

SOLIDIFIKASI DAN KARAKTERISASI LUMPUR LIMBAH Pb

Endro Kismolo, Gede Sutresna Wijaya, Nurimaniwathy

Pusat Sains dan Teknologi Akselerator - BATAN

Jl Babarsari, Kotak Pos 6101 Ykbb, Yogyakarta 55281

E-mail: endrokismolo@gmail.com

ABSTRAK

SOLIDIFIKASI DAN KARAKTERISASI LUMPUR LIMBAH Pb. Telah dilakukan penelitian karakteristik pelindian terhadap monolit keramik hasil immobilisasi lumpur hasil proses elektrokoagulasi limbah Pb. Percobaan dilakukan dengan mencampur lumpur limbah Pb, lempung, kaolin, feldspar dan air dengan perbandingan bervariasi. Penambahan limbah lumpur divariasikan dari 2,5 sampai 15 % berat dengan aditif SiO₂ sebanyak 0,5 % berat, dan monolit dipanaskan pada suhu 800 sampai 1000 °C selama 30 sampai 150 menit. Selanjutnya dilakukan uji pelindian dengan metode TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) dan uji ketahanan tekan. Dari percobaan diperoleh kesimpulan bahwa kondisi terbaik dicapai pada penambahan lumpur limbah (Pb) sebanyak 10,0 % berat, pemanasan 1000 °C selama 90 menit. Pada kondisi ini diperoleh kualitas monolit keramik limbah yang memenuhi standar produk keramik limbah, dengan nilai kuat ketahanan tekan 27,50 ton/m² dan kadar Pb dalam media lindi sebesar 0,0115 mg/L.

Kata Kunci : Keramik limbah B3; lumpur proses elektrokoagulasi ; SiO₂

ABSTRACT

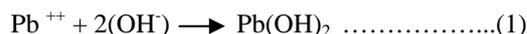
SOLIDIFICATION AND CHARACTERIZATION SLUDGE OF Pb WASTE The research of leaching characteristic of ceramic monolith from immobilization of Pb sludge from electrocoagulation process has been done. The experiment was done by mixing of sludge of Pb waste, clay, caoline, feldspar and water on variation ratio. The adding of sludge Pb waste has variation from 2.5 up to 15 % and gave to addition of SiO₂ of 0.5 %, and monolite was drying at 800 up to 1000 °C, with duration 30 to 150 minutes. Furthermore, leaching test by using TCLP method, and compressive strength test was performed. From the experiment it can be conclude that the best condition was achieved by adding 10 % sludge of Pb waste, heating temperature was 1000 °C, and heating duration was 90 minutes. At this condition, it was obtained monolith ceramic quality meet standard product of ceramic with the compressive strength was 27.50 ton/m² and total Pb in the leachate was 0.0115 mg/L.

Keywords : B3 waste ceramics; sludge of electrocoagulation process; SiO₂

PENDAHULUAN

Pada era global seperti sekarang, dampak pencemaran lingkungan akibat penyebaran bermacam-macam polutan sangat diperhatikan, terutama dalam hal pengelolaan limbah B3. Polutan limbah B3 pada umumnya berasal dari sisa proses industri kimia saat ini perlu dikelola dengan sebaik-baiknya agar tidak mencemari lingkungan, karena saat ini beban lingkungan sudah cukup berat. Pengelolaan polutan limbah yang bersifat sederhana dan final terus diupayakan agar biaya pengelolaan lingkungan dapat ditekan serendah mungkin, dan kualitas air lingkungan tetap terjaga^(1,2).

Pada proses elektrokoagulasi limbah (Pb) akan dihasilkan lumpur kimia yang mengandung logam (Pb) yang harus dikelola dengan baik karena logam (Pb) sangat mudah terdispersi oleh air ke lingkungan. Pada proses elektrokoagulasi, ion Pb yang terdapat dalam limbah akan terendapkan dalam bentuk hidroksidanya setelah kontak dengan ion hidroksida hasil peruraian air melalui proses elektrokimia air⁽³⁾.



Untuk mengurangi terjadinya proses dispersi limbah B3 ke lingkungan, limbah Pb dalam bentuk lumpur kimia dapat dikelola dengan cara pemadatan. Salah satu metode pemadatan yang termasuk kategori bersifat final adalah dengan metode keramiksasi. Pada proses keramiksasi yang biasa diaplikasikan untuk pengelolaan limbah aktivitas tinggi dan atau limbah B3 dilakukan dengan cara mencampur limbah B3 ke dalam bahan pembentuk keramik, dan dipanaskan pada temperatur tertentu. Teknologi keramik dinilai mampu mengadopsi metode immobilisasi dengan memasukkan unsur panas, sehingga bahan B3 yang dicampurkan diusahakan yang memiliki titik penguapan yang tinggi, atau yang memiliki sifat aditif pada proses pembentukan keramik. Salah satu alasan kenapa teknologi keramik dipilih untuk proses immobilisasi limbah lumpur kimia adalah karena produk keramik memiliki stabilitas dimensi yang relatif cukup baik. Keramik bersifat keras tetapi elastis, sehingga keramik limbah akan lebih tahan

terhadap keausan mekanis dan tidak mudah retak. Karakteristik yang demikian inilah, sehingga keramik mampu memberikan kekuatan kungkung (pengikatan) terhadap limbah B3 yang lebih baik^(3,4,7).

Terhadap unsur logam (Pb) yang terdapat dalam limbah, secara kimiawi akan berpengaruh sebagai aditif karena oksida timbal dapat menurunkan temperatur dekomposisi dari mineral pembentuk keramik. Pada proses dekomposisi mineral pembentuk keramik, leburan oksida timbal juga akan mensubstitusi pori monolit yang terbentuk, sehingga kualitas monolit keramik akan menjadi lebih baik karena jumlah pori yang terbentuk menjadi berkurang. Dengan berkurangnya jumlah pori pada monolit keramik, monolit keramik limbah akan memiliki kuat ketahanan tekan yang meningkat. Selain itu dengan semakin tingginya tingkat monolitas dari monolit keramik, secara langsung akan menurunkan karakteristik pelindiannya^(5,6).

Pada pembentukan keramik limbah, maka lumpur limbah B3 (Pb) dicampurkan ke dalam campuran bahan pembentuk keramik yaitu 15 % berat lempung, 25 % berat feldspar, dan 60 % berat kaolin. Campuran diaduk sampai homogen, dipanaskan pada suhu tertentu, sehingga diperoleh monolit keramik. Sedangkan karakteristik / baku mutu monolit keramik limbah (B3) adalah memiliki nilai TCLP (uji pelindian) maksimum sebesar 1,50 mg/L dan nilai ketahanan tekan minimal sebesar 10,0 ton/ m² atau sekitar 100 kg/cm², dan konsentrasi maksimum kadar Pb diperbolehkan dalam ekstrak limbah B3 cair adalah sebesar 0,5 mg/L (Lampiran Kep. Ka. BAPPEDAL Nomor : KEP-03/BAPEDAL/ 09/1995)⁽²⁾.

Agar limbah lumpur kimia tersebut tidak terlalu merubah karakteristik monolit keramik, maka kadar air dalam limbah harus serendah mungkin. Kelebihan air akan berpengaruh terhadap kinerja air pengikat yang ditambahkan ke dalam mineral pembentuk keramik. Dengan memvariasi prosentase lumpur limbah Pb dan kondisi pemanasan, diharapkan dapat diperoleh monolit keramik limbah yang memiliki sifat kungkung terhadap limbah logam (Pb) yang stabil. Melalui karakterisasi produk keramik limbah yang dihasilkan, yaitu karakteristik pelindihan, dan ketahanan tekan monolit diharapkan dapat diperoleh metode proses immobilisasi limbah B3 yang **sesuai** dan bersifat final. Selanjutnya dapat diperoleh reduksi pencemaran B3 sebagai program pemenuhan terhadap regulasi tentang pengelolaan limbah B3.

TATA KERJA

Bahan :

Pada penelitian digunakan lempung dari daerah Cukil-Salatiga, felspar, kaolin, lumpur limbah

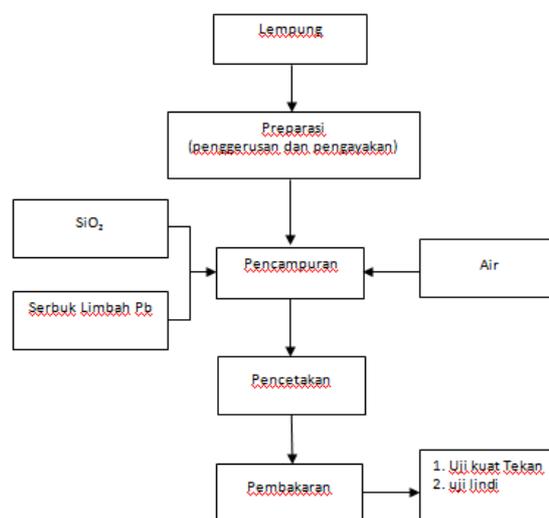
Pb diambil dari serbuk hasil pengeringan proses elektrokoagulasi limbah Pb (serbuk lumpur limbah yang mengandung logam Pb = 14,442 mg/ 100 g = 14,442 % b/b limbah), sedangkan aditif yang digunakan SiO₂ teknis ex Brataco, dan akuades.

Peralatan :

Unit penggerus dan ayakan getar digunakan untuk mendapatkan homogenitas campuran bahan pembentuk keramik dan untuk mendapatkan ukuran butir yang sesuai. Alat tekan digunakan untuk pembuatan benda uji berbentuk bulat dengan cetakan (*molding*) baja silinder. *Furnace* digunakan untuk memanaskan benda uji, sedangkan untuk karakterisasi hasil proses pelindian digunakan perangkat analisis AAS "*Atomic Absorption Spectrophotometer*".

Metodologi

1. Tahapan kerja penelitian :



Gambar 1. Blok diagram tahapan penelitian

2. Preparasi bahan pembentuk keramik

Lempung kering udara dihancurkan dengan lumpang besi sampai hancur, selanjutnya diayak menggunakan pengayak getar sehingga diperoleh serbuk lempung dengan ukuran butir (-80+100) mesh.

3. Pembuatan sampel monolit keramik

- Diambil mineral lempung, felspar, kaolin yang telah digerus (-80+100) mesh, dengan perbandingan berat 15 % lempung, 25 % feldspar, dan 60 % kaolin. Ketiga bahan tersebut dimasukkan ke dalam gelas beaker, diaduk dengan pengaduk listrik sampai homogen, dan ditambahkan perekat air sebanyak 5,0 %, diaduk sampai terbentuk adonan yang homogen. Adonan yang diperoleh dicetak dengan perangkat cetak (diameter 1,50

cm dan tinggi 1,50 cm) pada tekanan 100 kg/cm².

- b. Monolit hasil pencetakan diangin-anginkan pada suhu kamar hingga kering. Monolit mentah yang telah kering kemudian dipanaskan pada suhu 800 °C selama 30 menit.
- c. Dengan cara yang sama (a,b), kedalamnya ditambahkan lumpur limbah Pb ke dalam adonan sebanyak masing-masing 2,5 % sampai 15,0 % berat.
- d. Dengan cara yang sama (a,b), kedalam adonan ditambahkan aditif SiO₂ sebanyak 0,5 % dan dipanaskan pada suhu 900 °C dan 1000 °C, selama 30 menit.
- e. Dengan cara yang sama untuk percobaan (c) yang optimum, dilakukan variasi waktu pemanasan sampai 150 menit.
- f. Setelah pendinginan, dilakukan uji kuat ketahanan tekan dan uji lindi dengan metode TCLP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Percobaan komposisi mineral pembentuk keramik

Percobaan penentuan komposisi lumpur limbah Pb dalam mineral pembentuk keramik dapat dilihat pada Tabel 1. Perbandingan campuran antara lempung, feldspar, kaolin dibuat tetap, sedangkan variasi beban lumpur limbah Pb divariasasi sampai 15 % berat total monolit.

Tabel 1. Komposisi bahan pembentuk keramik lumpur limbah Pb.

No	Kode Sampel	Komposisi mineral keramik (% berat)			Lumpur limbah Pb (% Berat)
		Lempung	Felspar	Kaolin	
1.	A	15	25	60	0,00
2.	B	15	25	60	2,50
3.	C	15	25	60	5,00
4.	D	15	25	60	7,50
5.	E	15	25	60	10,00
6.	F	15	25	60	12,50
7.	G	15	25	60	15,00

2. Pengaruh penambahan lumpur limbah Pb terhadap karakteristik pelindian dan kuat ketahanan tekan dari monolit keramik limbah.

Pengaruh penambahan lumpur limbah Pb terhadap karakteristik pelindian dan kuat ketahanan tekan dapat dilihat pada Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat diperoleh informasi bahwa penambahan lumpur limbah Pb berpengaruh terhadap karakteristik uji lindi dan kuat ketahanan tekan. Ditinjau dari karakteristik kuat ketahanan tekannya, maka penambahan lumpur limbah

Pb yang ditambahkan ke dalam mineral pembentuk keramik secara signifikan mempengaruhi nilai

kuat ketahanan tekan dan karakteristik pelindian.

Tabel 2. Pengaruh beban (penambahan) lumpur limbah (Pb) terhadap karakteristik pelindian dan kuat ketahanan tekan monolit keramik limbah pada kondisi temperatur pemanasan 800 °C selama 30 menit.

No	Kode Sampel	Karakteristik monolit keramik limbah (Pb)	
		Kuat ketahanan tekan (ton/ m ²)	Kadar Pb dalam air lindi (mg/L)
1.	A	32,44	0,000
2.	B	27,65	0,036
3.	C	23,42	0,055
4.	D	15,22	0,076
5.	E	12,52	0,095
6.	F	8,39	0,134
7.	G	5,62	0,364

Penambahan lumpur limbah Pb yang semakin banyak, nilai kuat ketahanan tekan yang diperoleh juga semakin rendah. Selanjutnya dari Tabel 2 juga diperoleh informasi bahwa semakin banyak lumpur limbah Pb yang ditambahkan semakin banyak, maka logam Pb yang terlindi dalam air lindi juga semakin besar. Hal ini terjadi karena pada komposisi pembentuk keramik yang sama, dengan penambahan lumpur limbah (Pb) yang semakin banyak akan menyebabkan terbentuknya pori monolit yang semakin banyak. Semakin banyaknya pori monolit akan menyebabkan karakteristik serap air monolit keramik terhadap air semakin besar, sehingga menyebabkan terjadinya pelindian logam dalam monolit semakin besar. Selanjutnya semakin banyak pori monolit yang terbentuk akan menyebabkan kenaikan porositas yang ada dan secara langsung menyebabkan kuat ketahanan tekannya menjadi semakin rendah. Dari percobaan diperoleh data bahwa penambahan lumpur limbah Pb ke dalam mineral pembentuk keramik maksimum adalah sebanyak 10,0 % berat. Pada kondisi ini monolit keramik limbah yang diperoleh memiliki nilai kuat ketahanan tekan sebesar 12,52 ton/ m² dan kadar Pb dalam media lindi sebesar 0,095 mg/L.

3. Pengaruh pemanasan dan penambahan SiO₂ terhadap karakteristik kuat ketahanan tekan dan karakteristik pelindian monolit keramik limbah pada kondisi penambahan lumpur limbah Pb 10,0 %, temperatur pemanasan bervariasi, dan waktu pemanasan 30 menit.

Pengaruh pemanasan dan penambahan SiO_2 terhadap karakteristik kuat ketahanan tekan dan karakteristik pelindian, dapat dilihat pada Tabel 3. Dari percobaan diperoleh data bahwa pada kondisi penambahan lumpur limbah (Pb) yang sama, maka variabel temperatur sangat berpengaruh terhadap karakteristik monolit keramik yang dihasilkan yaitu memiliki kecenderungan memperbaiki kualitas monolit keramik limbah. Peningkatan kualitas monolit keramik limbah dapat dilihat dari karakteristik kuat ketahanan tekan yang semakin tinggi, dan turunnya kadar Pb dalam media lindi. Dari percobaan diperoleh data bahwa proses pembentukan keramik sangat dipengaruhi oleh suhu dekomposisi, sehingga pada temperatur 1000 °C nilai kuat ketahanan tekan monolit keramik yang dihasilkan menjadi cukup tinggi.

Table 3. Pengaruh penambahan SiO_2 terhadap karakteristik pelindian logam (Pb) dan kuat ketahanan tekan monolit keramik limbah pada kondisi beban lumpur limbah Pb 10,0 %, aditif SiO_2 0,5 % dan temperatur pemanasan bervariasi, dan waktu pemanasan selama 30 menit.

No.	Temperatur pemanasan (°C)	Karakteristik monolit keramik limbah	
		Kuat ketahanan tekan (ton/m^2)	Kadar Pb dalam media lindi (mg/L)
I Tanpa aditif SiO_2			
1.	800	12,52	0,095
2.	900	21,64	0,046
3.	1000	23,76	0,032
II Dengan aditif SiO_2 : 0,5 %			
1.	800	18,72	0,064
2.	900	23,42	0,036
3.	1000	24,76	0,024

Demikian pula terhadap karakteristik pelindiannya, semakin tinggi suhu pemanasan yang diberikan, kadar Pb dalam media lindi semakin rendah. Pada pemanasan monolit 1000 °C menghasilkan monolit keramik limbah dengan kuat ketahanan tekan sebesar 23,76 ton/m^2 untuk sampel tanpa aditif SiO_2 dan 24,76 ton/m^2 untuk sampel dengan aditif SiO_2 0,5 %. Sedangkan terhadap karakteristik pelindian, sampel yang dipanaskan pada suhu 1000 °C menghasilkan monolit keramik limbah dengan kadar (Pb) sebesar 0,032 mg/liter untuk sampel tanpa aditif SiO_2 , dan 0,024 mg/L untuk sampel dengan aditif SiO_2 sebesar 0,5 %.

Dari data percobaan yang diperoleh dapat diduga bahwa proses dekomposisi dan proses oksidasi yang terjadi cukup baik meskipun kedalamnya ditambahkan lumpur limbah Pb. Dari karakteristik monolit yang diperoleh logam Pb diduga mampu membantu proses dekomposisi dan peningkatan monolitas keramik limbah yang diperoleh untuk berbagai temperatur pemanasan monolit. Dari karakteristik monolit yang diperoleh, diduga telah terjadi reaksi transformasi senyawa-

senyawa oksida membentuk senyawa kristalin. Jika tahap ini dicapai, kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) akan terurai menjadi alumina amorf dan silica amorf. Selain itu pada suhu yang cukup tinggi senyawa pengotor seluruhnya dapat teroksidasi. Dari mekanisme dekomposisi dan oksidasi yang terjadi, proses dehidrasi akan membentuk pori monolit dan oksidasi menjadikan pori merapat akibat leburan mineral dan logam Pb, sehingga pori monolit yang terjadi semakin rendah. Kondisi yang demikian menyebabkan naiknya kuat ketahanan tekan dan turunnya pelindian logam Pb yang terlindi.

- Pengaruh waktu pemanasan dan penambahan SiO_2 terhadap karakteristik kuat ketahanan tekan dan karakteristik pelindian monolit keramik limbah pada kondisi penambahan lumpur limbah (Pb) = 10,0 %, temperatur pemanasan bervariasi, dan waktu pemanasan 30 menit.

Pengaruh waktu pemanasan terhadap karakteristik pelindian logam (Pb) dan kuat ketahanan tekan dapat dilihat pada Tabel 4. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa waktu pemanasan memberikan karakteristik monolit keramik limbah yang berbeda. Semakin lama waktu pemanasan terhadap monolit keramik, maka kualitas monolit keramik limbah yang dihasilkan semakin baik.

Table 4. Pengaruh waktu pemanasan terhadap karakteristik pelindian logam (Pb) dan kuat ketahanan tekan monolit keramik limbah pada kondisi beban lumpur limbah Pb 10,0 %, aditif SiO_2 0,5 % dan temperatur pemanasan 1000 °C.

No	Waktu pemanasan (menit)	Karakteristik monolit keramik limbah	
		Kuat ketahanan tekan (ton/m^2)	Kadar Pb dalam media lindi (mg/L)
1.	30	24,76	0,0240
2.	60	26,22	0,0215
3.	90	27,50	0,0115
4.	120	27,55	0,0112
5.	150	27,62	0,0112

Dari data percobaan, diperoleh data bahwa kualitas monolit keramik limbah dapat diindikasikan dengan naiknya nilai kuat tekan monolit dan turunnya karakteristik pelindian, yang dalam percobaan ini adalah turunnya kadar (Pb) dalam media lindi. Semakin lama waktu pemanasan yang dilakukan diduga mampu menyempurnakan proses dekomposisi dan proses oksidasi terhadap mineral pembentuk keramik.

Proses dekomposisi dan oksidasi yang sempurna akan menghasilkan monolit keramik dengan pori monolit yang rendah. Rendahnya pori monolit dapat diindikasikan dengan naiknya kuat ketahanan tekan dan turunnya kadar Pb dalam media lindi.

Dari percobaan diperoleh data bahwa waktu pemanasan terbaik dicapai pada pemanasan monolit keramik selama 90 menit, yaitu memberikan nilai kuat ketahanan tekan sebesar 27,50 ton/ m² dan kadar (Pb) dalam media lindi sebesar 0,0115 mg/L. Diatas kondisi tersebut kualitas monolit keramik limbah yang dihasilkan relatif tetap. Berdasarkan ketentuan yang berlaku untuk hasil immobilisasi limbah B3, maka monolit keramik limbah yang dihasilkan cukup baik karena memberikan nilai ketahanan tekan di atas 10 ton/m² dan kadar logam Pb di bawah 0,50 mg/L.

KESIMPULAN

Dari data yang diperoleh pada percobaan ini dapat diambil kesimpulan bahwa monolit keramik limbah terbaik dicapai pada beban (penambahan) lumpur limbah Pb sebanyak 10,0 %, suhu pemanasan 1000 °C, dan waktu pemanasan selama 90 menit. Pada kondisi ini menghasilkan monolit keramik limbah (Pb) dengan karakteristik pengungkungan logam (Pb) sebesar 99,998 % dengan kadar (Pb) dalam media lindi sebesar 0,0115 mg/L (kadar Pb yang diperbolehkan dalam ekstrak limbah B3 cair maksimum sebesar 0,5 mg/L), serta memiliki kuat ketahanan tekan sebesar 27,50 ton/m² (nilai ketahanan tekan minimal standar immobilisan limbah B3 yang dipersyaratkan sebesar 10,0 ton/ m²).

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1999, Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup tentang Standar Baku Mutu Air Limbah di Indonesia.
2. Anonim, 1995, Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. Kep 03/BAPEDAL/09/1995, tentang Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
3. Technical Report Series, NO. 89, 1996, Chemical Treatment of radioactive Waste, International Atomic Energy Agency, Vienna.
4. Hartono, J.M.V, 1991, Teori Pembakaran, Informasi Teknologi Keramik dan Gelas, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Balai Besar Industri Keramik, Bandung.
5. Endro K, dkk., 2003, Pemanfaatan Lempung Nanggulan Pada Pengolahan Limbah Khrom, Seminar Perkembangan Teknologi Keramik, Balai Besar Keramik, Bandung.
6. Meda Sagala, 2000, Perubahan Fisika-Kimia dan Mineral pada Pembakaran Lempung, Informasi Teknologi Keramik dan Gelas, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Balai Besar Industri Keramik, Bandung.
7. Hanan S, dkk., Application of zeolite prepared from Egyptian kaolin for the removal of heavy metals ∴ Isotherm models, Journal of Hazardous Materials, 2010.

TANYA JAWAB

Zainus Salimin

- Pb dalam limbah cair dalam bentuk apa?
- Bagaimana kalau Pb dalam limbah dibah dahulu dalam bentuk oksida, baru dicampur dengan bahan matriks untuk pembentukan keramik agar factor pelindian Pb dari hasil pemadatan menjadi kecil.

Endro Kismolo

- *Pb dalam bentuk ion.*
- *Setuju karena dapat membantu menurunkan temperature dekomposisi mineral pembentuk keramik*