

# PENGARUH PROSES WET PRESSING DAN SUHU SINTER TERHADAP DENSITAS DAN KEKERASAN VICKERS PADA MANUFACTUR KERAMIK LANTAI

Oleh :

Nurzal<sup>1</sup> & Okto Siswanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dosen Teknik Mesin - Institut Teknologi Padang

<sup>2</sup> Alumni Teknik Mesin ITP

---

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh komposisi fly ash dan suhu sintering terhadap densitas dan kekerasan Vickers keramik lantai dari fly ash yang telah di-vitrifikasi. Fly ash yang digunakan berasal dari sisa pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap dari Sijantang Sawahlunto. Pertambahan jumlah produksi fly ash menyebabkan dampak negatif pada lingkungan, sehingga salah satu solusi untuk mengatasi dampak tersebut adalah dengan cara memanfaatkan fly ash yang telah di-vitrifikasi sebagai raw material untuk membentuk keramik lantai. Komposisi material yang dipergunakan yaitu: 50 % berat fly ash vitrifikasi (Fav) + 40 % berat clay + 10 % berat batu kapur. Spesimen uji dibuat berbentuk silindris dengan diameter 15 mm dengan tekanan sebesar 120 MPa. Spesimen uji kemudian di-sinter pada suhu 1050, 1100, 1150 °C dengan laju pemanasan 10 °C/menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimal densitas dan kekerasan vickers terjadi pada spesimen (50% berat fly ash vitrifikasi + 40 % berat clay + 10% berat batu kapur) pada tekanan 120 MPa dan suhu sinter 1150 °C, yaitu densitas sebesar 3,52 gr/cm<sup>3</sup>, kekerasan vickers sebesar 6,98 Kg/mm<sup>2</sup>.

**Kata kunci** : fly ash vitrifikasi, clay, batu kapur, sintering, densitas, kekerasan vickers.

---

## PENDAHULUAN

Fly ash dihasilkan dari sisa pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap. Produksi fly ash menyebabkan polusi lingkungan berupa pencemaran udara dan air tanah, karena pemanfaatannya baru sedikit yaitu kurang lebih 20 sampai 30 %. Oleh karena itu perlu dicari suatu solusi untuk mengatasi masalah tersebut dengan cara memanfaatkan fly ash sebagai raw material untuk membentuk keramik lantai.

Dalam pengembangan dibidang teknik fly ash mempunyai sifat superior, diantaranya : kekerasan, kekuatan yang tinggi dan mampu kerja yang baik, sehingga dapat diaplikasikan pada bidang konstruksi, mekanik dan industri kimia (Boccacini dkk, 1995).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi fly ash dan suhu sinter terhadap densitas dan kekerasan Vickers keramik lantai dari fly ash yang di-vitrifikasi.

## 1. Keramik

Keramik merupakan campuran padat yang dibentuk dari aplikasi panas dan tekanan, berisikan sedikitnya sebuah logam dan non logam atau kombinasi sekurang-kurangnya dua unsur non logam (Barsoum, 1997).

Pengembangan material keramik pada saat ini mulai banyak diarahkan pada pembuatan keramik lantai, salah satunya adalah fly ash sebagai matrix dipadukan dengan unsur lain untuk mendapatkan sifat yang lebih baik.

### ❖ Klasifikasi Keramik

Secara umum keramik dapat diklasifikasikan menurut tipe atau fungsi dengan berbagai cara. Dalam bidang industri, keramik dikelompokkan sebagai gerabah, produk lempung keras (bata, pipa keramik, dan sebagainya), bahan tahan-api (bata tahan api, silica, alumina, basa, netral), semen dan beton, gelas dan enamel vitrous, dan keramik rekayasa (teknik halus).

### ❖ Fasa Keramik

Bahan keramik mempunyai karakteristik yaitu merupakan senyawa antara logam dan bukan logam. Senyawa ini mempunyai ikatan ionik dan

ikatan kovalen. Jadi, sifat-sifatnya berbeda dengan logam. Biasanya merupakan isolator, tembus cahaya (bening), tidak dapat diubah bentuknya dan sangat stabil dalam lingkungan yang sangat berat. Perbandingan fasa keramik dan bukan keramik. Kebanyakan fasa keramik mempunyai struktur kristalin. Ikatan ionik menyebabkan bahan keramik mempunyai stabilitas yang relatif tinggi. Sebagai kelompok bahan, keramik mempunyai titik cair yang tinggi dibandingkan dengan logam atau bahan organik. Biasanya lebih keras dan tahan terhadap perubahan-perubahan kimia. Keramik padat biasanya merupakan isolator sebagaimana pula halnya dengan bahan organik. Pada suhu tinggi dengan energi termal yang lebih tinggi, keramik dapat menghantar listrik meskipun daya hantarnya lebih rendah dibandingkan dengan logam. Karena tidak memiliki elektron bebas, kebanyakan bahan keramik tembus cahaya (bila tipis) dan merupakan penghantar panas yang buruk.

## 2. Material

### ❖ Fly Ash

Abu terbang (*fly ash*) adalah limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara didalam suatu ruang bakar. Sekitar 80% abu yang terbentuk dari pembakaran batu bara keluar dari tungku pembakaran, ada yang melalui cerobong asap yang disebut *fly ash* dan ada sisa pembakaran batu bara pada dasar tungku disebut *bottom ash*.

*Fly ash* merupakan bagian dari abu dengan ukuran kecil dengan diameter rata-rata 2-20  $\mu\text{m}$ , mempunyai warna abu-abu gelap hingga abu-abu terang. Karakteristik *fly ash* berbentuk bola, tidak tembus cahaya/buram, dengan luas permukaan  $1\text{m}^2/\text{g}$ . Berat jenis *fly ash* bervariasi sesuai dengan kompaksi. Komposisi *fly ash* terdiri dari Si, Al, Fe, Ca, C, Mg, K, Na, S, Ti, P dan Mn (Miller, 1992). Karakteristik *fly ash* juga dipengaruhi oleh karakteristik batu bara yang dibakar (ASTM-C618 dalam wikipedia).

### ❖ Tanah Lempung (Clay)

Tanah lempung (*clay*) adalah jenis tanah yang bersifat *kohesif* dan *plastis*. Lempung sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan mempunyai permukaan

khusus, sehingga lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Partikel ini biasanya berukuran lebih kecil dari 2  $\mu\text{m}$  dan umumnya mengandung Aluminium Silikat, Magnesium dan dapat juga mengandung zat besi. Partikel *clay* mempunyai hidroksil (OH) yang berada pada permukaannya.

Sifat khas dari lempung adalah :

- Dalam campuran dengan sejumlah air membentuk massa yang *plastis* yang dapat dibentuk dengan banyak cara.
- Bila air diuapkan, benda yang terbuat dari lempung akan menjadi keras/padat dengan kadar air < 8% dan menjadi rapuh bila kadar airnya nol.

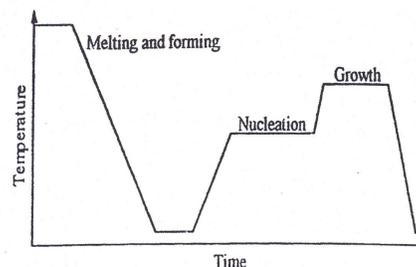
### ❖ Batu Kapur

Batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) adalah sebuah batuan sedimen terdiri dari mineral calcite (kalsium carbonate). Batu kapur (*wollastonite*) ini digunakan sebagai bahan pelebur serta pembentuk suatu ikatan, sehingga bahan ini dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah lempung.

## 3. Vitrifikasi

Vitrifikasi merupakan perlakuan panas terhadap *fly ash* pada temperatur dibawah melting point yang berkisar lebih dari  $1400^\circ\text{C}$ . Proses ini bertujuan untuk mengontrol fasa yang terjadi pada *fly ash* menjadi fasa *crystalline*. Fasa *crystalline* mempunyai susunan atom yang lebih teratur sehingga diharapkan mempunyai sifat mekanis yang lebih baik lagi.

Tahapan-tahapan yang dilewati dalam proses vitrifikasi ini antara lain yaitu pembentukan *glass*, laju pengintian dan laju pertumbuhan kristal sebelum memasuki titik lebur atau *melting point* seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



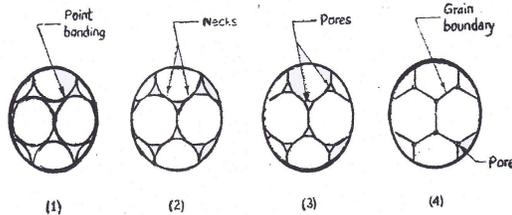
Gambar 1. Skema pembentukan *glass ceramics* (Borsoum, 1997)

#### 4. Blending, mixing dan compacting

Partikel-partikel dengan ukuran berbeda sering di *blending* untuk mengurangi porositas sewaktu *compacting* sedangkan *mixing* digunakan untuk menggabungkan serbuk dari komposisi dua unsur atau lebih sehingga diperoleh campuran yang homogen. Proses pencetakan spesimen biasanya biasa disebut *compacting*, serbuk ditekan dengan tekanan yang cukup tinggi sesuai ukuran dan bentuk yang diinginkan. Hasil *compacting* disebut juga *green compact*.

#### 5. Sintering

*Sintering* merupakan proses perlakuan panas terhadap *green compact* atau spesimen yang akan diuji, untuk meningkatkan ikatan partikel sehingga kekuatan dan kekerasannya meningkat pula. Dimana suhu sintering berkisar antara 0,7-0,9  $T_m$  gambar 2 menunjukkan pada skala mikroskopis perubahan yang terjadi selama proses *sintering* berlangsung.



Gambar 2. Menunjukkan pada skala mikroskopis perubahan yang terjadi selama proses *sintering* berlangsung.

#### 6. Pengujian

Densitas (kerapatan massa) merupakan perbandingan massa terhadap volume. *Densitas* aktual diuji menggunakan teori *Archimedes* (Barsom, 1997).

$$\rho = \frac{W_{udara}}{(W_{udara} - W_{fluida})} \times \rho_{fluida}$$

Dimana :

$W_{udara}$  = berat diudara ( gr )

$W_{fluida}$  = berat dalam fluida ( gr )

$\rho_{fluida}$  = densitas fluida (  $gr/cm^3$  )

*Vickers* yang mengacu pada standard JIS Z 2251 (Somiya,1989), angka kekerasan *Vickers* dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$H_v = 1,8544 \frac{P}{d^2}$$

Dimana :

$H_v$  = angka kekerasan *Vicker* (MPa)

P = pembebanan (N)

d = diagonal rata-rata (mm)

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 1. Bahan yang digunakan

##### ❖ *Fly ash (Fa)* :

Berasal dari PLTU Sijantang Sawahlunto yang batu baranya berasal dari PT. Bukit Asam Sawahlunto, berbentuk serbuk berwarna abu-abu gelap,  $\rho = 2,10 \text{ gr / cm}^3$  dan ukuran butir 80 mesh

##### ❖ *Clay* (Tanah lempung).

Berasal dari tempat pembuatan batu bata tradisional di Payakumbuh, berwarna merah kecoklatan,  $\rho = 2,90 \text{ gr/cm}^3$  dengan ukuran partikel 50 mesh setelah pengayakan.

##### ❖ *Wollastonite* (Batu Kapur).

Diperoleh dari toko material yang batu kapurnya berasal dari Padang Panjang, berwarna putih,  $\rho = 2,84 \text{ gr/cm}^3$  dengan ukuran partikel 100 mesh setelah pengayakan.

#### 2. Spesimen Uji

Spesimen yang akan diuji berbentuk silinder untuk dua jenis pengujian yaitu uji *densitas* dan kekerasan *vickers* dengan bentuk dan ukuran sebagai berikut: Silindris (  $d = 15 \text{ mm}$ ,  $r = 7,5 \text{ mm}$ ,  $t = 8 \text{ mm}$  )

#### 3. Tahapan Pembuatan Spesimen

##### ❖ *Vitrifikasi*

*Fly ash* yang masih dalam bentuk serbuk di-*Vitrifikasi* dalam *Furnace* pada suhu  $1180^{\circ}\text{C}$ , setelah itu didinginkan pada suhu temperatur ruangan. Pemakaian temperatur  $1180^{\circ}\text{C}$  ini, karena pada suhu ini sudah terjadi *melting point* pada *fly ash*.

##### ❖ *Grinding*

Setelah dilakukan proses *vitrifikasi*, bentuk *fly ash* berubah seperti bongkahan batu yang keras

berwarna kecoklat-coklatan. Untuk memudahkan proses pengayakan untuk mendapatkan ukuran butir 80 mesh, sebelumnya *fly ash* harus dihaluskan.

### Mixing

Proses pencampuran bahan dengan komposisi A, B dan C. Proses ini menggunakan alat pencampur berupa *mixer* dengan metode *rotating drum*, dengan waktu pencampuran 4 jam supaya tidak terjadi penggumpalan dari campuran tersebut.

### Compacting

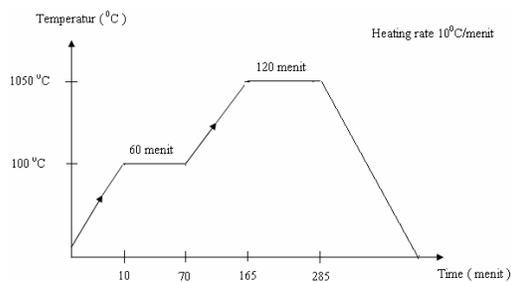
Spesimen uji dibuat dengan menggunakan variasi komposisi yang terdiri dari :

- 58 %  $v_{fa}$  + 33 %  $v_{clay}$  + 9 %  $v_{batu\ kapur}$
- 77%  $v_{fa}$  + 18 %  $v_{clay}$  + 5 %  $v_{batu\ kapur}$
- 94 %  $v_{fa}$  + 5 %  $v_{clay}$  + 1 %  $v_{batu\ kapur}$

yang masing-masing komposisi tersebut tiap 100 gramnya diberi air sebagai binder seberat 5 gram. Untuk membuat 1 spesimen uji beratnya 2,5 gram, kemudian dimasukkan kedalam cetakan dan diberi tekanan sebesar 120 Mpa. Hasil compacting ini disebut dengan *green body*.

### Sintering

*Green compact* yang telah dicetak belum mempunyai kekuatan dan kekerasan yang tinggi, oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan proses sintering untuk meningkatkan ikatan partikel-partikelnya. Suhu sinter yang dipergunakan terdiri dari 3 variasi yaitu : 1050 °C, 1100 °C, 1150 °C.



Gambar 3. Skema Temperatur Sintering

### Alat Penelitian

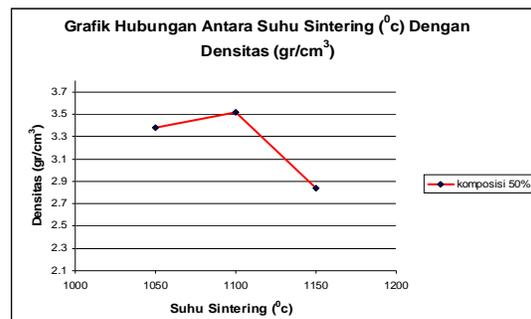
- Timbangan *digital* digunakan untuk menimbang berat *fly ash*, *clay*, batu kapur dan pengujian densitas.
- *Mixer* digunakan untuk mencampur bahan baku.

- Cetakan spesimen berbentuk silindris digunakan untuk pembuatan *green body*.
- Dapur pemanas (*Furnace*) digunakan untuk proses *vitrifikasi* dan *sintering*.
- *Compacting* untuk kompaksi dalam pembuatan *green body*.
- Alat uji kekerasan *vickers*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengujian Densitas

Pengujian Densitas dilakukan dengan menggunakan teori *Archimedes*, Spesimen Uji kemudian ditimbang diudara ( $W_{udara}$ ). Setelah selesai di timbang diudara kemudian spesimen tersebut ditimbang di air ( $W_{air}$ ) maka beratnya akan berkurang sebesar berat fluida air yang dipindahkan.



Gambar 4. Hubungan antara densitas dengan suhu *sintering*

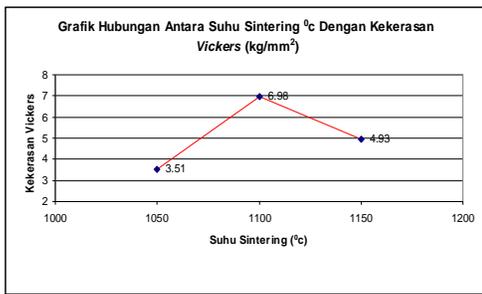
Dari hasil pengujian didapatkan:

- Pada suhu sinter 1050 °C,  $\rho_{aktual} = 3,39$  gr/cm<sup>3</sup>
- Pada suhu sinter 1100 °C,  $\rho_{aktual} = 3,53$  gr/cm<sup>3</sup>
- Pada suhu sinter 1150 °C,  $\rho_{aktual} = 2,84$  gr/cm<sup>3</sup>

Hasil pengujian menunjukkan, Densitas mengalami peningkatan pada suhu sinter 1100 °C dan pada suhu sinter 1150 °C mengalami penurunan.

### 2. Pengujian Kekerasan Vickers

Uji kekerasan *vickers* dilakukan setelah pengujian densitas dengan menggunakan pembebanan 0,01 Kg pada spesimen yang berbentuk silindris yang terlebih dahulu di *mounting* dalam resin untuk memudahkan sewaktu pemolesan dan pengujian kekerasan.



Gambar 5. Hubungan antara kekerasan Vickers dengan suhu *sintering*.

Dari grafik diatas terlihat Kekerasan Vickers pada:

- Suhu sinter 1050 °C = 3,51 gr/cm<sup>3</sup>
- Suhu sinter 1100 °C = 6,98 gr/cm<sup>3</sup>
- Suhu sinter 1150 °C = 4,93 gr/cm<sup>3</sup>

Hasil tersebut menunjukkan, harga kekerasan tertinggi terjadi pada suhu sinter 1100 °C

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Harga densitas dan kekerasan tertinggi terjadi pada spesimen yang di-*sinter* pada suhu optimum 1100 °C, sedang pada temperatur sinter 1150 °C harga densitas dan kekerasan turun.

## DAFTAR PUSTAKA

- H.Van Vlack, Lawrence. 1995. Ilmu dan Teknologi Bahan, Edisi 5. Erlangga. Jakarta
- Barsoum, M. W., 1997. "Fundamentals of Ceramics", Mc Graw-Hill Book Co New York.
- Nurzal, 2004. "Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Suhu sintering terhadap Sifat Mekanis Glass Ceramics dari Fly Ash", Proseding Seminar Nasional Aplikasi Piping Engineering.
- Nurzal, 2005. "Pengaruh Suhu Sinter & Penambahan 30% Berat Aluminium Silikat terhadap Densitas dan Kekerasan Fly Ash Glass Ceramics", Jurnal Momentum ITP, Vol. 3 No.2.

Smallman, R.E., Bishop, R.J. 2005. Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material, Edisi 6. Erlangga. Jakarta

Saptoadi, H., Sumardi, P.C., and Suhanan, 2002. Compression Strength of Artificial Light Weight Aggregates Made from Fly Ash

Saptoadi, H., Sumardi, P.C., and Suhanan, 2002. Preliminary Study of The Utilization of Ash Waste from Power Plants to Produce Artificial Light Weight Aggregates

Botha, F, 2000, Utilization of Illinois Fly Ash in Manufacture of Ceramic Tiles.