pula ion Cd^{2+} yang teradsorpsi. Kuatnya interaksi antara gugus thiol MBT dengan ion Cd^{2+} dapat dilihat pada spektra FTIR zeolit-MBT yang telah mengadsorpsi ion Cd^{2+}, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Menunjukkan kuatnya interkasi antara gugus thiol dengan ion Cd^{2+} mengakibatkan tidak munculnya serapan dari R-SH pada panjang gelombang sekitar 1955 cm^{-1}. Spektra yang masih muncul adalah spektra serapan rangkaian siloksan Si-O-Si pada panjang gelombang 1085 cm^{-1} dan spektra serapan dari Si-OH pada

panjang gelombang 3450 cm^{-1}. Keadaan ini menunjukkan bahwa dengan masuknya ion Cd^{2+} pada permukaan zeolit-MBT maka akan menutupi munculnya spektum untuk MBT yang mana dapat disimpulkan bahwa Cd^{2+} terikat kuat pada Zeolit-MBT sesuai dengan prinsip HSAB Pearson.

E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh pH impregnasi terhadap daya adsorbsi zeolit 2-merkaptobenzotiazol pada ion Cd^{2+}, diperoleh kesimpulan bahwa : Semakin tinggi pH impregnasi yang diatur dengan buffer asam sitrat dan dinatrium hidrogen posfat yang memiliki rentang pH 3 - 8, semakin besar daya adsorpsi zeolit 2 merkaptobenzotiazol pada ion Cd^{2+} sehingga pH mempengaruhi daya adsorpsi zeolit 2-merkaptobenzotiazol pada ion Cd^{2+}. Daya adsorpsi zeolit pada ion Cd^{2+} maksimum pada pH 8, yaitu sebesar 79,3373 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

Agung Purwanto. 1998. *Impregnasi 2-merkaptobenzotiazol pada Tanah Diatomeae dan Pemanfaatannya Sebagai Adsorben Raksa(II) dalam Medium Air*. Tesis Pasca Sarjana UGM Yogyakarta.

Amun Amri, dkk. 2004. *Kesetimbangan Adsorpsi Optimal Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-Merkaptobenzotiazol*.

Filho, dkk. 1995. *2-Mercaptobenzothiazole Clay as matrix for Sorption and Preconcentration of Some Heavy Metals from Aqueous Solution.* Analytica Chimica Acta, 306: 167-172.

Ramlawati. 1998. *Adsorpsi Desorpsi Tembaga (II), Seng(II) dan Kadmium (II) dalam Medium Air pada Adsorben Tanah Diatomeae*. Program Pasca Sarjan. Universitas Gadja Mada. Yogyakarta.

Setyawan Handoko. 2002. *Pengaruh Perlakuan Asam, Hidrotermal dan Impregnasi Logam Kromium Pada Zeolit Alam dalam Preparasi Katalis*. Jurnal Ilmu Dasar Vol. 3 No. 2, FMIPA UNEJ, Jember. *http://www.unej.ac.id/fakultas/mipa/jid/vol4no2/iwan.pdf*

S M Khopkar. 1984. *Konsep Dasar Kimia Analitik* (Terjemahan). Bombay : Analytical Laboratory Departement of Chemistry Indian Institute of technologi Bombay