

UJI KINERJA ADSORBEN KITOSAN-BENTONIT TERHADAP LOGAM BERAT DAN DIAZINON SECARA SIMULTAN

Anna Permanasari, Wiwi Siswaningsih, Irnawati Wulandari

Program Studi Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UPI
irna_wd@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kitosan-bentonit sudah terbukti memiliki kinerja yang lebih baik dari pada Ca-bentonit dalam mengadsorpsi senyawa organik seperti diazinon. Namun, kinerjanya dalam mengadsorpsi secara simultan senyawa organik dan senyawa anorganik masih belum diketahui dengan jelas. Akan sangat menguntungkan apabila kitosan-bentonit mampu mengadsorpsi senyawa organik maupun anorganik secara simultan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pengujian kinerja adsorben kitosan-bentonit dalam mengadsorpsi campuran logam berat dan diazinon, yang dilakukan dengan cara mengontakkan adsorben kitosan-bentonit dengan campuran logam berat-diazinon pada berbagai variasi komposisi. Campuran logam berat-diazinon yang dikontakkan dengan adsorben kitosan-bentonit adalah campuran Fe-diazinon, Cd-diazinon, Cu-diazinon dan campuran Fe-Cd-Cu-diazinon. Perubahan kadar logam berat setelah dikontakkan dengan adsorben dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), sedangkan perubahan kadar diazinon dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh nilai persen adsorpsi diazinon pada berbagai variasi komposisi campuran logam berat-diazinon yang diujikan, berada pada rentang 82,4% sampai 95,5%, dan nilai persen adsorpsi Fe, Cd maupun Cu pada berbagai variasi komposisi campuran logam berat-diazinon yang diujikan berada pada rentang 82,6% sampai 99,44%. Nilai persen adsorpsi yang tinggi dalam mengadsorpsi diazinon maupun logam berat yang ada dalam campuran logam berat-diazinon menunjukkan bahwa adsorben kitosan-bentonit memiliki kinerja yang baik dalam mengadsorpsi logam berat dan diazinon secara simultan.

Kata kunci: Adsorpsi, Kitosan-bentonit, Fe, Cu, Cd, diazinon.

PENDAHULUAN

Polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Undang-Undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup no.4 tahun 1982). Pencemaran lingkungan dapat berupa pencemaran udara, tanah dan air. Pencemaran diperairan dapat disebabkan karena limbah organik maupun anorganik. Salah satu contoh pencemaran adalah masuknya residu pestisida dan logam berat ke dalam lingkungan perairan secara berlebihan yang dapat memusnahkan biota di sekitarnya. Pestisida yang masuk ke badan air berasal dari limbah pertanian. Sedangkan limbah logam berat yang masuk ke dalam badan air dapat berasal dari limbah industri. Hampir semua industri memiliki limbah berupa logam berat, namun penanggulangannya ini masih sangat minim. Limbah industri yang mengandung logam berat bisa berasal dari industri tekstil, industri cat, dan lain-lain. Pencemaran perairan akan memberikan dampak buruk bagi kehidupan makhluk hidup dan manusia, karena semua makhluk hidup

memerlukan air untuk dapat bertahan hidup. Pencemaran lingkungan perairan yang disebabkan oleh logam-logam berat seperti kadmium, timbal dan tembaga yang berasal dari limbah industri sudah lama diketahui. Pencemaran karena logam berat dapat menyebabkan berbagai kelainan dan penyakit pada manusia. Salah satu dampak dari pencemaran kadmium adalah dapat menyebabkan penyakit itai-itai.

Selain limbah logam berat, residu pestisida yang mencemari perairan juga perlu diperhatikan keberadaannya. Di Indonesia, sebagian besar petani memiliki pendidikan melakukan pemberantasan hama dan penyakit pada tanaman dengan cara pengendalian kimia, yaitu dengan menggunakan pestisida. Pengendalian kimia dinilai efektif dalam memberantas hama pada tanaman, sehingga dapat meningkatkan hasil panen. Namun dalam penggunaannya di lapangan, para petani sering menggunakan pestisida secara berlebihan tanpa menghiraukan dampak negatifnya terhadap lingkungan umum. Salah satu jenis pestisida yang banyak digunakan dalam kegiatan pertanian yang termasuk kelompok organofosfat adalah diazinon. Zat tersebut memiliki sifat toksik dan batas maksimum diazinon dalam air minum yang ditetapkan *PAN Pesticides Database-Chemical* adalah 0,0104 ppm¹.

Diazinon dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui air yang dikonsumsi kemudian terakumulasi dan memberikan dampak buruk setelah jangka waktu tertentu. Apabila masuk ke dalam tubuh, baik melalui kulit, mulut dan saluran pernafasan maupun saluran pencernaan, pestisida golongan organofosfat akan berikatan dengan kholonesterase dalam darah yang berfungsi mengatur bekerjanya saraf. Apabila kholonesterase terikat, maka enzim tersebut tidak dapat melaksanakan tugasnya sehingga syaraf terus-menerus mengirimkan perintah kepada otot-otot tertentu. Dalam keadaan demikian otot-otot tersebut senantiasa bergerak tanpa dapat dikendalikan².

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meminimalkan jumlah residu pestisida dan logam berat adalah melalui adsorpsi dengan menggunakan adsorben seperti zeolit, arang aktif, kitosan dan bentonit. Bentonit merupakan *clay material* yang tersedia cukup melimpah di Indonesia sehingga potensial dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan, diantaranya sebagai adsorben.

Selain bentonit, kitosan pun telah banyak dimanfaatkan sebagai adsorben. Kitosan merupakan polimer dengan kelimpahan terbesar kedua setelah selulosa. Pada umumnya kitosan dapat diperoleh dari cangkang kepiting atau udang. Pemanfaatan kitosan yang cukup luas dalam proses adsorpsi disebabkan karena adanya gugus amina dan hidroksil, yang menyebabkan kitosan mempunyai reaktifitas kimia yang tinggi dan menyebabkan sifat polielektrolit kation sehingga berperan sebagai penukar ion (*ion exchange*) dan dapat berperan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam berat ataupun limbah organik dalam air limbah³.

Optimalisasi pemanfaatan bentonit sebagai adsorben dapat dilakukan melalui modifikasi dengan cara imobilisasi kitosan pada bentonit. Imobilisasi kitosan terhadap bentonit bertujuan untuk memperkaya situs aktif adsorben sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Hasil imobilisasi kitosan terhadap bentonit akan menghasilkan adsorben kitosan-bentonit. Kitosan-bentonit memiliki kinerja yang baik sebagai adsorben untuk pestisida diazinon dengan nilai persen adsorpsi rata-rata sebesar 79,04%. Nilai adsorpsi ini lebih besar dari pada adsorpsi oleh Ca-bentonit⁴. Kitosan-bentonit sudah terbukti memiliki kinerja yang lebih baik dari pada Ca-bentonit dalam mengadsorpsi senyawa organik seperti diazinon. Namun limbah yang ada di perairan tentu saja tidak hanya terdiri dari limbah organik seperti

diazinon saja, tetapi limbah yang ada di perairan akan lebih kompleks dan terdiri dari campuran antara limbah organik serta limbah anorganik. Oleh karena itu, diperlukan suatu adsorben yang dapat mengadsorpsi senyawa organik maupun senyawa anorganik. Kitosan-bentonit memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai adsorben senyawa organik maupun anorganik dan akan lebih efisien lagi jika kitosan-bentonit dapat mengadsorpsi senyawa organik maupun senyawa anorganik secara simultan. Sehingga akan diperoleh suatu adsorben yang lebih efisien. Untuk mengetahui kinerja adsorben kitosan-bentonit ini terhadap limbah anorganik dan limbah organik secara simultan, maka dilakukan pengujian kinerja dari adsorben kitosan-bentonit dalam mengadsorpsi logam berat seperti Fe, Cd, Cu dan pestisida seperti diazinon.

Dari penelitian diharapkan dapat memperoleh adsorben dengan kinerja yang baik dan layak dimanfaatkan untuk mengadsorpsi limbah organik dan anorganik secara simultan. Sehingga diperoleh suatu adsorben yang lebih efektif dan efisien.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dari bulan Maret sampai September 2009 di Laboratorium Riset, Laboratorium Kimia Instrumen Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia, dan Laboratorium XRD dan SEM Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan Bandung.

2.1 Sintesis Kitosan-bentonit

Sebanyak 180 gram Ca-bentonit dimasukkan ke dalam gelas kimia 2L dan ditambahkan 1L kitosan 1000 mg/L. Campuran di shaker selama 30 menit dengan kecepatan 160 rpm. Campuran hasil shaker di saring menggunakan kertas saring Whatman no.1, filtrat yang diperoleh disimpan untuk dianalisis, dan residu yang diperoleh adalah kitosan-bentonit. Kitosan-bentonit yang diperoleh dicuci dengan aquadest sampai bebas asam, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50^oC. Kitosan bentonit yang sudah kering dihaluskan untuk penggunaan lebih lanjut, dan bagian dari kitosan-bentonit diambil untuk karakterisasi menggunakan FTIR, SEM dan XRD. Sedangkan Filtrat dari hasil penyaringan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV pada =

228,5 nm untuk mengetahui kadar kitosan yang tersisa dalam filtrat.

2.2 Karakterisasi Adsorben Kitosan-bentonit

Pada tahap karakterisasi Ca-bentonit, kitosan dan kitosan-bentonit digunakan spektrofotometer infra merah (FTIR), difraksi sinar X (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi akan digunakan sebagai data penunjang untuk analisis lebih lanjut mengenai kinerja dari adsorben kitosan-bentonit.

2.3 Tahap Uji Pendahuluan

Tahap uji pendahuluan dilakukan dengan mengontakkan 25mL campuran logam berat :diazinon (15:10) dengan 2 gram Ca-bentonit. Campuran logam berat:diazinon yang dikontakkan adalah Fe:diazinon, Cd:diazinon dan Cu:diazinon. Campuran antara logam berat:diazinon dikontakkan selama 2 jam dengan Ca-bentonit, pada kecepatan 160 rpm. Selanjutnya suspensi disentrifugasi selama 30 menit pada 3000 rpm. Konsentrasi logam berat sisa dalam supernatan dianalisis dengan menggunakan AAS, sedangkan konsentrasi diazinon sisa dalam supernatan dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV.

2.4 Uji Kinerja Kitosan-Bentonit terhadap Campuran Logam Berat dan Pestisida Diazinon.

Pengujian kinerja adsorben kitosan-bentonit dilakukan dengan mengontakkan 25 mL campuran diazinon (sampel pestisida) dan logam berat (Cu, Cd, Fe) pada perbandingan konsentrasi yang bervariasi dengan adsorben kitosan-bentonit sebanyak 2 g. Variasi konsentrasi campuran diazinon dan logam berat yang digunakan pada penelitian ini, terlihat pada tabel 1.

Campuran antara logam berat-diazinon, dikontakkan dengan kitosan bentonit selama 2 jam pada kecepatan pengadukan 160 rpm. Selanjutnya suspensi disentrifugasi selama 30 menit pada 3000 rpm. Konsentrasi logam berat sisa dalam supernatan dianalisis dengan menggunakan AAS, sedangkan konsentrasi diazinon sisa dalam supernatan dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV dan untuk perhitungan dibuat kurva kalibrasi larutan standar. Kondisi pengujian kinerja adsorben dilakukan pada keadaan isoterm, yaitu pada suhu $\pm 27^{\circ}\text{C}$.

Tabel 1. Variasi Komposisi Campuran Logam Berat dan Diazinon yang diuji

Variasi Komposisi	Perbandingan Konsentrasi (ppm)				
Fe: Diazinon	5:20	10:15	15:10	20:5	20:20
Cd:Diazinon	5:20	10:15	15:10	20:5	20:20
Cu:Diazinon	5:20	10:15	15:10	20:5	20:20
Fe:Cd:Cu:Diazinon	20:20:20:20				

HASIL DAN PEMBAHASAN

Modifikasi Ca-Bentonit menjadi kitosan-bentonit bertujuan untuk merubah karakter permukaan bentonit dari hidrofilik menjadi hidrofobik, sehingga dapat meningkatkan kinerja kitosan-bentonit dalam mengadsorpsi senyawa organik yang bersifat hidrofob. Untuk memperoleh kitosan-bentonit yang memiliki kinerja maksimal, maka sintesis kitosan-bentonit harus dilakukan pada kondisi optimum. Beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam pembuatan kitosan-bentonit diantaranya adalah pH, perbandingan komposisi kitosan dan bentonit, waktu kontak dan kecepatan pengadukan.

Proses sintesis kitosan-bentonit yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada hasil optimasi sintesis kitosan-bentonit yang dilakukan oleh Dimas Aldiantono pada tahun 2008-2009. Jumlah perbandingan massa kitosan terhadap bentonit yang optimum adalah 1:180, dan pH larutan kitosan yang dicampurkan berada pada suasana asam, yaitu pada pH 4. Pada suasana asam, kitosan berada dalam spesi kationiknya, sehingga akan lebih mudah untuk berinteraksi dengan permukaan bentonit. Proses kontak antara kitosan dengan bentonit dilakukan pada kecepatan 160 rpm dengan waktu kontak selama 30 menit. Kitosan-bentonit yang diperoleh disaring dan filtratnya disentrifugasi hingga diperoleh supernatant yang sudah benar-benar terbebas dari kitosan-bentonit, selanjutnya untuk memastikan bahwa perbandingan massa

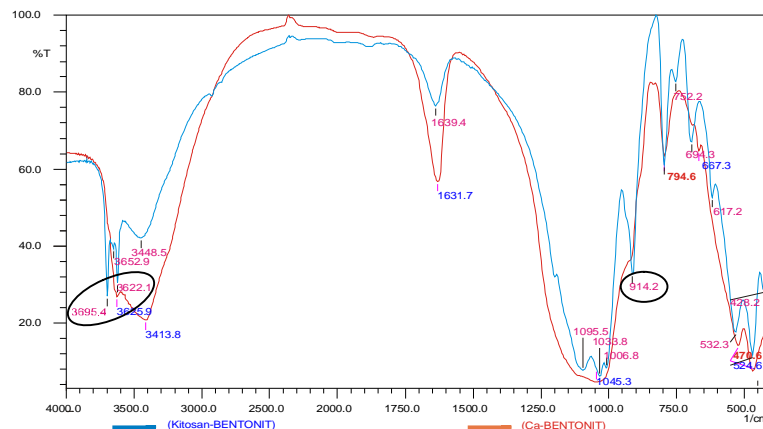
kitosan dan Ca-Bentonit merupakan keadaan optimum, dilakukan pengukuran absorbansi kitosan dalam supernatant menggunakan Spektrofotometer UV. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang maksimum kitosan, yaitu 228,5nm. Dari hasil pengukuran, diperoleh nilai absorbansi 0 yang menunjukkan bahwa dalam supernatant tersebut tidak terdapat kitosan, dan hal ini menunjukkan bahwa kitosan telah berikatan seluruhnya dengan bentonit.

3.1 Karakterisasi Kitosan-Bentonit

Selain uji absorbansi supernatant pada saat kitosan dikontakkan dengan bentonit, dilakukan pula karakterisasi terhadap kitosan bentonit untuk memastikan bahwa modifikasi Ca-bentonit menjadi kitosan-bentonit telah berhasil. Proses karakterisasi dilakukan terhadap Ca-bentonit dan juga terhadap kitosan bentonit hasil sintesis. Instrument yang digunakan dalam proses karakterisasi adalah FTIR, SEM dan XRD.

3.1.1 Spektrofotometer FTIR

Karakterisasi menggunakan Spektrofotometer FTIR dilakukan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi dari kitosan-bentonit. Dari hasil pengukuran dengan menggunakan FTIR diperoleh spektra infra merah Ca-bentonit dan juga spektra kitosan-bentonit yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektra FTIR Ca-Bentonit dan Kitosan-Bentonit

Dari Gambar 1 terlihat adanya puncak-puncak serapan yang khas, diantaranya adalah puncak pada bilangan gelombang 3100-3700 cm⁻¹ dan 1600-1700 cm⁻¹. Pita serapan yang muncul pada bilangan gelombang 3100-3700 cm⁻¹ dan 1600-1700 cm⁻¹ pada Ca-bentonit maupun pada kitosan-bentonit berasal dari adanya molekul H₂O yang terikat melalui ikatan hidrogen pada monmorilonit. Puncak pada bilangan gelombang 3100-3700 cm⁻¹ merupakan puncak yang terbentuk karena adanya vibrasi ulur O-H dan puncak pada bilangan gelombang 1600-1700 cm⁻¹ merupakan daerah vibrasi tekuk H-O-H⁵.

Dari Gambar 1 terlihat bahwa tidak ada perubahan yang signifikan antara spektra Ca-bentonit dengan spektra kitosan-bentonit. Kedua spektra memiliki puncak-puncak serapan yang hampir sama, hanya saja ada beberapa puncak serapan yang mengalami pergeseran bilangan gelombang, yaitu dari 667,3cm⁻¹ menjadi 694,3cm⁻¹; 1631,7cm⁻¹ menjadi 1639,37cm⁻¹; 3413,8cm⁻¹ menjadi 3448,5cm⁻¹ dan 3625,9cm⁻¹ menjadi 3662,1cm⁻¹. Pergeseran nilai bilangan gelombang ke arah bilangan gelombang yang lebih besar menunjukkan adanya kenaikan energi vibrasi. Kenaikan energi vibrasi ini mengindikasikan adanya interaksi yang lebih kuat antara kitosan dengan bentonit.

Selain terjadi pergeseran bilangan gelombang, pada spektra kitosan-bentonit juga muncul beberapa puncak serapan baru. Puncak baru yang muncul pada bilangan gelombang 3622,1 cm⁻¹ dan 3695,4 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi ulur N-H. Gugus tersebut berasal dari struktur kitosan, berarti secara kualitatif kitosan telah berinteraksi dengan bentonit. Panjang gelombang 3622,1 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi ulur pada amina (-NH) dan cocok dengan panjang gelombang 1095,5 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi ulur C-N. (Ngah et al., 2008).

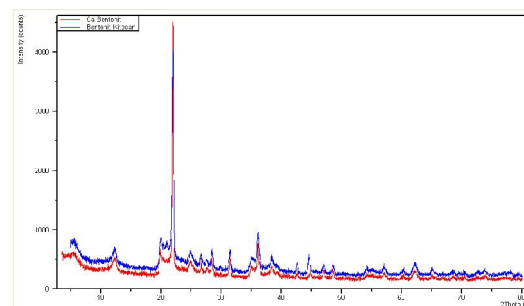
Pada spektra kitosan-bentonit tidak terdapat puncak pada bilangan gelombang 1045,3 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi ulur Si-O pada lapisan tetrahedral. Kemungkinan lapisan Si-O tertutupi oleh kitosan, dan hal ini terbukti dari munculnya puncak pada bilangan gelombang 1033,8 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi ulur C-O-C pada cincin glukosamin. Selain itu terdapat pula puncak baru pada bilangan gelombang 914,2 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya vibrasi ulur C-C pada sakarida. Bilangan gelombang dari Ca-bentonit dan kitosan-bentonit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Bilangan Gelombang Ca-bentonit dan Kitosan-Bentonit

Ca-bentonit (cm ⁻¹)	Kitosan-bentonit (cm ⁻¹)	Penetapan pita
470,6	470,6	Vibrasi tekuk Si-O
524,6	524,6	Vibrasi tekuk dari Si-O-Al atau Si-O-Mg
667,3	694,3	Vibrasi ulur dari Si-O
794,6	794,6	Vibrasi tekuk Mg-Al-OH
-	914,2	Vibrasi ulur C-C pada sakarida
1045,3	-	Vibrasi ulur Si-O
-	1031,8	Vibrasi ulur C-O-C
-	1095,5	Vibrasi ulur C-N
1631,7	1639,37	Vibrasi tekuk H-O-H
3413,8	3448,5	Vibrasi ulur H-O-H
3625,9	3622,1	Vibrasi ulur O-H pada (Mg-Al)-OH
-	3695,4	Vibrasi ulur N-H

3.1.2 Difraksi Sinar X (XRD)

Difraksi sinar X (XRD) digunakan untuk menganalisa perubahan struktur dari kitosan-bentonit yang dibandingkan terhadap struktur Ca-bentonit, terutama pada bagian interlayer dan untuk lebih memastikan bahwa kitosan telah berinteraksi dengan bentonit. Spektra XRD dari Ca-bentonit memiliki pita serapan senyawa montmorilonit yang khas, yaitu pada 2 θ sebesar 5,31; 19,88; dan 28,45⁶ dan jarak bidanganya berturut-turut adalah 15,74 , 4,46 , dan 3,13 . Spektra XRD untuk Ca-bentonit dan kitosan-bentonit dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektra XRD () Ca-Bentonit dan () Kitosan-Bentonit

Berdasarkan spektra XRD pada Gambar 2, perubahan nilai 2 θ pada Ca-bentonit dan pada kitosan-bentonit tidak terlalu jauh berbeda. Nilai 2 θ untuk Ca Bentonit yang semula berada pada

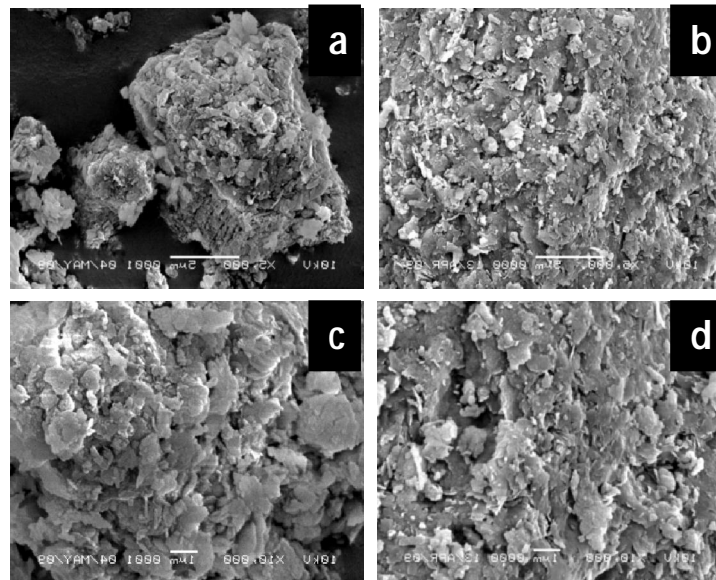
5,31 berubah menjadi 5,77 pada spektra kitosan-bentonit. Demikian pula perubahan pada puncak-puncak selanjutnya yang berubah dari 19,88 menjadi 19,98 dan 28,54 menjadi 28,96. Adanya peningkatan nilai 2θ , menunjukkan bahwa mineral dari Ca-bentonit sudah berinteraksi dengan kitosan. Selain nilai 2θ , data XRD juga memperlihatkan adanya penurunan nilai jarak antar bidang (d), yaitu dari 15,74 menjadi 15,30 ; dari 4,46 menjadi 4,43 dan dari 3,13 menjadi 3,08 . Terjadinya peningkatan nilai 2θ dan penurunan nilai jarak antar bidang yang relatif kecil menunjukkan bahwa interaksi antara bentonit dengan kitosan kemungkinan besar terjadi di daerah outlayer. Untuk lebih jelasnya, perubahan nilai 2θ dan jarak antar bidang (d) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Harga 2θ dan jarak antar bidang (d) Ca-bentonit dan Kitosan-Bentonit

Ca-Bentonit		Kitosan-Bentonit	
2θ	d ()	2θ	d ()
5,31	15,74	5,77	15,30
19,88	4,46	19,98	4,43
28,45	3,13	28,96	3,08

3.1.3 Scanning Electron Micrograph (SEM)

Scanning electron microscopy (SEM) merupakan instrument yang digunakan untuk mengamati permukaan suatu materi dengan memanfaatkan berkas elektron. Instrument Scanning electron microscopy mampu menghasilkan gambar dari suatu objek dengan perbesaran sampai skala 0,1 nanometer⁷. Foto SEM permukaan kitosan-bentonit dan Ca-bentonit dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Foto SEM Permukaan (a,c) Ca-Bentonit dan (b,d) Kitosan-Bentonit

Dari Gambar 3, terlihat adanya perbedaan dari permukaan Ca-bentonit dengan kitosan-bentonit. Gambar 3 a dan c merupakan gambaran permukaan Ca-bentonit, pada gambar ini masih terlihat bentuk permukaan material yang tidak terlalu rapat, hal ini terlihat dari masih adanya bagian yang berwarna hitam yang merupakan ruang-ruang kosong di sekitar permukaan Ca-bentonit. Sedangkan pada Gambar 3 b dan d yang merupakan gambaran dari kitosan-bentonit, terlihat suatu permukaan yang lebih rapat jika dibandingkan dengan gambar permukaan Ca-bentonit. Foto SEM dari Ca-bentonit dan kitosan-bentonit yang ada telah memvisualisasikan secara nyata, bahwa kitosan telah terikat pada bagian permukaan bentonit (bagian outlayer). Hasil XRD dan SEM telah memberikan data yang saling mendukung satu sama lain dan keduanya menunjukkan bahwa kitosan berikatan dengan bentonit di bagian outlayer. Masuknya kation kitosan yang memiliki molekul yang lebih besar dari kation Ca dapat menyebabkan permukaan dari kitosan-bentonit menjadi lebih halus jika dibandingkan dengan Ca-bentonit.

3.2 Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan dilakukan untuk mencari tahu kemampuan Ca-bentonit dalam mengadsorpsi campuran diazinon:logam berat. Data dari pengujian pendahuluan merupakan penunjang dalam pengujian kinerja adsorben kitosan-bentonit. Pengujian pendahuluan dilakukan dengan cara mengontakkan Ca-bentonit dengan campuran logam berat:diazinon dan diukur perubahan absorbansi dari logam berat maupun diazinon setelah dikontakkan dengan Ca-bentonit. Pengukuran absorbansi diazinon sisa dalam campuran dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1240 pada maks=285.5nm, sedangkan pengukuran absorbansi logam berat (Fe; Cd dan Cu) dilakukan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom Perkin Elmer AAnalys 100. Analisis dilakukan dengan mengukur perubahan absorbansi diazinon serta kadar masing-masing logam yang tersisa dalam larutan setelah dikontakkan dengan Ca-bentonit. Data absorbansi disubstitusikan ke dalam kurva kalibrasi dan hasil adsorpsi oleh Ca-bentonit dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Adsorpsi logam berat dan Diazinon oleh adsorben Ca-bentonit dalam campuran Fe-diazinon, Cd-diazinon dan Cu-diazinon.

	Campuran Fe-diazinon (15:10 ppm)		Campuran Cd-diazinon (15:10 ppm)		Campuran Cu-diazinon (15:10 ppm)	
	Fe	Diazinon	Cd	Diazinon	Cu	Diazinon
Konst awal (Co)	15 ppm	10 ppm	15 ppm	10 ppm	15 ppm	10 ppm
Konst akhir (Ct)	1,032 ppm	4,73 ppm	0,980 ppm	5,58 ppm	0,680 ppm	4,42 ppm
Konst teradsorpsi (Ca)	13,97 ppm	5,27 ppm	14,02 ppm	4,42 ppm	14,32 ppm	5,58 ppm
% teradsorpsi	93,12%	52,7%	93,46%	44,2%	95,47%	55,8%

Berdasarkan Tabel 4, Ca-bentonit memiliki kemampuan yang baik sebagai adsorben logam berat, namun kurang baik jika digunakan sebagai adsorben untuk senyawa organik seperti diazinon. Kemampuan Ca-bentonit dalam mengadsorpsi logam berat adalah karena Ca-bentonit yang bersifat hidrofilik, sehingga akan lebih mudah mengadsorpsi senyawa yang hidrofilik seperti logam berat dan agak sulit jika mengadsorpsi senyawa organik seperti diazinon yang bersifat hidrofob. Maka untuk meningkatkan kinerja adsorben terhadap senyawa organik, dilakukan imobilisasi kitosan

terhadap bentonit, hingga diperoleh adsorben kitosan-bentonit.

Interaksi yang terjadi antara Ca-bentonit dengan ion dari logam berat kemungkinan besar terjadi melalui pertukaran kation. Proses pertukaran kation ini melibatkan pertukaran antara ion logam (Fe^{3+} , Cd^{2+} dan Cu^{2+}) dengan Ca^{2+} yang terdapat di bagian interlayer bentonit. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Reza (2009) yang

menunjukkan bahwa dalam supernatant hasil kontak antara logam berat dengan kitosan-

bentonit, terjadi penambahan ion Ca dalam supernatan. Hal ini menunjukkan bahwa Ca yang terdapat dalam supernatan merupakan Ca yang lepas dari bagian interlayer bentonit pada saat pertukaran kation.

3.3 Pengujian Kinerja Adsorben Kitosan-bentonit.

Pengujian kinerja dari adsorben kitosan-bentonit dilakukan dengan cara mengontakkan campuran logam berat:diazinon terhadap adsorben kitosan-bentonit. Logam berat yang digunakan adalah Fe, Cd dan Cu, karena ketiganya merupakan logam yang sudah sering terdapat di perairan tercemar. Pengukuran kandungan diazinon dalam campuran dilakukan dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis pada maks=285,5nm. Diazinon dapat memberikan serapan pada panjang gelombang UV, karena diazinon memiliki ikatan rangkap dan juga pasangan elektron bebas yang dapat mengalami transisi elektron sehingga dapat diukur menggunakan spektrofotometer UV. Sedangkan pengukuran kadar logam dilakukan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Analisis kadar dari masing-masing logam dan juga diazinon dilakukan dengan mengukur kadar campuran setelah dikontakkan dengan kitosan-bentonit. Nilai absorbansi yang diperoleh didistribusikan ke dalam kurva kalibrasi yang telah dibuat.

3.3.1 Adsorpsi Campuran Fe-diazinon oleh Adsorben Kitosan-bentonit.

Pengujian adsorpsi campuran Fe-diazinon dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kinerja adsorben kitosan-bentonit dalam mengadsorpsi Fe maupun diazinon yang terdapat dalam campuran Fe-diazinon pada berbagai variasi konsentrasi. Selain itu juga dapat terlihat bagaimana pengaruh dari logam Fe terhadap adsorpsi diazinon oleh kitosan-bentonit dan juga sebaliknya. Data hasil kontak antara campuran Fe-diazinon dengan adsorben kitosan-bentonit, dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa persen adsorpsi Fe oleh kitosan-bentonit dalam campuran Fe-diazinon berada pada rentang 82,6% sampai 97,2%. Sedangkan nilai persen adsorpsi diazinon dalam campuran

Fe-diazinon berada pada rentang 83,8% sampai 94,8%. Jika dibandingkan dengan data pendahuluan pada tabel 4 yang merupakan hasil kontak antara Ca-bentonit dengan campuran Fe-diazinon pada komposisi 15:10, terlihat bahwa kitosan-bentonit memiliki keunggulan dalam mengadsorpsi diazinon

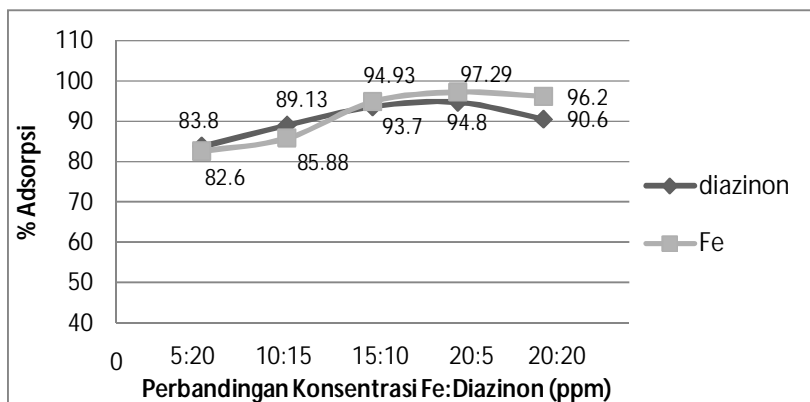
Tabel 5. Adsorpsi Fe dan Diazinon oleh Kitosan-bentonit dalam Campuran Fe-diazinon pada Berbagai Variasi Konsentrasi.

Variasi konsentrasi Fe: Diazinon (ppm)	% adsorpsi Fe	% adsorpsi diazinon
5:10	82,6	83,8
10:15	85,88	89,13
15:10	94,93	93,7
20:05	97,29	94,8
20:20	96,2	90,6

* (Pengukuran dilakukan secara duplo)

pH larutan : 6
 Jumlah Kitosan-bentonit : 2 gram
 Volume campuran : 25 mL
 Waktu kontak : 2 jam

Persen adsorpsi diazinon oleh Ca-bentonit pada campuran Fe-diazinon (15:10) adalah 52,7%, sedangkan persen adsorpsi diazinon oleh kitosan bentonit pada komposisi yang sama adalah 93,7%. Kitosan-bentonit juga memiliki kinerja yang baik dalam mengadsorpsi Fe pada campuran Fe-diazinon. Persen adsorpsi Fe pada campuran Fe-diazinon (15:10) adalah 94,93%, nilai tersebut tidak jauh berbeda dengan nilai persen adsorpsi Fe oleh Ca-bentonit, yaitu 93,12%. Pola adsorpsi Fe maupun diazinon oleh kitosan-bentonit pada berbagai variasi komposisi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Persentase Adsorpsi Fe dan Diazinon oleh Adsorben Kitosan-bentonit.

Dari Gambar 4 dapat dilihat perbandingan antara persen adsorpsi Fe dan persen adsorpsi diazinon oleh adsorben kitosan-bentonit dalam campuran Fe-diazinon. Pada saat perbandingan konsentrasi Fe-diazinon 5:20 dan 10:15, persen adsorpsi Fe relatif kecil, yaitu kurang dari 90%, hal ini disebabkan karena komposisi diazinon yang lebih banyak dapat menghalangi Fe untuk berinteraksi dengan kitosan-bentonit. Pada saat komposisi logam Fe lebih banyak dari diazinon persen adsorpsinya berada pada rentang di atas 90%, karena saat konsentrasi Fe tinggi maka semakin banyak jumlah Fe yang dapat berinteraksi dengan adsorben, selain itu komposisi diazinon yang lebih sedikit akan mengurangi efek rintangan yang disebabkan oleh diazinon.

Interaksi antara diazinon dengan kitosan-bentonit kemungkinan besar terjadi melalui pembentukan ikatan hidrogen yang terjadi di bagian outlayer. Hal ini didukung oleh hasil penelitian rekan saya Nesha (2009), yang menunjukkan bahwa energi ikatan antara diazinon dengan kitosan-bentonit berada pada rentang energi kimia yaitu diatas 20kJ/mol. Sedangkan mekanisme adsorpsi yang terjadi antara Fe dengan kitosan-bentonit, adalah melalui pertukaran kation antara Fe^{3+} dengan Ca^{2+} yang terdapat di bagian interlayer bentonit. Mekanisme pertukaran kation yang terjadi pada adsorpsi Fe oleh kitosan-bentonit didukung oleh data pendahuluan pada tabel 4. Dari data tersebut terlihat bahwa persen adsorpsi Fe oleh Ca-bentonit pada perbandingan 15:10 adalah 93,12%, sedangkan persen adsorpsi Fe oleh kitosan-bentonit adalah 93,7%. Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar Fe berinteraksi dengan bentonit dan bukan dengan kitosan. Berdasarkan data yang diperoleh, terlihat bahwa kitosan-bentonit memiliki kinerja

yang baik dalam mengadsorpsi Fe maupun diazinon secara sinergi.

3.3.2 Adsorpsi Campuran Cd-diazinon oleh Adsorben Kitosan-Bentonit.

Pengujian adsorpsi campuran Cd-diazinon oleh adsorben kitosan-bentonit dilakukan untuk mengetahui kinerja adsorben kitosan-bentonit dalam mengadsorpsi Cd maupun diazinon yang terdapat dalam campuran. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh Cd terhadap adsorpsi diazinon dalam campuran dan juga sebaliknya. Data hasil kontak antara campuran Cd-diazinon dengan adsorben kitosan-bentonit, dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Adsorpsi Cd dan Diazinon oleh Kitosan-bentonit dalam Campuran Cd-diazinon pada Berbagai Variasi Konsentrasi*

Variasi konsentrasi Cd: Diazinon (ppm)	% adsorpsi Cd	% adsorpsi diazinon
5:20	99,44	79,15
10:15	97,48	81,7
15:10	99,16	95,5
20:05	98,32	94,8
20:20	98,11	78,55

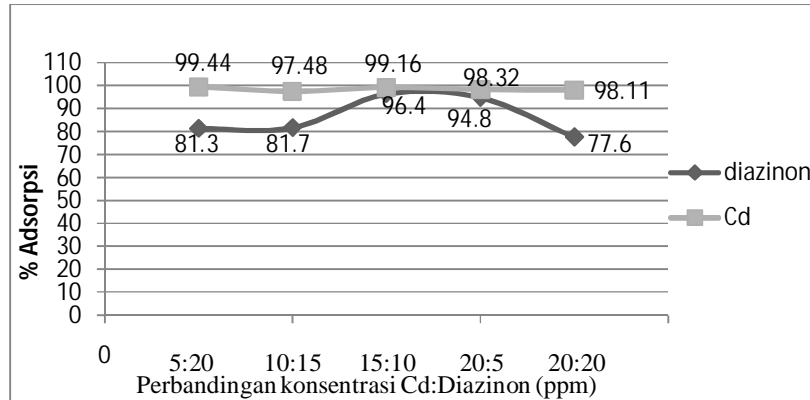
* (Pengukuran dilakukan secara duplo)

pH larutan : 6
Jumlah Kitosan-bentonit : 2 gram
Volume campuran : 25 mL
Waktu kontak : 2 jam

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa persen adsorpsi Cd oleh kitosan-bentonit dalam campuran Cd-diazinon berada pada rentang 98,11% sampai 99,4%. Sedangkan nilai persen adsorpsi diazinon dalam campuran Cd-diazinon

berada pada rentang 78,55% sampai 95,5%. Jika dibandingkan dengan data pendahuluan pada tabel 4, terlihat bahwa kitosan-bentonit memiliki keunggulan dalam mengadsorpsi diazinon. Persen adsorpsi diazinon oleh Ca-bentonit pada campuran Fe-diazinon (15:10) adalah 44,2%, sedangkan persen adsorpsi diazinon oleh kitosan-bentonit pada komposisi yang sama adalah 95,5%. Kinerja kitosan-bentonit juga tidak kalah baiknya dengan Ca-bentonit dalam mengadsorpsi

Cd pada campuran Cd-diazinon. Persen adsorpsi Cd pada campuran Cd-diazinon (15:10) adalah 99,16%, nilai tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan persen adsorpsi Cd oleh Ca-bentonit, yaitu 93,46%. Pola adsorpsi Cd maupun diazinon oleh kitosan-bentonit pada berbagai variasi komposisi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Persentase Adsorpsi Cd dan Diazinon oleh Adsorben Kitosan-bentonit.

Dari Gambar 5 terlihat dengan jelas perbandingan antara persen adsorpsi Cd dan persen adsorpsi diazinon oleh adsorben kitosan-bentonit dalam campuran Cd-diazinon. Pada saat perbandingan konsentrasi Cd-diazinon 5:20 dan 10:15, persen adsorpsi diazinon relatif kecil, yaitu 81,3% dan 81,7%. Hal ini disebabkan karena komposisi diazinon yang cukup banyak memberikan halangan sterik untuk berikatan dengan adsorben, dalam hal ini terjadi persaingan antar molekul diazinon. Selanjutnya pada saat konsentrasi diazinon relatif sedikit, yaitu pada variasi konsentrasi Cd-diazinon 15:10 dan 20:5, persen adsorpsi diazinon meningkat menjadi 96,4% dan 94,8%. Konsentrasi diazinon yang lebih rendah menyebabkan persaingan antar molekul diazinon yang akan berikatan dengan adsorben lebih sedikit, sehingga hampir semua molekul diazinon dapat berikatan dengan adsorben. Pada variasi konsentrasi 20:20, persen adsorpsi diazinon turun menjadi 77,6%, kejadian ini terjadi karena dalam campuran terdapat banyak molekul yang bersaing dalam memperebutkan tempat di adsorben. Selain itu, komposisi Cd yang relatif banyak ikut menjadi penghalang teradsorpsinya diazinon pada adsorben.

Interaksi antara diazinon maupun Cd dalam campuran Cd-diazinon dengan kitosan-bentonit sama dengan interaksi yang terjadi

antara diazinon maupun Fe dengan kitosan-bentonit dalam campuran Fe-diazinon. Diazinon berinteraksi dengan kitosan-bentonit melalui ikatan hidrogen di bagian outlayer sedangkan Cd berinteraksi dengan kitosan-bentonit melalui pertukaran kation dengan Ca yang terdapat di bagian interlayer. Akan tetapi persen adsorpsi Cd dalam campuran Cd-diazinon lebih besar dari pada persen adsorpsi Fe dalam campuran Fe-diazinon. Kejadian ini disebabkan oleh adanya perbedaan muatan kation yang dipertukarkan dengan kation Ca^{2+} , kation Fe yang dipertukarkan memiliki muatan 3+, berarti dibutuhkan 3Ca^{2+} yang akan dipertukarkan dengan 2Fe^{3+} . Sedangkan kation Cd yang dipertukarkan memiliki muatan sama dengan Ca, yaitu 2+.

3.3.3 Adsorpsi Campuran Cu-diazinon oleh Adsorben Kitosan-bentonit.

Selain Fe dan Cd, dilakukan pula pengujian adsorpsi campuran Cu-diazinon yang dilakukan untuk mengetahui kinerja adsorben kitosan-bentonit dalam mengadsorpsi Cu maupun diazinon yang terdapat dalam campuran.

Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan logam Cu terhadap adsorpsi

diazinon oleh kitosan-bentonit dan juga sebaliknya. Data hasil kontak antara campuran Cu-diazinon pada berbagai variasi konsentrasi dengan adsorben kitosan-bentonit, dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Adsorpsi Cu dan Diazinon oleh Kitosan-bentonit dalam Campuran Cu-diazinon pada Berbagai Variasi Konsentrasi*

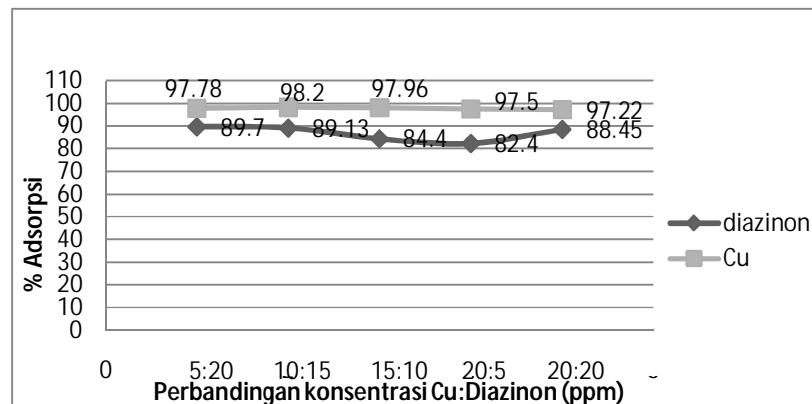
Variasi konsentrasi Cu: Diazinon (ppm)	% adsorpsi Cu	% adsorpsi diazinon
5:20	97,78	89,7
10:15	98,2	89,13
15:10	97,96	84,4
20:05	97,5	82,4
20:20	97,22	88,45

* (Pengukuran dilakukan secara duplo)

pH larutan : 6
Jumlah Kitosan-bentonit : 2 gram
Volume campuran : 25 mL
Waktu kontak : 2 jam

Berdasarkan Tabel 7 terlihat terlihat bahwa persen adsorpsi Cu oleh kitosan-bentonit dalam campuran Cu-diazinon hampir konstan

yaitu antara 97,22% sampai 98,2%. Sedangkan nilai persen adsorpsi diazinon dalam campuran Cu-diazinon berada pada rentang 82,4% sampai 89,7%. Sama halnya dengan kinerja adsorben kitosan-bentonit dalam mengadsorpsi campuran Fe-diazinon maupun Cd-diazinon, kinerja adsorben kitosan-bentonit dalam mengadsorpsi Cu maupun diazinon dalam campuran Cu-diazinon juga memiliki keunggulan dari pada kinerja Ca-bentonit. Pada Tabel 4 terlihat bahwa persen adsorpsi diazinon oleh Ca-bentonit pada campuran Fe-diazinon (15:10) adalah 55,8%, sedangkan persen adsorpsi diazinon oleh kitosan bentonit pada komposisi yang sama adalah 84,4%. Kitosan-bentonit juga memiliki kinerja yang baik dalam mengadsorpsi Cu pada campuran Cu-diazinon. Persen adsorpsi Cu pada campuran Cu-diazinon (15:10) adalah 97,96%, nilai tersebut tidak jauh berbeda dengan nilai persen adsorpsi Cu oleh Ca-bentonit, yaitu 95,47%. Pola adsorpsi Cu maupun Diazinon oleh kitosan-bentonit pada berbagai variasi komposisi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Persentase Adsorpsi Cu dan Diazinon oleh Adsorben Kitosan-bentonit.

Dari Gambar 4.9 terlihat dengan jelas perbandingan antara persen adsorpsi Cu dan persen adsorpsi diazinon oleh adsorben kitosan-bentonit dalam campuran Cu-diazinon. Pola adsorpsi Cu tidak terlalu dipengaruhi oleh konsentrasi diazinon, hal ini berbeda dengan pola adsorpsi Fe. Kejadian ini disebabkan oleh perbedaan muatan kation yang dipertukarkan dengan kation Ca^{2+} , kation Fe yang dipertukarkan memiliki muatan $3+$, sedangkan kation Cu yang dipertukarkan memiliki muatan

sama dengan Ca, yaitu $2+$. Cu yang memiliki muatan sama dengan Ca akan lebih mudah mengalami pertukaran kation jika dibandingkan dengan Fe yang memiliki muatan $3+$. Sedangkan pada pola adsorpsi diazinon menunjukkan bahwa semakin rendah konsentrasi diazinon, persen adsorpsinya pun semakin rendah. Kejadian ini berbeda dengan persen adsorpsi diazinon pada campuran Fe-diazinon maupun campuran Cd-diazinon. Kejadian ini disebabkan karena dengan semakin sedikitnya konsentrasi diazinon, maka

semakin sedikit pula interaksi yang terjadi antara diazinon dengan permukaan kitosan, selain itu keberadaan Cu dengan konsentrasi yang lebih besar dari diazinon ikut menghalangi diazinon untuk dapat berinteraksi dengan kitosan bentonit.

Interaksi antara diazinon dengan kitosan-bentonit dalam campuran Cu-diazinon sama dengan interaksi yang terjadi antara diazinon dengan kitosan-bentonit dalam campuran Fe-diazinon maupun Cd-Diazinon, yaitu berikatan di bagian outlayer melalui ikatan hidrogen, sedangkan mekanisme adsorpsi yang terjadi pada Cu adalah melalui pertukaran kation antara Cu dengan Ca yang terdapat di bagian interlayer bentonit.

Dari keseluruhan campuran antara logam berat dan diazinon yang di ujikan, pola adsorpsi diazinon oleh kitosan-bentonit pada masing-masing campuran yang berbeda menghasilkan pola yang berbeda. Perbedaan pola adsorpsi ini disebabkan dari pengaruh yang ditimbulkan oleh logam berat yang ditambahkan. Perbedan muatan serta ukuran dari kation logam berat

yang di campurkan akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap adsorpsi diazinon.

3.3.4 Adsorpsi Campuran Fe-Cd-Cu-diazinon oleh Adsorben Kitosan-bentonit.

Untuk mengetahui sejauh mana kinerja adsorben kitosan bentonit dalam mengadsorpsi logam berat dan diazinon secara sinergi, dilakukan pengujian adsorpsi campuran Fe-Cd-Cu-diazinon oleh adsorben kitosan-bentonit. Penggunaan logam berat yang beragam dilakukan untuk mengetahui persaingan dari masing-masing logam berat tersebut untuk mendapatkan tempat di adsorben. Selain itu juga, beragamnya logam berat yang ditambahkan dapat memberikan sedikit gambaran tentang kinerja adsorben kitosan-bentonit apabila logam yang ada diperairan lebih dari satu jenis logam. Data hasil kontak antara campuran Fe: Cd: Cu-diazinon dengan adsorben kitosan-bentonit, dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Adsorpsi Fe, Cd, Cu dan Diazinon oleh Kitosan-bentonit dalam Campuran Fe-Cd-Cu-Diazinon (20:20:20:20)*

	Fe	Cd	Cu	Diazinon
Konst. awal (Co)	20ppm	20ppm	20ppm	20ppm
Konst. akhir(Ct)	0.655ppm	2.32ppm	1.72ppm	1.53ppm
Konst. teradsorp (Ca)	19.345ppm	17.68ppm	18.28ppm	18.47ppm
% teradsorp	96.72%	88.39%	91.40%	92.30%

* (Pengukuran dilakukan secara duplo)

pH larutan : 6
 Jumlah Kitosan-bentonit : 2 gram
 Volume campuran : 25 mL
 Waktu kontak : 2 jam

Berdasarkan data pada Tabel 8, persen adsorpsi diazinon adalah 92,30%, sedangkan persen adsorpsi Fe, Cu dan Cd berturut-turut adalah 96,72%, 91,40% dan 96,72%. Telah dikatakan sebelumnya bahwa diazinon berinteraksi dengan kitosan-bentonit di bagian outlayer melalui ikatan hidrogen dengan kitosan, sedangkan logam berinteraksi dengan kitosan bentonit di bagian interlayer melalui pertukaran kation. Data dari Tabel 8 semakin memperkuat asumsi ini, karena diazinon berinteraksi dengan kitosan bentonit di bagian yang berbeda dengan logam berat, maka adanya logam berat yang

cukup banyak tidak terlalu mempengaruhi adsorpsi diazinon oleh kitosan-bentonit. Hal ini terjadi karena tidak terjadi persaingan antara diazinon dengan logam berat untuk memperebutkan tempat di situs yang sama.

Pada data persen adsorpsi dari ketiga logam, menunjukkan adanya persaingan yang terjadi dari masing-masing logam untuk berikatan dengan adsorben. Cd yang merupakan logam dengan ukuran jari-jari paling besar, memberikan nilai persen adsorpsi paling kecil, dan Fe yang memiliki ukuran jari-jari paling kecil memiliki nilai persen adsorpsi yang

terbesar. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran jaring-jari dari masing-masing logam sangat mempengaruhi nilai persen adsorpsinya. Karena interaksi yang terjadi adalah pertukaran kation di bagian interlayer, maka interaksi yang terjadi akan dipengaruhi oleh jarak antar spesi yang ada. Sangatlah memungkinkan jika ion logam yang lebih kecil akan masuk ke bagian interlayer dengan lebih mudah jika dibandingkan dengan ion logam yang memiliki ukuran lebih besar.

Untuk mengetahui perubahan jarak interlayer dari kitosan-bentonit setelah dikontakkan dengan logam berat, maka kitosan bentonit yang telah dikontakkan dengan Fe; Cd dan Cu di karakterisasi menggunakan XRD. Data XRD dari kitosan-bentonit hasil kontak dapat dilihat pada Tabel 4.8. Dari Tabel 9 dapat

dilihat perubahan jarak antar bidang dari kitosan-bentonit sebelum dikontakkan dan setelah dikontakkan dengan logam berat. Kitosan-bentonit yang telah dikontakkan dengan logam Fe mengalami kenaikan nilai jarak antar bidang yang cukup signifikan, yaitu dari 15,30Å menjadi 24,2 Å. Data ini menunjukkan adanya perubahan jarak antar bidang (d) pada kitosan bentonit, dan menunjukkan bahwa pertukaran kation yang terjadi antara Fe dengan Ca melibatkan masuknya Fe ke bagian interlayer bentonit, karena logam Fe memiliki ukuran yang lebih besar dari Ca, maka masuknya Fe ke bagian interlayer akan menyebabkan pelebaran jarak antar bidang (d). Asumsi ini sesuai dengan data XRD yang diperoleh.

Tabel 9. Harga 2 dan Jarak Antar Bidang (d) Kitosan-Bentonit dan Kitosan-bentonit Hasil Kontak dengan Fe, Cd dan Cu.

Kitosan-Bentonit		Kitosan-Bentonit-Fe		Kitosan-Bentonit-Cd		Kitosan-Bentonit-Cu	
2	d ()	2	d ()	2	d ()	2	d ()
5,77	15,30	3.6481	24.20	6.0342	14.63	5.8398	15.12
19,98	4,43	19.8875	4.46	19.9107	4.45	19.8243	4.47
28,96	3,08	28.4566	3.13	28.4705	3.13	28.3999	3.14

Pada tabel 9, terlihat bahwa hasil kontak kitosan-bentonit dengan logam Cd dan Cu tidak memperlihatkan adanya perubahan jarak antar bidang yang signifikan. Perubahan jarak antar bidang (d) kitosan-bentonit hasil kontak dengan logam Cd adalah dari 15,30 Å menjadi 14,63Å, 4,43Å menjadi 4,45Å dan 3,08Å menjadi 3,13Å, sedangkan perubahan jarak antar bidang (d) yang terjadi pada kitosan-bentonit hasil kontak dengan Cu adalah dari 15,30Å berubah menjadi 15,12Å, 4,43Å menjadi 4,47Å dan 3,08Å menjadi 3,14Å. Nilai d yang tidak terlalu jauh berbeda dengan nilai d pada kitosan-bentonit sebelum dikontakkan menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan jarak antar bidang dari kitosan bentonit setelah dikontakkan dengan Cd maupun dengan Cu.

Data XRD menunjukkan bahwa interaksi yang terjadi antara Cd dengan kitosan bentonit maupun Cu dengan kitosan bentonit tidak menyebabkan adanya pelebaran jarak antar bidang pada kitosan-bentonit. Kemungkinan interaksi antara Cu dan juga Cd dengan adsorben terjadi di bagian permukaan dan tidak sampai masuk ke bagian interlayer. Hal ini berbeda

dengan interaksi yang terjadi antara adsorben dengan Fe. Fe dapat masuk ke bagian interlayer, karena ukuran Fe relatif kecil jika dibandingkan dengan Cu dan Cd. Oleh karena itu pertukaran kation yang terjadi antara Ca dengan Fe disertai dengan masuknya Fe ke bagian interlayer menggantikan posisi Ca, sedangkan pertukaran kation yang terjadi antara Ca dengan Cu maupun Cd tidak disertai dengan masuknya Cu maupun Cd ke bagian interlayer. Ukuran Cu dan Cd yang terlalu besar menyebabkan Cu dan Cd tidak dapat masuk ke bagian interlayer karena sudah melebihi ukuran dari jarak antar bidang yang ada pada kitosan-bentonit.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa kitosan-bentonit memiliki kinerja yang baik sebagai adsorben untuk logam berat (Fe, Cd dan Cu) dan pestisida diazinon secara simultan. Hal ini terlihat dari nilai persen adsorpsi Fe dalam campuran Fe:diazinon pada berbagai variasi konsentrasi berada pada rentang 82,6% sampai

97,29%, dan nilai persen adsorpsi diazinon berada pada rentang 83,8% sampai 93,7%. Nilai persen adsorpsi Cd dalam campuran Cd:diazinon pada berbagai variasi konsentrasi berada pada rentang 97,48% sampai 99,44, dan nilai persen adsorpsi diazinon berada pada rentang 79,15% sampai 95,5%. Nilai persen adsorpsi Cu dalam campuran Cu:diazinon pada berbagai variasi konsentrasi berada pada rentang 97,2% sampai 98,2% dan nilai persen adsorpsi diazinon berada pada rentang 82,4% sampai 89,7%. Nilai persen adsorpsi Fe, Cd, Cu dan diazinon dalam campuran Fe:Cu:diazinon pada komposisi 20:20:20:20, berturut-turut adalah 96,72%, 88,39%, 91,40% dan 92,30%.

DAFTAR PUSTAKA

- Rohayani, Rani. (2005). *Sintesis Adsorben Histidin-Bentonit dan Uji Adsorpsinya terhadap Pestisida dalam Air Minum*. Skripsi program kimia FPMIPA universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. Tidak diterbitkan.
- Ladaa, Tarek., Gretchen Bielmeyer, & Kim-Lee Murphy. (1998). *Organophosphates*. [Online]. Tersedia: <http://entweb.clemson.edu/pesticid/Document/leeorg1/leeorg3.htm>. [16 April 2009].
- Marganof. (2007). *Potensi Limbah Ugang Sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, Dan Tembaga) Di Perairan*. Institut Pertanian Bogor.
- Aldiantono, Dimas. (2009). *Sintesis Adsorben Kitosan-Bentonit dan Uji Kinerjanya terhadap Diazinon dalam Air Minum*. Skripsi Program Studi Kimia Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI, Bandung: Tidak Diterbitkan.
- Hongping, He, Frost L. R., dan Zhu Jianxi. (2004). "Infrared Study of HDTMA⁺ Intercalated Montmorillonite", *Molecular and Biomolecular Spectroscopy Volume 60 Elsevier*.
- Petrovic-Filipovic, Laposava, Kostic-Gvozdevonic, Ljiljana, dan Eric-Antonic, Stanka. (2002). "The Effects of the Fine Grinding on the Physicochemical Properties and Thermal Behavior of Bentonite Clay". *J. Serb. Chem. Soc. Vol. 67. Num. 11. p. 753-760*.
- Setiabudi, Agus, dkk. (2007). *Karakterisasi Zat Padat*. Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI. Bandung