

Pengaruh penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) terhadap kemampuan adsorpsi gel silika dari kaca pada ion logam kadmium

Agus Prastiyanto*), Choiril Azmiyawati*), Adi Darmawan*)

*)Kimia Anorganik Jurusan Kimia Universitas Diponegoro Semarang

Abstrak

Proses penambahan merkaptobenzotiazol terhadap kemampuan adsorpsi gel silika dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pembuatan natrium silikat, pembentukan gel silika dan adsorpsi terhadap Cd (II). Natrium silikat diperoleh melalui reaksi antara serbuk kaca dengan natrium hidroksida pada temperatur 400°C. Natrium silikat yang diperoleh dilarutkan dalam akuades hingga terbentuk larutan natrium silikat. Pembentukan gel dilakukan dengan menambahkan merkaptobenzotiazol dan HCl secara bertetes-tetes ke dalam larutan natrium silikat sampai mencapai pH = 7. Variasi konsentrasi merkaptobenzotiazol yang digunakan adalah 0,07; 0,04; dan 0,01 M. Gel silika yang ditambah MBT digunakan sebagai adsorben Cd (II). Aplikasi terhadap gel silika dikarakterisasi dengan menggunakan SSA untuk mengetahui seberapa banyak Cd (II) teradsorpsi dan Spektrofotometer Infra-Merah (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus silanol, siloksan, SH dari MBT, dan gugus-gugus lain yang terikat pada gel silika.

Hasil penelitian diketahui bahwa MBT dengan konsentrasi 0,07; 0,04; dan 0,01 M dapat terimpregnasi secara baik pada gel silika. Gel silika yang ditambah MBT 0,07 M memiliki daya adsorpsi paling efektif terhadap Cd (II) yaitu sebesar 0,076 mmol/g, sedangkan gel silika tanpa MBT memiliki daya adsorpsi terhadap Cd (II) sebesar 0,05918 mmol/g.

Kata kunci : Merkaptobenzotiazol; Adsorpsi gel silika; Kaca; ion kadmium

Effect addition of mercaptobenzothiazole to the ability adsorption of silica gel from glasses to ion cadmium

Abstrack

The process addition of mercaptobenzothiazole to the ability adsorption of silica gel was run with some steps, that were the sodium silicate preparation and silica gel formation and adsorption of cadmium. Sodium silicate was obtained by reaction of glass powder and NaOH had a melting temperature of 400°C. Sodium silicate obtained was dissolved in aquadest until sodium silicate solution formed. Furthermore, the formation of silica gel was done by addition of mercaptobenzothiazole and HCl per drops in the sodium silicate solution until reached pH of 7. The variation concentration of mercaptobenzothiazole used were 0.07; 0.04; and 0.01 M. Silica gel added MBT was used as adsorbent of Cd (II). Application of silica gel was characterized using AAS to know the amount of Cd (II) adsorbed and infra-red spectrophotometer to identify the silanol, siloxane, SH of MBT and another groups that were bonded to silica gel.

From the research it was known that with concentration of MBT of 0.07; 0.04; and 0.01 M can be impregnated to silica gel well. Silica gel added by MBT of 0.07 M has the most effective adsorption ability of Cd (II) of 0.076 mmol/g, while with silica gel without MBT has adsorption ability of Cd (II) of 0.05918 mmol/g.

Keywords: Mercaptobenzothiazole; Adsorption of silica gel; glasses; ion cadmium.

1. PENDAHULUAN

Beberapa penelitian tentang sintesis gel silika telah banyak dilakukan. Iswari (2005) telah mensintesis gel silika dari abu sekam padi dengan menambahkan NaOH dan HCl. Hasilnya diketahui bahwa ekstraksi silika dari abu sekam padi menggunakan NaOH membutuhkan temperatur 100°C dan ketika ditambah HCl dengan konsentrasi tinggi pembentukan gel berlangsung cepat dan dihasilkan gel silika yang kaku.

Imami (2008) juga telah mensintesis gel silika menggunakan kaca sebagai sumber silika dengan menambahkan NaOH dan HCl. Hasilnya diketahui bahwa temperatur efektif untuk ekstraksi silika di dalam kaca dengan NaOH adalah 400°C. Hal ini berbeda dengan penelitian Rohman (1996) dan Megasari (2007), pembentukan natrium silikat dilakukan dengan penambahan natrium karbonat (Na_2CO_3) pada serbuk kaca. Pemilihan NaOH dalam penelitian ini berdasarkan pada titik leleh NaOH (318°C) yang lebih rendah daripada Na_2CO_3 (851°C) sehingga memudahkan pembentukan natrium silikat pada temperatur yang tidak terlalu tinggi.

Salah satu metode yang sedang berkembang untuk meningkatkan selektivitas gel silika adalah memodifikasi permukaan gel silika dengan menambahkan dengan suatu bahan tertentu. Bahan yang ditambahkan berkarakter menyukai untuk berikatan dengan satu atau lebih ion logam sehingga terjadi adsorpsi yang lebih selektif. Beberapa penelitian yang berhubungan telah lama dirintis.

Akbar (2005) telah melakukan penelitian tentang modifikasi zeolit alam dengan merkaptobenzotiazol (MBT) untuk adsorpsi indigo carmine. Hasilnya diketahui bahwa adsorben zeolit-MBT mempunyai kemampuan adsorpsi lebih besar dibandingkan zeolit alam. Amri, dkk (2004) telah melakukan penelitian tentang kesetimbangan adsorpsi optional campuran biner Cd (II) dan Cr (II) dengan zeolit alam terimpregnasi merkaptobenzotiazol. Hasilnya bahwa zeolit alam terimpregnasi merkaptobenzotiazol dapat digunakan sebagai bahan penyerap untuk sistem campuran biner Cd dan Cr dengan daya pisah yang lebih baik daripada adsorben zeolit teraktivasi NaCl.

Dari beberapa kelebihan yang dimiliki merkaptobenzotiazol, pada penelitian ini dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) terhadap kemampuan adsorpsi gel silika dari kaca pada ion logam kadmium. Pemilihan merkaptobenzotiazol sebagai bahan impregnan juga dilatarbelakangi dengan karakternya yang lebih menyukai ikatan dengan suatu asam lunak. Berdasarkan konsep penggolongan asam-basa keras dan lunak (Saito, 2004), gugus SH pada MBT termasuk basa lunak karena memiliki ukuran relatif besar dan mudah terpolarisasi. Menurut aturan HSAB (*hard soft acid and base*), suatu spesies yang berfungsi sebagai basa lunak akan berikatan dengan asam lunak. Berdasarkan sifat itu, gugus -SH yang diikatkan pada gel silika diharapkan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi ion logam lunak, khususnya kadmium.

2. METODE PENELITIAN

Gel silika hasil sintesis digunakan untuk uji adsorpsi terhadap larutan Cd (II). Larutan Cd (II) yang digunakan memiliki konsentrasi 100 ppm dan gel silika yang digunakan untuk uji adsorpsi adalah SM-7, SM-4, SM-1 dan STM. Secara kuantitatif, ion logam Cd (II) yang tersisa maupun yang terambil ditentukan dengan AAS.

2.1 Alat dan Bahan

Alat : ayakan ukuran 170 mesh, kertas pH, kertas saring *whatman*, botol film, pemanas listrik, *furnace*, *magnetic stirrer*, termometer, penangas air, cawan porselen, timbangan analitis, *oven*, *shaker*, dan peralatan gelas yang lazim digunakan di laboratorium.

Bahan : kaca bekas transparan, merkaptobenzotiazol, asam klorida p.a., natrium hidroksida p.a., natrium karbonat, kadmium (II) klorida monohidrat, dan akuades.

2.2 Cara Kerja

2.2.1 Preparasi Sampel Kaca

Kaca dibersihkan dari pengotor-pengotornya kemudian dikeringkan. Kaca bersih dan kering didestruksi sampai terbentuk serbuk kaca halus. Kemudian diayak dengan ayakan 170 mesh.

2.2.2 Sintesis Natrium Silikat

Sebanyak 20 gram serbuk kaca halus ditambah 60 mL NaOH 1,5 M diaduk, kemudian dipanaskan pada pemanas biasa sampai terbentuk padatan serbuk. Selanjutnya dipanaskan dalam *furnace* pada temperatur 400°C selama 4 jam. Hasil reaksi ini berupa padatan serbuk natrium silikat yang bersifat higroskopis. Padatan serbuk natrium silikat dilarutkan dalam akuades 250 mL, kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada temperatur 100°C. Selanjutnya disaring sehingga diperoleh filtrat I. Residu yang diperoleh dilarutkan kembali dalam akuades 250 mL, diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada temperatur 100°C, kemudian disaring sehingga diperoleh filtrat II. Filtrat I dan filtrat II dicampur, sehingga diperoleh larutan natrium silikat.

2.2.3 Preparasi Larutan Merkaptobenzotiazol (MBT) 0,1 M

Sebanyak 4,18125 gram merkaptobenzotiazol ditambah 250 mL natrium karbonat (dengan pengadukan), sehingga dihasilkan larutan merkaptobenzotiazol.

2.2.4 Sintesis Gel silika

Sebanyak 40 mL natrium silikat ditambah larutan MBT dengan variasi konsentrasi 0,07; 0,04; dan 0,01 M yang masing-masing volumenya 10 mL dan HCl 37% secara bertetes-tetes sampai pH = 7. Selanjutnya diaduk dan akan diperoleh gel (hidrogel). Kemudian hidrogel dioven pada temperatur 80°C selama 18 jam untuk menghasilkan gel silika kering (serogel). Kemudian silika serogel digerus dan dicuci dengan akuades sampai air bekas cucian bersifat netral. Selanjutnya dioven pada temperatur 80°C selama 9 jam sehingga terbentuk kembali gel silika kering (serogel). Silika serogel digerus, selanjutnya dianalisis dengan FTIR.

2.2.5 Uji Adsorpsi Gel silika Terhadap Cd (II) 100 mg/L

a. Adsorben I (Gel silika tanpa Penambahan MBT)

Sebanyak 0,05 gram gel silika ditambah dengan 10 mL larutan CdCl₂. Selanjutnya digojok dengan *shaker* selama 2 jam. Kemudian didiamkan selama 24 jam untuk mencapai kesetimbangan. Campuran disaring dan filtrat yang dihasilkan dianalisis dengan AAS.

b. Adsorben II (Gel silika dengan Penambahan MBT)

Sebanyak 0,05 gram SM-7 yang telah diperoleh ditambah dengan 10 mL larutan CdCl₂. Selanjutnya digojok dengan *shaker* selama 2 jam. Kemudian didiamkan selama 24 jam untuk mencapai kesetimbangan. Campuran disaring dan filtrat yang dihasilkan dianalisis dengan AAS.

Perlakuan yang sama dilakukan berturut-turut untuk SM-4 dan SM-1.

Penetapan Kode Gel Silika

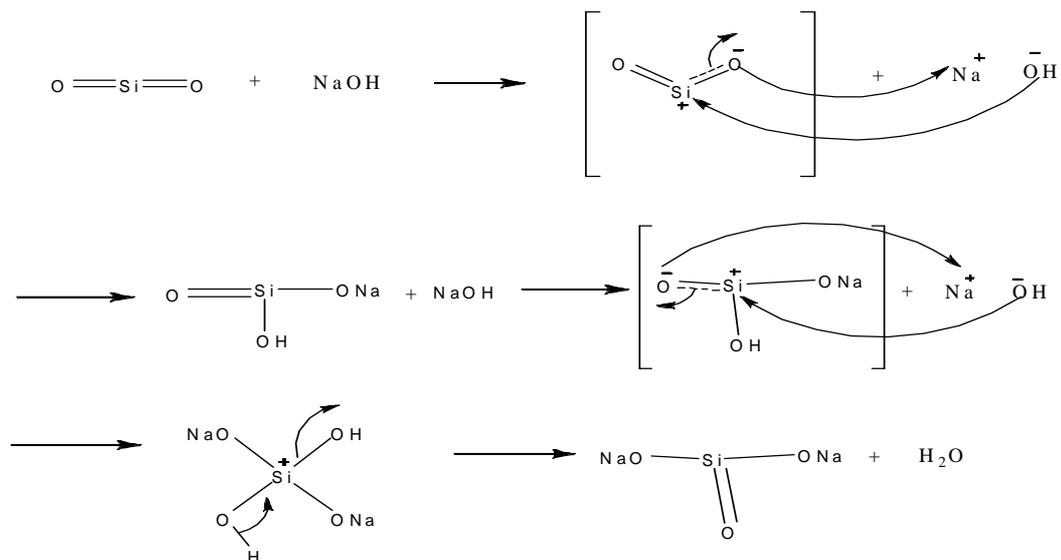
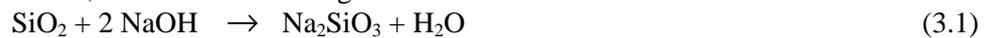
No	Kode	Keterangan
1	SM-7	Gel silika dengan penambahan MBT 0,07 M
2	SM-4	Gel silika dengan penambahan MBT 0,04 M
3	SM-1	Gel silika dengan penambahan MBT 0,01 M
4	STM	Gel silika tanpa penambahan MBT

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sintesis Natrium Silikat

Natrium silikat dapat diperoleh dengan mereaksikan serbuk kaca hasil destruksi dengan natrium hidroksida. Pelarutan serbuk kaca dilakukan dengan menggunakan pelarut alkali, karena diketahui silika memiliki kelarutan yang rendah pada pH 2-9 yaitu 100-140 mg/L dan kelarutan yang lebih tinggi diatas pH 9 (Ishizaki, 1998). Dengan demikian, sangat memungkinkan untuk memperoleh silika yang optimal jika pelarutnya adalah pelarut alkali.

Pemanasan dalam *furnace* dilakukan pada temperatur 400°C, karena berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Imami (2008) pada temperatur ini adalah merupakan temperatur efektif untuk reaksi antara silika dalam kaca dengan NaOH. Jadi pada temperatur ini dimungkinkan silika yang terkandung dalam kaca dapat terekstrak secara optimal. Hasil yang diperoleh berupa padatan putih natrium silikat yang sesuai dengan hasil penelitian yang diperoleh Imami (2008). Sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Scott (1993), apabila NaOH direaksikan dengan kaca akan menghasilkan natrium silikat, menurut reaksi sebagai berikut.



Gambar 3.1 Pembentukan natrium silikat

Untuk memperoleh larutan natrium silikat, padatan putih yang dihasilkan dari proses pemanasan dilarutkan dalam akuades. Penyaringan dilakukan untuk memperoleh filtrat natrium silikat dan memisahkan residunya. Selanjutnya untuk mengoptimalkan pelarutan natrium silikat dilakukan pelarutan kembali residu dalam akuades, dengan harapan natrium silikat yang belum larut dapat dilarutkan lebih optimal.

3.2 Sintesis Gel Silika

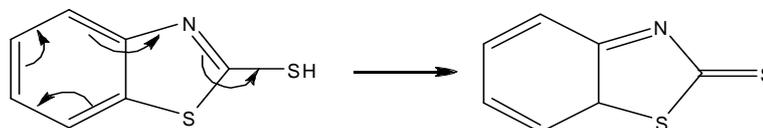
Dalam penelitian ini, pembuatan gel silika dilakukan dengan menambahkan merkaptobenzotiazol dan HCl secara langsung pada larutan natrium silikat. Penambahan MBT dan HCl secara langsung pada larutan natrium silikat diharapkan dapat terjadi substitusi langsung MBT terhadap gugus silanol pada gel silika. Adanya substitusi MBT terhadap gugus silanol pada gel silika membuat gel silika tersebut memiliki gugus aktif berupa gugus $-SH$ yang nantinya dapat berperan dalam proses adsorpsi. Gugus $-SH$ merupakan suatu basa lunak, sehingga gugus ini memiliki kemampuan untuk berikatan dengan suatu asam lunak seperti ion Cd^{2+} .

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kemampuan dari masing-masing gel silika yang terikat oleh MBT pada berbagai variasi konsentrasi MBT ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Uji adsorpsi 0,05 g gel silika yang dihasilkan terhadap 0,5649 mmol/L Cd (II)

Kode gel silika	Konsentrasi Cd (II) tidak teradsorpsi (mmol/L)	Konsentrasi Cd (II) teradsorpsi (mmol/L)	Jumlah ion logam teradsorpsi (mmol/g)
SM-7	0,1849	0,38	0,076
SM-4	0,1964	0,3685	0,0737
SM-1	0,2578	0,3071	0,06142
STM	0,269	0,2959	0,05918

Dari Tabel 3.1 terlihat bahwa jumlah ion logam Cd (II) yang teradsorpsi oleh gel silika mengalami peningkatan seiring dengan semakin meningkatnya konsentrasi MBT yang ditambahkan pada gel silika. Dengan melihat spektra IR dari gel silika yang dihasilkan ternyata ada serapan yang menunjukkan gugus $-SH$ yaitu pada daerah serapan sekitar 2.600 cm^{-1} , jadi kemungkinan dalam struktur MBT tidak terjadi tautomeri yang menyebabkan adanya resonansi dari gugus $-SH$ menjadi S .

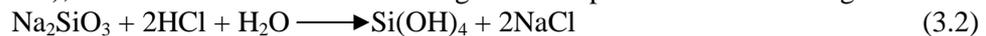


Gambar 3.2 Resonansi merkaptobenzotiazol

Dengan demikian, pada penelitian ini tidak ada perubahan yang terjadi pada struktur MBT. Dari fakta ini mengindikasikan bahwa MBT hanya berada dalam keadaan terimpregnasi, jadi besar kemungkinannya ikatan yang terjadi antara MBT dengan gel silika adalah ikatan secara fisik. Dengan demikian harapan adanya substitusi MBT terhadap gugus silanol pada gel silika secara langsung tidak dapat terjadi. Namun kondisi ini tidak menutup kemungkinan adanya gugus $-SH$ pada gel silika yang berperan dalam proses adsorpsi.

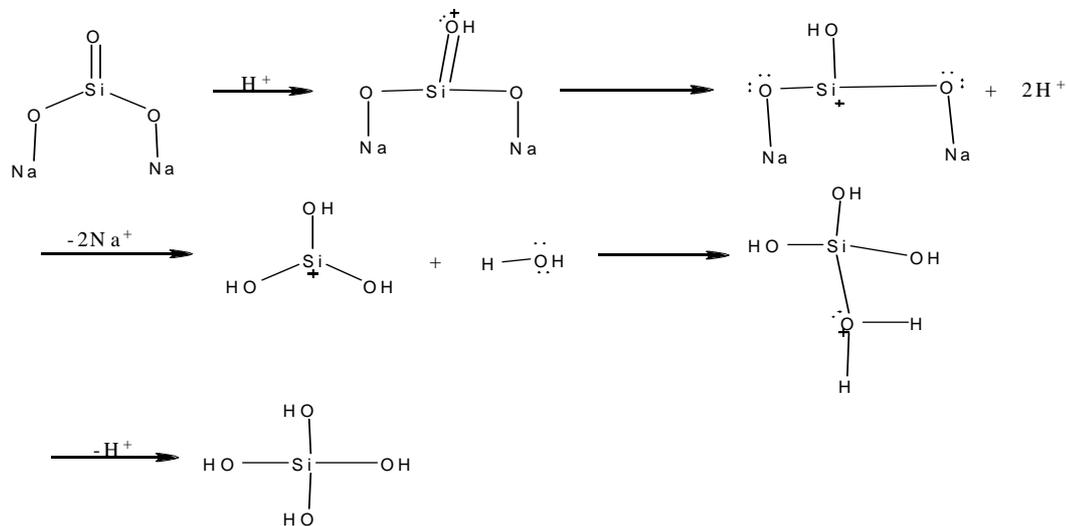
Dengan keberadaan MBT yang terimpregnasi pada gel silika sangat memungkinkan gugus -SH dari MBT dapat digunakan untuk mengadsorpsi ion logam Cd (II). Sehingga kemungkinan besar ketika konsentrasi MBT meningkat maka keberadaan gugus -SH pada gel silika juga semakin meningkat.

Larutan natrium silikat mempunyai pH 11-12, sehingga dengan adanya penambahan HCl tersebut akan membentuk monomer-monomer asam silikat yang memungkinkan terbentuknya gel. Sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Scott (1993), reaksi antara natrium silikat dengan HCl dapat diasumsikan sebagai berikut.



Asam silikat dalam air membentuk dispersi asam silikat yang disebut dengan hidrosol. Selanjutnya, monomer-monomer asam silikat akan mengalami polimerisasi kondensasi membentuk dimer, trimer, dan seterusnya sampai akhirnya membentuk polimer asam silikat.

Menurut Scott (1993) reaksi pembentukkan asam silikat sebagai berikut.

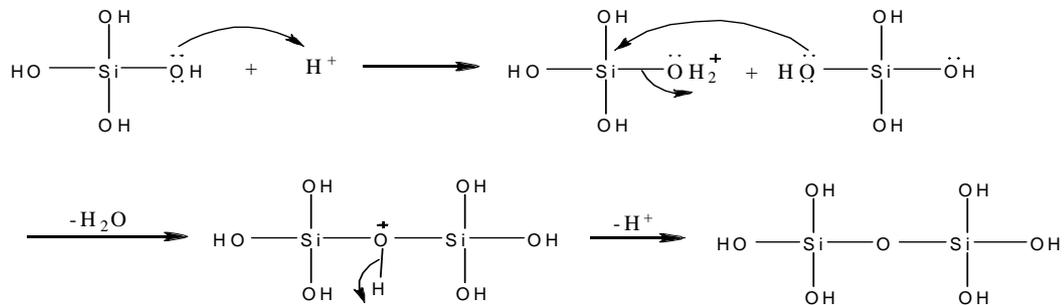


Gambar 3.3 Pembentukan asam silikat

Agregat polimer akan bergabung membentuk bola polimer yang disebut partikel silika primer yang pada ukuran tertentu akan mengalami kondensasi membentuk fasa padatan yang disebut akuagel. Akuagel merupakan gel yang bertekstur lunak dan tidak kaku.

Laju pembentukkan gel bergantung pada tingkat keasaman larutan natrium silikat. Pada kondisi awal, larutan natrium silikat bersifat sangat basa (pH 11-12) dalam bentuk Si-O^- sehingga kondensasi tidak dapat berlangsung. Setelah penambahan HCl yang berlebih menyebabkan berkurangnya gugus Si-O^- dan bertambahnya gugus Si-OH .

Reaksi pembentukan gel yang terjadi menurut Scott (1993) diilustrasikan sebagai berikut.



Gambar 3.4 Pembentukan gel silika

Pada penelitian ini penambahan HCl dilakukan sampai campuran bersifat netral. Berdasarkan penelitian Imami (2008) pada kondisi netral ini, konsentrasi gugus silanol (Si-OH) dan silanol terdeprotonasi (Si-O⁻) seimbang dalam jumlah yang relatif banyak sehingga pembentukan gel berlangsung cepat.

Penambahan HCl pada sintesis gel silika mengakibatkan terjadinya pembentukan gugus siloksan (Si-O-Si) (seperti pada Gambar 3.4), sehingga dihasilkan gel silika yang kaku. Pembentukan gugus siloksan terjadi karena pada saat larutan natrium silikat ditambah HCl, gugus -OH dari silanol (Si-OH) yang terbentuk mengalami hidrasi dan membentuk ⁺OH₂ yang merupakan gugus pergi (*leaving group*) yang baik. Hal ini akan memudahkan gugus -OH dari Si-OH yang lain untuk mensubstitusi ⁺OH₂ yang pergi membentuk gugus/ikatan siloksan (Si-O-Si). Ikatan siloksan yang terbentuk akan menghasilkan struktur siklis yang selanjutnya dapat membentuk bola-bola polimer. Struktur siklis yang terbentuk menyebabkan gel bersifat kaku.

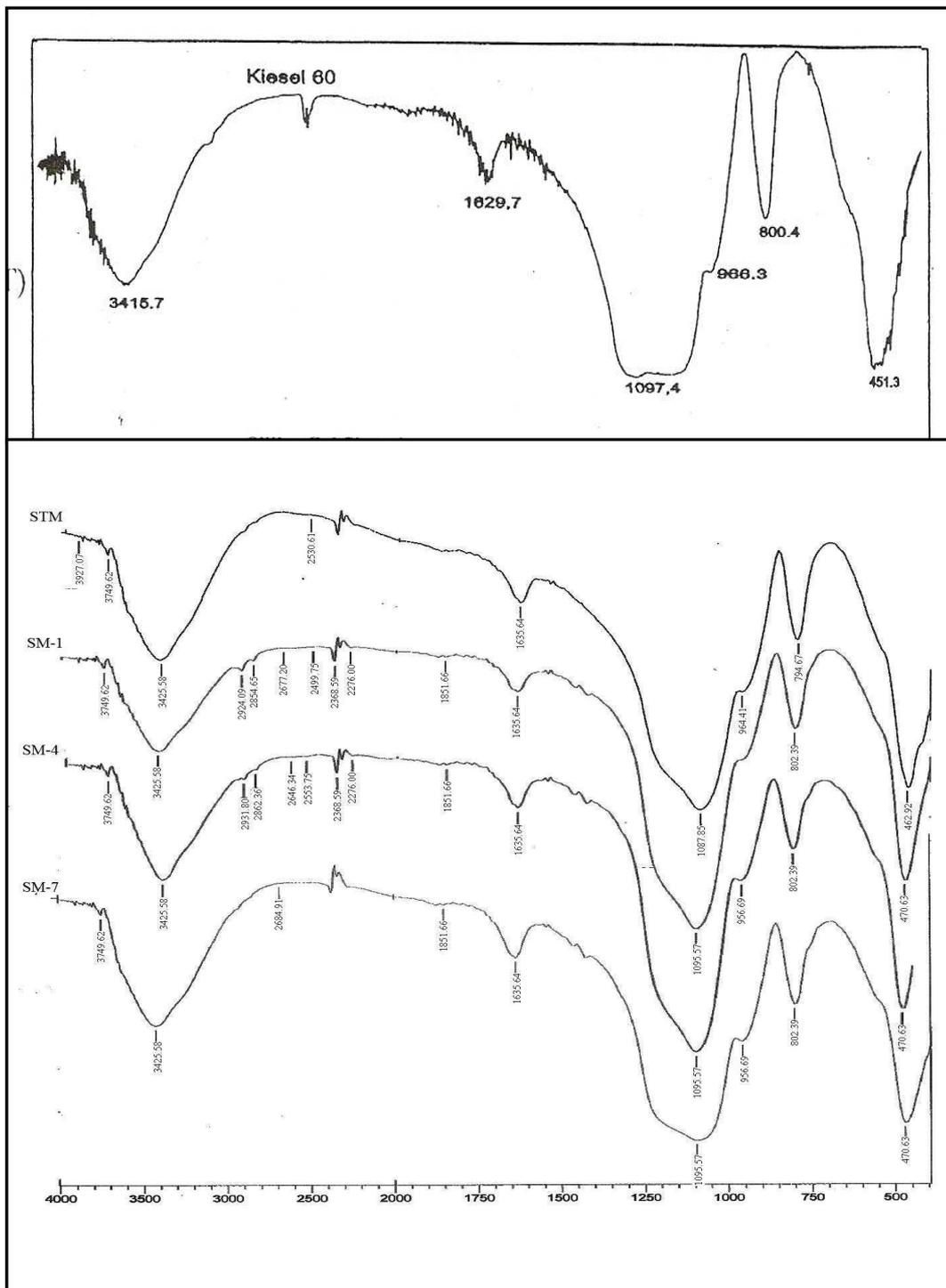
Setelah penambahan HCl akan terbentuk akuagel. Akuagel ini dibiarkan beberapa saat akan mengalami kondensasi bola-bola polimer dan mengalami penyusutan volume yang disertai dengan pelepasan garam-garam natrium sehingga dihasilkan hidrogel. Tahap ini disebut tahap sinerisis. Hidrogel yang terbentuk dipanaskan pada temperatur 80°C selama 18 jam. Pada pemanasan ini garam natrium berupa larutan yang memadat, sehingga kemungkinan garam-garam natrium ini masih melekat pada hidrogel, karena tidak sempurna dilepaskan pada tahap sinerisis. Untuk menghilangkan garam-garam yang masih melekat dilakukan pencucian terhadap gel sampai akuades bekas cucian bersifat netral sehingga garam natrium terlarut. Selanjutnya dilakukan pemanasan pada temperatur 80°C selama 9 jam sebagai proses pengeringan. Pengeringan dilakukan untuk mengeliminasi kandungan air dalam bahan dengan menguapkan air dari permukaan bahan. Proses pengeringan diikuti oleh pengurangan volume dan proses ini tidak terjadi dalam suatu waktu sekaligus, jadi membutuhkan waktu yang cukup lama.

Hasil dari proses pengeringan adalah berupa padatan gel silika kering yang disebut serogel. Serogel merupakan gel silika kering yang dihasilkan dengan mengeringkan fasa air dalam pori-pori melalui proses evaporasi (Celzard and Mareche, 2002).

3.3 Karakterisasi Gel Silika dengan Spektrofotometri Infra-merah

Spektrofotometri infra-merah merupakan suatu metode untuk mengetahui gugus fungsional dari suatu molekul. Karakterisasi gel silika dengan spektrofotometri infra-merah bertujuan untuk mengetahui adanya gugus silanol, siloksan, gugus SH dan gugus-gugus lain yang mendukung keberadaan MBT pada gel silika yang ditambah MBT

dibandingkan dengan gel silika tanpa MBT dan gel silika *kiesel-60*. Silika memiliki daerah serapan di sekitar bilangan gelombang $4.000-200\text{ cm}^{-1}$. Spektra infra-merah gel silika *kiesel-60*, gel silika tanpa MBT dan gel silika yang ditambah MBT ditunjukkan pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5 Spektra infra-merah gel *kiesel-60*, gel silika tanpa MBT, dan gel silika yang ditambah MBT.

Pada Gambar 3.5 diketahui bahwa spektra IR yang ditunjukkan oleh gel silika hasil sintesis memperlihatkan pola serapan untuk gugus silanol dan siloksan yang hampir sama dengan gel silika *kiesel-60*.

Tabel 3.2 Daftar bilangan gelombang pada masing-masing gel silika (Silverstein, 1991)

Silika Gel	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)				Interpretasi
	Kiesel-60	STM	SM-1	SM-4	
3000-4000	3000-4000	3000-4000	3000-4000	3000-4000	<i>Overtone</i> atau kombinasi vibrasi Si-OH atau H ₂ O Gugus Si-OH bebas pada permukaan gel silika
3415,7	3749,62 3425,58	3749,62 3425,58	3749,62 3.425,58	3749,62 3.425,58	Vibrasi ulur -OH dari Si-OH
		2854,65	2862,36		Vibrasi ulur C-H
		2924,09	2931,8		Vibrasi ulur C-H
		2677,2	2646,34	2684,91	Vibrasi ulur -SH
1629,7	1.635,64	1635,64	1635,64	1.635,64	Vibrasi tekuk -OH dari Si-OH
1097,4	1.087,85	1095,57	1095,57	1.095,57	Vibrasi ulur asimetri Si-O dari Si-O-Si
800,4	794,67	802,39	802,39	802,39	Vibrasi ulur simetri Si-O dari Si-O-Si
966,3	964,41		956,69	956,69	Vibrasi ulur Si-O pada Si-OH
451,3	462,92	470,63	470,63	470,63	Vibrasi tekuk Si-O-Si
		1851,66	1851,66	1851,66	<i>Overtone</i> atau kombinasi vibrasi senyawa organik, dan Si-O ₂
	2530,61	2499,75	2553,75		<i>Range</i> serapan lebar dari pita uluran -OH
		2368,59	2368,59		Menunjukkan atmosferik CO ₂
		2276	2276		Vibrasi ulur ikatan rangkap terkumpul -N=C=S

Pada gel silika yang ditambah MBT memiliki perbedaan dengan gel silika *kiesel-60* dan gel silika tanpa MBT, yaitu terdapatnya daerah serapan gugus tiolat (-SH). Hal ini mengindikasikan bahwa MBT dapat terikat pada gel silika meskipun hanya terikat secara fisik. Keberadaan gugus tiolat (-SH) dari MBT terlihat pada daerah serapan sekitar 2.600 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi ulur gugus -SH, namun serapannya sangat lemah dan lebih lemah dari gugus -OH. Hal lain yang mendukung bahwa MBT dapat terikat pada gel silika adalah adanya daerah serapan sekitar 2800-2900 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi ulur C-H, daerah serapan 1851,66 cm⁻¹ yang merupakan *overtone* atau kombinasi vibrasi

senyawa organik, dan SiO_2 , serta daerah serapan sekitar $2000\text{-}2276\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur ikatan rangkap terkumpul -N=C=S .

3.4 Uji Adsorpsi Gel Silika

Dalam penelitian ini, dilakukan uji adsorpsi menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) untuk mengetahui kemampuan gel silika yang dihasilkan dalam mengadsorpsi Cd (II). Gel silika mempunyai gugus silanol dan siloksan diketahui mampu mengadsorpsi ion logam keras seperti pada golongan alkali dan alkali tanah, karena mempunyai permukaan aktif berupa gugus O^- (Azmiyawati, 2004). Namun dengan adanya penambahan merkaptobenzotiazol, permukaan aktif gel silika berubah menjadi gugus -SH (thiolat) yang merupakan suatu basa lunak.

Berdasarkan aturan *Hard and Soft Acid and Bases* (HSAB) (Saito, 2004) bahwa reaksi akan lebih mudah untuk interaksi keras-keras dan lunak-lunak dibanding campuran keras-lunak dalam reaktan. Hal ini berarti interaksi akan lebih mudah apabila asam keras dengan basa keras dan asam lunak dengan basa lunak. Pada penelitian ini, merkaptobenzotiazol yang ditambahkan pada gel silika mengandung gugus basa lunak tiolat (-SH) sehingga diharapkan gel silika yang dihasilkan mampu mengadsorpsi asam lunak Cd (II).

Dari Tabel 3.1 diketahui bahwa gel silika yang ditambah merkaptobenzotiazol (MBT) secara umum memiliki daya adsorpsi terhadap Cd (II) yang cenderung meningkat jika dibandingkan dengan gel silika tanpa MBT. Daya adsorpsi paling besar terlihat pada gel silika yang ditambah MBT 0,07 M. Hal ini terjadi karena dengan adanya konsentrasi MBT yang semakin tinggi, kemungkinan besar keberadaan gugus -SH yang ada pada gel silika juga semakin tinggi/ meruah. Begitupun sebaliknya, dengan adanya konsentrasi MBT yang semakin rendah maka keberadaan gugus -SH yang ada pada gel silika juga semakin rendah/ sedikit. Hal ini sangat menentukan kemampuan gel silika dalam mengadsorpsi ion logam lunak khususnya Cd (II). Dari penelitian ini, diketahui bahwa jumlah Cd (II) yang teradsorpsi oleh gel silika yang ditambah MBT 0,07 M lebih banyak daripada gel silika yang lain, terlihat dengan banyaknya jumlah ion Cd (II) yang teradsorpsi, yaitu sebesar 0,076 mmol/g. Jadi gel silika yang ditambah MBT 0,07 M memiliki kemampuan adsorpsi terhadap Cd (II) yang lebih efektif daripada gel silika yang lain.

Tabel 3.3 Peningkatan daya adsorpsi gel silika yang dihasilkan terhadap Cd (II)

Kode gel silika	Jumlah ion logam teradsorpsi (mmol/g)	Peningkatan daya adsorpsi (%)
SM-7	0,076	28,42
SM-4	0,0737	24,54
SM-1	0,06142	3,79
STM	0,05918	0

Dari Tabel 3.3 terlihat bahwa perbandingan peningkatan daya adsorpsi gel silika yang ditambah MBT dengan gel silika tanpa MBT terhadap ion Cd (II) tidak begitu signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan MBT pada gel silika dengan metode langsung memiliki pengaruh yang kecil.

4. KESIMPULAN

1. Penambahan merkaptobenzotiazol pada pembuatan gel silika meningkatkan daya adsorpsi terhadap Cd (II).
2. Daya adsorpsi gel silika terhadap Cd (II) meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi merkaptobenzotiazol yang ditambahkan.
3. Gel silika yang ditambah merkaptobenzotiazol dengan konsentrasi 0,07 M memiliki kemampuan adsorpsi terhadap Cd (II) paling efektif, yaitu sebesar 0,076 mmol/g, sedangkan gel silika yang tidak ditambah MBT memiliki daya adsorpsi terhadap Cd (II) sebesar 0,05918 mmol/g.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W., 1990, *Physical Chemistry of Surfaces*, edisi kelima, Willey and Sons, Toronto.
- Akbar, M.A., 2005, "Modifikasi Zeolit Alam Gunungkidul-Yogyakarta dengan 2-Merkaptobenzotiazol untuk Adsorpsi Indigo Carmine", Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Amri, A., Supranto., dan Fahrurrozi, M., 2004, "Keseimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd (II) dan Cr (III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-Merkaptobenzotiazol" *Jurnal Natur Indonesia* 6(2): 111-117
- Azmiyawati, C., 2004, "Modifikasi Silika Gel dengan Gugus Sulfonat untuk Meningkatkan Kapasitas Adsorpsi Mg(II)", *Indonesian Journal of Chemistry*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 11-17.
- Budavari, S., Windoholz, M., and Stroumtsos, L.Y., 1989, "The Merck Index", Merck and Co, New Jersey.
- Castellan, G.W., 1971, *Physical Chemistry*, second edition, Adison Wesley Publishing Company, Inc., Philipina.
- Celzard, A., and Mareche, 2002, "Applications of the Sol-Gel Process Using Well-Tested Recipes", *Journal of Chemical Education*, Universite Henri Poincare, 854-857.
- Contini, G., Cicciooli, A., Cozza, C., Barbaro, M., and Marabini, A.M., 1997, Infrared Study of 2-Mercaptobenzothiazole and Two of its Derivatives Adsorbed on PbS, *International Journal of Mineral Processing, Volume 51, issue 1-4*: 283-291.
- Feng, Y., Chen, S., Zhang, H., Li, P., Wu, L., and Guo, 2006, Characterization of Iron Surface Modified by 2-Mercaptobenzothiazole Self-assembled monolayers, *Applied Surface Science, Volume 253, issue 5*: 2812-2819.
- Fessenden, R.J., 1999, "Kimia Organik", Jilid 1, a.b. Pudjaatmaka, Erlangga, Jakarta, 313-317.
- Filho, N.L.D., Gushikem, Y. & Polito, W.L., 1995, MBT-Clays as Matrix for Sorption and Preconcentration of Some Heavy Metals from Aqueous Solution. *Analytica Chimica Acta* 306: 167-172.

- Imami, W.N., 2008, "Sintesis Silika Gel dari Kaca dengan Menggunakan NaOH dan HCl", Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ishizaki, K., Komareni, S., Nanko, M., 1998, "Porous Material: Process Technology and Applications", Kluwer Academic Publisher, London, 123-210.
- Iswari, A.R., 2005, "Sintesis Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Asam Klorida", Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kaim, W., and Schwederski, B., 1994, "Bioinorganic Chemistry: Inorganic Element in the Chemistry of Life An Introduction and Guide", Willey & Sons Inc, Chichester.
- Kalapathy, U., Proctor, A., Schultz, J., 2000, A Simple Method for Production of Pure Silica from Rice Hull Ash, *Biores. Technol.* 73, 257-252.
- Khopkar, S.M., A., 1990, "Konsep Dasar Kimia Analitik", a. b. Saptorahardjo, Erlangga, Jakarta, 275.
- Lee, C.J., Lee, S.Y, Karim, R.M., and Lee, M.S., 2007, Comparison of the Adsorption Orientation for 2-Mercaptobenzothiazole and 2-Mercaptobenzoxazole by SERS Spectroscopy, *spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, volume 68, issue 5: 1313-1319.
- Lynam, M. M., J. E., Klinduff., 1995, *Adsorption of p-Nitrophenol from Dilute Aqueous Solution*, J. Chem. Education., hal 80-84.
- Megasari, D., 2007, "Pengaruh Konsentrasi HCl pada Pembuatan Silika Gel dari Kaca", Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Nurhadi, 2003, "Pengaruh Impregnasi 2-Merkaptobenzotiazol pada Tanah Diatome untuk Adsorpsi Logam Cd (II) dalam Medium Air", Skripsi Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ohsawa, M., Matsuda, H., and Suetaka, W., 1981, Behavior of Mercaptobenzothiazole on Silver Electrodes by Surface-enhanced Raman Scattering, *Chemical Physics Letters*, Volume 84, issue 1, 15: 163-166.
- Oscik, 1982, "Adsorption", Ellis Horwood Limited, England.
- Saito, T., 2004, "Text Book of Inorganic Chemistry, Hard and Soft Acid and Bases", *Konagawa University, Japan*, 52-53.
- Rohman, A., 1996, "Pembuatan Silika Gel untuk Kromatografi Lapis Tipis dari Botol Bekas", Lembaga Penelitian universitas Airlangga, Surabaya, 54.
- Schubert, U., and Husing, N., 2000, "Synthesis of Inorganic Materials", Willey-Vch, German.

- Scott, R.P.W., 1993, "Silica Gel and Bonded Phases", Willey & Sons Ltd., Chichester, 2-14, 23-25, 43-54.
- Silverstein, R.M., Bassler, G.C., and Morrill, T.C., 1991, "Spectrometric Identification of Organic Compound", 5th ed, Willey & Sons Inc, New York.
- Sriyanti., 2000, *Selektivitas 2-Merkaptobenzotiazol Terimpregnasi pada Zeolit Alam untuk Adsorpsi Kadmium (II) dalam Campuran Cd (II) dan Fe (III)*, Prosiding: Seminar Nasional Kimia V, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gajah Mada, hal 60-68.
- Terrada, K., Matsumoto, K., dan Kimura, H., 1983, *Sorption of Copper (II) by Some Complexing Agents Loaded on Various Supports*. Anal Chim. Acta, 237-247.