

**KARAKTERISASI BENTONIT TEKNIS SEBAGAI
ADSORBEN INDIGO BIRU**
(Characterisation of Technical Bentonite as Indigo Blue Adsorbent)

Toeti Koestiari*, Muji Harsini, Amirudin Prawita***, Effendy******

*Jurusan Kimia FMIPA Unuversitas Negeri Surabaya

Email: toeti_kustiari@gmail.com HP:0818379868

**Jurusan Kimia Fak. Sain-Tek Universitas Airlangga Surabaya

***Jurusan Analisis Farmasi Fak. Farmasi Universitas Airlangga Surabaya

****Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang

Diterima: 6 September 2012

Disetujui: 28 September 2012

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakter Bentonit teknis yang dapat digunakan untuk menyerap sisa-sisa Indigo biru di lingkungan. Penelitian eksperimental laboratoris dilakukan melalui dua tahap, yaitu karakterisasi Bentonit teknis menggunakan SEM-Edx, Spektrofotometer IR, *Gas Sorption Analyzer*, dan proses adsorpsi Indigo biru oleh Bentonit teknis pada pH sistem 1, 5, 7, dan 9. Hasil penelitian menggunakan SEM-Edx menunjukkan bahwa Bentonit teknis mengandung senyawa Na_2O : 2,64%, Al_2O_3 : 20,75%, SiO_2 : 57,55%, dan FeO : 13,73%. Melalui spektrofotometer IR diketahui bahwa Bentonit teknis mengandung senyawa kimia yang memiliki vibrasi H-O-H, ikatan CO_2 , deformasi H-O-H, regang Si-O, vibrasi Al-OH atau deformasi OH-kation, deformasi SiO. Menggunakan *Gas Sorption Analyzer* diketahui bahwa luas permukaan Bentonit teknis : 51,935 m²/g, volume pori total : $1,302 \times 10^{-1}$ cc/g dengan radius pori : <1013,9 Å. Kemampuan adsorpsi Bentonit teknis terhadap 56,761 ppm Indigo biru pada pH 1, 5, 7, dan 9 berturut-turut : 5,78; 7,89; 8,84; dan 9,64%.

Kata kunci: Bentonit teknis, Indigo biru, Adsorpsi.

Abstract

The objective of this research was to determine the Technical Bentonite characters that can be used to adsorb the pollutant of Indigo blue in the environment. Laboratory experimental study consist of two stages, characterization phase of Technical Bentonite using SEM-EDX , IR spectrophotometer, Gas Analyzer sorption, and proses of adsorption Indigo blue by technical Bentonite at pH sistem 1, 5, 7, and 9. By using SEM EDX showed that the technical Bentonite contain compounds as Na_2O : 2.64%, Al_2O_3 : 20.75%, SiO_2 : 57.55%, and FeO : 13.73%. Through IR spectro- photometer, the functional group of compound in technical Bentonite are H-O-H vibration, CO_2 bonding, H-O-H deformation, Si-O stretcing, Al-OH vibration or deformation OH-cation, SiO deformation. By using Gas Sorption Analyzer is known that the surface area of technical Bentonite: 51.935 m² / g, total pore volume: 1.302×10^{-1} cc / g with pore radius: < 1013.9 . The adsorption effectiveness for technical Bentonite against 56,761 ppm Indigo blue at pH 1, 5, 7, and 9 were 5.78, 7.89, 8.84, and 9.64% respectively.

Keywords: Technical Bentonite, Indigo Blue, Adsorption.

PENDAHULUAN

Pengolahan air dari limbah industri maupun limbah penduduk banyak dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan

kontaminan/polutan yang terlarut sehingga dapat digunakan terutama sebagai bahan dasar air minum. Sebagai contoh limbah industri tekstil yaitu pada proses pencelupan kain *blue jeans* dengan bahan dasar

Indigo biru (Indigotin) dan limbah penduduk yaitu sisa proses pembatikan. Untuk menyelesaikan masalah limbah, teknik-teknik pengolahan air secara konvensional seperti presipitasi, koagulasi, sedimentasi, filtrasi, membran proses, teknik elektrokimia, penukar ion, proses biologi, dan reaksi kimia tidak dapat dilakukan sendiri-sendiri. (Kalibbala, 2007). Misalnya teknik penjernihan air dengan menggunakan kaporit dan tawas sebagai koagulan yang kemudian dilanjutkan dengan melakukan aerasi. Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan, digunakan arang aktif, zeolit, maupun bentonit sebagai adsorben

Pengolahan semacam ini belum menjamin kualitas air sebagai air minum yang layak dikonsumsi masyarakat sesuai standar yang ditetapkan dalam Permenkes No. 907/Menkes/Sk/VII/2002 tentang persyaratan kualitas air minum. Salah satu persyaratan yang ditetapkan adalah bahwa air harus tidak berwarna.

Penelitian yang pernah dilakukan untuk menghilangkan zat warna Indigo biru dengan adsorben Bentonit menunjukkan bahwa kadar Indigo biru yang terserap berturut-turut adalah 1,93 ; 1,94; 1,86; 1,86 mg/g untuk Ca-bentonit, Mg-bentonit, Na-bentonit, dan NH₄bentonit. Bentonit yang digunakan adalah Bentonit alam dari Pacitan dan telah diproses sehingga dikenal sebagai Bentonit teknis dari PT Indobent Wijaya Mineral (Harsini, 1997).

Sebagaimana diketahui keberadaan Bentonit alam di Indonesia sangat berlimpah Di beberapa tempat di Indonesia misalnya di Murangraya Sumatera, Banten, dan di Jawa Timur yaitu di daerah Ponorogo dengan produksi 212.900 m³/tahun, Pacitan yang telah memproduksi Bentonit 1080 ton/tahun, Trenggalek, Tulungagung, Ngawi, dan Malang adalah daerah yang mengandung Bentonit (Pertambangan Jatim, 2008).

Bentonit alam di Indonesia adalah Na-bentonit atau Ca-bentonit. Kedua jenis bahan tambang tersebut mengandung Montmorillonit sebagai komponen utama. Montmorillonit adalah salah satu fraksi anorganik tanah yang tersusun atas senyawa silika alumina yang berbentuk polikristalin

dengan struktur berlapis dan partikelnya berukuran $\pm 2 \mu\text{m}$. Kisi-kisi Bentonit dapat dirumuskan sebagai: $(\text{OH})_{12}\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{16} \cdot n \text{H}_2\text{O}$ (Grim, 1968), dengan struktur dasar lempung adalah *phyllosilicates* (Rouquerol, *et al.*, 1999). Lapisannya terdiri dari lembar silika tetrahedral dengan ikatan Si — O— Si bersudut 180° dan bidang dasar terdiri dari gugus OH yang terikat dalam silika tetrahedron (Tolstoy, *et al.*, 2003). Dua lembar silika tetrahedral ini mengapit lembar oktahedral aluminium, sehingga dapat dikatakan bahwa Bentonit mempunyai muatan netral. Meskipun demikian muatan Bentonit dapat berubah-ubah dan luas area permukaan spesifik sekitar 700 – 800 m²/gr. Muatan ini dapat berubah menjadi muatan negatif dengan adanya substitusi isomorfik yaitu pergantian Si dari tetrahedral oleh Al³⁺ atau Al dari oktahedral diganti oleh Mg²⁺, dan dapat berubah menjadi muatan positif bila terjadi penambahan ion H⁺ ke gugus hidroksil karena perubahan pH dan valensi ion logam (Tan, terjemahan Didiék, 1992).

Adanya kemungkinan perubahan luas area spesifik dan substitusi isomorfik dari Bentonit, maka dilakukanlah penelitian terhadap Bentonit teknis dari PT Madu Lingga Perkasa Gresik sebagai adsorben Indigo biru (Indigotin).

Indigotin dipilih dalam penelitian ini karena zat warna tersebut banyak digunakan pada pewarnaan *blue jeans*. Oleh karena itu penelitian ini dibagi menjadi dua tahap yaitu karakterisasi Bentonit teknis dan kapasitas adsorpsi Bentonit tersebut pada Indigotin.

BAHAN, ALAT, DAN METODE

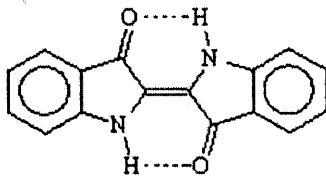
Bahan: Bentonit teknis : *Proton Bent Drilling Mud* No: 03/DMP/12/09 dari PT Madu Lingga Perkasa Gresik, dengan ukuran kristal 200 mesh atau lebih dari 200 mesh.; Indigo biru (Indigotin) C₁₆H₁₀N₂O₂ dari Nacalai-Japan; NaOH dan HCl dari E. Merck; Aquademineralisata.

Alat: SEM – Edx; Spektrofotometer IR Buck Scientific – 500; GSA Quantachrome Nova Win2; Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV/Probe.

Metode: Karakterisasi Bentonit teknis dilakukan dengan menggunakan alat SEM-

Edx untuk mengetahui profil permukaan dan kandungan dari Bentonit teknis. Spektrofotometer *IR Buck Scientific -500* digunakan untuk mengetahui gugus yang ada dalam Bentonit teknis, *GSA Quantachrome Nova Win2* digunakan untuk mengetahui luas permukaan, jari-jari pori serta volume pori.

Bentonit teknis yang telah diketahui sifat kimia dan fisiknya digunakan sebagai adsorben Indigotin. Percobaan dilakukan pada suhu kamar selama 40 menit dan pada 4 macam pH sistem yaitu pH 1, 5, 7, dan pH 9 dengan masing-masing replikasi 5 kali. Perubahan pH sistem dilakukan dengan penambahan volume NaOH 0,5 M yang berbeda; dan untuk menepatkan harga pH digunakan HCl 0,1 M. Massa Bentonit teknis yang digunakan sebagai adsorben \pm 0,1 gram, sedangkan konsentrasi adsorbat (Indigotin) = 56,761 ppm.



Larutan baku Indigotin diperoleh dengan melarutkan 50 mg serbuk Indigotin ke dalam 5 mL H_2SO_4 pekat dan kemudian diencerkan dengan aquademineralisata hingga tanda batas labu ukur 1000 mL. Indigotin tersebut mempunyai struktur:

Larutan homogen yang diperoleh mempunyai konsentrasi 50 ppm dengan pH 1,0 (terbaca 1,18). merupakan larutan tanpa penambahan NaOH maupun HCl. Konsentrasi awal Indigotin ini kemudian diperiksa dengan Spektrofotometer *UV-Vis Shimadzu UV/Probe* dan dihasilkan konsentrasi sebesar 56,761 ppm yang kemudian dibagi ke dalam 5 buah erlenmeyer.

Perhitungan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan menggunakan persamaan Lagergren: $q_e = (C_i - C_r) / V/m \cdot 1000$, q_e = kapasitas adsorpsi (mg/g), C_i = konsentrasi awal adsorbat, C_r = konsentrasi sisa, V = volume

larutan (mL), m = massa adsorben (g) (Armağan, 2004). Harga kapasitas adsorpsi yang dieliminasi dari kelima replikasi untuk setiap pH berdasarkan perhitungan statistik sederhana dengan mencari harga deviasi tunggal setiap percobaan yang memiliki harga yang lebih besar dari harga 4D (Khopkar, 1985).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Bentonit teknis

Karakterisasi Bentonit teknis menggunakan *SEM-Edx* dilakukan untuk mengetahui profil permukaan dan jenis mineral penyusun seperti yang terlihat pada Gambar 1. Permukaan Bentonit pada Gambar 1 diambil pada jarak 10 μm dengan pembesaran 2000x. Terlihat bahwa permukaan Bentonit teknis ditutupi oleh komponen lain meskipun struktur dan pori-pori Bentonit teknis masih terlihat.

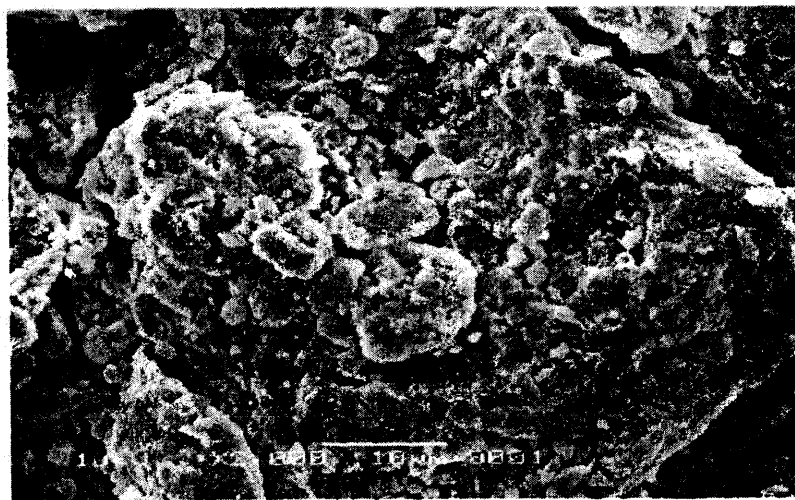
Untuk mengetahui jenis mineral penyusun dan komposisi Bentonit teknis digunakan *SEM-Edx*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Bentonit teknis terdiri dari Na_2O dengan massa 2,64%; Al_2O_3 bermassa 20,75%; SiO_2 bermassa 57,55%; FeO bermassa 13,73%; dan C bermassa 5,34%.

Berdasarkan pada komposisi tadi dapat disimpulkan bahwa Bentonit teknis yang akan digunakan sebagai adsorben adalah Fe-Bentonit dengan kandungan pengotor Na^+ dan C yang terletak di dalam pori-pori Bentonit teknis tersebut, dan berwarna merah bata.

Untuk mengetahui lebih lanjut gugus yang dimiliki oleh Bentonit teknis, karakterisasi dilanjutkan dengan menggunakan alat Spektrofotometer *Infra Red*.

Hasil spektrogram yang didapat ditunjukkan pada Gambar 2. Spektrum ini kemudian dicocokkan dengan standar pita vibrasi (bilangan gelombang) dari Katti and Katti (Koestiari, 2008) dan pita vibrasi (bilangan gelombang) dari Webb (Harsini, 1997).

Bilangan gelombang yang terdeteksi berharga 763; 916,8; 1033; 1640,5; 2026,7; dan 3429,2 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang



Gambar 1. Profil permukaan Bentonit teknis.

763 cm^{-1} terjadi deformasi OH yang berikatan dengan kation atau terjadi tekuk Fe(II) – Fe(III) – OH. Terjadinya penurunan bilangan gelombang dari 800 cm^{-1} menjadi 763 cm^{-1} kemungkinan disebabkan karena adanya ion Na^+ seperti yang telah ditunjukkan oleh hasil SEM-Edx. Pada bilangan gelombang 916,8 cm^{-1} terdapat tekuk Al – Al – OH, meskipun bilangan gelombang ini lebih kecil dibandingkan bilangan gelombang standar yaitu 920 cm^{-1} yang merupakan daerah tekuk Al – Al – OH. Penurunan bilangan gelombang yang terjadi, kemungkinan karena penurunan kekuatan ikatan dalam molekul (Stuart, 2004). Bilangan gelombang 1033 cm^{-1} menunjukkan vibrasi regang Si-O karena bilangan gelombang ini berada dalam daerah 1000-1200 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 1640,5 cm^{-1} menandakan terjadinya deformasi yaitu tekuk H-O-H dari air yang teradsorpsi, sedangkan bilangan gelombang 2026,7 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan Si-C atau gugus CO_2 , dan pada bilangan gelombang 3429,2 cm^{-1} merupakan regang H – O – H dari air yang teradsorpsi.

Berdasarkan data yang diperoleh dari SEM-Edx dan Spektrofotometer IR dapat dikatakan bahwa data yang diperoleh dari kedua alat tersebut ternyata saling mendukung. Gugus tersebut merupakan karakteristik Bentonit teknis dan memungkinkan untuk menjadikan adsorben Indigotin. Untuk melengkapi karakteristik

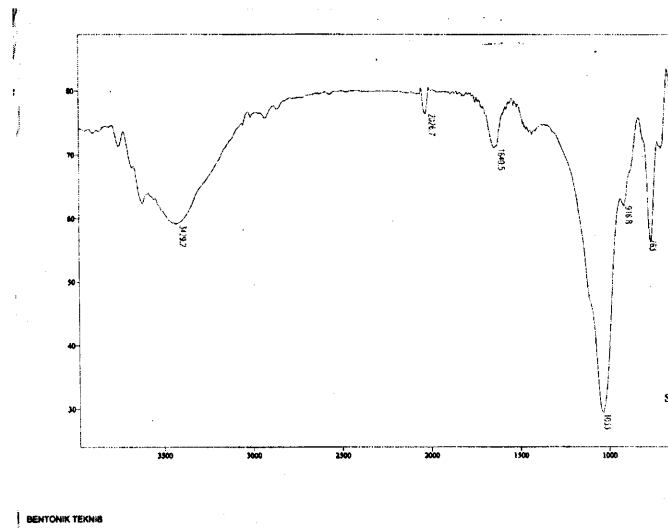
sebagai adsorben dilakukan penentuan luas permukaan, jari-jari pori, dan volume total pori.

Karakterisasi Bentonit teknis untuk mengetahui luas permukaan, jari-jari pori dan volume total pori dilakukan dengan menggunakan alat *GSA Quantachrome Nova Win2*. Berdasarkan metode BET menggunakan alat tersebut diperoleh data bahwa histerisis terjadi pada volume antara 23 – 33 cc/g dan tekanan relatif antara 0,42 – 0,45 atm.

Hal ini berarti bahwa padatan/kristal yang diperiksa merupakan padatan berpori dengan bentuk "bottle ink" dan dapat digunakan untuk adsorpsi isoterm pada tekanan kamar (Ościk, 1982). Data lain yang diperoleh adalah harga luas permukaan sebesar: 51,935 m^2/g , volume pori total: $1,302 \times 10^{-1} \text{cc/g}$ dan jari-jari pori lebih kecil dari 1013,9 .

Proses Adsorpsi Indigotin

Melalui 5 replikasi proses adsorpsi dari 0,1 g Bentonit teknis yang dimasukkan kedalam larutan Indigotin dihasilkan kapasitas adsorpsi (mg/g) masing-masing : 9,57%; 5,81%; 5,71%; 5,69%; 5,90%. Berdasarkan perhitungan statistik didapatkan $mean = 6,536$ dengan deviasi rata-rata $mean (D) = 0,543$, sehingga harga penolakan adalah harga yang lebih besar dari $4 D = 2,172$. Dengan demikian angka 9,57%



Gambar 2. Spektrum Spektrofotometer IR dari Bentonit teknis

dieliminasi dan didapatkan harga rata-rata kapasitas adsorpsi untuk pH 1,18 = 5,78%.

Dari larutan induk Indigotin, diambil sebanyak 750 mL dan dimasukkan kedalam 3 buah beaker glass sehingga masing-masing bervolume 250 mL. Pada beaker glass I ditambahkan NaOH 0,5 M sebanyak 46,7 mL dan 2 tetes HCl 0,1M sehingga pH terbaca 5,09. Beaker glass II ditambah dengan NaOH 0,5 M sebanyak 46,3 mL dan 5 tetes HCl sehingga pH terbaca 7,07. Beaker glass III ditambah dengan NaOH 0,5 M sebanyak 46,5 mL tanpa penambahan HCl dan pH terbaca 9,07

Data yang diperoleh dari 5 x replikasi untuk pH 5,09 menunjukkan kapasitas adsorpsi (mg/g) berturut-turut : 3,53%; 7,97%; 8,10%; 7,57%; 7,90%. Menggunakan perhitungan statistik sederhana $mean = 7,014$ dengan deviasi rata-rata $mean (D) = 0,623$, sehingga harga penolakan adalah harga yang lebih besar dari 4 D = 2,492. Oleh karena harga deviasi tunggal dari 3,53% adalah 3,484 lebih besar dari 2,492 maka angka 3,53% dapat dieliminasi, sehingga harga rata-rata kapasitas adsorpsi pada pH 5,09 = 7,89%

Selanjutnya data yang diperoleh dari 5 x replikasi untuk pH 7,07 menunjukkan kapasitas adsorpsi (mg/g) berturut-turut : 8,66%; 8,78%; 9,04%; 8,93%; 8,81%. Melalui perhitungan statistik sederhana

diperoleh $mean = 8,844$ dengan deviasi rata-rata $mean (D) = 0,050$, sehingga harga penolakan adalah harga yang lebih besar dari 4 D = 0,202. Oleh karena harga deviasi tunggal dari lima replikasi lebih kecil dari 2,201 maka harga rata-rata kapasitas adsorpsi pada pH 7,07 adalah 8,84%.

Pada pH 9,07 dari 5 x replikasi diperoleh data kapasitas adsorpsi (mg/g) berturut-turut : 9,28%; 9,98%; 9,65%; 9,63%; 8,76%. Dengan perhitungan statistik sederhana didapatkan $mean = 9,46$ dengan deviasi rata-rata $mean (D) = 0,157$ sehingga harga penolakan adalah harga yang lebih besar dari 4D = 0,630. Oleh karena deviasi 8,76% adalah 0,7 atau lebih besar dari 4 D maka harga 8,76% dieliminasi dan didapatkan harga rata-rata kapasitas adsorpsi sebesar 9,64%.

Perolehan kapasitas adsorpsi dari keempat pH tersebut ditabulasikan pada Tabel 1.

Menggunakan hasil replikasi seperti yang tercantum pada Tabel 1 dan setelah perhitungan statistik sederhana, diperoleh rerata kapasitas adsorpsi untuk 4 buah pH yang dicobakan berturut-turut adalah : 5,78% ; 7,89% ; 8,84% ; 9,64%. Berdasarkan perhitungan dari data yang diperoleh dapat dikatakan bahwa kapasitas adsorpsi bertambah dengan bertambahnya harga pH seperti yang terlihat pada Gambar 3 a.

Tabel 1. Kapasitas adsorpsi (%) Bentonit teknis ($\pm 0,1g$) untuk larutan Indigo biru pada keempat pH dengan replikasi lima kali

Replikasi	Kapasitas Adsorpsi (%) pada pH 1	Kapasitas adsorpsi (%) pada pH 5	Kapasitas Adsorpsi (%) pada pH 7	Kapasitas Adsorpsi (%) pada pH 9
1	9,57	3,53	8,66	9,28
2	5,81	7,97	8,78	9,98
3	5,71	8,10	9,04	9,65
4	5,69	7,57	8,93	9,63
5	5,90	7,90	8,81	8,76

Meningkatnya kapasitas adsorpsi yang sejalan dengan bertambahnya pH dapat terjadi karena perubahan pH sistem menggunakan NaOH dan HCl. Banyaknya NaOH yang digunakan menyebabkan terjadinya senyawa baru Na-Indigo yang akan memasuki pori-pori Bentonit teknis.

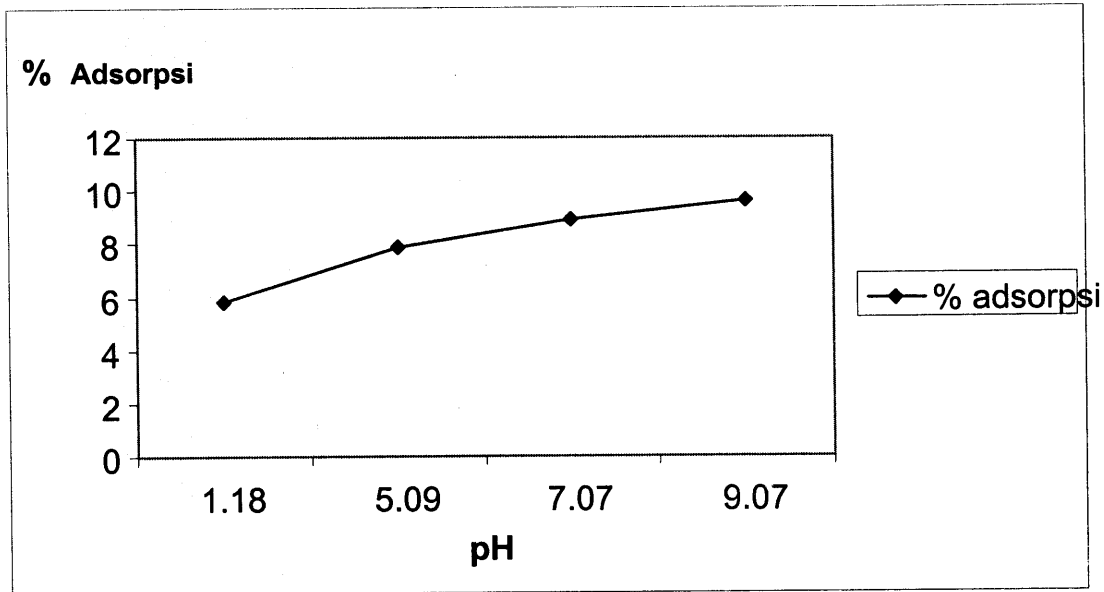
Sedangkan sisa NaOH yang bereaksi dengan HCl menyebabkan adanya ion H⁺ yang akan berikatan dengan lembar tetrahedral SiO₂ pada titik aktif. Adanya senyawa baru Na-Indigo dibuktikan dengan mengukur sisa Indigotin sebelum diinteraksikan dengan Bentonit teknis sehingga Indigotin yang bereaksi dapat diketahui.

Untuk memperkuat analisis di atas, dilakukanlah pemeriksaan polikristalin Bentonit teknis yang telah mengadsorpsi Indigotin pada pH 1, 5, 7, dan 9 menggunakan Spektrofotometer IR. Hasil yang diperoleh tertera di Gambar 3 b.

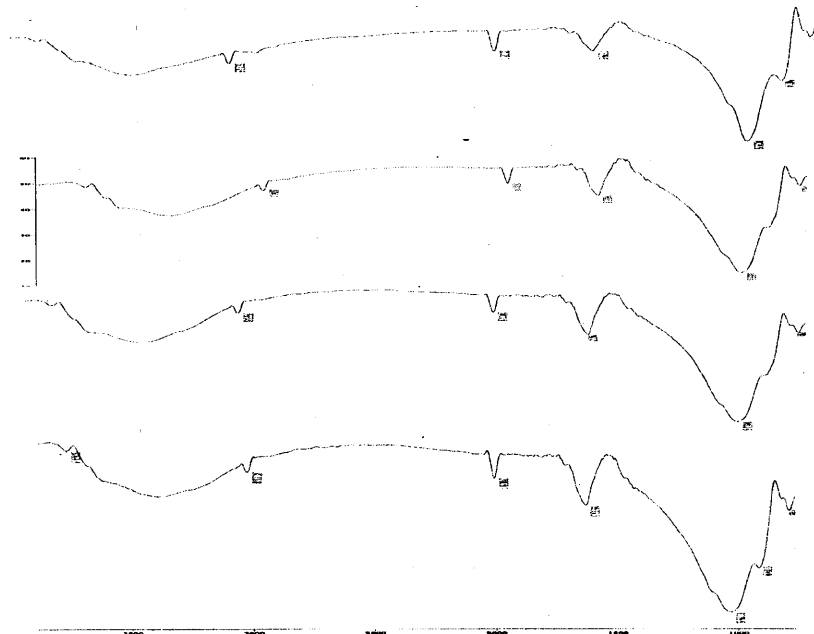
Bilangan gelombang pada Gambar 3 bila dibandingkan dengan bilangan gelombang Bentonit Gambar 2 terdapat beberapa perbedaan. Perbedaan tersebut antara lain dapat dilihat pada tabel 2

Kenaikan bilangan gelombang dari 763 cm⁻¹ menjadi 793,7 dan 790 cm⁻¹ menandakan adanya pergeseran di daerah deformasi OH akibat adanya ikatan OH dengan kation atau pada tekuk Fe(II) – Fe(III) – OH. Keadaan ini disebabkan oleh adanya penambahan NaOH yang jumlahnya berbeda pada masing-masing pH sistem yang diteliti. Pada Bentonit teknis terdapat bilangan gelombang 916,8 cm⁻¹ yaitu tekuk Al – Al –

OH, tetapi pada Bentonit-Indigo pH sistem 5 dan 7, bilangan gelombang ini tidak terdeteksi. Sebaliknya pada pH sistem 1 dan 9, bilangan gelombang yang merupakan karakter tekuk Al-Al-OH muncul lagi. Pada pH sistem 5 dan 7 spektra tersebut tidak muncul, kemungkinan karena pori-pori (antar-bidang) tertutup oleh senyawa baru hasil reaksi antara NaOH dan Indigotin. Senyawa baru yang terbentuk diketahui berdasarkan pengukuran konsentrasi awal Indigotin dan konsentrasi Indigotin setelah ditambah dengan NaOH untuk membentuk pH sistem. Pada pH sistem 1 munculnya spektra disebabkan oleh larutan Indigotin yang terinterkalasi ke dalam pori-pori Bentonit, yang tidak menutupi tempat aktif lembar oktahedral. Pada pH sistem 9 munculnya spektra disebabkan oleh ion Na⁺ dari hasil reaksi Indigotin dan NaOH yang menempati tempat aktif lembar tetrahedral. Pada bilangan gelombang 1033 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi regang Si-O yang dapat dikatakan tidak ada perubahan, yang berarti tidak ada perubahan struktur lapis tetrahedral SiO₂. Perubahan dari bilangan gelombang 1640,5 cm⁻¹ menjadi bilangan gelombang 1633/1637 cm⁻¹ menandakan terjadinya deformasi yaitu tekuk H-O-H dari air yang teradsorpsi. Sedangkan perubahan bilangan gelombang 2026,7 cm⁻¹ menjadi bilangan gelombang yang lebih kecil menunjukkan adanya ikatan Si-C yang lebih lemah. Terjadinya puncak pada bilangan gelombang 3020/3023 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan NH₂⁺ yang berasal dari Indigotin yang



Gambar 3a. Kapasitas adsorpsi (%) vs pH



Gambar 3b. Spektrum IR dari Bentonit-Indigo pH 1, 5, 7, dan 9.

teradsorpsi. Bilangan gelombang ini tidak muncul pada Bentonit teknis.

KESIMPULAN

Bentonit teknis jenis *Proton Bent Drilling Mud* No: 03/DMP/12/09 dari PT Madu Lingga Perkasa Gresik) mengandung

senyawa Na_2O seberat 2,64%, massa Al_2O_3 :20,75%, massa SiO_2 : 57,55%, massa FeO :13,73%. Menunjukkan serapan pada bilangan gelombang 3429,2; 2026,7; 1640,5; 1033; 916,8; 763 cm^{-1} . *Surface area* Bentonit teknis: 51,935 m^2/g , dengan volume pori total $1,302 \times 10^{-1} \text{ cc/g}$ dan radius pori: < 1013,9 Å.

Tabel 2. Perbedaan Bilangan Gelombang (\square) antara Bentonit teknis dan Bentonit-Indigo pada pH 5, 7, dan 9.

\square B- teknis (cm-1)	\square Bentonit-Indigo pH 1 (cm-1)	\square Bentonit-Indigo pH 5 (cm-1)	\square Bentonit-Indigo pH 7 (cm-1)	\square Bentonit-Indigo pH 9 (cm-1)
763	793,7	793,7	790	790
916,8	902,4	-	-	909,9
1033	1029,9	1033,6	1033,6	1029,9
1640,5	1629,6	1633,3	1637	1633,3
2026,7	2008,1	2011,9	2011,9	2008,1
-	3023,8	3020,1	3023,8	3023,8
3429,2	3429	3429	3429	3429

Bentonit teknis dapat digunakan sebagai adsorben Indigotin dengan kemampuan adsorpsi sebesar 5,78; 7,89; 8,84; 9,64% berturut-turut pada pH 1,18; 5,09; 7,07; dan 9,07.

Kenaikan kemampuan adsorpsi sebanding dengan kenaikan pH sistem yang menggunakan penambahan NaOH dan HCl.

DAFTAR PUSTAKA

- Armağan, B., Turan, M., and Çelik, M.S. 2004. Equilibrium Studies on the Adsorption of Reactive Azo dyes into Zeolite. *Desalination*. www.elsevier.com/locate/desal.
- Grim, R.E., 1968. *Clay Mineralogy*. New York : McGraw Hill Book Company.
- Harsini, M. 1997. Karakteristika Adsorpsi Larutan Indigo Biru pada Bentonit. Lembaga Penelitian Univ. Airlangga : Surabaya.
- Kalibbala, H.M. 2007. Application of Indigenous Materials in Drinking Water Treatment. Royal Institute of Technology.
- Katti, K. and Katti, D. 2003. *Effect of Clay-Water Interactions On Swelling In Montmorillonite Clay*. North Dakota State University : Fargo.
- Khopkar S.M. (terjemahan Saptorahardjo, A). 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Koestiari, Toeti. 2008. *Analisis Infra Merah Bentonit Pada Berbagai Suhu Sebagai Adsorben Timbel*. Prosiding Seminar Nasional MIPA dan Pend. MIPA, UNESA
- Ościk, J. 1982. *Adsorption*. Chichester. Toronto: John Wiley and Sons.
- Permenkes No. 907/Menkes/Sk/VII/2002. Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.
- Reyes, J.T., V. S. Mendieta, A. C. Cruz, and R. A. L. Morales. 2008. Removal of Indigo Blue in Aqueous Solution Using Fe/Cu Nanoparticles and C/Fe-Cu Nanocomposites. *Water Air Soil Pollut.*
- Rouquerol, F., J. Rouquerol, K. Sing. 1999. *Adsorption by Powders and Porous Solids*. New York : Academic Press
- Stuart, B. 2004. *Infra Red Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. New York: John Wiley and Sons.
- Tan, K.H. (terjemahan Didiek H.G.). 1992. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Tan, K.H. 1996. *Soil Sampling, Preparation, and Analysis*. New York : Marcel Dekker, Inc.
- Tolstoy, V. P., I.V. Chernystiova, V. A. Skryshevsky. 2003. *Hand Book of Infra Red Spectra of Ultrathin Films*. New Jersey : John Wiley and Sons, Inc/Wiley Interscience www.pertambanganjatim.or.id. *Potensi Galian Industri*. mht. (diakses 1-11-2009).