

## BAB IV

### 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-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

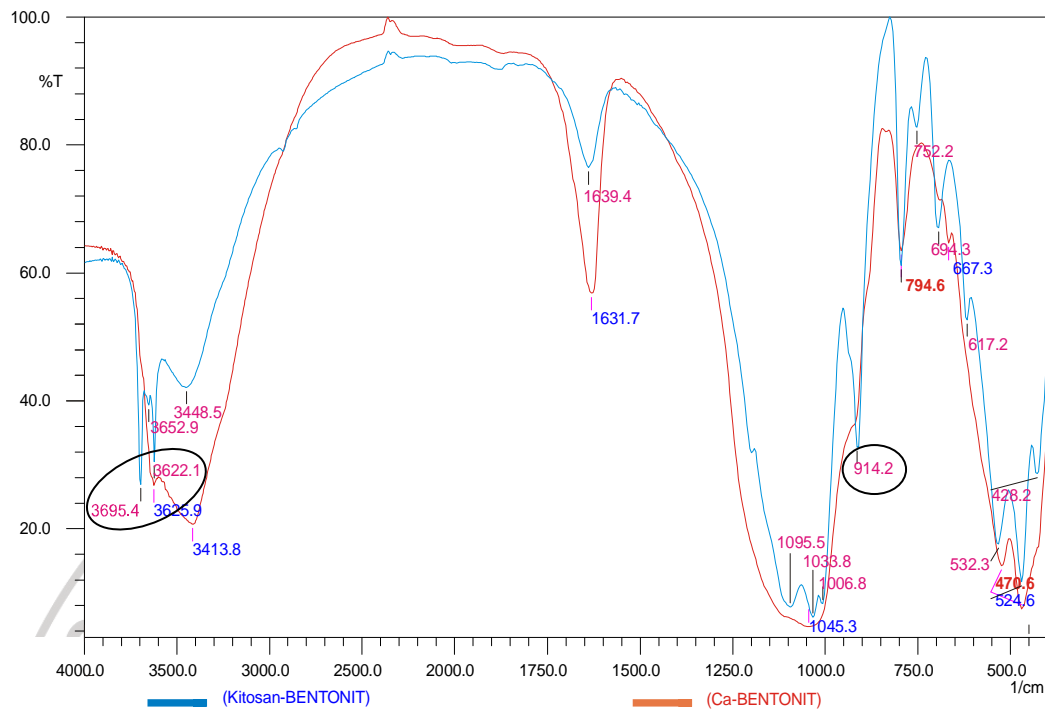
menggunakan Spektrofotometer UV. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang maksimum kitosan, yaitu 228,5nm (lampiran 3). Dari hasil pengukuran, diperoleh nilai absorbansi 0 yang menunjukkan bahwa dalam supernatant tersebut tidak terdapat kitosan, dan hal ini menunjukkan bahwa kitosan telah berikatan seluruhnya dengan bentonit.

#### **4.1 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.

##### **4.1.1 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 4.1.



**Gambar 4.1** Spektra FTIR Ca-Bentonit dan Kitosan-Bentonit

Dari Gambar 4.1 terlihat adanya puncak-puncak serapan yang khas, diantaranya adalah puncak pada bilangan gelombang  $3100\text{-}3700\text{ cm}^{-1}$  dan  $1600\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$ . Pita serapan yang muncul pada bilangan gelombang  $3100\text{-}3700\text{ cm}^{-1}$  dan  $1600\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$  pada Ca-bentonit maupun pada kitosan-bentonit berasal dari adanya molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang terikat melalui ikatan hidrogen pada monmorilonit. Puncak pada bilangan gelombang  $3100\text{-}3700\text{ cm}^{-1}$  merupakan puncak yang terbentuk karena adanya vibrasi ulur O-H dan puncak pada bilangan gelombang  $1600\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$  merupakan daerah vibrasi tekuk H-O-H (Hongping *et al.*, 2004).

Dari Gambar 4.1 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

667,3 $\text{cm}^{-1}$  menjadi 694,3 $\text{cm}^{-1}$ ; 1631,7 $\text{cm}^{-1}$  menjadi 1639,37 $\text{cm}^{-1}$ ; 3413,8 $\text{cm}^{-1}$  menjadi 3448,5 $\text{cm}^{-1}$  dan 3625,9 $\text{cm}^{-1}$  menjadi 3662,1 $\text{cm}^{-1}$ . 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  $\text{cm}^{-1}$  dan 3695,4  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi ulur N-H. Gugus tersebut berasal dari struktur kitosan, berarti secara kualitatif kitosan telah berinteraksi dengan bentonit. Panjang gelombang 3622,1  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur pada amina (-NH) dan cocok dengan panjang gelombang 1095,5  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi ulur C-N. (Ngah et al., 2008).

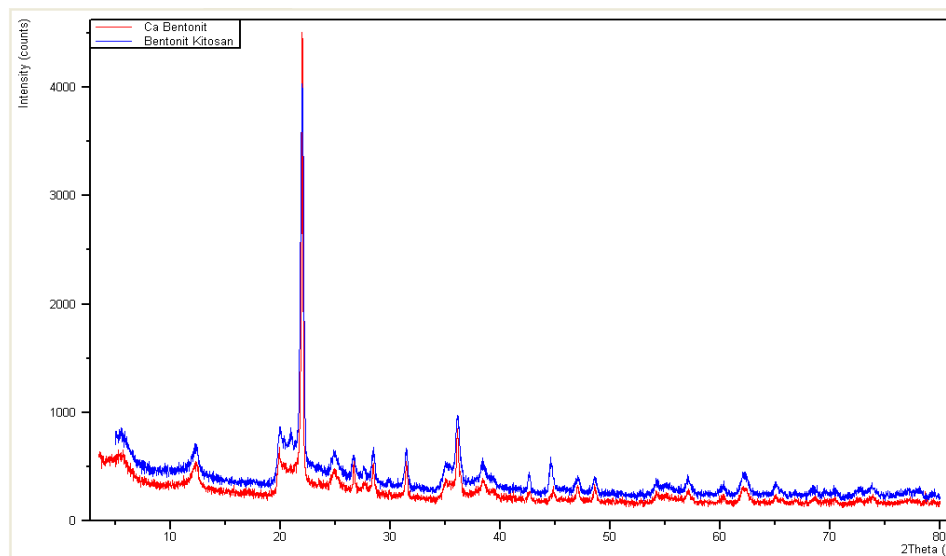
Pada spektra kitosan-bentonit tidak terdapat puncak pada bilangan gelombang 1045,3  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi ulur Si-O pada lapisan tetrahedral. Kemungkinan lapisan Si-O tertutupi oleh kitosan, dan hal ini terbukti dari munculnya puncak pada bilangan gelombang 1033,8  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi ulur C-O-C pada cincin glukosamin. Selain itu terdapat pula puncak baru pada bilangan gelombang 914,2  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi ulur C-C pada sakarida. Bilangan gelombang dari Ca-bentonit dan kitosan-bentonit dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Bilangan Gelombang Ca-bentonit dan Kitosan-Bentonit

Ca-bentonit (cm <sup>-1</sup> )	Kitosan-bentonit (cm <sup>-1</sup> )	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 pada cincin glukosamin
-	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

#### 4.1.2 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  $2\theta$  sebesar 5,31; 19,88; dan 28,45 (Petrovic-Filipovic *et al.*, 2002) dan jarak bidangnya berturut-turut adalah 15,74 Å, 4,46 Å, dan 3,13 Å. Spektra XRD untuk Ca-bentonit dan kitosan-bentonit dapat dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Spektra XRD (—) Ca-Bentonit dan (—) Kitosan-Bentonit

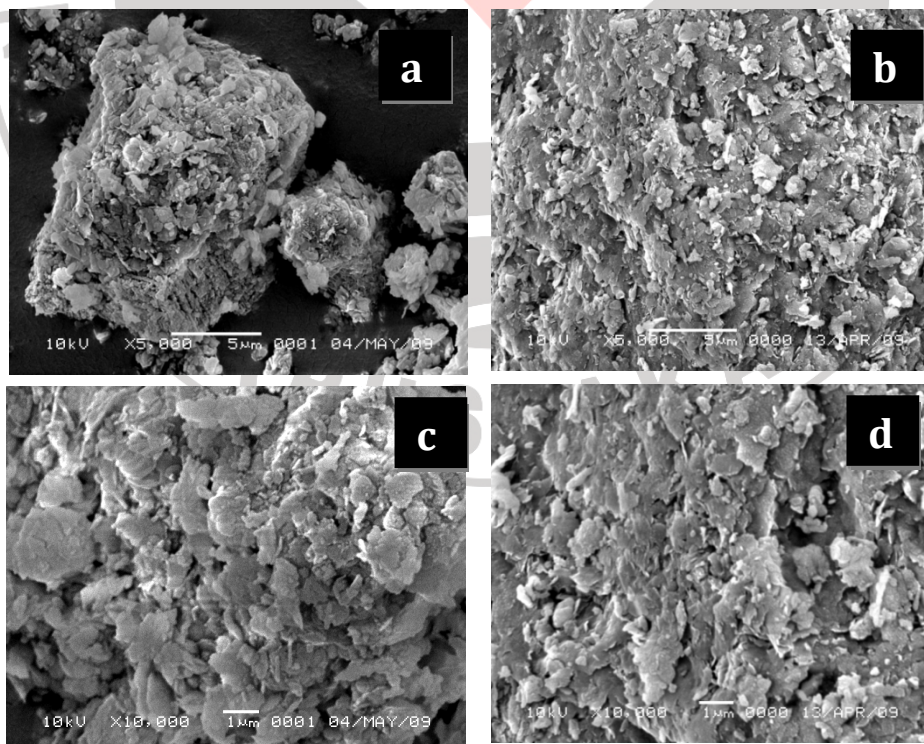
Berdasarkan spektra XRD pada Gambar 4.2, perubahan nilai  $2\theta$  pada Ca-bentonit dan pada kitosan-bentonit tidak terlalu jauh berbeda. Nilai  $2\theta$  untuk Ca Bentonit yang semula berada pada 5,31 berubah menjadi 5,77 pada spektra kitosan-bentonit. Demikian pula perubahan pada puncak-puncak selanjutnya yang berubah dari 19,88 menjadi 19,98 dan 28,54 menjadi 28,96. Adanya peningkatan nilai  $2\theta$ , menunjukkan bahwa mineral dari Ca-bentonit sudah berinteraksi dengan kitosan. Selain nilai  $2\theta$ , data XRD juga memperlihatkan adanya penurunan nilai jarak antar bidang ( $d$ ), yaitu dari 15,74 Å menjadi 15,30 Å; dari 4,46 Å menjadi 4,43 Å dan dari 3,13 Å menjadi 3,08 Å. Terjadinya peningkatan nilai  $2\theta$  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  $2\theta$  dan jarak antar bidang ( $d$ ) dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Harga  $2\theta$  dan jarak antar bidang ( $d$ ) Ca-bentonit dan Kitosan-Bentonit

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

#### 4.1.3 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 nanometer (Agus Setiabudi, 2007). Foto SEM permukaan kitosan-bentonit dan Ca-bentonit dapat dilihat pada Gambar 4.3.

**Gambar 4.3** Foto SEM Permukaan (a,c) Ca-Bentonit dan (b,d) Kitosan-Bentonit

Dari Gambar 4.3, terlihat adanya perbedaan dari permukaan Ca-bentonit dengan kitosan-bentonit. Gambar 4.3 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 4.3 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 *outerlayer*.

Masuknya kation kitosan yang memiliki molekul yang lebih besar dari kation Ca dapat menyebabkan peningkatan porositas dari kitosan-bentonit jika dibandingkan dengan Ca-bentonit. Namun demikian, peningkatan porositas ini tidak dapat teramati pada hasil SEM yang dikarenakan SEM hanya memvisualisasikan bagian permukaan dari bentonit (Aldiantono,2009).

#### **4.2 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  $\lambda_{maks}=285.5\text{nm}$  (lampiran 4), 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 4.2

**Tabel 4.3** 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 teradsorp (Ca)	13,97 ppm	5,27 ppm	14,02 ppm	4,42 ppm	14,32 ppm	5,58 ppm
<b>% teradsorp</b>	<b>93.12%</b>	<b>52,7%</b>	<b>93,46%</b>	<b>44,2%</b>	<b>95,47%</b>	<b>55,8%</b>

Berdasarkan Tabel 4.3, 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 mengadsorp logam berat adalah karena Ca-bentonit yang bersifat hidrofilik, sehingga akan lebih mudah mengadsorp 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 ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$ ) dengan  $\text{Ca}^{2+}$  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 supernatant. Hal ini menunjukkan bahwa Ca yang terdapat dalam supernatant merupakan Ca yang lepas dari bagian interlayer bentonit pada saat pertukaran kation.

#### **4.3 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  $\lambda_{\text{maks}}=285,5\text{nm}$  (lampiran 4). 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.

#### 4.3.1 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 4.4.

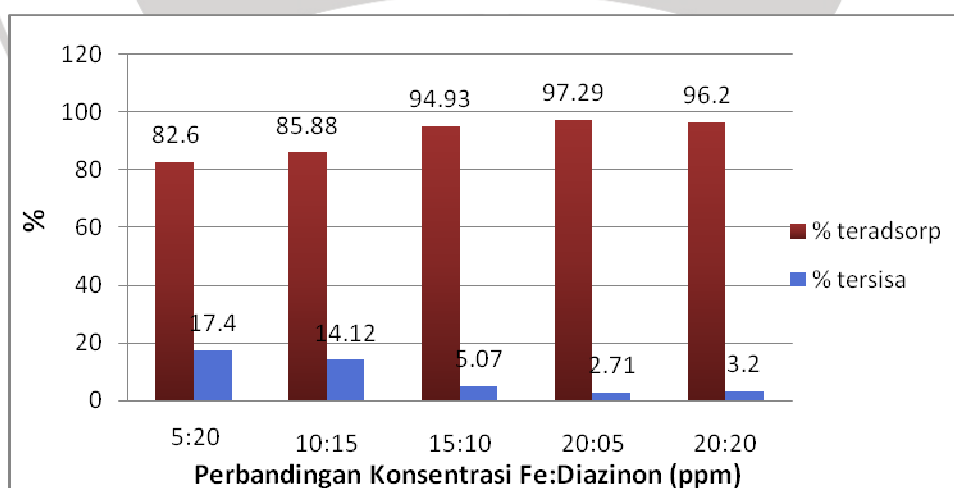
**Tabel 4.4** Adsorpsi Fe dan Diazinon oleh Kitosan-bentonit dalam Campuran Fe-diazinon pada Berbagai Variasi Konsentrasi.

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

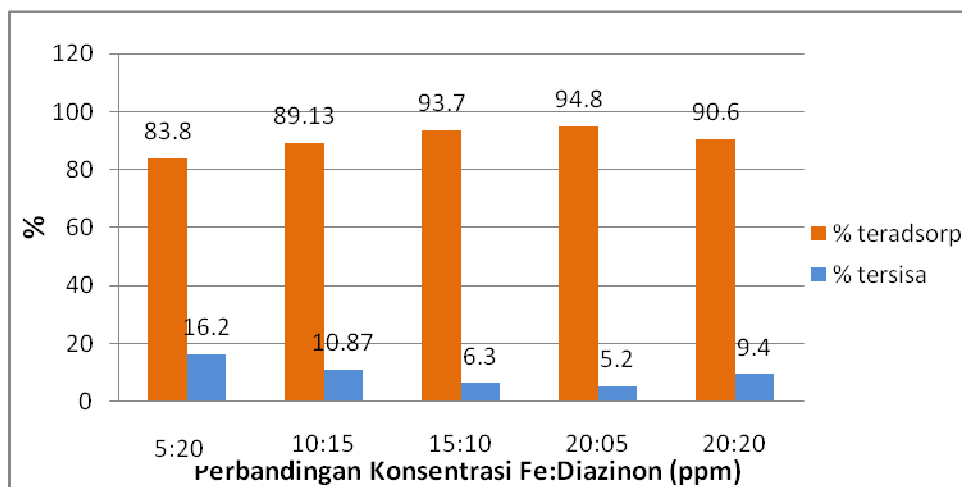
\* (Pengukuran dilakukan secara duplo)

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

Berdasarkan Tabel 4.4 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 4.3 yang merupakan hasil kontak antara Ca-bentonit dengan campuran Fe-diazinon pada komposisi 15:10, terlihat bahwa kitosan-bentonit memiliki keunggulan dalam mengadsorpsi diazinon. 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 4.4.



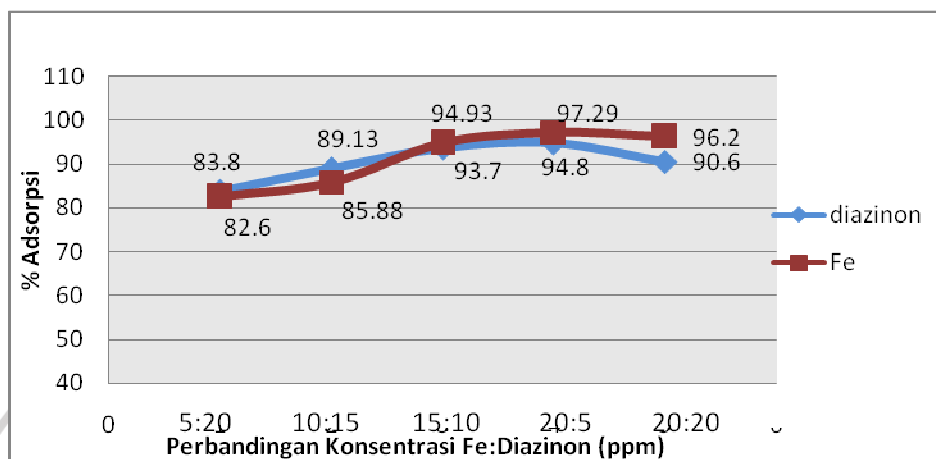
**Gambar 4.4(a)** Diagram Batang Persentase Adsorpsi Fe oleh Adsorben Kitosan-bentonit dalam Campuran Fe-diazinon



**Gambar 4.4(b)** Diagram Batang Persentase Adsorpsi Diazinon oleh Adsorben Kitosan-bentonit dalam Campuran Fe-diazinon

Dari Gambar 4.4(a), terlihat bahwa secara umum terjadi peningkatan adsorpsi Fe seiring dengan penambahan konsentrasi Fe. Dengan meningkatnya konsentrasi Fe, maka semakin banyak Fe yang berinteraksi dengan adsorben kitosan-bentonit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi adsorbat, maka semakin banyak pula adsorbat yang teradsorb. Sedangkan pada Gambar 4.4(b) justru terjadi fenomena yang sebaliknya, yaitu semakin tinggi konsentrasi diazinon, justru persen adsorpsinya mengalami sedikit penurunan. Semakin meningkatnya konsentrasi diazinon memungkinkan semakin banyak diazinon yang dapat berinteraksi dengan adsorben, namun karena ukuran diazinon yang relatif besar menyebabkan halangan sterik untuk dapat berinteraksi dengan adsorben, sehingga persen adsorpsinya menurun. Meskipun demikian, penurunan nilai persen adsorpsi tidak terlalu signifikan dan masih menunjukkan bahwa kinerja kitosan-bentonit dalam mengadsorpsi diazinon dalam campuran Fe-diazinon cukup baik. Untuk lebih jelasnya, perbandingan persentase adsorpsi diazinon dan

logam berat oleh adsorben kitosan bentonit dalam campuran Fe-diazinon dapat dilihat Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Grafik Persentase Adsorpsi Fe dan Diazinon oleh Adsorben Kitosan-bentonit.

Dari Gambar 4.5 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 4.3. 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.

#### **4.3.2 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 4.5.

**Tabel 4.5** Adsorpsi Cd dan Diazinon oleh Kitosan-bentonit dalam Campuran Cd-diazinon pada Berbagai Variasi Konsentrasi\*

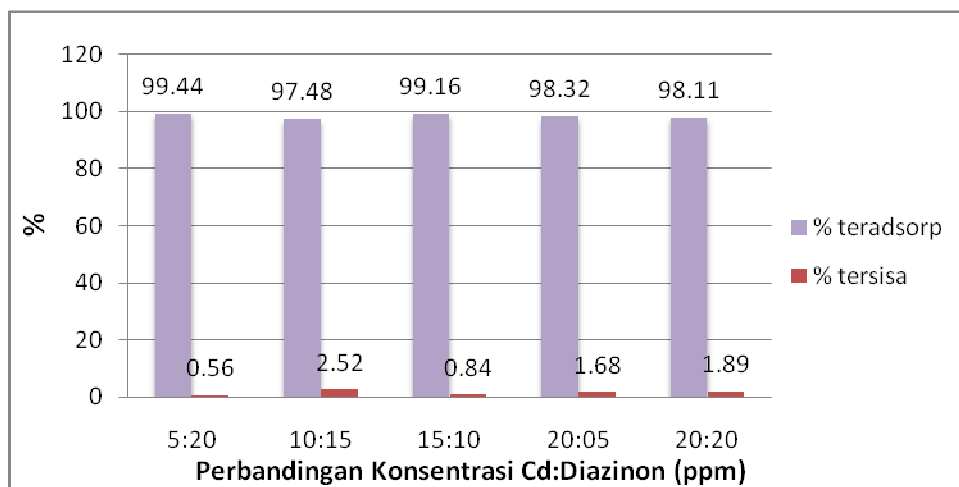
Variasi konsentrasi Cd: Diazinon (ppm)	% adsorpsi Cd	% adsorpsi diazinon
5:20	99,44	79,15
10:15	97,48	81,7
15:10	99,16	95,5
20:05	98,32	94,8
20:20	98,11	78,55

\* (Pengukuran dilakukan secara duplo)

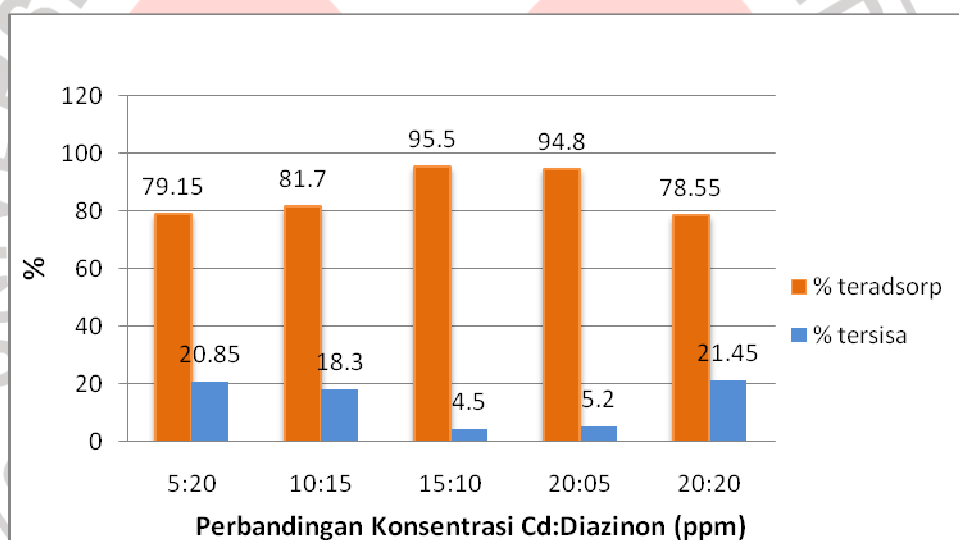
pH larutan : 6  
 Jumlah Kitosan-bentonit : 2 gram  
 Volume campuran : 25 mL  
 Waktu kontak : 2 jam

Berdasarkan Tabel 4.5 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 4.3, 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 mengadsorp 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 4.6.





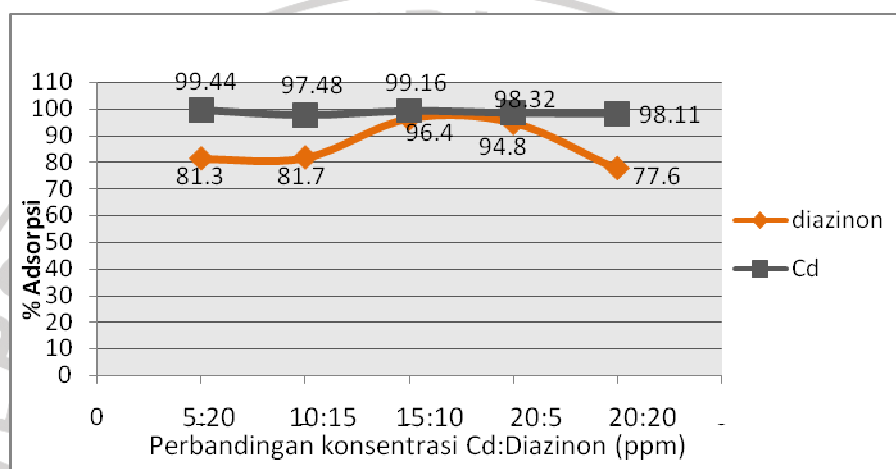
**Gambar 4.6(a)** Diagram Batang Persentase Adsorpsi Cd oleh Adsorben Kitosan-bentonit dalam Campuran Cd-diazinon



**Gambar 4.6(b)** Diagram Batang Persentase Adsorpsi Diazinon oleh Adsorben Kitosan-bentonit dalam Campuran Cd-diazinon

Dari Gambar 4.6 (a), terlihat bahwa secara umum persen adsorpsi Cd oleh adsorben kitosan-bentonit relatif konstan, dengan nilai persen adsorpsi rata-rata lebih dari 98%, sedangkan pada Gambar 4.6(b) terjadi fluktuasi naik turun dari persen adsorpsi diazinon oleh kitosan-bentonit. Persen adsorpsi diazinon yang tidak konstan ini merupakan pengaruh dari persaingan dengan logam Cd. Selain

itu juga karena pengaruh dari ukuran diazinon yang relatif besar, hal ini terlihat pada saat konsentrasi diazinon cukup tinggi, nilai persen adsorpsinya relatif rendah. Untuk lebih jelasnya, perbandingan persentase adsorpsi diazinon dan logam berat oleh adsorben kitosan bentonit dalam campuran Cd-diazinon dapat dilihat Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Grafik Persentase Adsorpsi Cd dan Diazinon oleh Adsorben Kitosan-bentonit.

Dari Gambar 4.7 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 steriks 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  $\text{Ca}^{2+}$ , kation Fe yang dipertukarkan memiliki muatan  $3+$ , berarti dibutuhkan  $3\text{Ca}^{2+}$  yang akan dipertukarkan dengan  $2\text{Fe}^{3+}$ . Sedangkan kation Cd yang dipertukarkan memiliki muatan sama dengan Ca, yaitu  $2+$ .

#### **4.3.3 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 4.5.

**Tabel 4.6** Adsorpsi Cu dan Diazinon oleh Kitosan-bentonit dalam Campuran Cu-diazinon pada Berbagai Variasi Konsentrasi\*

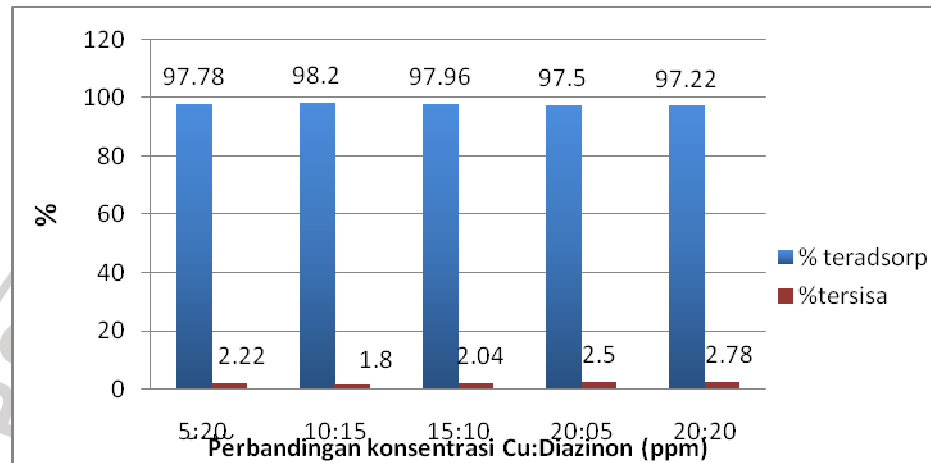
Variasi konsentrasi Cu: Diazinon (ppm)	% adsorpsi Cu	% adsorpsi diazinon
5:20	97,78	89,7
10:15	98,2	89,13
15:10	97,96	84,4
20:05	97,5	82,4
20:20	97,22	88,45

\* (Pengukuran dilakukan secara duplo)

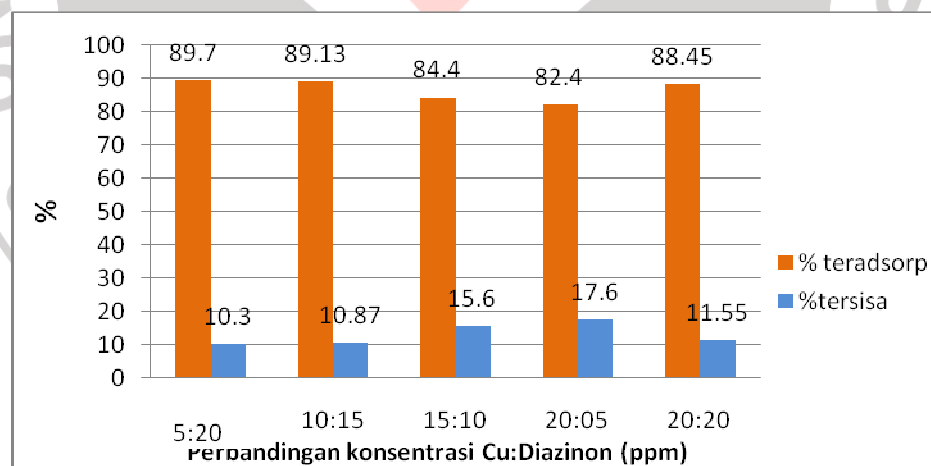
pH larutan : 6  
 Jumlah Kitosan-bentonit : 2 gram  
 Volume campuran : 25 mL  
 Waktu kontak : 2 jam

Berdasarkan Tabel 4.5 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 4.3 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 mengadsorp 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 4.8.



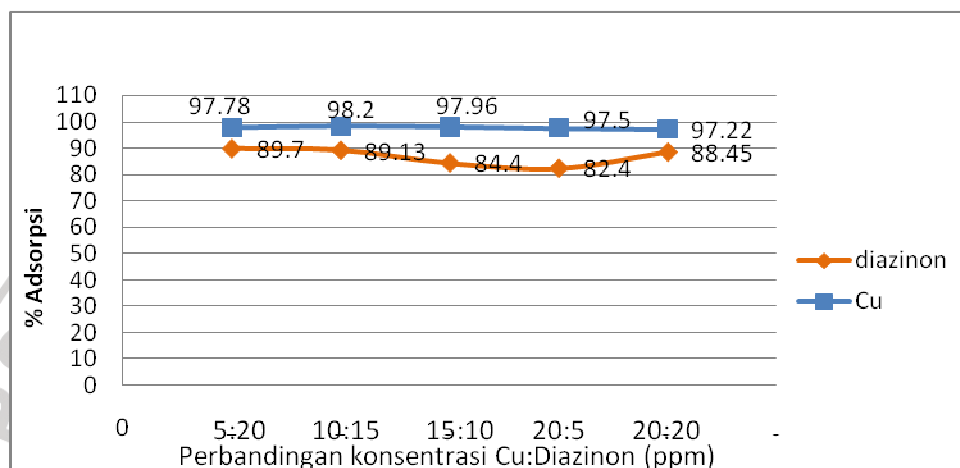
**Gambar 4.8(a)** Diagram Batang Persentase Adsorpsi Cu oleh Adsorben Kitosan-bentonit dalam Campuran Cu-diazinon



**Gambar 4.8(b)** Diagram Batang Persentase Adsorpsi Diazinon oleh Adsorben Kitosan-bentonit dalam Campuran Cu-diazinon

Dari Gambar 4.8(a). terlihat bahwa secara umum persen adsorpsi Cu oleh kitosan bentonit relatif konstan. Sedangkan pada Gambar 4.8(b) persen adsorpsi diazinon mengalami sedikit penurunan seiring dengan penurunan konsentrasi

diazinon. Persen adsorpsi diazinon ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh adanya Cu dalam campuran. Untuk lebih jelasnya, perbandingan persentase adsorpsi diazinon dan logam berat oleh adsorben kitosan bentonit dalam campuran Cu-diazinon dapat dilihat pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9** 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  $\text{Ca}^{2+}$ , 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. Perbedaan muatan serta ukuran dari kation logam berat yang di campurkan akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap adsorpsi diazinon.

#### **4.3.4 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 4.7.

**Tabel 4.7** Adsorpsi Fe, Cd, Cu dan Diazinon oleh Kitosan-bentonit dalam Campuran Fe-Cd-Cu-Diazinon (20:20:20:20)\*

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

\* (Pengukuran dilakukan secara duplo)

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

Berdasarkan data pada Tabel 4.7, 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 4.7 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 jari-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 4.8 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  $15,30\text{\AA}$  menjadi  $24,2\text{\AA}$ . 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 4.8.** Harga  $2\theta$  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	
$2\theta$	d (Å)	$2\theta$	d (Å)	$2\theta$	d (Å)	$2\theta$	d (Å)
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 4.8, 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.