

# MEMPELAJARI KARAKTERISTIK KERAMIK DARI MINERAL LOKAL KAOLIN, DOLOMIT, PASIR ILMENIT

Isman MT, Ign Djoko S., Sukosrono, Endro K  
Puslitbang Teknologi Maju BATAN

## ABSTRAK

**MEMPELAJARI KARAKTERISTIK KERAMIK LIMBAH DARI MINERAL LOKAL KAOLIN, DOLOMIT, PASIR ILMENIT.** Telah dilakukan penelitian untuk menentukan komposisi bahan mineral sebagai penyusun keramik untuk imobilisasi limbah radioaktif. Penelitian dilakukan dengan cara mencampur mineral kaolin, dolomit, pasir ilmenit kemudian ditambahkan air dan dicetak. Hasil cetakan dipanaskan dengan tungku bakar sampai suhu 1000 °C dan 700 °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 dolomit dan antara mineral kaolin terhadap pasir ilmenit. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada monolit keramik dengan komposisi penyusun kaolin-dolomit, kaolin- pasir ilmenit untuk pemanasan sampai dengan 1000 °C, adanya dolomit sangat berpengaruh terhadap karakteristik monolit keramik. Semakin besar kandungan dolomit dan pasir ilmenit maka kuat tekan dan berat jenis yang dihasilkan semakin rendah kemampuan serap terhadap air semakin tinggi. Untuk pemanasan sampai dengan 700 °C menghasilkan kualitas monolit keramik yang lebih jelek, dibanding dengan pemanasan 1000 °C. Kuat tekan terbesar monolit keramik yang diperoleh pada pemanasan 1000 °C sebesar 19,31 N/mm<sup>2</sup>. Kuat tekan terendah monolit keramik yang diperoleh pada pemanasan 1000 °C sebesar 5,302 N/mm<sup>2</sup> (untuk komposisi kaolin 60 % dan dolomit 40 %).

## ABSTRACT

**THE STUDY OF THE CERAMIC CHARACTERISTIC FROM LOCAL MINERAL OF KAOLINE, DOLOMITE, ILMENIT SAND.** The investigation to determine the local mineral composition as ceramic composer for the immobilization radioactive wastes has been done. The investigation was performed by mixing kaolin, dolomite, ilmenite sand mineral, and water, and then pressed. The resulted of the monolith block was heated on the furnace burner until 1000 °C and 700 °C temperature. The ceramic monolith block that formed was calculated its density and then examined for water absorption and tension strength. The investigated variable are the percentage of weight between kaolin to dolomite mineral and between kaolin to sand mineral. The result shown that the ceramic monolith with 1000 °C burned of mineral kaolin-dolomite composition, the existence of the dolomite and ilmenite sand was very depend on the monolith characteristic of ceramic. The higher dolomite & ilmenite sand contain so the smaller compressive strength, and density that was resulted. The higher dolomite contains so the higher water absorption. While the burned up to 700 °C resulted the quality was badness than the burned up to 1000 °C. The highest compressive strength of monolith ceramic was 19,31 N/mm<sup>2</sup> at 1000 °C of burned. The smaller compressive strength of monolith ceramic was 5,302 N/mm<sup>2</sup> on the composition 60 % kaoline and 40 % of dolomite.

## PENDAHULUAN

Pemadatan limbah radioaktif dilakukan untuk merubah bentuk fisik limbah menjadi bentuk padat yang monolit (satu kesatuan) agar supaya kemampuan pindah unsur radioaktif yang ada dalam limbah menjadi berkurang. Blok monolit hasil proses pemadatan limbah harus memenuhi kualitas tertentu dengan mempertimbangkan faktor keselamatan untuk penyimpanan baik penyimpanan sementara ataupun lestari, faktor kemudahan teknologi proses pembuatan, faktor ekonomi, serta faktor lingkungan. Kualitas ini dapat dilihat dari sifat fisik dan kimia

blok monolit yang dihasilkan. Blok monolit yang berkualitas diantaranya harus mempunyai stabilitas kimia yang bagus (misal kecepatan pelindian rendah), mempunyai konduktivitas panas yang baik, tahan terhadap radiasi, mempunyai densitas yang tinggi, mempunyai kompatibilitas dengan kontainer dalam penyimpanan, mudah penanganan dalam transportasi baik untuk penyimpanan sementara maupun penyimpanan lestari.

Pemadatan limbah dapat dilakukan dengan mencampur limbah dengan bahan semen, bitumen, gelas ataupun keramik.<sup>(1,2,3)</sup> 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 pada waktu basah, sifat plastisitas dan *work ability* kebanyakan dipengaruhi oleh kondisi fisik.
- Kaku setelah dikeringkan
- *Vitreous* (bersifat kaca ) setelah dipanaskan pada temperatur yang sesuai.

Dolomit dalam pembuatan keramik sering digunakan sebagai aditif pembentuk *refractory*. Senyawa yang penting dalam dolomit adalah kalsium, yang ada dalam bentuk senyawa  $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ . Kalsium ini di alam, selain dalam dolomit dapat juga diketemukan sebagai senyawa kalsit ( $CaCO_3$ ), gips ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ). Senyawa-senyawa ini terbagi merata dalam tanah. Senyawa lain yang dapat berfungsi sebagai *refractory* adalah pasir ilmenit. Senyawa penyusun ilmenit adalah titania ( $FeO, TiO_2$ ) dengan kadar oksida dalam tanah relatif rendah. Titania di alam dapat juga berada dalam rutil ( $TiO_2$ ), dan spheen ( $TiO_2, SiO_2$ ).

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
- Kalsinasi (misal  $CaCO_3$ ) terjadi pada temperatur 600 °C sampai 900 °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<sup>(4,5)</sup>

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 imobilisasi limbah radioaktif.<sup>(5)</sup>

## TATA KERJA

### Bahan yang digunakan

1. Kaolin dari Semin Gunungkidul
2. Dolomit
3. Pasir ilmenit
4. Air

### Alat yang digunakan

1. Cetakan
2. Ayakan
3. Tungku bakar
4. Alat pres/tekan
5. Peralatan gelas
6. Lumpang dan martil

### Cara Kerja

#### Preparasi bahan adonan

Setiap mineral kaolin, dolomit dan pasir ilmenit dimasukkan ke dalam lumpang kemudian dihancurkan /dihaluskan memakai martil. Hasil mineral yang telah dihaluskan kemudian diayak dengan ukuran ayakan 10 s/d 200 mesh.

#### 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 700 °C dan 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 dan tinggi blok monolit sebelum dan sesudah dilakukan pemanasan.

Perubahan berat dihitung dengan rumus (% perubahan )

$$= \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

$W_0$  = berat monolit sebelum dipanaskan

$W_1$  = berat monolit setelah dipanaskan

Perubahan tinggi monolit dihitung dengan rumus (% perubahan tinggi)

$$= \frac{t_0 - t_1}{t_0} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

$t_0$  = tinggi monolit sebelum dilakukan pemanasan

$t_1$  = tinggi monolit sesudah dilakukan pemanasan

**Penentuan komposisi mineral blok monolit keramik.**

Untuk menentukan komposisi mineral monolit keramik maka dibuat monolit keramik

dengan campuran kaolin, dolomit dan kaolin, pasir ilmenit. Perbandingan berat campuran kaolin terhadap dolomit dibuat mulai dari 90 % : 10 % sampai 60 % : 40 %. Perbandingan berat campuran kaolin terhadap pasir ilmenit dibuat mulai dari 90 % : 10 % sampai 60 % : 40 %.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Karakteristik blok monolit yang dihasilkan dapat dilihat dalam Tabel 1 dan 2. Dari tabel tersebut tampak bahwa perubahan komposisi mineral penyusun mempengaruhi penyusutan berat tetapi tidak begitu berpengaruh terhadap penyusutan tinggi. Semakin tinggi kandungan dolomit dan pasir ilmenit yang ada dalam monolit keramik semakin besar susut beratnya setelah dilakukan pemanasan. Penyusutan ini

**Tabel 1.** Karakteristik monolit keramik yang dihasilkan dari campuran Kaolin dan Dolomit

Kode Sampel	Pemanasan 1000 °C					
	Penyusutan Berat (%)	Penyusutan Panjang (%)	Berat Jenis Gram/cm <sup>3</sup>	Kemampuan Serap Air (%)	Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )	
					Sebelum serap air	Sesudah Serap air
K	5,789	1,231	1,787	16,056	19,317	19,8
KD-10	9,841	0,000	1,639	20,097	12,484	13,280
KD-20	13,186	0,000	1,576	22,797	9,657	11,349
KD-30	16,640	0,769	1,488	26,926	8,119	9,659
KD-40	20,906	1,077	1,391	34,682	5,302	6,519
Pemanasan 700 °C						
K	5,168	1,231	1,789	18,471	17,385	-
KD-10	7,459	0	1,689	13,681	13,191	-
KD-20	6,785	0	1,691	21,325	11,307	-
KD-30	<b>Retak</b>	<b>Retak</b>	<b>Retak</b>	<b>Retak</b>	<b>Retak</b>	-
KD-40	<b>Retak</b>	<b>Retak</b>	<b>Retak</b>	<b>Retak</b>	<b>Retak</b>	-

**Keterangan :**

K : kaolin 100 %, KD-10: Kaolin 90 % : Dolomit 10 %, KD-20 : Kaolin 80 % : Dolomit 20 %, KD-30 : Kaolin 70 % : Dolomit 30 %, KD-40 : Kaolin 60 % : Dolomit 40 %

**Tabel 2.** Karakteristik monolit keramik yang dihasilkan dari campuran Kaolin dan Pasir Ilmenit

Kode Sampel	Pemanasan 1000 °C					
	Penyusutan Berat (%)	Penyusutan Panjang (%)	Berat Jenis Gram/cm <sup>3</sup>	Kemampuan Serap Air (%)	Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )	
					Sebelum serap air	Sesudah serap air
K	5,789	1,231	1,787	16,056	19,317	19,8
KS-10	4,709	0,538	1,828	15,615	18,573	19,049
KS-20	4,999	0,615	1,940	13,650	23,848	21,940
Pemanasan 700 °C						

K	5,168	1,231	1,789	18,471	17,385	-
KS-10	4,38	0,231	1,817	15,952	14,199	14,672
KS-20	4,653	0,231	1,858	14,130	19,878	15,619

**Keterangan :**

KS-10 : Kaolin 90 %, pasir ilmenit 10 %, KS-20 : Kaolin 80 %; pasir ilmenit 20 %

terjadi kemungkinan disebabkan selama proses pemanasan dari keadaan awal sampai diperoleh produk keramik yang kuat dan mampat adalah adanya perubahan bentuk dan ukuran pori, perubahan bentuk pori serta perubahan ukuran pori. Kaitannya dengan akan digunakan untuk immobilisasi limbah maka penyusutan ini tidak begitu berpengaruh terhadap hasil imobilisasi. Penyusutan volume hanya digunakan untuk menentukan ukuran monolit.

Kemampuan serap monolit keramik terhadap air, untuk monolit dengan komposisi kaolin-dolomit mempunyai kualitas yang lebih jelek dibandingkan dengan monolit keramik dengan komposisi kaolin-pasir ilmenit. Kemampuan serap ini 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 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 1 dan 2. Dari tabel tersebut tampak bahwa komposisi sangat berpengaruh terhadap kekuatan tekan yang diperoleh. Semakin tinggi kandungan dolomit dan pasir ilmenit dalam monolit keramik maka semakin kecil kuat tekan yang diperoleh. Adanya pengaruh penyerapan air oleh monolit terhadap kekuatan tekan yang dihasilkan, tidak menunjukkan adanya beda yang bermakna. Dalam immobilisasi limbah, semakin besar kekuatan tekan monolit yang diperoleh maka semakin baik hasil imobilisasi. Prayitno., dkk (1988) telah mengadakan penelitian limbah konsentrat evaporator dan diperoleh hasil bahwa kuat tekan blok monolit hasil sementasi sebesar 36,235 N/mm<sup>2</sup> 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/mm<sup>2</sup>.

Pengaruh suhu pemanasan terhadap karakteristik monolit keramik ternyata cukup signifikan. Suhu pemanasan 1000 °C ternyata lebih baik bila dibandingkan dengan pemanasan 700 °C, seperti yang terlihat pada Tabel 1 dan 2.

**KESIMPULAN**

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa monolit keramik dengan komposisi penyusun kaolin - dolomit dengan pemanasan sampai dengan 1000 °C, adanya dolomit sangat berpengaruh terhadap karakteristik monolit keramik. Semakin besar kandungan dolomit maka kuat tekan dan berat jenis yang dihasilkan semakin rendah, serta kemampuan serap terhadap air semakin tinggi. Untuk pemanasan sampai dengan 700 °C menghasilkan kualitas monolit keramik yang lebih jelek. dibanding dengan pemanasan 1000 °C. Kuat tekan terbesar monolit keramik yang diperoleh pada pemanasan 1000 °C sebesar 19,31 N/mm<sup>2</sup>, dan untuk pemanasan 700 °C sebesar 17,385 N/mm<sup>2</sup>. Kuat tekan terendah monolit keramik yang diperoleh pada pemanasan 1000 °C sebesar 5,302 N/mm<sup>2</sup> (untuk komposisi kaolin 60 % dan dolomit 40 %), sementara untuk pemanasan 700 °C sudah mengalami keretakan pada kandungan dolomit sebesar 30 % dan 40 %.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. EWEST, E., LEVI, H.W, Evaluation Of Products For The Solidification Of High-Level Radioactive Waste From Commercial Reprocessing In The Federal Republic Of Germany, 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**