

# PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI DAN SUHU SINTERING TERHADAP DENSITAS KERAMIK LUMPUR LAPINDO

Muh amin<sup>\*)</sup>

## Abstrak

Lumpur Lapindo merupakan suatu limbah yang sangat mengganggu keberadaan masyarakat setempat dan aplikasi dari lumpur tersebut masih dalam taraf penelitian awal sehingga nilai jual dari limbah tersebut masih sangat rendah. Agar Lumpur Lapindo dapat diaplikasikan sebagai material keramik teknik maka harus diketahui terlebih dahulu sifat fisis dan mekanis yang dimilikinya agar dalam penggunaannya dapat dioptimalkan. Oleh sebab itu perlu adanya suatu penelitian yang simultan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis dari keramik Lumpur Lapindo sebelum diaplikasikan di beberapa industri maju.

Penelitian ini dilakukan untuk memberikan solusi dalam penanganan limbah Lumpur Lapindo yang mendesak keberadaan warga setempat dengan memanfaatkan bahan limbah sebagai pembuatan produk berupa material keramik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data tambahan mengenai material baru terutama dibidang keramik teknik sebagai material refraktori (material tahan terhadap suhu tinggi) yang berasal dari limbah Lumpur Lapindo (material lokal /Indonesia). Sehingga material lokal tersebut dapat dioptimalkan dalam penggunaannya.

**Pada proses *pressureless sintering* dengan tekanan kompaksi 100 MPa (pada pembuatan *green body*) dengan suhu sinter 800°C diperoleh harga kekerasan *Vickers* tertinggi adalah (914,340±92, 06) MPa.**

Kata Kunci: keramik teknik, *pressureless sintering*, kekerasan *Vickers*

## PENDAHULUAN

Limbah yang ditimbulkan akibat semburan lumpur panas di Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo yang selanjutnya disebut sebagai Lumpur Lapindo berlangsung sejak 29 Mei 2006 lalu sangat melimpah sehingga sangat meresahkan masyarakat sekitar jika limbah tersebut tidak dikelola dengan baik. Menurut hasil penelitian awal yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti bahwa Lumpur Lapindo dapat dimanfaatkan sebagai bahan keramik dan bahan pengganti semen untuk pembuatan paving dan beton (Diah N, 2007).

Keramik merupakan salah satu jenis material teknik yang terus menerus dikembangkan, yang merupakan prospek cerah dalam pengembangan dibidang teknik. Produk keramik telah banyak diaplikasikan dibidang teknik terutama dipermesinan seperti: alat potong, nosel, katup, turbin, *ball bearing* (Barsoum, 1997). Keunggulan keramik secara umum adalah titik cair tinggi, tahan terhadap temperatur tinggi, tahan terhadap gesekan, tahan korosi, daya hantar panas rendah, densitas relatif rendah dan koefisien muai panas rendah (Barsoum, 1997). Namun demikian, keramik juga mempunyai kelemahan yaitu bersifat getas (*brittle*) (Green, 1998) dan ketangguhan retak (*fracture toughness*) yang rendah (Chawla, 1993).

Pemanfaatan Lumpur Lapindo sebagai material keramik masih belum dioptimalkan penggunaannya dibidang teknik. Hal ini dapat dilihat masih sedikitnya penelitian yang dilakukan dibidang keramik teknik yang berbahan dasar Lumpur Lapindo. Sehingga perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang Lumpur Lapindo sebagai material keramik teknik agar dapat dioptimalkan penggunaannya.

Tujuan dari penelitian ini adalah meneliti pengaruh tekanan kompaksi dan suhu sintering terhadap kekerasan dari Keramik Lumpur Lapindo dan meneliti pengaruh tekanan kompaksi terhadap struktur mikro dari Keramik Lumpur Lapindo.

## TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh TIM Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya menyimpulkan bahwa material Lumpur Lapindo yang berasal dari Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo ini mengandung senyawa-senyawa ( $\text{SiO}_2 = 57,14\%$ ;  $\text{NaCl} = 11,68\%$ ;  $\text{FeSi} = 9,15\%$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 9,09\%$ ;  $\text{CaAlF}_5 = 4,5\%$  dan  $\text{Mg}_3\text{SiO}_3(\text{OH})_4 = 8,44\%$ ) (Aristianto, 2006) yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan keramik (Diah N, 2007). Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Aristianto, 2006) menunjukkan bahwa Kekuatan Bending dari material keramik dari Lumpur Lapindo adalah sebesar 3,81 MPa.

Lumpur Lapindo memiliki kandungan senyawa yang sama dengan *fly ash* (limbah dari hasil pembakaran batu bara) (Januarti J. E, 2007). Cheng, dkk (2002) melakukan penelitian tentang *glass ceramics* dari *fly ash* dengan menggunakan tekanan kompaksi sebesar 150 MPa pada spesimen dengan ukuran (4x1,5x0,7) cm. Sintering dilakukan dengan variasi suhu (850, 900, 950, 1000 dan 1050) $^{\circ}\text{C}$  dengan *holding time* selama 2 jam, setelah itu didinginkan pada temperatur ruang. Hasil dari pengujian menunjukkan kekuatan bending maksimum dicapai pada suhu (850-900) $^{\circ}\text{C}$ .

Cheng dan Chen (2004) meneliti karakterisasi *glass-ceramics* dari *fly ash* dengan ukuran partikel (0,2-500)  $\mu\text{m}$  yang dicetak dengan ukuran (4x1,5x0,7) cm dengan tekanan kompaksi sebesar 118 MPa. Sintering dilakukan dengan divariasi suhu (850, 900, 950, 1000 dan 1050) $^{\circ}\text{C}$  dengan *holding time* selama 2 jam. Pada suhu 850 $^{\circ}\text{C}$  dan 900 $^{\circ}\text{C}$  terjadi peningkatan laju pengintian dan pertumbuhan kristal. Sedangkan suhu diatas 1000 $^{\circ}\text{C}$ , porositas dan laju penyerapan air terjadi penurunan yang signifikan sehingga *density* dan *compressive strength* terjadi peningkatan.

## METODE PENELITIAN

### Bahan penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Lumpur Lapindo yaitu bahan lumpur dari semburan lumpur panas di Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo dengan ukuran partikel rata-rata 325 mesh (45  $\mu\text{m}$ ).
- Resin untuk *mounting* spesimen.
- Kertas ampelas (ukuran 120, 220, 400, 600, 800 dan 1000) untuk menghaluskan permukaan spesimen.

### Alat Penelitian

Perlitan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

- Timbangan *digital* (Sartorius Type LC 1201 S) digunakan untuk menimbang serbuk Lumpur Lapindo dan untuk pengujian densitas keramik Lumpur Lapindo.
- Cetakan (bentuk silindris) digunakan untuk pembuatan spesimen uji kekerasan.
- Mesin tekan (*Tarno Grocki type UPHG20 Japan*) digunakan untuk penekan (*press*) dalam pembuatan *green body*.
- Dapur pemanas digunakan untuk proses *sintering*.
- Alat uji kekerasan *Vickers (Hardness Tester type 38505)* digunakan untuk pengujian kekerasan.
- Mikroskop optik (*Olympus Japan*) digunakan untuk pengamatan struktur mikro, menentukan panjang diagonal Injakan *Vickers* dan bentuk permukaan patah.

### Cara Penelitian

Pada persiapan penelitian dilakukan:

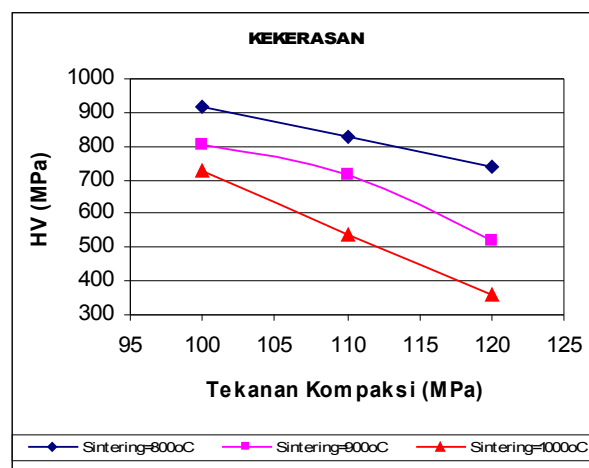
- Mempersiapkan bahan uji berupa Lumpur Lapindo
- Pembuatan cetakan spesimen silindris seperti pada Gambar 1.
- Mempersiapkan kertas ampelas (ukuran 120, 220, 400, 600, 800 dan 1000).
- Menyediakan resin untuk *mounting* spesimen.
- Pembuatan spesimen pertama kali dilakukan dengan pembuatan *green body* dengan *uniaxial pressing* pada sebuah cetakan dan selanjutnya dilakukan proses *pressureless sintering*.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Unsur utama yang sangat berpotensi dalam pembuatan keramik dari Lumpur Lapindo adalah  $\text{SiO}_2$  sebesar 58,21 % dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 9,10 %.

### Pengujian Densitas

Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen yang disinter pada suhu sinter 800°C, 900°C dan 1000°C yang sebelumnya di-*mounting* dalam resin untuk memudahkan sewaktu pemolesan dan pengujian kekerasan. Pengujian kekerasan dilakukan dengan beban 153,2 N menggunakan mesin uji kekerasan makro. Kedua diagonal injakan indentor Vickers diamati dengan menggunakan mikroskop optik. Harga kekerasan Vickers dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) dan hasilnya ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil pengujian kekerasan Vickers

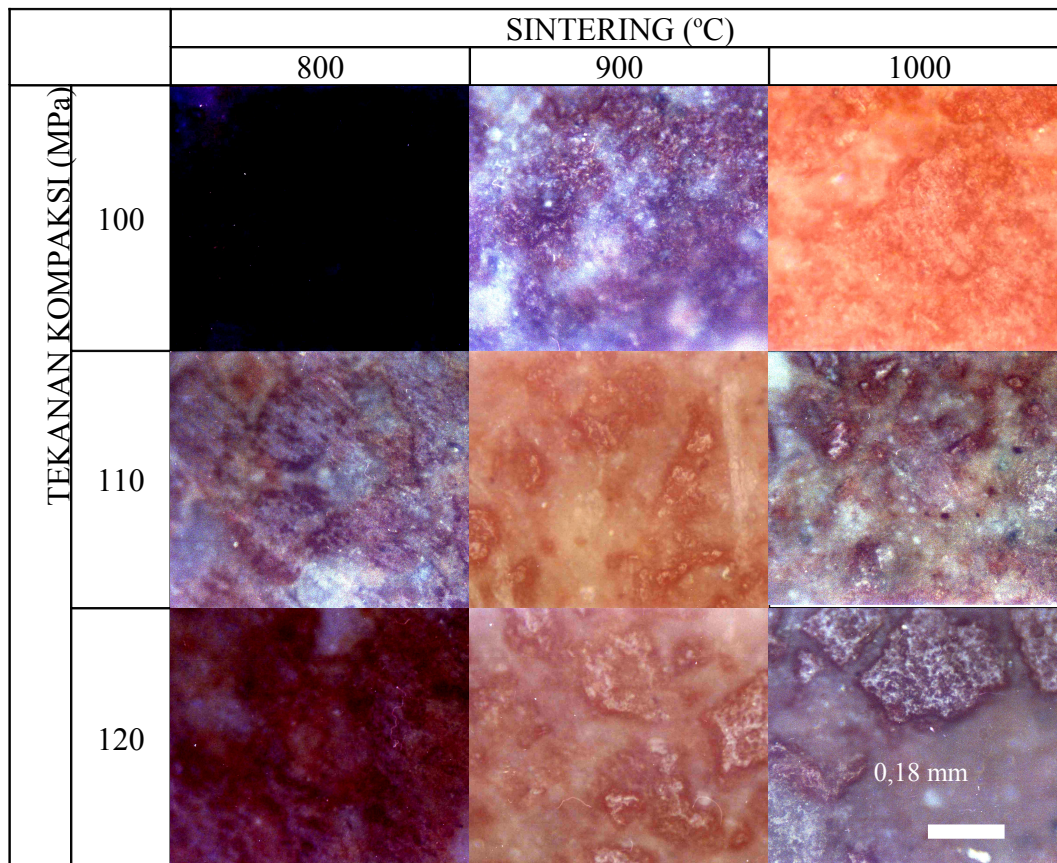
Dari Gambar 2 terlihat bahwa peningkatan tekanan kompaksi akan mengakibatkan penurunan kekerasan kaolin. Hal ini disebabkan dengan peningkatan tekanan kompaksi pada fase final stage pada proses sintering mengakibatkan porositas akan bertambah, demikian juga setelah disinter. Akan tetapi dengan meningkatnya suhu sintering pada fase sebelum final stage akan mengakibatkan kekerasan semakin tinggi karena akan terjadi ikatan yang kuat antar partikel-partikel tersebut (Djaprie, 1998).

Kekerasan tertinggi diperoleh pada suhu sinter 800°C untuk masing-masing tekanan kompaksi. Pada suhu sinter 900°C dan 1000°C sudah mengalami penurunan kekerasan secara signifikan untuk masing-masing tekanan kompaksi. Harga kekerasan tertinggi diperoleh pada tekanan kompaksi 100 MPa dengan suhu sinter 800°C yaitu sebesar (914,340±92,06) MPa. Besarnya nilai standard deviasi disebabkan kelemahan dalam pengamatan injakan Vickers Hadrness dengan menggunakan Mikroskop Optik.

### Pengamatan Struktur Mikro

Pada Gambar 3 merupakan hasil dari foto mikro pada Keramik Lumpur Lapindo yang telah mengalami *compacting*. Pengamatan dengan menggunakan mikroskop optic terlihat bahwa dengan

bertambahnya tekanan kompaksi akan terjadi pertumbuhan *grain* yang lebih besar sehingga inilah yang menyebabkan densitas Keramik Lumpur Lapindo terjadi penurunan karena porositasnya semakin besar.



Gambar 3. Foto struktur mikro Keramik Lumpur Lapindo

## KESIMPULAN

1. Harga kekerasan *Vickers* tertinggi pada Keramik Lumpur Lapindo dengan tekanan kompaksi 100 MPa dengan suhu sinter 800°C adalah (914,340±92, 06) Mpa.
2. Pada tekanan kompaksi dan suhu sintering yang semakin tinggi terlihat adanya pembesaran grain boundary yang mengakibatkan turunnya kekerasan Keramik Lumpur Lapindo.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aristianto, 2006**, *Pemeriksaan Pendahuluan Lumpur Panas Lapindo Sidoarjo untuk Produk Keramik*, Handouts.
- Barsoum, M. W., 1997**, *Fundamental of Ceramics*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Chawla, K.K., 1993**, *Ceramic Matrix Composites*, University Press, Cambridge, Great Britain.
- Cheng, T. W, Ueng, T. H., Chen. Y. S. and Chiu, J. P., 2002**, *Production of Glass-Ceramics from Incinerators Fly Ash*, Journal Ceramics international 28, 779-783.
- Cheng, T. W. and Chen, Y. S., 2004**, *Characterization of Glass-Ceramics Made From Incinerators Flay Ash*, Journal Ceramics international 30, 343-349.
- Diah N., 2007**, *Penelitian Awal Pemanfaatan Lumpur Porong Kab. Sidoarjo untuk Komponen Bangunan*, Balai Teknologi Pemukiman.
- Djaprie S, 1987**, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.
- Green, D. J., 1998**, *An Introduction to the Mechanical Properties of Ceramic*, University Press, Cambridge, Great Britain.
- German R.M., 1994**, *Powder Melallurgy Science*, The Pennsylvania State University, USA.
- German R.M., 1991**, *Fundamentals of Sintering*, Engineered Materials Handbook Ceramics and Glasses, ASM International, USA.
- Gordan L, 1991**, *Application for Traditional Ceramic*, Engineered Materials Handbook Ceramics and Glasses, ASM International, USA.

- Januarti, J.E., 2007**, *Lumpur Lapindo Untuk Semen*, ITS, Surabaya.
- Lily P, 2006, *Karakteristik Fisik Kimia Lumpur Panas Porong Sidoarjo*, ITS Surabaya, Handouts.
- Lee, W.E., Rainforth, W.M., 1994**, *Ceramic Microstructures Property Control by Processing*, Chapman and Hall, London UK.
- McEntire B. J. dan Norton, 1991**, Powder Compaction Processes-Dry Pressing, Engineered Materials Handbook Ceramics and Glasses, ASM International, USA.
- Roger, L. K. M., 1987**, *Evaluation of Fracture Toughness Determination Methods as Applied to Ceria-Stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystal*, Journal American Ceramic Society 70(12) C-366-C-368.
- Somiya S., 1989**, *Advanced Technical Ceramics*, Academic Press inc, Tokyo.
- Surdia T, 1985**, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Vlack V, 1980**, *Elements of Materials Science and Engineering*, Addison-Wesley Publishing Company, USA.