

PENGARUH PENAMBAHAN MgO PADA PENINGKATAN KUALITAS LEMPUNG KASONGAN UNTUK IMMOBILISASI LUMPUR LIMBAH Pb MENGGUNAKAN TEKNOLOGI KERAMIK

RETNO SUSETYANINGSIH*, ENDRO KISMOLO **, KRIS TRI BASUKI ***

** Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, YLH - Yogyakarta*

*** Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan – BATAN*

Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, DIY 55010

Telp. 0274.488435, Faks 487824

*** Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN*

Jl. Babarsari Kotak Pos 1008 DIY 55010

Telp. 0274.489716, Faks.489715

Abstrak

PENGARUH PENAMBAHAN MgO PADA PENINGKATAN LEMPUNG KASONGAN UNTUK IMMOBILISASI LUMPUR LIMBAH Pb MENGGUNAKAN TEKNOLOGI KERAMIK. Lempung Kasongan mengandung oksida aluminium cukup tinggi sehingga baik sebagai bahan dasar pembuatan keramik konvensional untuk immobilisasi limbah.. Kualitas lempung alam sebagai bahan dasar pembentuk keramik fungsional dapat ditingkatkan dengan melakukan modifikasi dengan teknik doping reinforced. Modifikasi lempung dilakukan dengan menambah MgO pada campuran lempung dan Lumpur limbah Pb pada komposisi tertentu, selanjutnya dilakukan pemanasan pada suhu 1100 °C dengan penahanan pemanasan selama 30 – 180 menit. Karakterisasi yang dilakukan meliputi sifat fisis mekanis dan sifat kimia. Hasil modifikasi lempung dengan beban limbah 15,0 % memiliki karakteristik : penyerapan air 3,11 %, kuat tekan 18,69 Ton/m² dan konsentrasi Pb dalam air lindi 0,206 ppm atau dengan laju lindi sebesar 0,364 x 10⁻³ gr.cm⁻².hari⁻¹. Dengan penambahan MgO 0,1 %, pemanasan 1100 °C selama 180 menit, maka nilai serap air monolit turun rerata sebesar 12 %, kuat tekan monolit naik rerata 12,5 % dan Pb total terlindi turun rerata 15 %.

Kata Kunci : Keramik limbah Pb, modifikasi, sifat fisika dan sifat kimia.

Abstract

THE INFLUENCE OF ADDITIVE MgO ON THE QUALITY IMPROVED OF KASONGAN CLAY ON THE IMMOBILIZATION SLUDGE OF Pb WASTE USING CERAMIC TECHNOLOGY. Clay from Kasongan with high aluminium oxide content good up for basic material to production of conventional ceramics for waste immobilization. Quality of natural clay as basic material functional ceramics, can be improved by modification doping reinforced techniques. Clay was modified by adding MgO on the mixtures of clay and sludge of Pb at different composition, and then heated at temperature 1100 °C during 1-3 hours soaking time. The heated material were characterized physical mechanical and chemical properties. Modified of clay can be result on characteristic : water sorption of 3.11 %, cold crushing strength 18.69 Ton/m² and concentration of Pb in the water leaching of 0.206 ppm or leaching rate of 0.364 x 10⁻³ gr.cm⁻².day⁻¹. In the addition of MgO, heated at 1100 °C during 180 minutes, value of monolite water sorption to decreased on the average 12 %, cold crushing strength was increase on the average of 12.5 % and concentration of Pbium in the water leaching was decreased to 15 %.

Keywords : Pb waste ceramics, modification, physical and chemical properties.

PENDAHULUAN

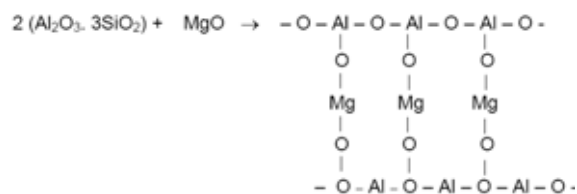
Lempung dari daerah Kasongan – Bantul sampai saat ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembentuk keramik konvensional, karena lempung dari daerah ini memiliki keplastisan yang cukup sehingga mudah dibentuk. Plastisitas lempung dari daerah Kasongan sangat dipengaruhi oleh kandungan alumunium dalam lempung baik dalam bentuk oksida maupun dalam bentuk senyawa yang lain, sehingga juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembentuk keramik limbah. Keramik limbah adalah istilah keramik yang dibuat dengan mencampur bahan keramik dan limbah, sedangkan alumina merupakan istilah umum untuk keramik karena oksida alumunium (Al_2O_3) merupakan komponen penting dalam pembentukan keramik. Dilihat dari strukturnya, alumina memiliki ikatan antar atom yang menjembatani ion alumunium yang bermuatan positif dengan keenam atom oksigen di sekitarnya, yang memiliki energi ikatan antar atom cukup tinggi^[1]. Alumina memiliki struktur atom yang memiliki beberapa fasa kristalin dengan fasa yang paling stabil adalah fasa α - Al_2O_3 dengan struktur hexagonal. Oksida alumunium fasa ini merupakan oksida alumunium yang memiliki sifat kaku dan kuat untuk keramik oksida. Sedangkan oksida alumunium dalam bentuk β - Al_2O_3 dan γ - Al_2O_3 memiliki sifat metastabil yang masih terus dikembangkan melalui penelitian untuk produk bahan katalis, mikroelektronik dan optik^[1,2].

Seperti halnya dalam proses industri keramik maju, karakteristik lempung sebagai bahan keramik konvensional dapat ditingkatkan dengan menambahkan bahan aditif tertentu ke dalamnya. Pada pembuatan keramik limbah Pb, logam Pb didalamnya bersifat aditif dalam pembentukan keramik terutama terhadap efek plastisitas dan penurunan titik lebur. Untuk meningkatkan karakteristik lempung sebagai material pembentuk keramik dalam pembuatan keramik limbah Pb, dapat dilakukan dengan teknik *doping reinforced* dengan penambahan bahan aditif lain misalnya senyawa magnesia dalam bentuk oksida sebagai *spinel agent*^[2,3].

Spinel dalam bentuk oksida magnesium atau dalam bentuk magnesia aluminat merupakan salah satu struktur kristal mineral gabungan dari alumina dan magnesia dalam

bentuk magnesium aluminat atau magnesium oksida pada komposisi tertentu yang dapat digunakan untuk *doping agent*. Spinel dalam bentuk demikian pada umumnya memiliki sifat refraktori, mekanis, elektrik, dan sifat kimia lebih baik dibandingkan dalam bentuk oksida alumunium alam atau bahkan dalam bentuk alumina murni^[2].

Pada kegiatan ini dicoba dilakukan modifikasi peningkatan karakteristik bahan pembentuk keramik limbah Pb dengan lempung dari daerah Kasongan dengan *spinel agent* magnesium oksida. Dengan terbentuknya spinel magnesia alumina dalam pembentukan keramik, diharapkan diperoleh keramik limbah Pb yang memiliki sifat fisika dan sifat kimia yang lebih baik. Sifat-sifat fisika produk keramik limbah tersebut diantaranya adalah memiliki sifat susut yang relative rendah, sifat lentur dan ketahanan tekannya tinggi, memiliki ketahanan terhadap perubahan panas. Selain itu produk keramik limbah dimaksud diantaranya adalah memiliki ketahanan terhadap pelindihan yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh lempung yang di dalamnya mengandung oksida alumunium dengan penambahan spinel magnesium aluminat atau magnesium oksida akan memiliki struktur ruang yang lebih lebar sehingga dapat mempertahankan kestabilan struktur ikatan dalam kristal. Mekanisme pembentukan spinel magnesia aluminat dikemukakan oleh Yamamura et all yang disadur oleh Sri Cich Kurniasih (2005)^[5] sesuai dengan yang dikemukakan oleh Retno S (2004)^[6], sebagai berikut.



Pada pembuatan keramik limbah, kestabilan oksida alumunium terhadap penetrasi terus mutlak dikembangkan karena keramik limbah berbasis bahan alam^[7]. Dengan menambahkan senyawa magnesia baik dalam bentuk oksida atau dalam bentuk aluminat ke dalam bahan pembentuk keramik lempung seperti halnya lempung dari Kasongan yang di dalamnya juga mengandung oksida alumunium, diharapkan dapat diperoleh karakteristik keramik limbah Pb yang memenuhi ketentuan

keramik limbah yang ditentukan dengan mengukur nilai susut, nilai kekuatan mekanis dan kemampuan mengungkung/mengisolasi terhadap limbah. Penelitian pembuatan keramik limbah Pb yang telah dilakukan oleh *Endro K et, all (2005)*, memberikan data bahwa karakteristik produk keramik limbah masih harus ditingkatkan diantaranya dengan menambahkan *spinel agent* dan penerapan pada lempung yang lain^[5,7,8]. Dalam pembentukan keramik limbah Pb, logam Pb dalam limbah akan terdispersi keseluruh pori monolit sehingga pada produk akhir akan memberikan warna terhadap produk keramik. Warna yang muncul tergantung konsentrasi Pb dan suhu pembentukan keramik yang dilakukan menjadi lebih rendah. Dengan peningkatan karakteristik produk keramik limbah tersebut diharapkan diperoleh pemenuhan terhadap peraturan pengelolaan limbah berbahaya yang menurut *United States Enviromental Protection Agency (USEPA)*, logam Pb yang termasuk salah satu logam berat berlabel "*hazardous*". Sedangkan menurut SK Menteri Negara KLH No. 03/Men KLH/II/1991 dan atau Keputusan Kepala BAPEDAL No. 03/BAPEDAL/09/1995, konsentrasi maksimum kadar Pb diperbolehkan dalam limbah B3 cair adalah sebesar 1,0 mg/liter dapat dipenuhi^[9,10].

METODE

Bahan

Bahan utama pada penelitian ini adalah lempung dari Kasongan yang diambil dari aval pabrik gerabah di daerah Kasongan kering udara dihancurkan dengan lumpang besi sampai hancur, diayak menggunakan pengayak getar, sehingga diperoleh serbuk lempung dengan ukuran butir (-80+100) mesh.

Limbah Pb diambil dari serbuk hasil pengeringan proses elektrokoagulasi limbah Pb, sedangkan *spinel agent* digunakan magnesium oksida teknis ex Brataco.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seagai berikut. Perangkat penghancur dan ayakan getar digunakan untuk mendapatkan homogenitas campuran bahan pembentuk keramik dan untuk mendapatkan ukuran butir yang sesuai. Perangkat tekan digunakan untuk

pembuatan benda uji berbentuk bulat dengan cetakan (molding) baja silinder, sedangkan untuk karakterisasi hasil proses pelindihan digunakan perangkat analisis AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

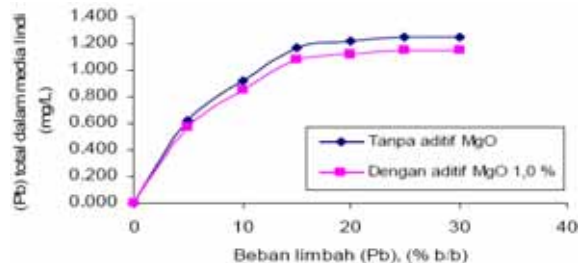
Cara kerja

Penelitian dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

1. Pembuatan sampel monolit keramik
 - a. Ditimbang sebanyak 15,00 gram serbuk lempung dalam cawan porselain, ke dalamnya di tambah 1,5 ml air sebagai perekat, campuran diaduk sampai rata
 - b. Sampel dimasukkan ke dalam alat pencetak (diameter = 1,50 cm), selanjutnya ditekan dengan perangkat tekan pada tekanan 50 kN.
 - c. Sampel diambil dan setelah dikeringkan (suhu kamar), dipanaskan dalam furnase pada suhu 1100 °C selama 30 menit.
 - d. Dengan cara yang sama (a sampai c), ke dalam sampel ditambahkan serbuk limbah Pb sebanyak 5,0 sampai 30 % berat total.
 - e. Dengan cara yang sama (a sampai d), ke dalam sampel ditambahkan MgO sebanyak 1,0 % berat total.
 - f. Dengan cara yang sama (a sampai e), waktu pemanasan (waktu penahanan) sampel dilakukan bervariasi sampai 180 menit.
2. Uji serap air
 - a. Sampel monolit keramik dimasukkan ke dalam gelas beker 100 ml yang berisi air .
 - b. Setelah 48 jam sampel monolit keramik diambil, dikeringkan pada suhu kamar.
 - c. Dilakukan penimbangan terhadap sampel monlit keramik untuk mengetahui sifat serap air monolit kermik.
3. Uji kuat tekan
 - a. Sampel monolit keramik dibungkus plastik, diletakkan pada plat perangkat uji tekan
 - b. Ditekan sampai sampel monolit keramik mengalami retak dan nilai penunjukan tekanan mulai menurun

sebagai nilai kemampuan tekan monolit keramik.

4. Uji lindi
 - a. Sampel monolit keramik dimasukkan dalam gelas beker berisi campuran air tawar dan gelas beker berisi air laut.
 - b. Perendaman dilakukan selama 90 hari dan 365 hari.
 - c. Dengan cara yang sama dilakukan terhadap sampel monolit yang digerus, dan dilindi dalam air dan air laut yang ke dalamnya ditambahkan asam asetat (5,0 %) sebanyak 1,0 % volume.
 - d. Kadar Pb yang terlindi ditentukan dengan perangkat AAS



Gambar 3. Pengaruh Beban Limbah Pb Terhadap Karakteristik Pelindihan TCLP Limbah Pb Keramik Limbah Pada Kondisi Pemanasan 1100 °C Selama 30 Menit.

Dari data diperoleh informasi bahwa beban limbah Pb dan penambahan MgO berpengaruh terhadap sifat serap air dari monolit keramik limbah. Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada kondisi pembakaran yang sama, penambahan MgO secara fungsional cukup berpengaruh terhadap kualitas monolit keramik limbah. Hal ini dapat dilihat peningkatan nilai serap air pada berbagai beban limbah Pb yang ditambahkan tidak signifikan. Peningkatan nilai serap air cenderung naik ketika beban limbah mencapai 20,0 %.

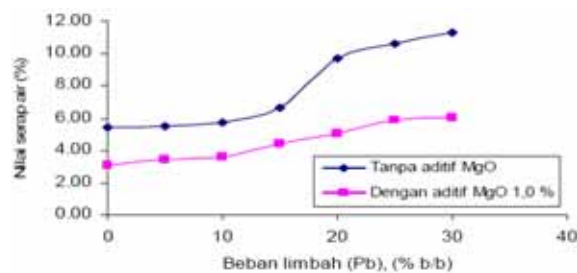
Dari Gambar 2 dapat diperoleh data bahwa karakteristik produk keramik limbah kualitasnya sangat buruk ketika penambahan limbah Pb di atas 20 %, yaitu memberikan nilai ketahanan tekan monolit sekitar 4,39 Ton/m². Nilai ini di bawah yang dipersyaratkan untuk monolit blok hasil solidifikasi limbah B3 sebesar 10 Ton/m². Kondisi yang demikian disebabkan akibat penambahan limbah mempengaruhi proses dekomposisi mineral, terutama pengaruh nitrat yang ada dalam limbah Pb.

Sama halnya dengan karakteristik monolit keramik yang lain, pada kondisi pemanasan yang sama, penambahan MgO hanya sedikit berpengaruh terhadap karakteristik pelindihan limbah Pb. Dari percobaan konsentrasi Pb dalam media lindi masih di atas yang dipersyaratkan untuk pelepasan logam berat Pb dalam media lindi yaitu sebesar 1,0 mg/L. Dari data menunjukkan bahwa peningkatan beban limbah dalam bahan pembentuk keramik mengakibatkan peningkatan konsentrasi limbah Pb yang terlindi. Ini berarti bahwa banyaknya logam Pb yang terlindi sangat tergantung pada kualitas monolit yang

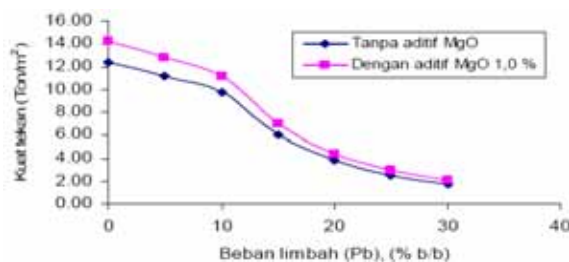
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Beban Limbah Terhadap Karakteristik Serap Air Monolit Keramik Limbah Pb.

Hasil penelitian mengenai pengaruh beban limbah Pb terhadap karakteristik sifat serap air, ketahanan tekan dan karakteristik pelindihan monolit keramik limbah dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan 3. Dari Gambar 1, 2 dan 3 dapat dilihat bahwa kualitas monolit keramik limbah semakin menurun dengan adanya penambahan limbah Pb ke dalamnya.



Gambar 1. Pengaruh Beban Limbah Pb Terhadap Karakteristik Nilai Serap Air Keramik Limbah Pada Kondisi Pemanasan 1100 °C Selama 30 Menit

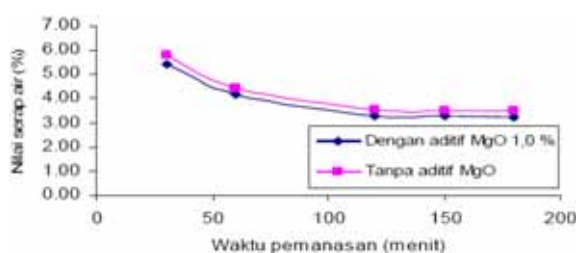


Gambar 2. Pengaruh Beban Limbah Pb Terhadap Karakteristik Kuat Tekan Keramik Limbah Pada Kondisi Pemanasan 1100 °C Selama 30 Menit

dihasilkan. Untuk percobaan selanjutnya dicoba pada beban limbah 15 %, penambahan MgO 1,0 %, pemanasan pada suhu 1100 °C dan waktu pemanasan bervariasi.

Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Karakteristik Monolit Keramik Limbah.

Hasil percobaan untuk mengetahui pengaruh waktu pemanasan (waktu penahanan) terhadap karakteristik serap air, kekuatan tekan dan karakteristik pelindihan dari monolit keramik limbah dapat dilihat pada Gambar 4, 5 dan 6.



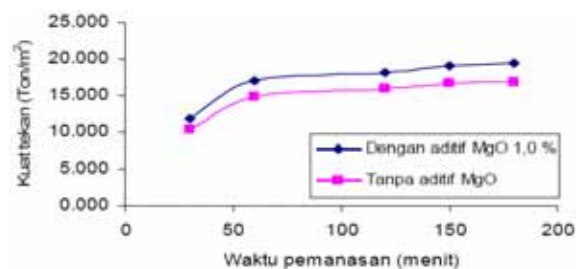
Gambar 4. Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Karakteristik Sifat Serap Air, Keramik Limbah Pada Kondisi Beban Limbah Pb 15 %, Pemanasan 1100 °C.

Dari Gambar 4, 5 dan 6 dapat dilihat bahwa kualitas monolit keramik limbah menjadi semakin baik dengan penambahan waktu pemanasan. Dari Gambar 4, diperoleh data bahwa karakteristik serap air semakin turun dengan penambahan waktu pemanasan. Kondisi terbaik dicapai pada waktu pemanasan selama 180 menit yaitu memberikan sifat serap sebesar 3,49 % untuk benda uji tanpa penambahan MgO dan 3,26 % untuk benda uji dengan penambahan MgO 1,0 %. Peningkatan kualitas monolit keramik limbah dapat dinyatakan dengan terjadinya penurunan sifat serapnya terhadap air, peningkatan nilai ketahanan tekan dan penurunan kadar Pb total yang terlindi.

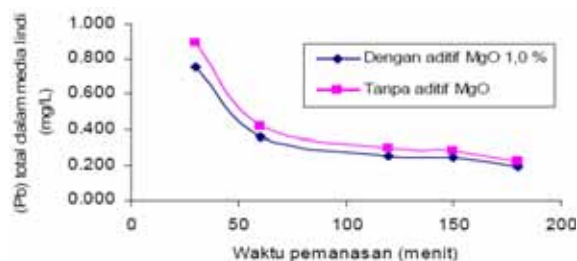
Dari data yang diperoleh maka dapat diduga peleburan kalsium karbonat yang berasal dari lempung dan magnesium oksida semakin tinggi dan mengisi pori yang terbentuk, atau dimungkinkan telah terbentuk spinel dari magnesium silikat yang mengisi rongga struktur antar kristal sehingga sifat refractory dan sifat mekanik produk keramik limbah yang dihasilkan dapat meningkat. Keberadaan spinel dari magnesia mampu meningkatkan kelenturan matrik yang mengikat

sehingga kuat tekan juga akan naik karena pori monolit semakin rendah.

Terhadap karakteristik kuat tekan seperti termuat dalam Gambar 5, dengan terbentuknya spinel magnesia mampu meningkatkan kuat tekan monolit keramik. Pori yang semakin rendah mengakibatkan kuat tekan monolit semakin tinggi karena nilai porositas monolit semakin rendah.



Gambar 5. Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Karakteristik Kuat Tekan Monolit Keramik Limbah Pada Kondisi Beban Limbah Pb 15 %, Pemanasan 1100 °C.



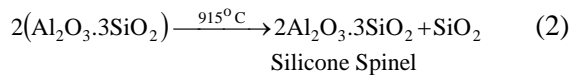
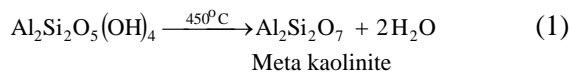
Gambar 6. Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Karakteristik Pelindihan TCLP Limbah Pb Keramik Limbah Pada Kondisi Beban Limbah Pb 15 %, Pemanasan 1100 °C

Kuat tekan terbaik dicapai pada waktu pemanasan selama 180 menit yaitu memberikan nilai kuat tekan sebesar 16,45 Ton/m² untuk benda uji tanpa penambahan MgO dan 19,45 Ton/m² untuk benda uji dengan penambahan MgO 1,0 %. Karakteristik pelindihan limbah Pb dalam monolit keramik sangat tergantung ikatan atom yang terjadi serta struktur kristal yang terbentuk dalam pembentukan keramik. Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa waktu pemanasan berpengaruh terhadap karakteristik pelindihan yang diperoleh. Semakin lama pemanasan yang dilakukan menghasilkan, logam Pb yang terlepas ke media lindi semakin rendah. Hal ini dimungkinkan terjadi karena turunnya porositas akibat terbentuknya spinel magnesium aluminat. Pada kondisi yang sama diperoleh kadar Pb terlepas

ke media lindi sebesar 0,224 mg/L untuk benda uji tanpa penambahan MgO dan 0,190 mg/L untuk benda uji dengan penambahan MgO 1,0%.

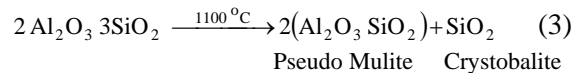
Peningkatan kualitas lempung sebagai bahan pembentuk keramik ditandai dengan adanya peningkatan kualitas keramik yang dihasilkan. Peningkatan kualitas keramik ditandai turunnya sifat serap air, naiknya nilai ketahanan tekan dan turunnya konsentrasi logam Pb dalam media lindi. Dari percobaan dapat diperoleh data bahwa penambahan MgO sebanyak 1,0 % sudah mampu memperbaiki kualitas monolit keramik limbah yaitu memberikan nilai sifat serap air 3,26 % ketahanan tekan sebesar 19,45 Ton/m², dan kadar logam Pb dalam media lindi sebesar 0,190 mg/L.

Sesuai dengan reaksi pembakaran mineral lokal, maka pada pembakaran antara suhu 1000 °C sampai 1100 °C sudah terjadi reaksi-reaksi sebagai berikut^[4,8]:



Reaksi (1) dan (2) ini merupakan reaksi kristalisasi yaitu terjadi reaksi transformasi senyawa-senyawa oksida dan membentuk senyawa-senyawa kristalin secara serempak tergantung pada waktu pemanasan atau waktu penahanan. Pemanasan sampai dengan tahap ini, kaolin (Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O) diduga telah mengurai total menjadi alumina amorf dan silika amorf. Selain itu, juga sudah terjadi reaksi oksidasi senyawa-senyawa pengotor yang mudah teroksidasi pada suhu tinggi. Adanya oksidasi ini akan berpengaruh positif terhadap pembentukan monolit keramik dan dengan terbentuknya spinel magnesia aluminat di dalamnya. Dalam percobaan ini belum dilakukan analisis mineralogi terhadap pembentukan spinel magnesia aluminat atau spinel alumina silikat.

Pada pemanasan lanjut pada suhu 1100°C, diduga sebagian mineral sudah mengalami reaksi rekristalisasi silika dari bentuk amorf yang pada pemanasan lanjut akan terbentuk *Crystobalite* (SiO₂) sesuai dengan reaksi :



Pori monolit yang ada akibat ditinggal oleh air dan senyawa organik yang teroksidasi akibat adanya reaksi dehidrasi dan oksidasi, sudah mulai merapat dan pori yang terbentuk menjadi semakin kecil. Kondisi ini yang memungkinkan terjadinya penurunan sifat serap air monolit limbah. Terhadap karakteristik ketahanan tekan yang diperoleh, pada pemanasan yang semakin tinggi akan menghasilkan ketahanan tekan yang semakin tinggi pula. Hal ini terjadi karena pada pemanasan yang semakin tinggi, sesuai reaksi (3) maka pori monolit akan semakin rendah sehingga ketahanan tekannya semakin naik dan pada uji lindi logam Pb yang terlindi semakin rendah.

Dari uji keamanan matrik secara kontinu selama 90 hari dan 365 hari membuktikan bahwa kondisi sampel uji tetap stabil baik dalam media lindi aquades maupun dalam media lindi air laut, yaitu memiliki laju pelucutan logam Pb rerata dalam media air laut adalah sebesar 0,317 x 10⁻³ gr.cm⁻².hari⁻¹. Dari percobaan menunjukkan bahwa selain variabel suhu pemanasan dan penambahan aditif tertentu, maka waktu pemanasan dapat menekan nilai laju pelindihan polutan logam Pb dalam monolit keramik, sehingga kadar Pb dalam air lindi menjadi rendah. Penggunaan air laut sebagai media lindi dimaksudkan untuk mengetahui percepatan terjadinya kerusakan monolit, karena air laut lebih bersifat merusak bila dibandingkan dengan aquades.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Beban (komposisi) limbah, suhu pembakaran, penambahan MgO dan waktu pemanasan berpengaruh terhadap karakteristik serap air, ketahanan tekan, karakteristik pelindihan dan kestabilan produk keramik limbah Pb yang dihasilkan.
2. Kondisi terbaik pada percobaan ini dicapai pada monolit limbah dengan beban limbah Pb 15 %, MgO 1,0 %, pemanasan 1100 °C dan waktu pemanasan selama 180 menit. Pada kondisi ini memberikan nilai sifat

serap air sebesar 3,11 % (standard minimum monolit keramik limbah 3,0 %), dan nilai ketahanan kuat tekan sebesar 19,45 Ton/m² (standard minimal monolit keramik limbah 10,0 Ton/m²) dan kadar Pb total terlindi (90 hari) sebesar 0,190 mg/L atau memiliki laju pelucutan logam Pb dalam media air laut adalah sebesar 0,317 x 10⁻³ gr.cm⁻².hari⁻¹ .

9. ANONIM, 1991, "Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup", Nomor : No. 03/Men KLH/II/1991 "tentang, Standrat Baku Mutu air Limbah di Indonesia".
10. ANONIM, 1995, "Keputusan Kepala Bapedal, Nomor : Kep-03/Bapedal/09/1995, tentang Baku Mutu Hasil Solidifikasi Limbah B3".

DAFTAR PUSTAKA

1. MC. COLM, J.J, 1983, *Ceramic Science for Material Technology*, Leonard Hill, London.
2. MACZURA G and EVERTS J.A, 1983, "Annual Ceramic Mineral resources", Ceramic Buletin, Vol 62-5
3. KOMAR PA, 1983, "Prospek pemanfaatan Bentonit Kasongan Untuk Pembersih Minyak Kelapa Sawit", Deptan dan Energi, PPTM, Jakarta
4. HARTONO, 1991, JMV., "Teori Pembakaran", Informasi Teknologi Keramik dan gelas, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri- BALAI BESAR INDUSTRI KERAMIK , Bandung
5. SRI CICIH KURNIASIH, 2005, "Pengaruh Penambahan Spinel Terhadap Sifat Fungsional Keramik Alumina", Prosiding Seminar Nasional Keramik V, Balai Besar Keramik, Bandung.
6. RETNO S dan ENDRO K, 2004, "Immobilisasi Lumpur Pb Hasil Pengolahan Kimia Limbah Cair Industri Penyamakan kulit Dengan Teknologi Keramik", Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Perencanaan I, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Lingkungan – Jurusan Teknik Lingkungan, UPN "VETERAN" JATIM, ISBN : 979 – 98659-0-0.
7. Endro K , 2005, "Pengaruh Penambahan Pb₃O₄ Pada Immobilisasi Limbah Lumpur Khrom Menggunakan Teknologi Keramik", Prosiding Seminar Nasional Keramik V, Balai Besar Keramik, Bandung.
8. MEDA SAGALA, 2000, "Perubahan Fisika-Kimia dan Mineral Pada Pembakaran Lempung", Informasi Teknologi Keramik dan gelas, No. 76, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri dan Perdagangan, BALAI BESAR INDUSTRI KERAMIK, Bandung.

