

PENENTUAN KOMPOSISI BAHAN MINERAL PENYUSUN KERAMIK UNTUK IMMOBILISASI LIMBAH RADIOAKTIF

Isman MT, Ign. Djoko Sardjono, Sukosrono, Endro Kismolo
P3TM-BATAN, Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, Yogyakarta 55010

ABSTRAK

PENENTUAN KOMPOSISI BAHAN MINERAL PENYUSUN KERAMIK UNTUK IMMOBILISASI LIMBAH RADIOAKTIF. Telah dilakukan penelitian untuk menentukan komposisi bahan mineral sebagai penyusun keramik untuk immobilisasi limbah radioaktif. Penelitian dilakukan dengan cara mencampur mineral kaolin, feldspar, dan clay kemudian ditambahkan air dan dicetak. Hasil cetakan dipanaskan dengan tungku bakar sampai suhu 1000 °C. Blok monolit keramik yang terjadi dihitung berat jenisnya serta dilakukan uji serap terhadap air dan uji kuat tekan. Variabel yang diteliti adalah persen perbandingan berat antara mineral kaolin terhadap feldspar dan antara mineral kaolin terhadap clay. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa monolit keramik dengan komposisi mineral penyusun kaolin, feldspar (dengan komposisi feldspar mulai dari 5 % sampai 75%) dan kaolin, clay (dengan komposisi clay mulai dari 2,5 % sampai 10 %) maka karakteristik monolit yang diperoleh tidak menunjukkan beda yang signifikan ditinjau dari sifat serap terhadap air, berat jenis serta kekuatan tekan.

ABSTRACT

THE DETERMINATION OF THE SUBSTANCE MINERAL OF CERAMIC COMPOSER FOR IMMOBILIZATION RADIOACTIVE WASTE. The investigated of the of the mineral substances as ceramic composer for immobilization radioactive wastes has been done. The research was performed by mixing kaolin, feldspar clay mineral, and water, and then pressed. The resulted of the monolith block was heated on the fumace burner until 1000 °C temperature. The ceramic monolith block that formed was calculated its density & then examined for water absorption and tension strength. The investigated variables are the percentage of weight between kaolin to mineral feldspar and between kaolin to clay mineral. The result shown that the ceramic monolith with mineral composition of kaolin feldspar (from 5 % to 75 %) and kaolin, clay (from 2.5 % to 10 %) has monolith characteristic that no significant difference of its waters absorption and density and tension strength.

PENDAHULUAN

Pemadatan limbah radioaktif dilakukan untuk merubah bentuk fisik limbah menjadi bentuk padatan yang monolit (satu kesatuan) agar supaya kemampuan pindah unsur radioaktif yang ada dalam limbah menjadi berkurang. Hal ini dapat dilakukan dengan mencampur limbah dengan bahan semen, bitumen, gelas ataupun keramik.^(1,2,3) Keramik sebagai media pengungkung limbah terbuat dari kombinasi beberapa mineral alam melalui proses pemanasan pada temperatur tinggi. Proses pemanasan dilakukan serendah-rendahnya pada temperatur 700 °C dan setinggi-tingginya 2000 °C. Kaolin ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) sebagai salah satu bahan dasar pembuatan keramik merupakan salah satu jenis dari tipe mineral clay yang mempunyai sifat :

- plastis dan mudah dicetak untuk butir yang serta pada waktu basah, sifat plastisitas & work ability kebanyakan dipengaruhi oleh kondisi fisik.
- kaku setelah dikeringkan
- vitreous (bersifat kaca) setelah dipanaskan pada temperatur yang sesuai.

Bahan keramik yang telah dibentuk (dikompakkan) terdiri dari butiran individu masih menonjolkan sifat komponen penyusunnya, belum membentuk ikatan kimia, sehingga mudah terlepas satu sama lain. Untuk memperoleh sifat yang diperlukan, bahan yang telah dibentuk tersebut dipanaskan sampai temperatur tertentu sehingga diperoleh bahan keramik yang kuat dan padat. Selama pemanasan menyebabkan terjadi reaksi yang sederhana ataupun yang kompleks, seperti :

- dehidrasi, terjadi pada temperatur antara 150 °C sampai 650 °C

- b. kalsinasi (misal CaCO_3) terjadi pada temperatur 600 °C sampai 900 °C.
 c. oksidasi dari Fe dan materi organik terjadi pada temperatur 900 °C dan di atasnya.

Beberapa perubahan yang terjadi selama proses pemanasan dari keadaan awal sampai diperoleh produk keramik yang kuat dan mampat adalah perubahan bentuk dan ukuran pori, perubahan bentuk pori serta perubahan ukuran pori^(4,5)

Untuk memperbaiki sifat-sifat keramik yang dihasilkan dalam proses maka perlu ditambahkan aditif. Aditif yang digunakan dikategorikan dalam tiga jenis, yaitu berfungsi sebagai bahan perekat untuk memperoleh kekuatan yang cukup pada barang mentah agar dapat diproses sebelum pembakaran, bahan pelumas yang berfungsi untuk membantu distribusi butir selama proses pembentukan dengan cetak tekan dan mengurangi lekatnya bahan pada cetakan serta bahan pelebur yang berfungsi untuk membantu proses sintering agar proses sintering dapat berlangsung pada suhu yang lebih rendah.

Beberapa sifat keramik adalah tahan terhadap temperatur tinggi, bahan kimia dan keras serta kaku. Dari sifat-sifat yang menonjol ini diharapkan keramik dapat digunakan sebagai media pemadat limbah radioaktif. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan komposisi bahan mineral penyusun keramik yang tepat/baik sebagai bahan matrik immobilisasi limbah radioaktif.⁽⁵⁾

TATA KERJA

Bahan yang digunakan

Kaolin dari Semin Gunungkidul, feldspar, air, tanah lempung dari Kasongan, Yogyakarta

Alat yang digunakan

Cetakan, ayakan, tungku bakar, alat pres/tekan, peralatan gelas, lumpang dan martil

Cara Kerja

1. Preparasi bahan adonan

Mineral kaolin, feldspar dan clay dimasukkan ke dalam lumpang kemudian dihancurkan/dihaluskan memakai martil. Hasil mineral yang telah dihaluskan kemudian diayak dengan ukuran ayakan 10 s/d 200 mesh.

2. Pembuatan blok monolit keramik

Diambil beberapa gram mineral yang telah disiapkan dengan ukuran butir tertentu dengan perbandingan berat mineral tertentu ditambahkan air

secukupnya (persiapan untuk dicetak dengan sistem tekan dan sistem cetak) diaduk sampai homogen kemudian dicetak dengan sistem tuang dan tekan. Hasil cetakan yang telah kering dipanaskan pada suhu 1000 °C selama 3 jam, setelah dingin hasil cetakan dikeluarkan dan diamati bentuk visual serta diuji kemampuan serap terhadap air, kuat tekannya, dihitung berat jenisnya serta perubahan berat & tinggi blok monolit sebelum dan sesudah dilakukan pemanasan.

Perubahan berat dihitung dengan rumus (%)

$$\text{perubahan}) = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100 \%$$

W_0 = berat monolit sebelum dipanaskan

W_1 = berat monolit setelah dipanaskan

Perubahan tinggi monolit dihitung dengan rumus (%)

$$\text{perubahan tinggi}) = \frac{t_0 - t_1}{t_0} \times 100 \%$$

t_0 = tinggi monolit sebelum dilakukan pemanasan

t_1 = tinggi monolit sesudah dilakukan pemanasan

3. Penentuan komposisi mineral blok monolit keramik.

Untuk menentukan komposisi mineral monolit keramik maka dibuat monolit keramik dengan campuran kaolin, feldspar dan kaolin, clay. Perbandingan berat campuran kaolin terhadap feldspar dibuat mulai dari 95 % : 5 % sampai 75 % : 25 %. Perbandingan berat campuran kaolin terhadap clay dibuat mulai dari 97,5 % : 2,5 % sampai 90 % : 10 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik blok monolit yang dihasilkan dapat dilihat dalam Tabel 1 dan Tabel 2. Dari Tabel 1. tampak bahwa perubahan komposisi mineral penyusun mempengaruhi penyusutan tinggi tetapi tidak begitu berpengaruh terhadap penyusutan berat. Semakin tinggi kandungan kaolin yang ada dalam monolit keramik semakin besar susut tingginya setelah dilakukan pemanasan. Dengan terjadinya penyusutan tinggi maka secara otomatis akan terjadi penyusutan volume blok monolit. Penyusutan ini terjadi kemungkinan disebabkan selama proses pemanasan dari keadaan awal sampai diperoleh produk keramik yang kuat dan mampat adalah adanya perubahan bentuk dan ukuran pori. Kaitannya dengan akan digunakan untuk immobilisasi limbah maka penyusutan volume tidak begitu berpengaruh terhadap hasil immobilisasi. Penyusutan volume hanya digunakan untuk menentukan ukuran monolit.

Tabel 1. Karakter monolit keramik ditinjau dari penyusutan berat, penyusutan tinggi monolit keramik setelah dilakukan pemanasan dan kemampuan monolit keramik terhadap serap air untuk berbagai komposisi (kode sampel).

Kode	Penyusutan Berat (%)	Penyusutan Tinggi (%)	Kemampuan serap air (%)
KF-75	5,7414	1,7088	15,5475
KF-80	5,7564	1,9518	19,2667
KF-85	5,3088	1,4244	16,7545
KF-90	4,9179	2,1240	15,9008
KF-95	5,2396	2,0655	16,6571
KC-90	6,6625	0,2276	19,5921
KC-92,5	6,4332	1,0477	22,2024
KC-95	5,0945	3,7109	24,3818
KC-97,5	9,7871	4,1678	20,5386
	0,522291	0,961667	0,308486

Keterangan :

KF-75 = 75 % kaolin, 25 % Feldspar
 KF-80 = 80 % kaolin, 20 % Feldspar
 KF-85 = 85 % kaolin, 15 % Feldspar
 KF-90 = 90 % kaolin, 10 % Feldspar
 KF-95 = 95 % kaolin, 5 % Feldspar
 KC-90 = 90 % Kaolin; 10 % Clay
 KC-92,5 = 92,5 % Kaolin; 7,5 % Clay
 KC-95 = 95 % Kaolin; 5 % Clay
 KC-97,5 = 97,5 % Kaolin; 2,5 % Clay

Tabel 2. Karakteristik monolit keramik ditinjau dari berat jenis, kuat tekan sebelum dan sesudah monolit menyerap air.

Kode Sampel	Berat Jenis (gram/cm ³)	Kuat Tekan (N/mm ²)	
		Setelah Menyerap Air	Sebelum Menyerap Air
KF-75	1,9608	20,382	17,936
KF-80	1,7978	16,306	16,306
KF-85	1,9001	15,796	17,834
KF-90	1,9639	15,626	17,834
KF-95	1,9734	18,344	18,344
KC-90	1,7658	14,947	14,268
KC-92,5	1,7821	12,909	14,268
KC-95	1,8961	13,588	10,191
KC-97,5	2,0451	16,306	16,815

Kemampuan serap monolit terhadap air dapat dilihat dalam Tabel 1. Kemampuan serap monolit keramik terhadap air, sangat besar kemungkinan berkaitan dengan porositas dari monolit. Monolit yang mempunyai porositas yang semakin besar maka akan mempunyai berat jenis yang semakin rendah (porositas berbanding terbalik dengan berat jenis). Apabila kemampuan serap ini dikaitkan dengan berat jenisnya (Tabel 2.) maka ada suatu korelasi, yaitu semakin besar kemampuan serap terhadap air maka semakin kecil berat jenis monolit. Dalam mengimobilisasi limbah, matrik pengungkungnya dipilih yang mempunyai sifat kemampuan serap terhadap air harus rendah

sehingga proses difusi radionuklida ke lingkungan menjadi rendah.

Kekuatan tekan monolit keramik dapat dilihat pada tabel 2. Dari tabel tersebut tampak bahwa komposisi belum begitu berpengaruh terhadap kekuatan tekan yang diperoleh. Kekuatan tekan monolit sebelum dan sesudah menyerap air seperti yang tertera dalam tabel 2, juga tidak menunjukkan beda yang signifikan. Hal ini membuktikan bahwa monolit keramik cukup stabil. Dalam immobilisasi limbah, semakin besar kekuatan tekan monolit yang diperoleh maka semakin baik hasil immobilisasi. Prayitno., dkk (1988) telah mengadakan penelitian limbah konsentrat evaporator dan diperoleh hasil bahwa kuat tekan blok monolit hasil sementasi sebesar 36,235 N/mm² pada kondisi perbandingan air terhadap semen = 0,4 (W/S=0,4) dan belum diberi beban limbah. Setelah diberi beban limbah konsentrat evaporator sebanyak 14 % kuat tekannya turun menjadi 15,399 N/mm². Dari keadaan ini maka kuat hasil sementasi sedikit lebih baik ditinjau dari kuat tekan yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa monolit keramik dengan komposisi mineral penyusun kaolin, feldspar (dengan komposisi feldspar mulai dari 5 % sampai 75%) dan kaolin, clay (dengan komposisi clay mulai dari 2,5 % sampai 10 %) maka karakteristik monolit yang diperoleh tidak menunjukkan beda yang signifikan ditinjau dari sifat serap terhadap air, berat jenis serta kekuatan tekan.

DAFTAR PUSTAKA

1. MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTES FROM THE NUCLEAR CYCLE, Proceeding of Symposium, Vienna, 22-226 March 1976, IAEA, 1976
2. SUROTO, R., Diktat Kuliah Pengolahan Sampah Radioaktif, Bagian Teknik Nuklir, UGM
3. Petunjuk Teknik Pengelolaan Limbah Radioaktif Oleh Pemakai, BATAN, 1988
4. Razak, R.,A., Industri Keramik, Balai Pustaka, 1978
5. AUSTIN, G.T., Shreve's Chemical Process Industries, 5 ed., Mc. Graw-Hill International Edition, New York, 1984.

TANYA JAWAB**Dwi Retnani**

- Pada waktu pemanasan sampai suhu 1000 °C, apakah tidak ada kemungkinan terjadi pelepasan zat radioaktif dalam bentuk gas ?
- Bagaimana cara mengatasinya.

Isman M.T.

- ✧ *Pada waktu pemanasan sampai 1000 °C, sangat mungkin terjadi pelepasan gas/zat*

radioaktif, mengingat titik lebur unsur radioaktif ada yang kurang dari 1000 °C.

- ✧ *Cara mengatasi gas sudah barang tentu dibutuhkan/diperlukan instalasi untuk penanganan gas tersebut.*