

EXTRACTION AND CHARACTERIZATION NATURAL CLAY OF CENTRAL KALIMANTAN AS ONE OF ALTERNATIVES ADDITIVES OF GEOPOLIMER CONCRETE

EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI LEMPUNG ASAL KALIMANTAN TENGAH SEBAGAI SALAH SATU ALTERNATIF BAHAN TAMBAHAN BETON GEOPOLIMER

Karelius

Prodi Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan
Universitas Palangkaraya, Kampus UPR Tunjung Nyaho Jl. H. Timang Palangka Raya

Email : iwanherman1@gmail.com

ABSTRACT

Extraction and characterization of natural clay from Central Kalimantan in form of white clay, yellow clay and red clay as one of the alternative additives of geopolymer concrete has been done. The natural clay from Central Kalimantan was first cleaned and then extracted to remove impurities minerals. The extraction was done chemically with 3M HCl solution and continued with calcination at 500 ° C. Characterization of natural clays, clays extracted by FTIR spectroscopy (Fourier Transform Infrared), XRD (X-ray diffraction), N₂ isothermal isotherm adsorption using gas sorption analyzer based on BET equation. The results of analysis using FTIR and XRD gas sorption analyzer and showed that the main content of natural clay minerals from Central Kalimantan is monmorillonite, halloysite, chrysotile, gibbsite, quartz, anatase, oligoclase, illit, biotite. The results showed that the extraction performed was able to increase the specific surface area of clay, the relative composition of the monmorillonite and quartz minerals, and in turn decreased the relative abundance of the biotite, chrysotile, gibbsite, oligoclase, anatase and illit minerals which are clay minerals from Central Kalimantan , so that with high content of monmorillonite and quartz and large surface area, natural clay as extraction results from Central Kalimantan can be used as an alternative additives of geopolymer concrete.

ABSTRAK

Ekstraksi dan karakterisasi lempung alam asal Kalimantan Tengah yang berupa lempung putih, lempung kuning dan lempung merah sebagai salah satu alternatif bahan tambahan beton geopolimer telah dilakukan. Lempung alam asal Kalimantan Tengah dibersihkan terlebih dahulu kemudiandiekstraksi untuk menghilangkan mineral pengotor. Ekstraksi dilakukan secara kimia dengan larutan HCl 3M dan dilanjutkan dengan kalsinasi pada temperature 500°C. Karakterisasi lempung alam, lempung hasil ekstraksi dilakukan dengan spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*), XRD (*X-ray diffraction*), fisisorpsi isothermal gas N₂ menggunakan *gas sorption analyzer* berdasarkan persamaan BET. Hasil analisa dengan menggunakan FTIR dan XRD *gas sorption analyzer* dan menunjukkan bahwa kandungan utama mineral lempung alam asal Kalimantan Tengah adalah monmorilonit, *halloysite*, *chrysotile*, *gibbsite*, kuarsa, anatase, *oligoclase*, illit, *biotite*. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa ekstraksi yang dilakukan ternyata mampu meningkatkan luas permukaan spesifik lempung, komposisi relatif dari mineral monmorilonit serta kuarsa, dan sebaliknya menurunkan kelimpahan relatif dari mineral *biotite*, *chrysotile*, *gibbsite*, *oligoclase*, *anatase* dan illit yang merupakan mineral pengotor penyusun lempung asal Kalimantan Tengah, sehingga dengan kandungan mineral monmorilonit dan kuarsa yang tinggi dan luas permukaan yang besar, lempung alam asal Kalimantan Tengah hasil ekstraksi dapat dijadikan sebagai alternatif bahan tambahan beton geopolimer.

Kata kunci : Lempung alam asal Kalimantan Tengah, ekstraksi, beton geopolimer

PENDAHULUAN

Istilah geopolymer pertama kalidiperkenalkan oleh Davidovits pada tahun1980an yang digunakan untuk polimerinorganik yang diproduksi dari ekstraksiterhadap bahan yang mengandung alumino-silikat (Bergaya dan Lagaly,2013). Geopolimer dapat dipabrikasidengan material alam seperti kalsinasi lempung, kaolin, metakaolin, smektit ataulimbah industri seperti abu layang danlumpur yang kaya silika-aluminat (Damilola, 2013). Geopolimer merupakanbentuk baru dari polimer inorganik yangterpolarisasi dan mencapai kestabilansecara dimensional pada suhu di bawah100°C serta dapat mensubstitusi semenportland, plastik, bahan keramik (batatahan panas) dan produk-produk mineral lainnya.Lempung (clay) adalah salah satu bahan yang ketersediaannya melimpah, namun belum dikelola secara optimal. Potensi aplikasi material ini sebagai bahan dasar pembuatan geopolimer semakin besar mengingat ketersediaan lempung khususnya di Kalimantan Tengahsangat melimpah.

Lempung merupakan material alam berupa silikat hidraaluminium kompleks dengan rumus kimia $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot kH_2O$, dimana n dan k merupakan nilai numerik molekul yang terikat. Berbentuk kristal dengan strukturberlapis, memiliki ukuranpartikel lebih kecil dari 2 μ , mudah dibentuk dalam keadaan basah dan mengeras dengan warna kemerah–merahan jika dibakar (Ortega *et al.*, 2013).

Kalimantan Tengah merupakan salah satu provinsi yang memiliki cadangan lempung cukup besar yaitu sekitar 8.900.352.000 m^3 . Tersebar di beberapa lokasi, seperti di Kota Palangka Raya, Kabupaten Barito Selatan, Barito Utara dan Gunung Mas(Amarullah *et al.*, 2002). Berdasarkan warna dan tempat pembentukannya, lempung di wilayah Kalimantan Tengah dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu lempung putih, lempung kuning dan lempung merah. Perbedaan karakteristik salah satunya disebabkan karena jenis mineral penyusun yang mendominasi dan kehadiran bahan lain yang terkandung di dalamnya, seperti oksida besi dan fragmen batuan. Lempung dapat mengalami perpindahan dari batuan induk akibat pengaruh tenaga eksogen yang menyebabkan butiran-butiran lempung lepas dan mengendap pada daerah dataran rendah. Perpindahan inilah

yang menyebabkan lempung dapat bercampur dengan bahan lain yang ada disekitarnya(Amarullah *et al.*, 2002)

Lempung alam asal Kalimantan Tengah sebaiknya diekstraksi sebelum digunakan sebagai bahan beton geopolimer. Hal ini ditujukan untuk menghilangkan mineral pengotor sehingga mempermudah proses penggabungan lempung dengan bahan-bahan lain dalam beton geopolimer. Ekstraksi dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu ekstraksi secara kimia dan fisis. Ekstraksi secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan larutan asam atau basa sedangkan proses ekstraksi secara fisis dapat dilakukan dengan pemanasan (kalsinasi) pada temperatur tinggi (300-700°C) (Bhattacharyya dan Gupta, 2008).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat-alat gelas (*pyrex*), rangkaian alat refluks, *hot plate*, neraca analitik, pH-meter, ayakan 60 mesh dan 100 mesh, lumping porselin, oven, desikator, pengaduk magnet, penyaring *Buchner*, *furnace*, spektrometer IR Shimadzu *Fourier-Transform Infrared* (FTIR prestige 21), *X-Ray Diffraction* (Shimadzu XRD 6000), fisisorpsi isothermal gas N_2 menggunakan *gas sorption analyzer* berdasarkan persamaan BET,rangkaian alat refluks.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputiLempung alam asal Kalimantan Tengah (Lempung putih, lempung kuning dan lempung merah),HCl 37%, $AgNO_3$, akuades dan kertas *whatman* 42 μ .

Prosedur Kerja

Persiapan Sampel

Lempung alam yang terdiri dari lempung putih, lempung kuning dan lempung merah asal Kalimantan Tengah dibersihkan dari pengotor kasar, kemudian dioven pada temperatur 70°C selama 3 jam. Selanjutnya dilakukan penggerusan dan diayak dengan menggunakan ayakan lolos 60 mesh. Hasil ayakan yang terdiri dari lempung putih (M-LP), lempung kuning (M-LK) dan lempung merah (M-LM)dikarakterisasi menggunakan instrument FTIR, XRD dan BET.

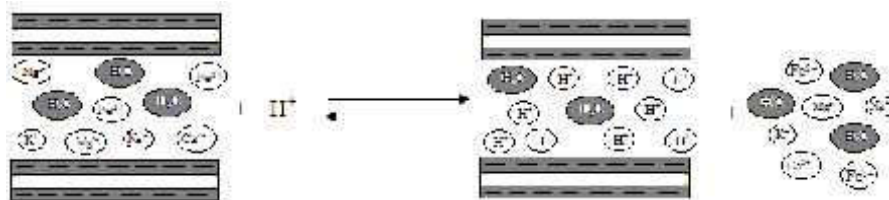
Ekstraksi Lempung Alam

Sebanyak 50 gram lempung putih (LP) yang telah diayak, direfluks dengan 250 mL HCl 3 M selama 3 jam pada temperatur 100°C. Kemudian disaring dan dicuci dengan akuades

hingga lolos uji klor menggunakan AgNO_3 0,1 M. Padatan dikeringkan dalam oven pada temperatur 100°C selama 3 jam, digerus dan diayak dengan menggunakan ayakan lolos 60 mesh. Lempung yang telah diekstraksi dengan larutan asam selanjutnya dikalsinasi menggunakan *furnace* pada temperatur 500°C selama 3 jam. Hal serupa juga dilakukan pada lempung kuning (LK) dan lempung merah (LM). Produk lempung putih (A-LP), lempung kuning (A-LK) dan lempung merah (A-LM) hasil ekstraksi, selanjutnya dikarakterisasi menggunakan instrument FTIR, XRD dan BET.

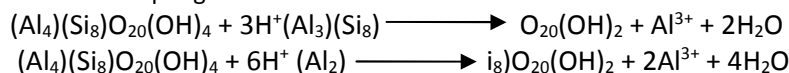
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lempung alam asal Kalimantan Tengah yang terdiri dari lempung putih, lempung kuning dan lempung merah dipersiapkan sebelum digunakan pada tahap ekstraksi. Persiapan sampel dilakukan dengan pembersihan lempung dari pengotor kasar kemudian dilanjutkan dengan pemanasan pada temperatur 70°C selama 3 jam untuk hidrasi molekul air yang terperangkap di ruang kisi kristal mineral lempung. Lempung yang diperoleh kemudian digerus dan diayak hingga lolos ayakan 60 mesh untuk mendapatkan keseragaman ukuran butiran lempung.



Gambar 1. Ilustrasi pertukaran kation pada ruang antar lapis mineral monmorilonit penyusun lempung

Apabila konsentrasi H^+ cukup tinggi maka dimungkinkan terjadinya dealuminasi, yaitu pelepasan Al dari struktur lempung. Proses



Proses ekstraksi dengan perlakuan asam menghasilkan filtrat yang berwarna kuning kehijauan. Hal ini mengindikasikan bahwa kation pengotor mengalami pelarutan, kemudian disaring dan dicuci menggunakan akuades, proses penyaringan dan pencucian dilakukan berulang hingga filtrat tidak berwarna. Filtrat dari proses pencucian selanjutnya dilakukan uji klor menggunakan AgNO_3 . Proses selanjutnya adalah penggerusan dan pengayakan lempung terekstraksi dengan menggunakan ayakan lolos 60 mesh sehingga

Sampel lempung yang telah dipersiapkan, selanjutnya di ekstraksi secara kimia menggunakan larutan asam dan ekstraksi secara fisik dengan proses pemanasan pada suhu tinggi. Penggunaan larutan asam HCl ditujukan untuk melarutkan pengotor sehingga luas permukaan spesifik lempung menjadi meningkat. Situs aktif juga akan mengalami peningkatan oleh karena situs yang tersembunyi menjadi terbuka, sehingga dapat meningkatkan daya adsorpsi lempung terhadap air. Ekstraksi kimia dilakukan dengan merefluks lempung dalam larutan asam 3M pada temperatur 105°C selama 3 jam (Koyuncu, 2008).

Larutan asam klorida juga merupakan asam yang mampu mendonorkan ion hidrogen (H^+) yang juga dapat digunakan untuk mengimbangi situs negatif yang terdapat pada ruang antar lapis mineral monmorilonit penyusun lempung. Selama proses ekstraksi, pengotor larut dalam fasa cair, kemudian terjadi pertukaran kation K^+ , Na^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} dengan ion hidrogen (H^+) dari larutan asam pada struktur mineral monmorilonit penyusun lempung (Hamsah, 2007). Dengan demikian, secara fisik rangkaian struktur (*framework*) memiliki area yang lebih luas (Benguella and Yacouta, 2007).

pelepasan Al dari lempung disajikan pada persamaan kimia berikut ini :

diperoleh ukuran lempung hasil ekstraksi yang lebih seragam.

Tahap selanjutnya ialah perlakuan fisik lempung dengan pemanasan (kalsinasi). Kalsinasi adalah proses penghilangan gas atau senyawa organik yang masih mempunyai ikatan kimia dengan lempung. Proses kalsinasi merupakan *thermal treatment* yang dilakukan terhadap lempung agar terjadi dekomposisi dan eliminasi senyawa yang masih berikatan secara kimiadengan lempung, seperti hidrasi molekul air yang masih terperangkap

pada kisi kristal mineral lempung. Hidrasi molekul air menyebabkan luas permukaan spesifik lempung menjadi bertambah. Kalsinasi dilakukan pada temperatur 500°C selama 3 jam. Energi panas yang dihasilkan oleh *furnace* mengalir secara konduksi ke

seluruh bagian permukaan lempung. Panas tersebut cukup untuk menguraikan air dan gas serta senyawa organik yang masih terperangkap pada kisi kristal mineral lempung.



Gambar 2. Penampilan visual (a) lempung sebelum ekstraksi; (b) lempung sesudah ekstraksi

Analisis data FTIR dan XRD digunakan untuk memverifikasi karakteristik lempung hasil ekstraksi. FTIR digunakan untuk memperoleh informasi mengenai gugus fungsi yang terdapat pada sampel sedangkan data XRD digunakan untuk mengkonfirmasi komposisi mineral penyusun sampel secara kualitatif dan semikuantitatif. Gambar 3 menyajikan data spektra hasil analisis menggunakan spektroskopi FTIR untuk lempung sebelum dan sesudah ekstraksi.

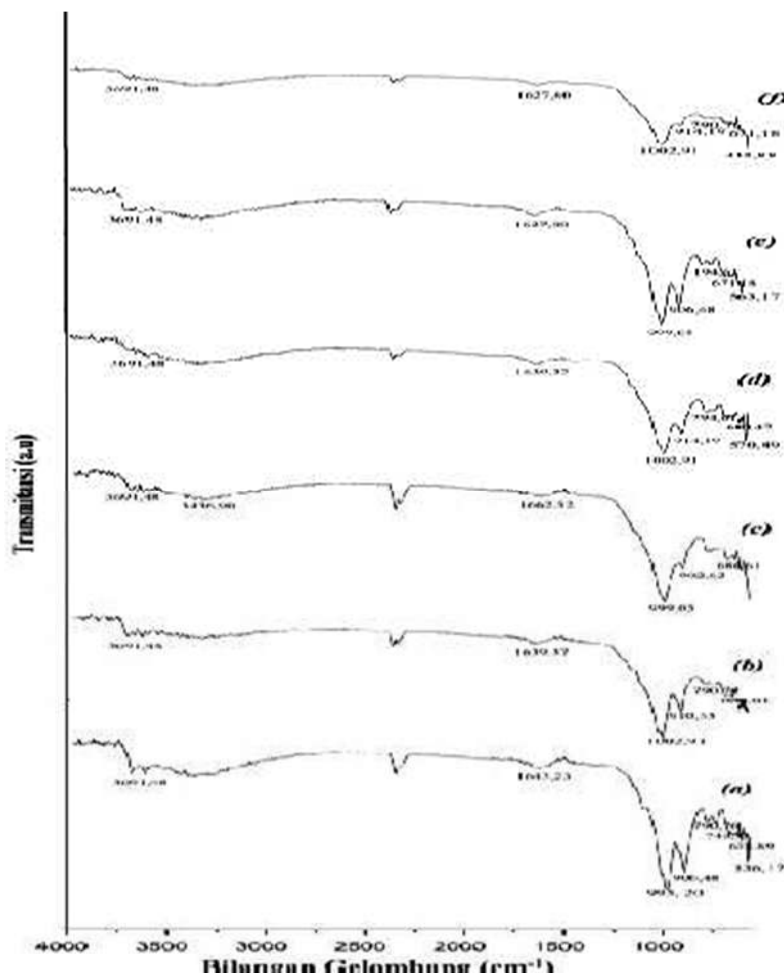
Gambar 3(a), 3(c) dan 3(e) secara berturut-turut merupakan spektrum inframerah dari lempung putih, lempung kuning dan lempung merah sebelum ekstraksi. Spektrum tersebut memperlihatkan adanya beberapa puncak serapan yang cukup tajam, yaitu pada daerah bilangan gelombang untuk lempung putih 3691,48; 1643,23; 1022,20; 906,48; 790,76; 748,33; 678,89 dan 536,17 cm^{-1} , lempung kuning 3436,90; 1662,52; 999,05 902,62 dan 686,61 cm^{-1} dan lempung merah 3691,48; 1627,80; 999,05; 906,48, 794,61; 748,33; 671,18 dan 563,17 cm^{-1} . Puncak daerah bilangan gelombang 3436,90 untuk lempung kuning dan 1643,23 untuk lempung putih; 1662,52 untuk lempung kuning; 1627,80 cm^{-1} untuk lempung merah secara berturut-turut merupakan puncak serapan dari vibrasi ulur –OH dan vibrasi tekuk –OH dari molekul air yang

terperangkap dalam kisi kristal lempung (Wang *et al.*, 2011; Lou *et al.*, 2015). Sedangkan pada daerah bilangan gelombang 3691,48 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur –OH yang memiliki perbedaan lingkungan, yaitu –OH yang terikat pada atom Al oktahedral yang terdapat pada permukaan silikat atau pada antar lapis silikat dari struktur mineral lempung. Pita serapan tersebut berkorelasi dengan adanya bilangan gelombang 906,48; 902,62 dan 906,48 cm^{-1} yang menunjukkan adanya vibrasi tekuk Al-OH (Eren *et al.*, 2009).

Puncak serapan yang tajam pada daerah sekitar 1022,20 cm^{-1} untuk lempung putih dan 999,05 cm^{-1} untuk lempung kuning dan lempung merah merupakan serapan karakteristik dari vibrasi ulur Si-O (Eren *et al.*, 2009). Serapan kuat pada daerah 950-1250 cm^{-1} adalah vibrasi ulur dari M-O (dimana M = Si atau Al) yang melibatkan gerak utama dari atom oksigen Si-O. Data ini berkorelasi dengan bilangan gelombang 678,89 cm^{-1} untuk lempung putih ; 686,61 cm^{-1} untuk lempung kuning; dan 671,18 cm^{-1} untuk lempung merah yang karakteristik dengan vibrasi ulur Si-O. Pita serapan pada daerah bilangan gelombang 790,76 cm^{-1} untuk lempung putih dan 794,61 cm^{-1} untuk lempung kuning dan lempung merah menunjukkan adanya vibrasi

ulur dari O-Si-O yang karakteristik terhadap mikrokrystalin SiO₂ atau lebih dikenal dengan mineral kuarsa (Holtzer *et al.*, 2011; Hajjaji dan Arfaoui, 2009). Pita serapan pada daerah bilangan gelombang 748,33 cm⁻¹ untuk lempung putih dan lempung merah menunjukkan adanya vibrasi simetris Si-O-Si yang terdapat pada lapisan tetrahedral mineral lempung (Lou *et al.*, 2015) dan pita serapan pada daerah bilangan gelombang 536,17cm⁻¹ untuk lempung putih dan 563,17 cm⁻¹ untuk

lempung merah menunjukkan adanya vibrasi ulur Si-O-Al^{VI} (Al oktahedral). Dengan demikian, berdasarkan seluruh data puncak-puncak serapan tersebut diperoleh informasi bahwa sampel yang dianalisis merupakan keluarga dari mineral silika alumina berdasarkan identifikasi gugus fungsi yang dikonfirmasi dari data FTIR. Data puncak serapan utama yang muncul pada ketiga jenis lempung asal Kalimantan Tengah secara detail ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Spektra FTIR : (a) M-LP; (b)E-LP; (c) M-LK; (d) E-LK; (e) M-LM dan (f) E-LM

Tabel 1. Puncak serapan FTIR lempung asal Kalimantan Tengah

Lempung putih (cm ⁻¹)	Lempung kuning (cm ⁻¹)	Lempung merah (cm ⁻¹)	Keterangan
3691,48	3691,48	3691,48	Vibrasi ulur OH (Al---O-H)
	3436,90		Vibrasi ulur H-O-H
1643,23	1662,52	1627,80	Vibrasi tekuk H-O-H
1022,20	999,05	999,05	Vibrasi Si-O
906,48	902,62	906,48	Vibrasi tekuk Al-OH
790,76	794,61	794,61	Vibrasi ulur dari O-Si-O
748,33		748,33	Vibrasi simetris Si-O-Si
678,89	686,61	671,18	Vibrasi ulur Si-O

563,17

563,17

Vibrasi ulur Si-O-Al^{VI}

Pola spektra FTIR sampel lempung sebelum (3(a); 3(c); 3(e)) dan sesudah ekstraksi (3(b); 3(d); 3(f)) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 secara keseluruhan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa ekstraksi dengan perlakuan asam dan kalsinasi, struktur lempung berdasarkan eksistensi gugus fungsi tidak mengalami kerusakan. Sedikit pergeseran spektrum terjadi pada daerah bilangan gelombang 1022,20 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya vibrasi ulur dari Si-O mengalami pergeseran ke arah bilangan gelombang 1026,05 cm⁻¹ untuk lempung putih, bilangan gelombang 999,05 cm⁻¹ bergeser ke bilangan gelombang 1022,91 cm⁻¹ untuk lempung kuning dan lempung merah. Pergeseran ke arah bilangan gelombang yang lebih besar mengindikasikan bahwa terjadi dealuminasi pada struktur kristal mineral lempung. Dengan perlakuan asam dimungkinkan terjadi pengurangan atom Al pada kerangka struktur lempung. Hal ini dikarenakan kekuatan ikatan Al-O jauh lebih lemah jika dibandingkan dengan ikatan Si-O, dengan berkurangnya ikatan Al-O menyebabkan vibrasi Si-O menjadi lebih dominan sehingga terjadi pergeseran bilangan gelombang ke arah yang lebih besar (Holtzer *et al.*, 2011).

Bilangan gelombang 906,48 cm⁻¹ yang terlihat pada Gambar 6 menunjukkan adanya vibrasi tekuk Al-OH yang mengalami pergeseran ke arah bilangan gelombang lebih besar, yaitu sebesar 910,33 cm⁻¹ untuk lempung putih, bilangan gelombang 902,62 cm⁻¹ bergeser ke bilangan gelombang 914,19 cm⁻¹ untuk lempung kuning dan bilangan gelombang 906,48 cm⁻¹ bergeser ke bilangan gelombang

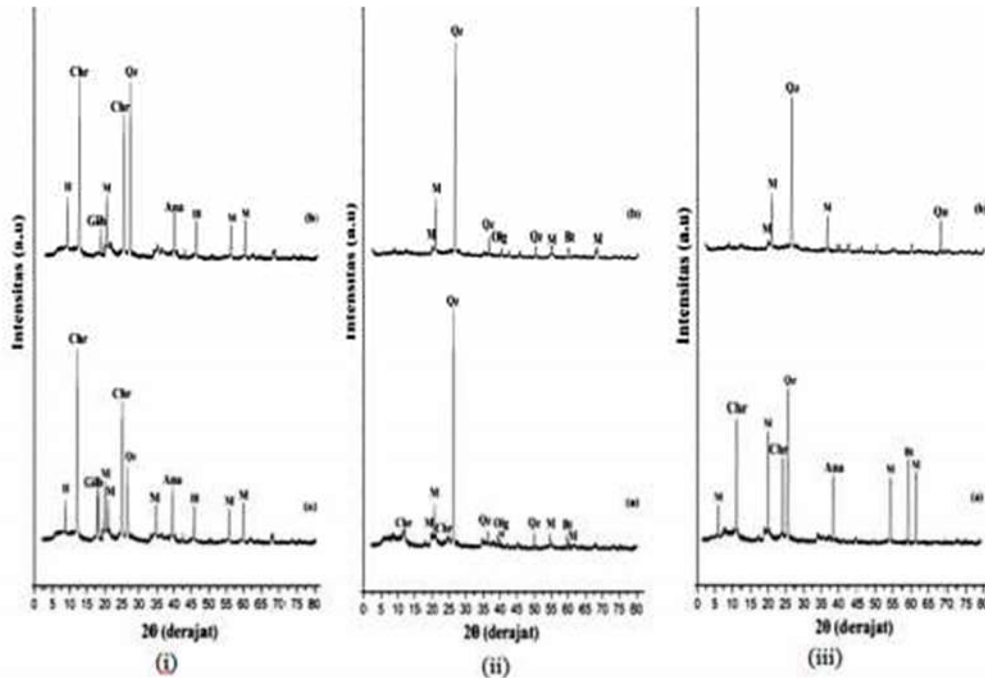
914,19 cm⁻¹ untuk lempung merah. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin homogenya lingkungan dari struktur Al-OH akibat adanya disolusi atom-atom logam di luar kerangka mineral lempung (non-oktahedral)

(Saikia *et al.*, 2003). Hal tersebut merupakan salah satu indikasi yang menunjukkan bahwa proses ekstraksi kimia dengan perlakuan asam mampu menghilangkan pengotor yang masih terperangkap pada kisi kristal mineral lempung. Bilangan gelombang 1643,23 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi tekuk -OH dari molekul air yang terperangkap dalam kisi kristal

lempung mengalami pergeseran ke arah bilangan gelombang lebih kecil, yaitu sebesar 1639,37 cm⁻¹ untuk lempung putih dan bilangan gelombang 1662,52 cm⁻¹ bergeser ke bilangan gelombang 1639,37 cm⁻¹ untuk lempung kuning serta terjadi penurunan intensitas serapan pada bilangan gelombang 1627,80 cm⁻¹ untuk lempung merah yang menunjukkan berkurangnya molekul air yang terperangkap pada kisi kristal lempung setelah mengalami ekstraksi. Hal tersebut merupakan salah satu indikasi yang menunjukkan bahwa proses ekstraksi fisis dengan kalsinasi mampu menghidrasi molekul air yang masih terperangkap pada kisi kristal mineral lempung sehingga luas permukaan spesifik lempung menjadi bertambah.

Guna memperkuat hasil identifikasi menggunakan FTIR untuk ketiga jenis lempung asal Kalimantan Tengah sebelum dan sesudah ekstraksi, diperlukan data pendukung berupa data XRD. Data ini diharapkan mampu memberikan informasi yang cukup jelas mengenai komposisi mineral penyusun sampel lempung dan perubahan yang terjadi akibat proses ekstraksi. Difraktogram sinar-x untuk sampel lempung sebelum dan sesudah ekstraksi ditunjukkan pada Gambar 4.

Puncak-puncak difraksi setiap mineral adalah khas berdasarkan sudut difraksi 2θ yang berhubungan dengan bidang kisi kristal mineral yang dianalisis. Berdasarkan standar yang dikeluarkan oleh *Joint Committee on Powder Diffraction* (JCPDS) dapat dinyatakan bahwa lempung putih mengandung mineral *halloysite* (Al₂Si₂O₅(OH)₄), *chrysotile* (Mg₃Si₂O₅(OH)₄), *gibbsite* (Al(OH)₃), monmorilonit ((Si₂Al₂O₇(OH)₂)₂)^{IV} (Al_{3,4}Mg_{0,6}O₂₀(OH)₄), kuarsa (SiO₂), *anatase* (TiO₂) dan illit ((Al,Mg,Fe)₂(Si,Al)₄O₁₀[(OH)₂.(H₂O)]). Lempung kuning mengandung mineral *chrysotile* (Mg₃Si₂O₅(OH)₄), monmorilonit ((Si₂Al₂O₇(OH)₂)₂)^{IV} (Al_{3,4}Mg_{0,6}O₂₀(OH)₄), kuarsa (SiO₂), *oligoclase* ((Na,Ca)Al(Al,Si)Si₂O₈) dan *biotite* (K(Mg,Fe)₃(Al,Fe)Si₃O₁₀(OH,F)₂). Lempung merah mengandung mineral monmorilonit ((Si₂Al₂O₇(OH)₂)₂)^{IV} (Al_{3,4}Mg_{0,6}O₂₀(OH)₄), *chrysotile* (Mg₃Si₂O₅(OH)₄), kuarsa (SiO₂), *anatase* (TiO₂) dan *biotite* (K(Mg,Fe)₃(Al,Fe)Si₃O₁₀(OH,F)₂). Untuk lebih jelasnya, hal ini disajikan pada Tabel 2.



Gambar 4. Difraktogram sinar x:i(a) M-LP; i(b) E-LP; ii(a)M-LK; ii(b)E-LK; iii(a) M-LM; iii(b) E-LM (M = monmorilonit, Qz = kuarsa, Chr = *chrysotile*, Gib = *gibbsite*, H = *halloysite*; Ana = *anatase*; Olg = *oligoclase*, Bt = *biotite*)

Difraktogram sinar x ketigajenis lempung terekstraksi yang ditampilkan secara umum tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, terutama pada puncak-puncak yang karakteristik untuk mineral monmorilonit. Perubahan yang cukup jelas hanya nampak pada pucak *chrysotile* di $2\theta = 12,09^\circ$ dan $24,60^\circ$ untuk lempung kuning dan puncak *anatase* di $2\theta = 38,12^\circ$; *chrysotile* di $2\theta = 12,01^\circ$ dan

$24,66^\circ$; *biotite* di $2\theta = 59,68^\circ$ untuk lempung merah setelah proses ekstraksi menjadi menghilang. Kemudian pada puncak *chrysotile* di $2\theta = 12,21^\circ$ dan $24,84^\circ$; *gibbsite* di $2\theta = 18,23^\circ$; *anatase* di $2\theta = 38,25^\circ$; illit di $2\theta = 45,32^\circ$ untuk lempung putih dan puncak *oligoclase* di $2\theta = 39,23^\circ$ dan *biotite* di $2\theta = 59,69^\circ$ untuk lempung kuning mengalami penurunan intensitas.

Tabel 2. Data mineral penyusun lempung asal Kalimantan Tengah berdasarkan data XRD

Database Mineral	d-Spacing (Å)			Karakteristik
	Lempung putih	Lempung kuning	Lempung merah	
14,400	-	-	14,200	Monmorilonit
10,000	10,076	-	-	<i>Halloysite</i>
7,310	7,242	7,310	7,360	<i>Chrysotile</i>
4,850	4,864	-	-	<i>Gibbsite</i>
4,490	4,483	4,508	-	Monmorilonit
	4,203	4,304	4,341	Monmorilonit
3,650	3,581	3,616	3,607	<i>Chrysotile</i>
3,340	3,363	3,372	3,371	Kuarsa
2,460	-	2,473	-	Kuarsa
2,580	2,573	-	-	Monmorilonit
2,380	2,351	-	2,359	Anatase
2,290	-	2,295	-	<i>Oligoclase</i>
2,010	1,999	-	-	Illit
1,820	-	1,825	-	Kuarsa
1,700	1,665	1,679	1,689	Monmorilonit
1,540	-	1,548	1,548	<i>Biotite</i>
1,490	1,4920	1,502	1,494	Monmorilonit

Data kualitatif yang diperoleh dari data XRD diatas juga didukung dengan data semikuantitatif yang disajikan pada Tabel 3. Terlihat bahwa ekstraksi mampu meningkatkan komposisi relatif dari mineral monmorilonit serta menurunkan kelimpahan relatif dari mineral *biotite*, *chrysotile*, *gibbsite*, *oligoclase*, *anatase* dan illit. Hal ini mengindikasikan bahwa proses ekstraksi menyebabkan kerusakan pada struktur mineral *biotite*, *chrysotile*, *gibbsite*, *oligoclase*, *anatase* dan illit yang merupakan mineral pengotor penyusun lempung asal Kalimantan Tengah.

Tabel 3. Komposisi relatif mineral lempung yang dihitung berdasarkan data XRD

Sampel	Komposisi relatif mineral (%)								
	M	H	Bt	Chr	Gib	Olg	Ana	Qz	Ill
M-LP	20,20	1,51	-	51,99	4,33	-	10,85	6,71	4,42
E-LP	23,85	4,90	-	42,14	1,40	-	10,82	11,95	3,15
M-LK	26,19	-	3,65	11,46	-	2,39	-	56,31	-
E-LK	29,06	-	3,46	-	-	1,91	-	65,57	-
M-LM	46,86	-	2,45	27,02	-	-	16,68	6,95	-
E-LM	52,23	-	-	-	-	-	-	47,77	-

Ket : M = monmorilonit, H = *halloysite*, Bt = *biotite*, Chr = *chrysotile*, Gib = *gibbsite*, Qz = kuarsa, Ana = *anatase*; Olg = *oligoclase*,

Data semikuantitatif yang disajikan pada Tabel 3 juga menunjukkan peningkatan komposisi relatif dari mineral kuarsa setelah proses ekstraksi. Hal ini dimungkinkan terjadi karena proses ekstraksi dapat menyebabkan dealuminasi mineral monmorilonit. Dealuminasi menyebabkan rusaknya kerangka aluminium oksida pada lapisan oktahedral, sehingga silika oksida pada lapisan tetrahedral yang tidak mengalami kerusakan akan mulai menata diri membentuk mineral kuarsa. Hal inilah yang menyebabkan komposisi relatif mineral kuarsa mengalami peningkatan. Mineral kuarsa juga diketahui memiliki kekuatan ikatan

Si-O yang cukup kuat sehingga tidak mudah mengalami kerusakan akibat ekstraksi.

Analisis fisisorpsi isothermal gas N₂ menggunakan *gas sorption analyzer* berdasarkan persamaan BET dan DR memperkuat data FTIR dan XRD, menunjukkan bahwa ekstraksi dan kalsinasi lempung alam asal Kalimantan Tengah mampu meningkatkan luas permukaan berdasarkan persamaan BET dan pori berdasarkan persamaan DR. Data fisisorpsi isothermal gas N₂ menggunakan *gas sorption analyzer* berdasarkan persamaan BET dan DR dari lempung dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 4. Data luas permukaan dan pori lempung berdasarkan data fisisorpsi isothermal gas N₂ menggunakan *gas sorption analyzer*

Sampel	Luas Permukaan spesifik (S _{BET})	Luas permukaan pori (S _{DR})	Volume Pori (V _{DR})	Jari-jari pori (D _{DR})
Lempung Alam	36,415 m ² /g	46,085 m ² /g	0,016 cc/g	14,972 Å
Lempung Terekstraksi	37,458 m ² /g	46,006 m ² /g	0,016 cc/g	15,052 Å

Tabel 4 menunjukkan bahwa proses ekstraksi mampu meningkatkan luas permukaan spesifik lempung alam asal Kalimantan Tengah. Hal ini disebabkan karena proses ekstraksi dapat melarutkan pengotor sehingga mulut pori menjadi lebih terbuka yang mengakibatkan luas permukaan dan jari-jari pori meningkat. Semakin besar luas permukaan maka akan semakin besar kemampuan lempung berinteraksi dengan bahan lain dalam beton geopolimer. Sehingga dengan kandungan mineral monmorilonit dan kuarsa yang tinggi dan luas permukaan yang besar, lempung alam asal Kalimantan Tengah hasil ekstraksi dapat dijadikan sebagai alternatif bahan tambahan beton geopolimer.

KESIMPULAN

Ekstraksi yang dilakukan ternyata mampu meningkatkan luas permukaan spesifik lempung, komposisi relatif dari mineral monmorilonit serta kuarsa, dan sebaliknya menurunkan kelimpahan relatif dari mineral *biotite*, *chrysotile*, *gibbsite*, *oligoclase*, *anatase* dan illit yang merupakan mineral pengotor penyusun lempung asal Kalimantan Tengah, sehingga dengan kandungan mineral monmorilonit dan kuarsa yang tinggi dan luas permukaan yang besar, lempung alam asal Kalimantan Tengah hasil ekstraksi dapat dijadikan sebagai alternatif bahan tambahan beton geopolimer.

DAFTAR PUSTAKA

- Amarullah, D., Margani, Saksono, Priatna, Priono and Sudiro., 2002, *Inventarisasi dan Evaluasi Endapan Batubara Kabupaten Barito Selatan Dan Barito Utara Provinsi Kalimantan Tengah*, Kolokium Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral,(DIM) TA.
- Benguella, B and Yacoutas, A., 2007, Adsorption of Benzanyl Red and Nylomine Green from Aqueous Solution by Natural and Acid-Activated Bentonite, *Desalination.*, 235, 276-292.
- Bergaya, F., Lagaly, G., 2013. *Chapter 1 - Introduction to Clay Science: Techniques and Applications*, in: Lagaly, F.B. and G.(Ed.), *Developments in Clay Science, Handbook of Clay Science*. Elsevier, pp.1-7.
- Bhattacharyya, K. G and Gupta, S. S., 2008, Adsorption of a Few Heavy Metal on Natural and Modified Kaolinite and Montmorillonite : A review, *J.Adv. Coll. In. Sci*, 140, 114-13.
- Damilola, O.M., 2013. Syntheses, characterization and binding strength of geopolymers: A review. *Int.J. Mater. Sci.Appl.* 2, pp. 185-193.
- Eren, E., Afsin, B and Onal, Y, 2009, Removal of Lead Ions by Acid Activated and Manganese Oxide-Coated Bentonite, *J. Hazard. Mater.*, 161, 677-685.
- Hajjaji, M and Arfaoui, H., 2009, Adsorption of Methylene Blue and Zink ions on Raw and Acid-Activated Bentonite from Morocco, *Appl. Clay. Sci.*, 46, 418-421.
- Hamsah, D., 2007, Pembuatan, Pencirian dan Uji Aplikasi Nanokomposit Berbasis Montmorilonit dan Besi Oksida, *Skripsi*, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Holtzer, M., Bobrowski, A and Kumon, S., 2011, Temperature Influence on Structural Changes of Foundry Bentonites, *J. Molecular. Structure*, 1004, 102-108.
- Koyuncu, H., 2007, Adsorption Kinetics of 3-Hydroxybenzaldehyde on Native and Activated Bentonite, *App. Clay. Sci.*, 38, 279-287.
- Lou, Z., Zhou, Z., Zang, W., Zang, X., Hu, X and Liu, P, 2015, Magnetized bentonite by Fe₃O₄ nanoparticles treated as adsorbent for methylene blue removal from aqueous solution : Synthesis, characterization, mechanism, kinetics and regeneration, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 49, 199-265.
- Saikia, N, J., Bharali, D, J., Sengupta, P and Bornhakun, 2003, Characterication, Beneficiation and Utilization of a Clay from Assam, India, *App. Clay Sci.*, 24, 93-103.
- Ortega, E., Ramos and Flores-Cano., 2013, Binary Adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solution Onto Natural Clays. *Chemical Engineering Journal*, 225, 535-546.
- Wang, Q., Chang, X., Li, D., Hu, Z., Li, R and He, Q, 2011, Adsorption of chromium(III), mercury(II) and lead(II) ions onto 4-aminoantipyrine immobilized bentonite, *Journal of Hazardous Materials*, 186, 1076-1081.

