

KARAKTERISASI BENTONIT PACITAN

Buchari* dan Muji Harsini**

* FMIPA, ITB, Jalan Ganesha 10, Bandung

** FMIPA Universitas Airlangga, Surabaya

INTISARI

Bentonit merupakan lempung yang mempunyai sifat plastis dan koloidal yang tinggi, dengan kandungan utama mineral smektit (monmorillonit). Secara komersial dikenal dua macam bentonit, yaitu kalsium bentonit dan natrium bentonit. Hasil analisis DTA, XRD dan IR terhadap bentonit Pacitan menunjukkan bahwa penyusun utamanya adalah monmorillonit yang bercampur dengan sedikit kuarsa. Bentonit ini mempunyai kapasitas pertukaran kation (KPK) 45,98-62,42 meq/100 gram, berat jenis 2,14-2,28 g/mL, luas permukaan 641,44-737,29 m²/g, volume pori 0,88-1,25 mL/g dan swelling indek 78,95-163,16 %. Berdasarkan XRD dan harga KPK menunjukkan jenis kalsium bentonit.

ABSTRACT

Bentonite is high plastivity and colloidal clay which contains smectite (montmorillonite) mineral as major the component. Commercially, there are two kinds of bentonite, which are calcium bentonite and sodium bentonite. Results of DTA, XRD and IR analysis on Pacitan bentonite, show that the major component is montmorillonite mixed with a little quartz. Cation exchange capacity (CEC), specific gravity, surface area, pore volume and swelling index of this bentonite are 45,98-62,42 meq/100 gram; 2,14-2,28 g/mL; 641,44-737,29 m²/gram; 0,88-1,25 mL/gram and 78,95-163,16 %, respectively. Based on XRD and CEC value Pacitan bentonites are of the calcium bentonite type.

PENDAHULUAN

Bentonit merupakan lempung yang mempunyai sifat plastis dan koloidal tinggi dengan kandungan utama mineral smektit (monmorillonit) dengan kadar 85-95 %. Rumus teoritik smektit adalah $(OH)_4Si_8Al_4O_{20} \cdot nH_2O$, dengan komposisi SiO₂ 66,79%, Al₂O₃ 28,3 % dan H₂O 5 % [1].

Secara komersial dikenal dua jenis bentonit yaitu kalsium bentonit dan natrium bentonit. Kalsium bentonit digunakan sebagai

bahan penyerap, pemucat minyak goreng, zat perekat pasir cetak dalam proses pengecoran baja, sebagai katalisator dalam industri kimia, pengisi dan sebagainya. Natrium bentonit dapat digunakan sebagai lumpur pembilas (*drilling mud*) dalam pengeboran minyak, gas dan panas bumi, pencampuran semen, bahan penyumbat kebocoran bendungan dan sebagainya [2].

Hal-hal yang perlu diperhatikan sehubungan dengan pemanfaatan bentonit adalah mutu bentonit yang dapat diketahui dari komposisi dan jenis mineral penyusun bentonit, komposisi kimia, sifat kimia seperti pH maupun kapasitas pertukaran kation dan sifat fisika bentonit seperti luas permukaan, kemampuan mengembang (*swelling*), dan sebagainya.

Di Pacitan, Jawa Timur, terdapat cadangan bentonit yang terdapat dalam formasi Punung, dengan ketebalan sampai 10 meter, cadangan potensialnya sekitar 2 juta ton [3]. Pada saat ini bentonit tersebut telah ditambang oleh P.T. Indobent Wijaya Mineral yang berlokasi di Desa Punung, Pacitan, Jawa Timur. pada umumnya karakterisasi yang dilakukan terbatas pada komposisi mineral, komposisi kimia dan beberapa sifat fisik yang berkaitan dengan pemanfaatan bentonit tersebut. Pada penelitian ini di samping karakterisasi tersebut, dilakukan pula karakterisasi dengan metoda instrumental seperti analisis differensial termal (DTA), spektroskopi infra merah serta luas permukaan. Data yang diperoleh diharapkan dapat menambah informasi tentang mutu bentonit asal Pacitan ini.

METODE

Sampel

Sampel yang digunakan adalah bentonit yang berasal dari Desa Punung, Pacitan yang diperoleh dari PT Indobent Wijaya Mineral, Pacitan, Jawa Timur. Sample bentonit yang diambil ada tiga macam, yaitu: bentonit yang berasal dari lapisan atas berwarna kemerahan (B-1); lapisan tengah berwarna abu-abu muda (B-2) dan lapisan bawah berwarna abu-abu tua (B-3). Lokasi

pengambilan sampel adalah sekitar aktivitas penambangan. Berdasarkan keterangan petugas, diharapkan sampel yang diambil dapat mewakili bentonit Pacitan dari Desa Punung. Sebagai pembanding, dikarakterisasi pula bentonit dari Waco, Amerika Serikat (B-4).

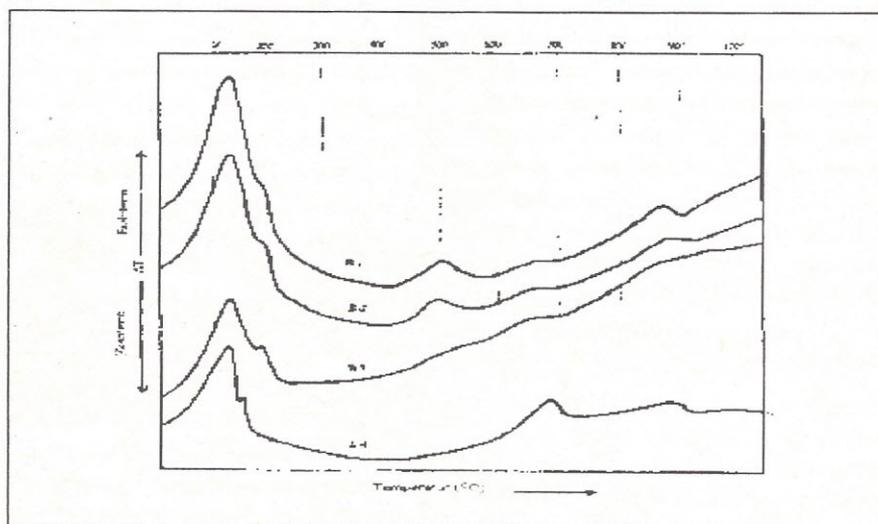
Cara Kerja

Analisis mineral dilakukan dengan menggunakan analisis differensial termal (DTA), difraksi sinar-x (XRD) dan spektroskopi infra-merah (IR). Komposisi kimia ditentukan dengan cara gravimetri dan spektrofotometri serapan atom (SSA) [4, 5]. Sifat kimia ditentukan terhadap kapasitas pertukaran kation (KPK) dengan merendahnya dalam larutan amonium asetat 1 M, kemudian ion-ion yang tertukar seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} , ditentukan dengan menggunakan SSA. Ditentukan pula pH masing-masing bentonit dalam larutan NaCl 1 M. Sifat fisik ditentukan terhadap luas permukaan, volume pori, swelling index dan berat jenis. Luas permukaan ditentukan dengan metoda metilenbiru, volume pori ditentukan dengan titrasi dengan air, swelling index ditentukan dengan mengukur proses volume pembengkakan dari bentonit setelah direndam dalam air. Berat jenis ditentukan dengan piknometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Awal

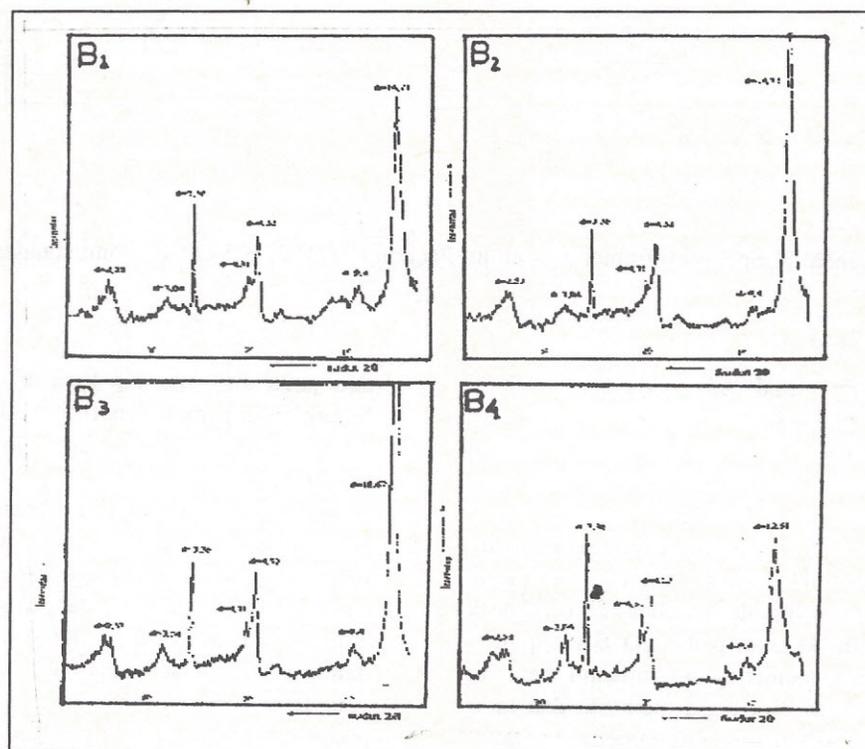
Termogram DTA bentonit Pacitan maupun standar dapat dilihat pada Gambar 1. Kurva tersebut mempunyai pola yang sangat khas, yang menunjukkan bahwa penyusun utama bentonit adalah monmorillonit. Dari kurva tersebut dapat dilihat adanya puncak endotermik pada temperatur 100-200 °C, ini menunjukkan hilangnya air teradsorpsi atau hidrasi (H_2O). Pada puncak endotermik temperatur 475-525°C, menunjukkan hilangnya molekul air yang menempati ruang intermellar atau air interkalasi (H_2O^+). Pada bentonit standar B-4, tidak terlihat adanya puncak ini. Hal ini bisa disebabkan oleh sedikitnya air yang menempati ruang interlamellar. Puncak endotermik pada 600-700°C menunjukkan adanya dehidroksilasi mineral monmorillonit, yaitu lepasnya gugus OH^- pada kerangka struktur mineral monmorillonit, termasuk yang berasal dari H-OH. Puncak eksotermis pada 875-950°C menunjukkan adanya perubahan struktur mineral monmorillonit. Perubahan struktur ini dapat berasal dari leburan kristal lama menjadi kristal baru atau perubahan zat amorf menjadi kristal. Secara umum beberapa literatur menyatakan bahwa analisis DTA terhadap mineral smectite memperlihatkan puncak endotermik pada suhu <300°C yang menyatakan hilangnya air teradsorpsi, puncak endotermik pada suhu 500-700 °C yang menyatakan dehidroksilasi dan puncak eksotermik pada suhu >850°C yang menyatakan adanya perubahan struktur mineral.



Gambar 1. Termogram DTA bentonit Pacitan B-1, B-2, B-3 dan bentonit standar (B-4).

Berdasarkan difraktogram pada Gambar 2 terlihat bahwa intensitas yang paling kuat pada jarak antara bidang dasar, d 12,61 - 16,67 Å, hal ini menunjukkan bahwa penyusun utama lempung bentonit adalah monmorillonit. Adanya molekul air di dalam ruang interlamellar mempengaruhi jarak antar bidang dasar ini. Pada sample 1 bentonit B-1, B-2 dan B-3 harga $d = 14,71$ Å dan 16,67 Å, menunjukkan bahwa jenis mineral lempung adalah kalsium monmorillonit yang memiliki dua lapis molekul air ($d = 14,5 - 15,5$ Å). Sedangkan untuk bentonit standar, B-4 mempunyai harga $d = 12,61$ Å yang diperkirakan jenis mineralnya adalah natrium

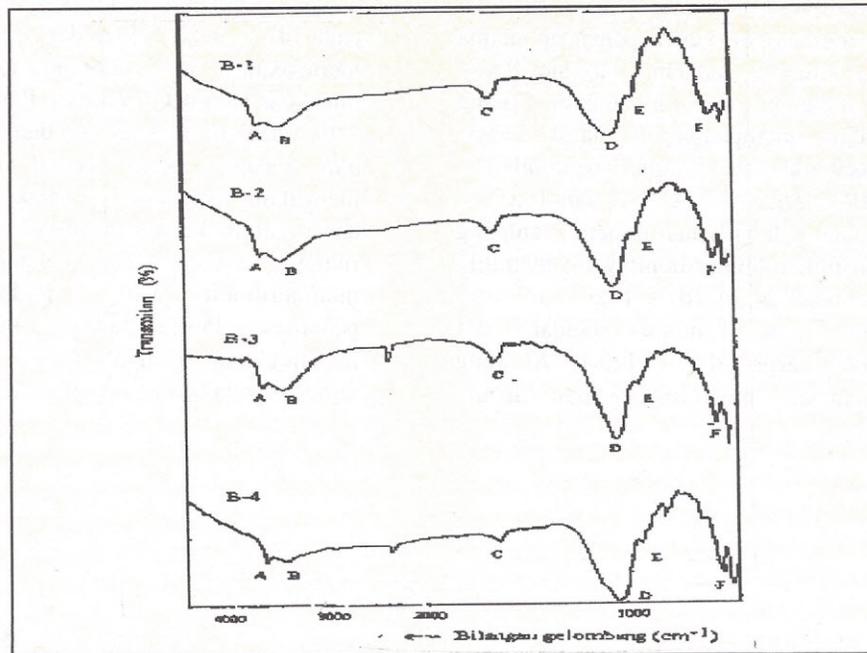
monmorillonit yang memiliki satu lapis molekul air pada ruang interlamellar ($d = 12,5$ Å) [1]. Sedangkan puncak-puncak yang lain pada $d = 4,52; 3,04$ dan $2,53$ Å adalah merupakan ciri monmorillonit dengan intensitas yang lebih rendah. Puncak pada $d = 9,40$ Å dengan intensitas rendah diduga berasal dari sebagian kecil kristal monmorillonit mengalami pemendekan jarak antar bidang dasar, karena kehilangan molekul air di dalam ruang interlamellar dalam struktur monmorillonit yang disebabkan oleh pemanasan. Puncak pada $d = 4,31$ dan $3,36$ Å menunjukkan mineral kuarsa yang sering terdapat pada berbagai ragam tanah [6].



Gambar 2. Difraktogram bentonit Pacitan B-1, B-2, B-3 dan bentonit standar (B-4).

Spektrum IR bentonit Pacitan dan bentonit standar dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan spektrum IR, dapat dilihat bahwa pola tersebut khas untuk mineral monmorillonit [6]. Pita A pada bilangan gelombang 3630 cm^{-1} menunjukkan getaran ulur hidrosil dari Al-Mg-OH atau Al-Al-OH. Pita B pada 3400 cm^{-1} yang diperkuat oleh pita C yang masing-masing menunjukkan ulur O-H dan $^{-1}$ tekuk H-

O-H yang diakibatkan oleh adsorpsi molekul air. Pita D pada 1050 cm^{-1} menunjukkan getaran ulur Si-O yang seharusnya memperkuat pita getaran Si-OH pada bilangan gelombang $3700 - 3200 \text{ cm}^{-1}$. Selanjutnya pita E pada 930 cm^{-1} menunjukkan tekuk Al-Al-OH [7]. Sedangkan pita pada 2330 cm^{-1} pada B-3 dan B-4 menunjukkan adanya CO_2 , yang terperangkap dalam pori-pori bentonit.



Gambar 3. Spektra inframerah bentonit Pacitan B-1, B-2, B-3 dan bentonit standar (b-4).

Secara sekilas tidak ada perbedaan antara spektrum IR sampel bentonit Pacitan dan bentonit standar B-4. Tetapi apabila dilihat secara seksama ada perbedaan intensitas (luas puncak) pada pita B 3400 cm^{-1} maupun pita C pada 1630 cm^{-1} . Luas puncak pada pita-pita ini dipengaruhi oleh adanya molekul air yang menempati ruang interlamellar. Luas puncak pada bentonit Pacitan pada pita B maupun C cukup besar, menunjukkan kalsium bentonit yang dalam keadaan biasa memiliki dua lapis molekul air pada ruang interlamellar. Sedangkan pita B dan pita C pada bentonit standar B-4 memiliki luas puncak yang relatif kecil, menunjukkan jenis natrium bentonit yang memiliki satu lapis molekul air pada ruang interlamellar. Hal ini telah diperkuat oleh data DTA maupun XRD.

Analisis Komposisi Kimia

Hasil analisis komposisi kimia disajikan pada Tabel 1 yang dinyatakan sebagai oksida-oksida logamnya. Komponen utama bentonit adalah siliki (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) sedangkan kandungan logam lainnya kecil. Kandungan air pada bentonit sampel B-1, B-2 dan B-3 cukup besar, yaitu sekitar 18 % yang digolongkan dalam

dua jenis air yaitu air lembab (H_2O^-) yang hilang pada pemanasan $105 - 110\text{ }^\circ\text{C}$ dan air interkalasi (H_2O^+) yang hilang pada pemanasan $400\text{ }^\circ\text{C}$.

Penyusun utama bentonit adalah smektit yang mempunyai angka banding teoritis SiO_2 dan Al_2O_3 sebesar 2,34. Angka banding $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ dalam B-1, B-2, B-3 dan B-4 berturut-turut adalah 2,54; 2,44; 3,32 dan 3,19, yang semuanya mempunyai harga yang lebih besar daripada 2,35. Hal ini menunjukkan kadar SiO_2 yang lebih tinggi. Kelebihan SiO_2 ini mungkin saja berasal dari kuarsa atau mineral silikat lainnya.

Tabel 1. Hasil analisis komposisi kimia bentonit Pacitan dan bentonit standar

| Oksida | B-1 (%) | B-2 (%) | B-3 (%) | B-4 (%) | B * |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| SiO_2 | 50,38 | 49,68 | 54,07 | 55,55 | 55,44 |
| Al_2O_3 | 19,85 | 20,38 | 16,28 | 17,39 | 20,14 |
| Fe_2O_3 | 8,11 | 6,42 | 6,38 | 3,84 | 3,67 |
| MgO | 2,66 | 3,24 | 4,54 | 4,44 | 2,49 |
| CaO | 1,43 | 1,12 | 1,19 | 1,51 | 0,50 |
| Na_2O_3 | 0,16 | 0,20 | 0,14 | 1,87 | 2,75 |
| K_2O | 0,16 | 0,28 | 0,18 | 0,24 | 0,60 |
| H_2O^- | 14,45 | 12,70 | 13,49 | 10,09 | 14,70 |
| H_2O^+ | 3,72 | 4,56 | 4,17 | 1,52 | |

* Bentonit Upton, Wyoming USA [8].

Adanya logam Fe, Ca, Mg, Na dan K yang ada dalam bentonit dikarenakan dalam perkembangannya dipengaruhi oleh kondisi-kondisi di sekitarnya yang memungkinkan bentonit tersebut mengadakan adsorpsi dan pertukaran kation maupun anion. Atau dapat juga adanya logam-logam tersebut berasal dari oksida-oksida bebas sebagai pengotor. Kandungan oksida besi yang cukup tinggi pada bentonit Pacitan yaitu 6,38-8,11 % diduga merupakan akibat terjadinya substitusi Al oleh Fe dalam struktur smektit dan atau beasal dari oksida besi bebas yang sering terdapat dalam tanah. Sayang sekali tidak diperoleh informasi tentang bentonit dari Amerika Serikat yang digunakan sebagai referensi, tentang kandungan CaO yang lebih besar dari kandungan CaO bentonit Pacitan. Pada hal berdasarkan kandungan Na₂O, diduga bentonit referensi tersebut termasuk jenis natrium bentonit.

Sifat Kimia

Harga kapasitas pertukaran kation KPK bentonit Pacitan dan bentonit standar dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa bentonit Pacitan B-1, B-2 dan B-3 mempunyai pH 6 atau bersifat asam. Sifat asam ini diduga berasal dari proton yang ada dalam ruang interlamellar yang berfungsi sebagai ion penyeimbang. Proton ini hanya akan lepas apabila ada kation lain yang menukarnya, misalnya Na⁺ yang digunakan untuk penentuan pH lempung. Sedangkan bentonit standar B-4 mempunyai pH 8, yang berarti bersifat basa. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh penggunaan natrium karbonat yang bersifat alkali sebagai sumber ion Na⁺ pada aktivasi bentonit ini.

Tabel 2. Harga pH dan kapasitas pertukaran kation bentonit Pacitan dan bentonit standar

| Sampel | pH | Kation (mek/100 g) | | | | KPK total (mek/100g) |
|--------|----|--------------------|------|-------|-------|----------------------|
| | | Na | K | Ca | Mg | |
| B-1 | 6 | 1,58 | 0,00 | 30,20 | 14,20 | 45,98 |
| B-2 | 6 | 1,73 | 0,07 | 40,43 | 18,57 | 60,80 |
| B-3 | 6 | 1,94 | 0,00 | 44,72 | 15,76 | 62,42 |
| B-4 | 6 | 27,57 | 0,23 | 42,87 | 2,03 | 72,70 |

Penentuan sifat KPK dalam hal ini adalah penentuan Na⁺, K⁺, Ca²⁺ dan Mg²⁺ yang dapat dipertukarkan oleh ion NH₄⁺ dari larutan amonium asetat dengan konsentrasi cukup besar (1 N) pada pH 7, supaya pertukaran terjadi secara maksimum. Ion NH₄⁺ digunakan sebagai ion penukar karena mempunyai daya tembus yang tinggi sehingga

ion-ion lain dapat dipertukarkan [6]. Menurut Way, kekuatan pertukaran ionm adalah Na⁺ < K⁺ < Ca²⁺, Mg²⁺ < NH₄⁺ [8] yang berarti bahwa ion NH₄⁺ dapat menukar ion-ion Na⁺, K⁺, Ca²⁺ dan Mg²⁺ relatif lebih mudah.

Berdasarkan hasil penentuan KPK dapat dilihat bahwa kation yang dapat dipertukarkan yang dominan pada B-1, B-2 dan B-3 adalah kation Ca²⁺ yang berkisar antara 30,20 - 44,72 mek/100 gram, kemudian disusul Mg²⁺ 14,20-18,57 mek/100 gram, sedangkan ion Na⁺ dan K⁺ sangat kecil. Dari data ini juga dapat dikatakan bahwa bentonit Pacitan adalah jenis kalsium bentonit.

Pada bentonit standar B-4, kation yang dapat dipertukarkan yang dominan adalah Ca²⁺ yaitu 42,87 mek/100 gram, kemudian disusul Na⁺ 27,57 mek/100 gram sedangkan ion Mg²⁺ dan K⁺ sedikit. KPK untuk Ca²⁺ yang cukup besar ini diperkuat dengan hasil penentuan CaO-nya yang relatif tinggi pula.

Sampel B-1 mempunyai harga KPK paling kecil, yaitu 45,98 mek/100 gram, hal ini disebabkan B-1 berada pada lapisan paling atas, yang kemungkinan kandungan monmorillonitnya sedikit karena bercampur dengan bahan-bahan organik dari tumbuhan. Sedangkan untuk B-2 dan B-3 mempunyai harga KPK yang relatif sama, yaitu 60,80 dan 62,42 mek/100 gram. Bentonit standar B-4 mempunyai harga KPK paling besar yaitu 72,70 mek/100 gram.

Sifat Fisik

Hasil penentuan sifat-sifat fisik bentonit sampel dan bentonit dapat dilihat pada Tabel 3. Dari tabel tersebut dapat dilihat berat jenis bentonit Pacitan B-1, B-2 dan B-3 berkisar pada harga 2,14-2,28 g/mL, sedangkan bentonit standar B-4 mempunyai berat jenis 2,10 g/mL. Harga-harga ini sesuai dengan BJ monmorillonit 2-2,7 g/mL, berat jenis ini berkurang dengan bertambahnya kandungan air [9].

Tabel 3. Sifat-sifat fisik bentonit Pacitan dan bentonit standar

| Sampel | BJ (g/ml) | Luas permukaan (m ² /g) | Volume pori (ml/g) | Swelling index (%) |
|--------|-----------|------------------------------------|--------------------|--------------------|
| B-1 | 2,14 | 641,44 | 1,01 | 144,40 |
| B-2 | 2,28 | 737,29 | 1,25 | 163,16 |
| B-3 | 2,22 | 636,94 | 0,88 | 78,95 |
| B-4 | 2,10 | 727,76 | 1,74 | 372,73 |

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa luas permukaan bentonit Pacitan berkisar antara 636,94-737,29 m²/gram, yang tidak berbeda dengan luas permukaan bentonit standar B-4 yaitu 727,76m²/gram. Monmorillonit mempunyai luas permukaan spesifik 700-800m²/gram. Luas permukaan ini cukup besar, karena monmorillonit mempunyai permukaan aktif luar dan antar lapis. Dari keduanya, luas permukaan antar lapis merupakan bagian utama (90%) dari luas permukaan total (Tan, 1982). Oleh karena luas permukaannya besar, bentonit merupakan adsorben yang baik. Volume pori bentonit sampel 0,88-1,25 mL/gram, sedangkan volume pori bentonit standar B-4 adalah 1,74 mL/gram. Volume pori antara lain dipengaruhi oleh bentuk pori. Bentuk pori bola atau kubus mempunyai volume pori yang besar.

Swelling index yang menunjukkan kemampuan mengembang bentonit, untuk sampel 78,95-163,16 %. Sampel B-3 mempunyai kemampuan mengembang yang kecil, kemungkinan disebabkan oleh adanya kuarsa dalam jumlah yang lebih banyak terdapat pada lempung bentonit lapisan paling bawah ini. Kuarsa mempunyai kemampuan yang sangat sedikit mengembang (Tan, 1982). Bentonit standar B-4 mempunyai kemampuan mengembang yang cukup besar yaitu 372,73 %, yang diduga jenisnya adalah natrium bentonit.

Luas permukaan, volume pori dan swelling index sampel menunjukkan adanya kesesuaian, yaitu B-2 > B-1 > B-3. Adanya pengotor sejenis kuarsa yang memiliki struktur tiga dimensi sangat stabil, agaknya menyebabkan penurunan sifat daya mengembang dan porositas dari sampel bentonit. Kuatnya ikatan selikon-oksigen pada kuarsa memberikan sifat inert yang besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil analisis mineral dengan analisis difrensial termal, difraksi sinar-x dan spektroskopi infra-merah menunjukkan bahwa penyusun utama bentonit Pacitan adalah mineral lempung monmorillonit yang diperkiran bercampur dengan sedikit kuarsa.

2. Hasil analisis komposisi kimia menunjukkan bahwa komponen utama bentonit Pacitan adalah silika dan alumina dengan perbandingan SiO₂/Al₂O₃ yang lebih besar dari ada harga perbandingan teoritis. Kandungan oksida besi cukup tinggi yaitu 6,38-8,11 %, sedangkan kandungan oksida logam lainnya kecil.
3. Hasil analisis dengan difraksi sinar-x dan kapasitas pertukaran kation yang dominan menunjukkan bahwa bentonit Pacitan adalah kalsium bentonit yang mempunyai harga KPK 45,98-62,42 meq/100 gram, berat jenis 2,14-2,28g/mL, luas permukaan 641,44-727,29m²/gram, volume pori 0,88-1,25 mL/gram dan swelling index 78,95-163,16 %.

PUSTAKA

1. R.E., Grim, *Clay Mineralogy*, McGraw-Hill Book Co. Inc., New York (1968).
2. A., Riyanto, *Bahan Galian Industri Bentonit*, PPTM, Bandung (1992).
3. T.S., Kunrat, A. Sudradjat, *Propek Usaha Pertambangan Bentonit*, PPTM, Bandung (1994).
4. J.R., Cater, M.T. Hatcher and Larry DC, Quantitative Analysis of Quartz and Chirtobalite in Bentonite Clay Based Product by X-ray Diffraction, *Anal Chem.*, 59, 513-519 (1987).
5. T. W., Endang, Penggunaan Metode Difraksi Sinar-x untuk Deteksi Perubahan rystal Mineral Lempung Akibat Pemanasan dan Aktivasi, *Berkala Ilmiah FMIPA-UGM*, tahun IV, No. 3, Januari, 37-44 (1993).
6. K. H., Tan, *Dasar Dasar Kimia Tanah*, terjemahan Didiek H.G., dkk., Gadjah Mada University Press, Yogyakarta (1982).
7. S. W., Webb, D. A. Stanley and B.J. Scheiner., *An Infrared Examination of Ion Exchanged Monmorillonite, Treated with Polyethylene Oxide*, Report of Investigation 9038, Bureau of Mines (1986).
8. R. E., Grim, *Bentonites : Geology, Mineralogy, Propertis and Uses*, Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam (1978).
9. N., Mason, L.G. Berry, *Elements of Mineralogy*, Toppan Co., Ltd., Tokyo (1968).