

PENGARUH KOMPOSISI FLY ASH DAN SUHU SINTER TERHADAP DENSITAS PADA MANUFACTURE KERAMIK LANTAI

Oleh :

Nurzal¹ dan Antonio Eko Saputra. N²

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Mesin

²⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Padang

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 batu bara 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. Dalam penelitian ini, komposisi bahan dibuat dengan mencampurkan 50 % berat fly ash vitrifikasi (Fav) + 40 % berat clay + 10 % berat batu kapur, 70 % berat fly ash vitrifikasi (Fav) + 24 % berat clay + 6 % berat batu kapur dan 90 % berat fly ash vitrifikasi (Fav) + 8 % berat clay + 2 % 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 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 2,48 gr/cm³.

Kata kunci : Fly ash vitrifikasi, Clay, Batu kapur, Sintering, Densitas, Kekerasan vickers.

PENDAHULUAN

Batu bara merupakan salah satu sumber daya alam yang terdapat di Indonesia selain minyak bumi dan gas. Indonesia merupakan salah satu Negara penghasil dan pengguna batu bara yang cukup besar. Salah satu contoh penggunaan batu bara itu adalah untuk pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Hasil atau sisa dari pembakaran batu bara tersebut berupa abu yang disebut dengan *fly ash*. Produksi *fly ash* menyebabkan polusi terhadap lingkungan yang berdampak terhadap pencemaran udara, air bawah tanah, berpotensi juga terhadap perubahan komposisi unsur dari pertumbuhan tumbuhan dan pengumpulan racun dalam rantai makanan (M. Erol 2000).

Semakin meningkatnya penggunaan batu bara menyebabkan peningkatan produksi *fly ash* dan juga peningkatan pencemaran lingkungan. Oleh sebab itu perlu dicari solusi untuk mengatasi masalah ini yaitu melalui pemanfaatan *fly ash*.

Cheng dan Chen 2003, mempunyai titik lebur diatas 1300°C (Erol dkk, 2000). *Fly ash* bisa

menghasilkan *glass ceramics* tanpa memerlukan penambahan senyawa lain untuk pembentukan inti/*nucleat agents* Boccaccini dkk 1995, sehingga dapat dijadikan *raw material* yang baik pada fabrikasi material komposit. 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.

LANDASAN TEORI

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).

❖ Sifat Keramik

Tidak korosif, ringan, keras, stabil pada suhu tinggi, tahan terhadap arus listrik, tahan korosi dan gampang retak bila terjadi benturan.

2. Material

❖ Fly Ash

Fly ash adalah limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara di dalam 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 μm , 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)

Clay merupakan jenis tanah yang bersifat *kohesif* dan *plastis*, lempung sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis yang berbentuk lempengan

pipih dan mempunyai permukaan khusus, sehingga lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Partikel ini biasanya berukuran lebih kecil dari 2 μm 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.

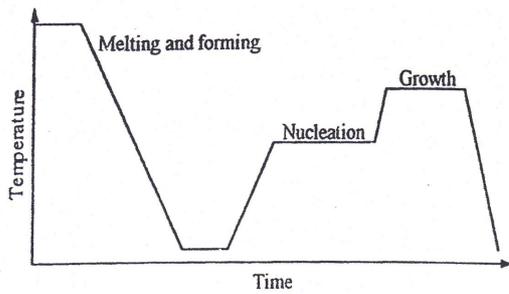
❖ Batu Kapur

Batu kapur (CaCO_3) adalah sebuah batuan sedimen terdiri dari mineral calcite (kalsium carbonate), 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°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 :



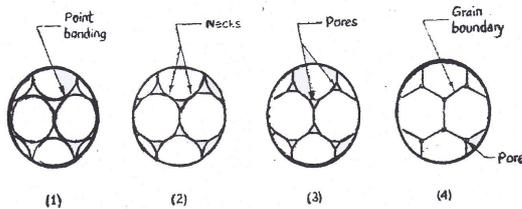
Gambar 1. Skema pembentukan glass ceramics (Borsoum, 1997).

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 1000-1200°C.



Gambar 2. Skala mikroskopis perubahan yang terjadi selama proses *sintering*

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)

ρ_{fluida} = densitas fluida (gr/cm³)

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 setelah pengayakan.

Komposisi kimia *fly ash* :

Unsur	<i>Fly ash</i>
SiO ₂	62,80
Al ₂ O ₃	20,70
Fe ₂ O ₃	4,87
CaO	1,30
MgO	0,42
Na ₂ O	0,41
K ₂ O	2,02
MnO	0,03
TiO ₂	0,96
P ₂ O ₅	0,28
H ₂ O	0,26

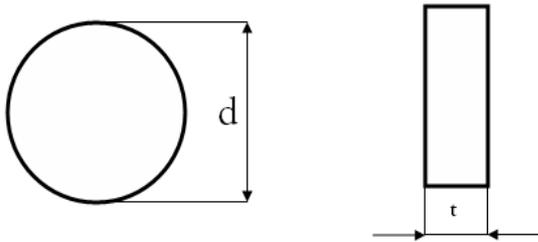
❖ *Clay*, berasal dari tempat pembuatan batu bata tradisional Payakumbuh, berwarna merah kecoklatan, $\rho = 2,90 \text{ gr/cm}^3$ dengan ukuran partikel 50 mesh.

❖ *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.

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 mm, r = 7,5 mm, t = 8 mm)

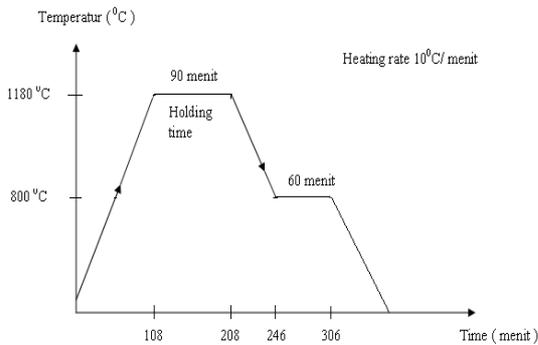


Jumlah titik uji untuk 1 sampel uji kekerasan *vickers* sebanyak 3 titik.

3. Tahapan Pembuatan Spesimen

❖ *Vitrifikasi*

Fly ash yang masih dalam bentuk serbuk di *Vitrifikasi* dalam *Furnace* pada suhu 1180°C , setelah itu didinginkan pada suhu temperatur ruangan (temperatur ruangan *Furnace*). Pemakaian temperatur 1180°C ini, karena pada suhu ini sudah terjadi *melting point* pada *fly ash*. Hal ini menyebabkan perubahan bentuk *Fly ash* yang semula berupa abu setelah di-*vitrifikasi fly ash* tersebut berubah menjadi keras seperti bongkahan batu, ini menunjukkan bahwa pada tempertur tersebut *fly ash* telah mengalami *melting point*.



Gambar 3. Skema Proses Sinter

❖ *Grinding*

Setelah dilakukan proses *vitrifikasi*, bentuk *fly ash* berubah seperti bongkahan batu yang keras berwarna kecoklat-coklatan, sehingga *fly ash* tersebut digrinding dan diayak untuk mendapatkan ukuran butir 80 mesh

❖ *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 penggumparan dari campuran tersebut.

❖ *Compacting*

Spesimen uji dibuat dengan menggunakan variasi komposisi yang terdiri dari :

$$A = 58 \% v_{fa} + 33 \% v_{clay} + 9 \% v_{batu\ kapur}$$

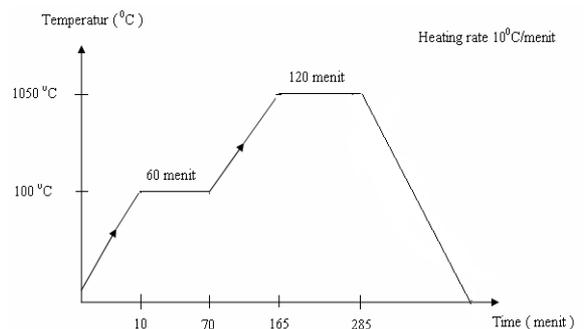
$$B = 77\% v_{fa} + 18 \% v_{clay} + 5 \% v_{batu\ kapur}$$

$$C = 94 \% v_{fa} + 5 \% v_{clay} + 1 \% v_{batu\ kapur}$$

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 .



4. 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*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

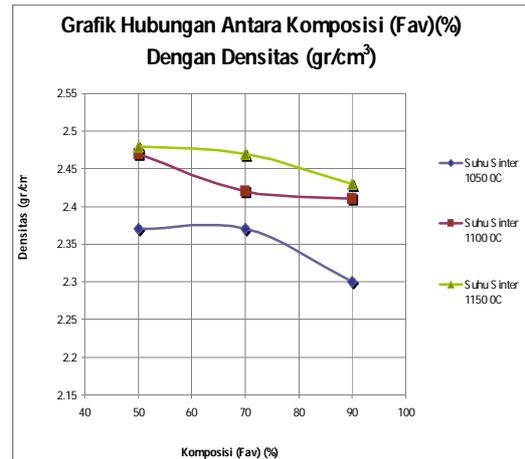
Pengujian Densitas

Pengujian Densitas dilakukan dengan menggunakan teori *Archimedes*, dengan laju menyiapkan spesimen yang telah di-*sinter*. Spesimen yang di-*sinter* tersebut dengan laju $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ ditahan selama 60 menit pada suhu $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, kemudian dinaikan sampai suhu *sinter*-nya (variasi suhu sinter yang digunakan yaitu $1050\text{ }^{\circ}\text{C}$, $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$) dan ditahan kembali selama 120 menit, setelah itu di dinginkan di dalam *furnace* sampai suhu ruangan.

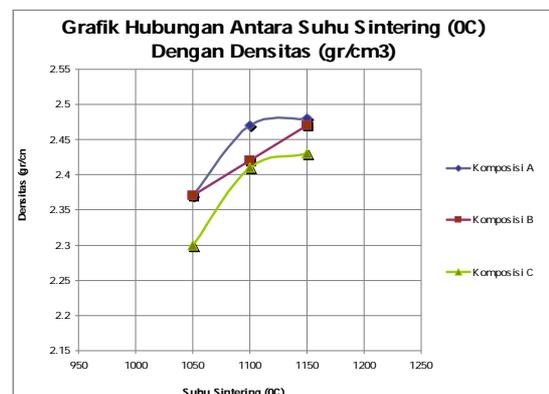
Spesimen yang telah di-*sinter* kemudian ditimbang di udara (W_{udara}). Setelah selesai di timbang di udara kemudian spesimen tersebut di timbang di air (W_{air}) maka beratnya akan berkurang sebesar berat fluida air yang dipindahkan.

Dari hasil pengujian densitas didapat ρ_{aktual} :

- Pada suhu sinter $1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ ρ_{aktual}
komposisi A = $2,37\text{ gram}/\text{cm}^3$
komposisi B = $2,37\text{ gram}/\text{cm}^3$
komposisi C = $2,30\text{ gram}/\text{cm}^3$
- Pada suhu sinter $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ρ_{aktual}
komposisi A = $2,47\text{ gram}/\text{cm}^3$
komposisi B = $2,42\text{ gram}/\text{cm}^3$
komposisi C = $2,41\text{ gram}/\text{cm}^3$
- Pada suhu sinter $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ρ_{aktual}
komposisi A = $2,48\text{ gram}/\text{cm}^3$
komposisi B = $2,47\text{ gram}/\text{cm}^3$
komposisi C = $2,43\text{ gram}/\text{cm}^3$



Dari hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan pada komposisi A didapatkan Densitas tertinggi sebesar $2,48\text{ gr}/\text{cm}^3$, pada komposisi B didapat densitas tertinggi sebesar $2,47\text{ gr}/\text{cm}^3$, dan pada komposisi C didapatkan densitas tertinggi sebesar $2,43\text{ gr}/\text{cm}^3$. Hal tersebut menunjukkan semakin besar komposisi *Fly ash* yang digunakan akan menyebabkan harga densitas menjadi menurun.



Dengan menggunakan 3 variasi suhu sinter didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Suhu sinter $1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ didapatkan densitas tertinggi sebesar $2,37\text{ gr}/\text{cm}^3$
2. Suhu sinter $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ didapatkan densitas tertinggi sebesar $2,47\text{ gr}/\text{cm}^3$

3. Suhu sinter 1150 °C didapatkan densitas tertinggi sebesar 2,48 gr/cm³

Hal tersebut menunjukkan semakin tinggi suhu sintering yang digunakan menyebabkan harga densitas semakin meningkat. Dari hasil analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin sedikit komposisi fly ash dan semakin tinggi suhu sinter yang diberikan akan menyebabkan meningkatnya harga densitas.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Harga densitas tertinggi di dapat pada suhu sinter optimum yaitu pada suhu 1150 °C.
2. Harga densitas tertinggi didapat pada komposisi A.
3. Semakin sedikit komposisi fly ash dan semakin tinggi suhu sinter yang diberikan akan menyebabkan meningkatnya harga densitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Barsoum, M. W., 1997, “*Fundamentals of Ceramics*”, Mc Graw-Hill Book Co New York.
- Botha, F, 2000, *Utilization of Illinois Fly Ash in Manufacture of Ceramic Tiles*
- H.Van Vlack, Lawrence . 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi 5. Erlangga. Jakarta
- 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, Volume 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*.