

# PENGARUH KOMPOSISI KAOLIN TERHADAP DENSITAS DAN KEKUATAN *BENDING* PADA KOMPOSIT *FLY ASH*-KAOLIN

---

Rahmat Doni W, Rusiyanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

Abstrak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu *sinter* terhadap densitas komposit keramik *fly ash*/Kaolin, mendapatkan suhu *sinter* terbaik pada komposit keramik *fly ash*/Kaolin, mengetahui pengaruh penambahan komposisi Kaolin sebesar 0 %, 5 %, 10 %, 15 % dan 20 % berat terhadap kekuatan *bending* pada komposit keramik *fly ash*/Kaolin. Penelitian ini menggunakan bahan dasar *fly ash* dan Kaolin (teknis) dengan variasi penambahan Kaolin sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% berat. Pencetakan dilakukan dengan beban kompaksi sebesar 3000 kgf atau sama dengan tekanan kompaksi 166,42 MPa untuk spesimen silinder ( $d = 15$  mm dan  $t = 8$  mm) dan 58,84 MPa untuk spesimen balok ( $B = 10$ mm,  $W = 8$  mm, dan  $L = 50$ mm). Dilanjutkan proses *sintering* pada suhu 1100, 1150 dan 1200 °C yang kemudian diambil suhu *sinter* terbaik. Pengujian meliputi uji komposisi *fly ash* dan Kaolin, uji densitas dengan metode *Archimedes*, dan uji kekuatan *bending* dengan *four point bending test*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa densitas komposit keramik *fly ash*/Kaolin meningkat pada suhu *sinter* 1100-1150 °C dan turun kembali pada suhu *sinter* 1150-1200 °C. Suhu *sinter* optimum komposit keramik *fly ash*/Kaolin adalah 1150 °C. Kekuatan komposit keramik *fly ash*/Kaolin paling tinggi yaitu pada komposisi 95% *fly ash* dan 5% Kaolin sebesar 16,20 Mpa.

Kata kunci : *fly ash*, Kaolin, densitas, dan kekuatan *bending*.

## PENDAHULUAN

Batu bara merupakan bahan bakar padat yang banyak digunakan pada industri-industri *power plant* dan berbagai industri lainnya. Batu bara tersebut di dalam proses pembakarannya akan menghasilkan residu yang disebut *fly ash* (Benavidez, 2003).

Abu layang mengandung oksida-oksida logam termasuk logam-logam berat dalam jumlah kecil. Oksida utama dari abu layang batu bara adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Apabila *fly ash* tersebut dibiarkan terbang di udara, maka akan menyebabkan pencemaran udara, dan sebagian besar dibuang begitu saja tanpa pemanfaatan lebih lanjut.

Menurut penelitian yang dilakukan Budhyantoro (2005) disebutkan bahwa saat ini jumlah limbah abu layang batu bara di dunia yang dihasilkan di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sangatlah besar, termasuk di Indonesia. Untuk PLTU Paiton dan Suralaya pada tahun 1996

menghasilkan limbah ini sebesar hampir 1 juta ton per tahun. Apalagi saat ini jumlah pembangkit yang beroperasi pada PLTU tersebut bertambah.

Salah satu industri di Jawa Tengah yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar ketel uapnya adalah PT. Pura Barutama Kudus. Namun, *fly ash* sebagai sisa pembakaran dari batu bara masih terbatas pemanfaatannya.

Selain *fly ash*, Indonesia juga mempunyai potensi tambang kaolin yang cukup besar. Menurut Hartono (1998) endapan mineral kaolin di Indonesia yang terkenal terdapat di daerah Bangka Belitung, di Jawa seperti: Karaha, Tumpakrejo, dan Jelok, sedangkan di Maluku Utara terdapat di bukit Gumena.

Kaolin ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) merupakan salah satu material keramik yang berbasis *aluminosilicate* dan digolongkan pada jenis refraktori alumina rendah yang banyak digunakan untuk *porcelain*, *chinaware*, *furnace lining*, bata tahan api, dan bahan *abrasive*. Namun demikian, penggunaannya masih belum dioptimalkan khususnya dibidang teknik dan masih sedikit penelitian yang dilakukan dibidang keramik maju (*advanced ceramic*).

Dengan memanfaatkan potensi-potensi tersebut, maka dibuatlah suatu material komposit matrik keramik dengan *fly ash* sebagai material matrik dan kaolin sebagai material penguatnya (*reinforcement*) dengan variasi penambahan kaolin adalah 0 %, 5 %, 10 %, 15 % dan 20 % berat dari komposit keramik *fly ash* dan kaolin. Dalam hal ini penambahan komposisi kaolin dimaksudkan untuk memperoleh sifat densitas, dan kekuatan *bending* yang lebih baik dari bahan utama *fly ash*. Keramik dengan bahan dasar *fly ash* dan kaolin ini diharapkan dapat diaplikasikan pada pembuatan *furnace lining*, *crucible* dan bahan isolator listrik.

## METODE

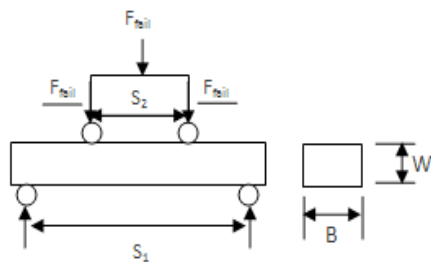
Penelitian ini bahan yang digunakan untuk pembuatan spesimen terdiri dari: *Fly ash* sebagai matrik atau bahan dasar gelas keramik yang diperoleh dari PT. Pura Barutama Kudus dan serbuk Kaolin (teknis) diperoleh dari Brataco Chemika. Kalsinasi atau pemanasan awal terhadap *fly ash* sampai suhu 900 °C di dalam tungku pemanas (*furnace*) selama 3 jam agar semua komponen-komponen yang menguap di bawah 900 °C dapat hilang. Menghaluskan butiran *fly ash* dengan menggunakan *blender*. Penyaringan terhadap *fly ash* dengan ayakan 100 mesh, sehingga diperoleh ukuran butiran yang homogen. Menimbang material *fly ash* dan serbuk Kaolin dengan perbandingan komposisi: *Fly ash* 100%, Campuran *fly ash* 95% dan Kaolin 5% ,Campuran *fly ash* 90% dan Kaolin 10%, Campuran *fly ash* 85% dan Kaolin 15%, Campuran *fly ash* 80% dan Kaolin 20% dalam perosentase berat. Mencampur kedua material dengan penambahan alkohol 400 ml tiap 400 g (*fly ash* + Kaolin) pada tiap item, kemudian dimixing selama 5 jam dengan bola kelereng. Dikeringkan di udara terbuka sampai kering kemudian dimixing kembali selama 3 jam. Serbuk campuran (*fly ash* + Kaolin) ditimbang berdasarkan kebutuhan tiap spesimen,

dan ditambahkan tetes tebu sebanyak 20% dari berat campuran serbuk untuk memperoleh *wet powder* kemudian dimasukkan ke dalam cetakan. Pada proses ini dilakukan *compaction (pressing)* dengan *uniaxial pressing single action* pada produk untuk mendapatkan ikatan awal antar partikel walaupun masih lemah (*green body*). Pencetakan ini dilakukan dengan pencetakan basah dengan beban kompaksi 3000 Kgf atau sama dengan tekanan kompaksi 166,42 MPa untuk spesimen silinder dan 58,84 MPa untuk spesimen balok. Ukuran spesimen silindris dia.15 mm, tebal 8 mm, dan spesimen balok 10 x 8 x 50 mm. Kemudian disinter dengan variasi temperatur sinter 1100, 1150, dan 1200° C. Setelah itu dilakukan uji densitas. Densitas komposit ditentukan berdasarkan pada teori *Archimedes* (Barsoum, 1997).

$$\rho_{bulk} = \frac{W_{Udara}}{W_{Udara} - W_{Fluida}} \cdot \rho_F \quad \rho_{bulk} = \frac{W_{Udara}}{W_{Udara} - W_{Fluida}} \cdot \rho_F \dots\dots\dots(1)$$

- Dimana:  $P_{bulk}$  = densitas *actual* (g/cm<sup>3</sup>)  
 $W_{udara}$  = berat spesimen di udara (g)  
 $W_{fluida}$  = berat jenis fluida (g/cm<sup>3</sup>)  
 $W_{fluida}$  = berat spesimen di dalam fluida (g)

Dari uji densitas didapatkan temperatur sinter terbaik, untuk kemudian spesimen balok disinter dengan temperatur sinter terbaik tersebut. Setelah disinter, spesimen balok dilakukan uji bending. Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui *flextural strength* atau *modulus of rapture* dengan menggunakan metode *four point bending*.



**Gambar 1. Pengujian *four point bending***

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *four point bending* yang mengacu standard JIS R 1601 (Somiya, 1989), dengan persamaan sebagai berikut:

$$M = \frac{(S_1 - S_2)}{2} \cdot F \quad M = \frac{(S_1 - S_2)}{2} \cdot F \dots\dots\dots(2)$$

$$I = I = \dots\dots\dots(3)$$

$$\sigma = \sigma = \dots\dots\dots(4)$$

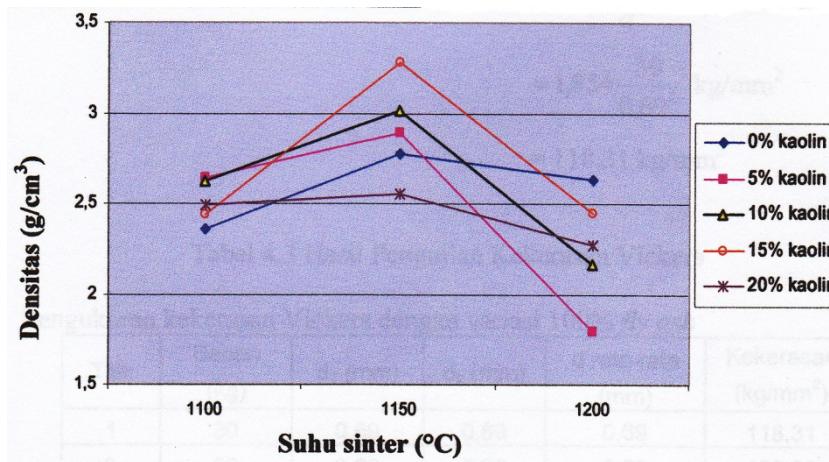
$$\sigma = \frac{3.(S_1-S_2)}{2.B.W} \quad \sigma = \frac{3.(S_1-S_2)}{2.B.W} \quad \dots\dots\dots(5)$$

- Dimana :  $\sigma$  = kekuatan *bending* (MPa)  
 $F_{fail}$  = gaya tekan (N)  
 $S_1$  = jarak antara kedua tumpuan (mm)  
 $S_2$  = jarak antara kedua gaya (mm)  
 $B$  = lebar spesimen (mm),  $W$  = tinggi spesimen (mm)
- $y = \frac{W}{2}$  (mm)  
 $M = \dots\dots\dots$ ,  $I = \text{momen inersia (mm}^4\text{)}$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan teori Archimedes pada spesimen silinder dengan temperatur *sinter* 1100, 1150 dan 1200 °C persamaan (1) yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar. 2.



**Gambar 2. Pengaruh suhu sinter terhadap densitas**

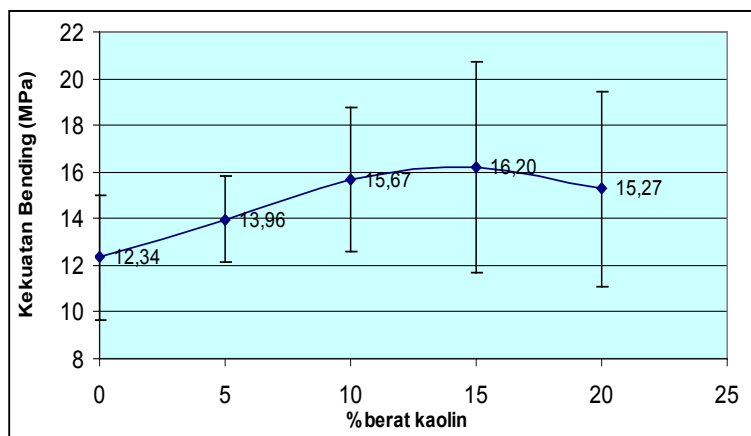
Densitas meningkat pada suhu sinter 1100-1150 °C kemudian menurun pada suhu sinter 1150-1200 °C. Rendahnya nilai densitas pada suhu sinter 1100 °C dikarenakan silika sebagai komponen utama dalam komposit keramik *fly ash* dan kaolin belum seluruhnya mengalami fase ke *glass* dan mengikat unsur-unsur lain yang terkandung dalam badan keramik. Meningkatnya nilai densitas pada suhu *sinter* 1150 °C dikarenakan pada suhu tersebut silika telah mengalami fase ke *glass* dan mengikat unsur-unsur lain yang terkandung dalam badan keramik serta terjadi

ikatan antar partikel secara difusi.

Sedangkan pada, suhu sinter 1200 °C terjadi penurunan nilai densitas dikarenakan adanya, unsur-unsur di dalam material penyusun komposit keramik yang mengalami penguapan dan berubah menjadi gas yang mengakibatkan terbentuknya pori-pori di dalam komposit keramik tersebut.

### Pengujian *Bending*

Pengujian kekuatan *bending* dilakukan dengan metode *four point bending* pada spesimen balok dengan suhu *sinter* terbaik (1150 °C). Hasil pengujian kekuatan *bending* ditampilkan pada Gambar .3.



**Gambar 3. Pengaruh penambahan Kaolin terhadap nilai kekuatan bending.**

Pada spesimen dengan komposisi 100% *fly ash* memiliki kekuatan *bending* sebesar 12,34 ± 2,66 MPa, nilai kekuatan *bending*nya terus meningkat seiring bertambahnya variasi kaolin sampai pada komposisi 15% kaolin dengan nilai kekuatan *bending*nya sebesar 16,20 ± 4,51 MPa. Hal ini juga disebabkan meningkatnya kandungan silika pada komposisi 15% kaolin, dimana kandungan silikanya adalah 53,34% sedangkan pada spesimen 100% *fly ash* hanya 46,78%. Kandungan silika yang lebih besar menjadikan badan keramik semakin padat dan pori-pori yang terbentuk semakin kecil sehingga kekuatan *bending*nya akan meningkat.

Namun, kekuatan *bending*nya mulai menurun pada penambahan komposisi 20% kaolin yaitu 15,27 ± 4,19 MPa. Hal ini dikarenakan pada komposisi 20 % kaolin, semakin menurunnya kandungan K<sub>2</sub>O dan TiO<sub>2</sub>. Sehingga oksida fluks berfungsi mengubah fase ke glass di dalam pembentukan keramik menjadi berkurang. Fase ke glass ini memberikan sifat sebagai perekat pada komposit keramik yang berpengaruh untuk meningkatkan kekuatan dari komposit keramik tersebut.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Densitas komposit keramik *fly ash* dan kaolin meningkat pada suhu *sinter* 1100-1150°C tetapi pada suhu *sinter* 1150-1200°C kembali menurun, hal ini dikarenakan adanya pembentukan pori-pori saat perlakuan panas lebih tinggi, sedangkan nilai densitas maksimum dicapai pada komposisi penambahan 15% kaolin dengan suhu *sinter* 1150 °C.
2. Penambahan kaolin akan meningkatkan nilai kekuatan *bending* komposit *fly ash* dan kaolin dan mencapai nilai maksimum pada penambahan 15% kaolin. Hal ini menunjukkan porositas pada spesimen 100% *fly ash* lebih besar dibandingkan dengan spesimen 15% kaolin dan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kandungan silika pada spesimen 15% kaolin sebesar 53,34% sedangkan pada spesimen 100% *fly ash* hanya sebesar 46,78%.

### Saran

1. Penelitian komposit keramik *fly ash*-kaolin yang berikutnya sebaiknya dilakukan dengan melakukan pengujian mengenai sifat mekanik lainnya, diantaranya *thermal shock*, uji keausan, uji kekerasan, dan lainnya, sehingga akan diketahui karakteristik komposit keramik *fly ash* dan kaolin lebih lanjut.
2. Pengamatan struktur mikro dengan SEM dan EDAX sebaiknya dilakukan pada semua variasi spesimen dan variasi suhu sinter sehingga akan lebih jelas perbedaan struktur mikro dari masing-masing spesimen.
3. Berdasarkan data dari hasil pengujian karakteristik komposit keramik, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk aplikasi produk jadi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Boccacini, A.R., Kopf, M., and Stumpfe, W., 1995, Glass-Ceramic from Filter Dust From Waste Incinerators, *Journal Ceramics International*, 21, 231-235.
- Budhyantoro, Arief., 2005, Konversi Abu Layang Sebagai Material Pengembangan Logam Nikel Dan Uji Ketahanan Struktur Padatan Terhadap Panas, *Jurnal ILMU DASAR Vol. 6 No. 1*, 24-32.
- Hartono, Y.M.V., 1988, Bahan Mentah Tahan Api di Indonesia, *Informasi Teknologi Keramik dan Gelas*, No. 38 Tahun X, pp.27-40.