

## KEKUATAN BENDING KOMPOSIT *CLAY* DIPERKUAT DENGAN ALUMINA UNTUK APLIKASI *FIRE BRICK*

(1) **Muhammad Sadat Hamzah**, (2) **Alimuddin Sam**

(1)(2) Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako

Jl. Soekarno Hatta Palu

Email : [Sadathamzah99@yahoo.com](mailto:Sadathamzah99@yahoo.com)

### Abstract

*This study aims to utilize clay obtained from the Central Sulawesi which has 27.445 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composition ; SiO<sub>2</sub> 50.251 % , 9.331 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ; Na<sub>2</sub>O 4.041 % , 3.263 % CaO ; K<sub>2</sub>O 3.733 % , MgO 2.40 % , 0.168 % TiO<sub>2</sub> as a matrix clay -reinforced alumina composite . Alumina powder is a ceramic material that is hard and resistant to high temperatures . Alumina powder as much as 0, 15, 30, 45 , and 60 % weight fraction of powder mixed with clay that has been calcined at a temperature of 800 ° C for 30 minutes ( size ≤ 74  $\mu$ m ) . Each mixture was stirred using a mixer brands Stuart Scientific for 2 hours . A mixture of clay and alumina powders were uniaxial dikompaksi with 50 MPa pressure and then sintered at atmospheric environment with a temperature of 1000 ° C , 1100 ° C , 1200 ° C and 1300 ° C . Testing is done is the density and bending strength . The test results showed that with increasing weight fraction of alumina and sintering temperature will increase the relative density and bending strength , but if the increase is not accompanied by the weight fraction of alumina sintering temperature rise will decrease the value of the relative density and bending strength . Value of the relative density and bending strength of the composite obtained at the highest weight fraction of 60 % alumina and sintering temperature of 1300 ° C , respectively, 72.28 % and 62.14 MPa.*

**Keyword:** *clay, alumina , kompaksi uniaksial,sintering.*

### PENDAHULUAN

*Clay* sebagai salah satu bahan pokok untuk pembuatan keramik, merupakan bahan yang kegunaannya sangat menguntungkan bagi manusia karena bahannya yang mudah didapat, pemakaian hasilnya yang sangat luas dan ramah lingkungan. Kira-kira 70% atau 80% dari kulit bumi terdiri dari batuan yang merupakan sumber *clay* (Ariwahjoedi, 2003). *Clay* dapat digunakan pada industri seperti industri kertas, karet, tinta, kulit, kelapa sawit dan refraktori (Jalaluddin dan Jamaluddin, 2005).

Material keramik merupakan bahan refraktori yang mampu dipergunakan pada temperatur yang tinggi tanpa terjadi perubahan bentuk maupun struktur kristalnya, ini banyak

dijumpai didunia industri utamanya untuk keperluan perlengkapan tungku pembakaran. Di Indonesia terdapat bahan mentah lokal yang potensial untuk dikembangkan menjadi bahan baku industri seperti *clay*, batu kapur, bauksit, alumina dan dolomit (Sukandarrumidi, 2009). Bahan baku tersebut belum dimanfaatkan secara baik, seperti yang terlihat di Sulawesi Tengah sekitar 60% lahannya merupakan *clay*, selama ini belum diolah secara baik sehingga sangat potensial untuk dikembangkan menjadi keramik refraktori.

*Clay* banyak diaplikasikan sebagai bahan refraktori untuk dinding dapur peleburan yang telah diterapkan sejak lama, menunjukkan kinerja cukup baik, meskipun demikian terkadang terjadi keretakan pada dinding dapur,

karenanya masih dibutuhkan upaya untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik dari bahan penyusunnya.

Dalam penelitian ini sebagai langkah awal dilakukan pengujian komposisi terhadap *clay* yang diperoleh dari desa Kalukubula Sulawesi Tengah yang mempunyai kandungan alumina 19,6%, silica 57,27% dan 23,13% oksida lain. Kandungan alumina yang dipersyaratkan pada bahan refractory berkisar 25,4–41,9% (Charles, 2004). Pada *clay* Kalukubula menunjukkan bahwa komposisi alumina pada *clay* tersebut belum memenuhi standar untuk bahan refraktori. Seiring dengan kemajuan teknologi di bidang material maka berbagai upaya penelitian dilakukan untuk mendapatkan material yang sesuai dengan aplikasi tertentu, salah satu di antaranya *clay* dikembangkan dalam pembuatan komposit misalnya dalam pembuatan refraktori dengan menambahkan sejumlah kadar alumina untuk mengatasi kelemahan yang ada pada produk *clay*. Sebagai bahan penambah alumina merupakan salah satu material yang sangat penting dalam industri keramik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan alumina dan suhu sintering terhadap kekuatan bending komposit *clay* alumina untuk aplikasi *fire brick*.

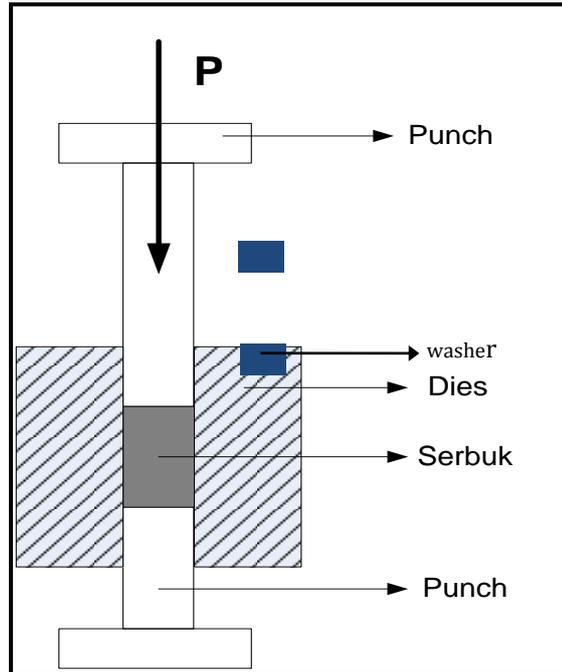
## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk *clay* yang diperoleh dari Sulawesi Tengah setelah dikalsinasi pada suhu 800°C selama 30 menit, yang dijadikan sebagai matrik dan serbuk alumina buatan *Nippon Light Metal* sebagai penguat. Serbuk *clay* kalsinasi yang digunakan telah diuji komposisi dan *discreening*.

Alumina dan *clay* kalsinasi yang digunakan dengan ukuran serbuk  $\leq 74 \mu\text{m}$ , serbuk alumina dengan variasi fraksi berat 0%, 15%; 30%, 45% dan 60% dicampur dengan serbuk *clay* menggunakan *mixer merk Stuart Scientific* selama 2 jam. Sebelum dicampur, serbuk ditambahkan alkohol agar terjadi campuran homogen, campuran serbuk *clay* dan alumina kemudian dibuat *green body* dengan ukuran 55 mm x 8 mm x 7 mm, dikompaksi secara uniaksial pada tekanan 50 MPa. Proses kompaksi uniaksial ditunjukkan pada Gambar 1. Setelah itu *green body* disinter di lingkungan atmosfer dengan temperatur 1000, 1100, 1200 dan 1300°C. Benda uji hasil sinter diuji densitas relatif dan kekuatan bending yang dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Mesin UGM.

**Tabel 1.** Data hasil Uji komposisi *clay* kalsinasi dan alumina

Komposisi (% berat)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	LOI
<i>Clay</i> kalsinasi	27,45	3,26	9,33	2,40	4,04	3,73	50,25	0,17	-	-
Alumina	99,7	-	0.009	-	0,03	-	0,01	-	0,26	0,03



**Gambar 1.** Kompaksi Uniaksial

Prinsip Archimedes digunakan untuk mengukur densitas, yaitu dengan cara menimbang benda uji di dalam fluida dan di udara. Densitas benda uji dapat dihitung sebagai berikut (Barsoum, 1997):

$$\rho_c = \frac{W_{udara}}{(W_{udara} - W_{fluida})} \times \rho_{fluida} \dots\dots (1)$$

Dalam hal ini :

$\rho_c$  = berat jenis spesimen ( $\text{g.cm}^{-3}$ )

$\rho_{fluida}$  = berat jenis fluida ( $\text{g.cm}^{-3}$ )

$W_{udara}$  = berat spesiman di udara (g)

$W_{fluida}$  = berat spesimen di fluida (g)

Berat jenis relatif diukur dengan membandingkan antara berat jenis hasil pengujian dengan berat jenis teoritis.

$$\rho_{rel} = \frac{\rho_c}{\rho_t} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

Dalam hal ini :

$\rho_{rel}$  = berat jenis relatif ( $\text{g.cm}^{-3}$ )

$\rho_c$  = berat jenis hasil pengujian ( $\text{g.cm}^{-3}$ )

$\rho_t$  = berat jenis teoritis ( $\text{g.cm}^{-3}$ )

Pengujian bending menggunakan metode *four point bending* JIS 1601. Skema pengujian dapat dilihat pada Gambar 2. Tegangan maksimum terhadap beban bending dinyatakan sebagai *modulus of rupture* ( $\sigma_{MOR}$ ) (Barsoum 1997) :

$$\sigma_{MOR} = \frac{3(S_1 - S_2)}{2BW^2} \times F_{fail} \dots\dots (3)$$

Keterangan:

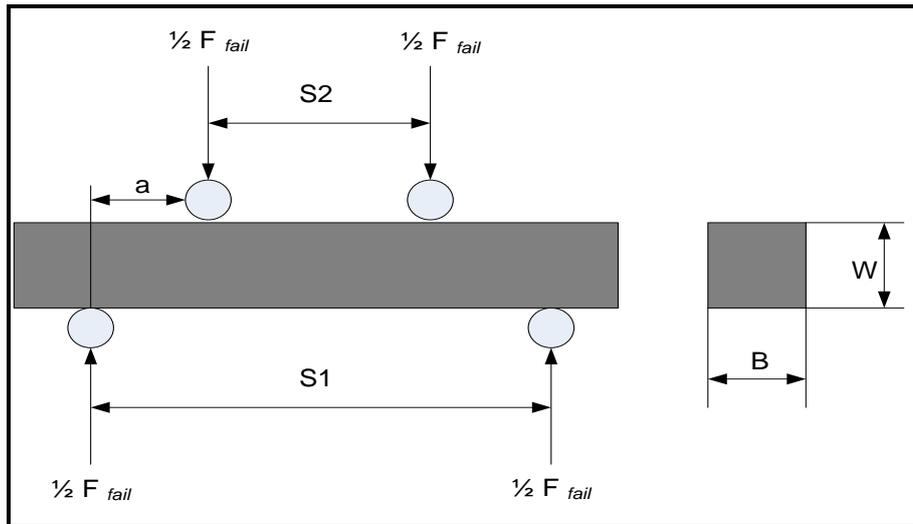
$F_{fail}$  = beban bending maksimum (N)

$S_2$  = Jarak antar tumpuan (mm)

$S_1$  = Jarak antar beban (mm)

$B$  = Lebar spesimen (mm)

$W$  = Tebal spesimen (mm)

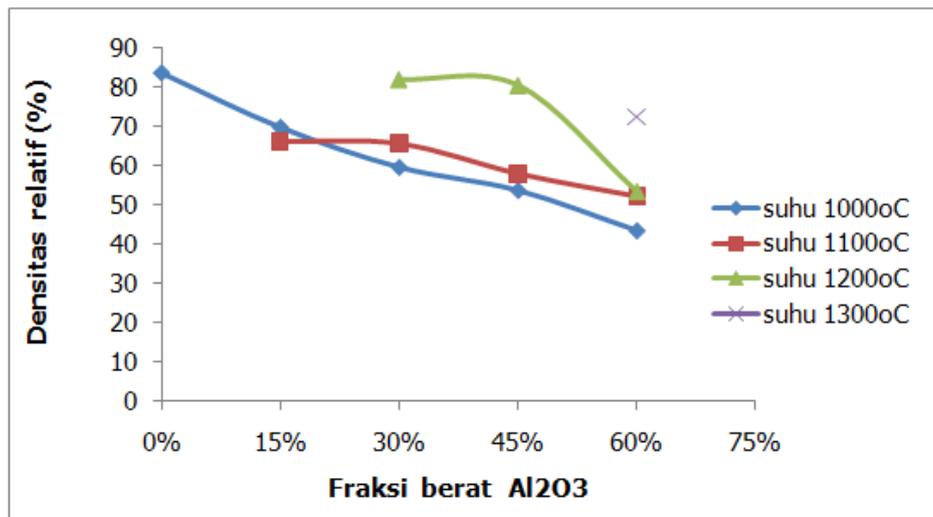


**Gambar 2.** Skema Uji Bending (*four point bending test*) standar JIS R1601

### HASIL DAN DISKUSI

Gambar 3. menunjukkan pengaruh fraksi berat alumina terhadap densitas relatif komposit. Densitas relatif semakin meningkat dengan meningkatnya fraksi berat alumina dan temperatur sinter, namun pada suhu sinter 1000°C dengan penambahan fraksi berat alumina densitas relatif menurun. Pengaruh tersebut disebabkan ikatan antar serbuk belum terikat sempurna pada saat disinter, namun pada komposisi alumina lebih rendah dengan temperatur sinter yang

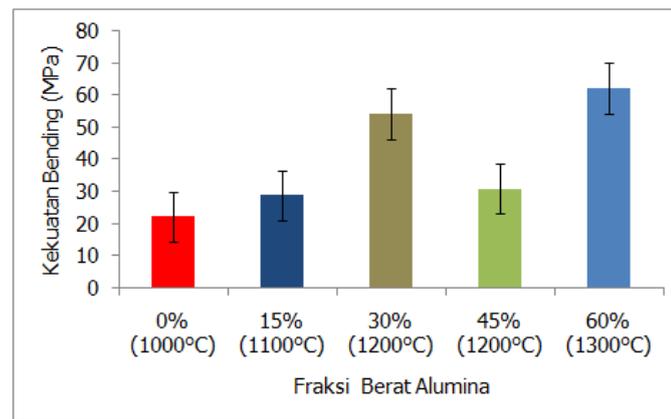
tinggi terjadi *over sintering*. Penyebab lain menurunnya densitas dengan bertambahnya jumlah alumina adalah antar partikel alumina yang bersentuhan tidak memungkinkan terjadinya sinter pada suhu rendah. Temperatur sinter dalam penelitian ini adalah 1000°C, 1100°C, 1200°C dan 1300°C sedang untuk terjadinya sinter antar partikel alumina diperlukan temperatur yang lebih tinggi lagi (>1640°C) (Barsoum, 1997).



**Gambar 3.** Pengaruh temperatur sinter terhadap densitas relatif komposit *clay*/alumina

Dalam penelitian digunakan beberapa sampel dengan fraksi berat dan suhu sinter berbeda. pada suhu 1000°C fraksi berat 0%, 1100 °C fraksi berat 15%, 1200°C fraksi berat 30% dan 45% serta 1300°C fraksi berat 60% alumina seperti pada Gambar 4. Hasil pengujian bending menggunakan metode *four point bending test* menunjukkan secara umum bahwa

kekuatan bending komposit meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi berat alumina dan suhu sinter. Peningkatan maksimum terjadi pada persentase alumina 60% yaitu sebesar 62,14 MPa pada suhu 1300°C. Peningkatan kekuatan bending ini disebabkan karena partikel serbuk telah terikat dengan lebih baik akibat suhu sinter yang tinggi.



**Gambar 4.** Pengaruh fraksi berat Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan temperatur sinter terhadap kekuatan bending komposit *clay*/alumina

Ada beberapa hal yang mempengaruhi nilai kekuatan bending, salah satunya adalah material mengalami cacat berupa porositas, butiran yang besar dari matriknya. Cacat dalam material dapat diminimalkan maka kekuatan bending akan dapat dicapai (Barsoum, 1997). Untuk spesimen dengan fraksi berat 45% alumina dan suhu sinter 1200 °C terjadi penurunan kekuatan bending kemungkinan disebabkan pada fraksi berat 45% alumina dengan suhu sinter 1200°C bukanlah suhu yang optimum, sehingga ikatan antar serbuk belum sempurna dan menimbulkan porositas lebih banyak. Dimana porositas merupakan cacat yang dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan sehingga kekuatan akan turun.

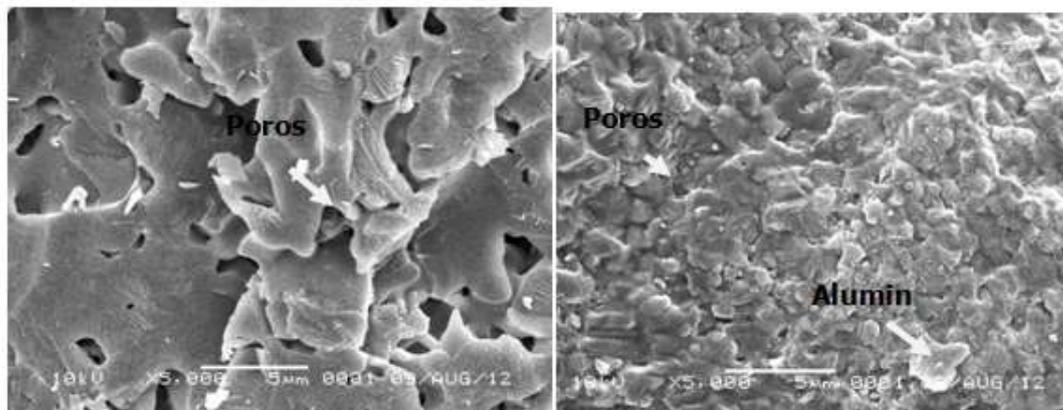
Selain itu perbedaan koefisien muai panas antara partikel alumina dengan *clay* menyebabkan terjadinya tegangan

sisia tekan pada permukaan *interface* antara penguat dengan matrik sehingga menurunkan kekuatan komposit, koefisien muai termal alumina  $8,6 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times 10^{-6}$  (Johan, 2009) dan *clay* besarnya berkisar  $2,8 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times 10^{-6}$  sampai dengan  $5,9 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times 10^{-6}$  (Charles, 2004). Kekerasan partikel penguat yang tinggi mengakibatkan sifat komposit *clay* alumina menjadi cenderung getas. Hal ini dibuktikan oleh pola perpatahan yang ditunjukkan oleh spesimen uji bending pada Gambar 5.

Perbedaan struktur mikro pada spesimen yang telah disinter antara *clay* tanpa penguat dengan komposit paduan *clay* alumina dapat dilihat pada Gambar 5.a dan 5.b. Pada Gambar 5.a dapat dilihat bahwa batas antar partikel *clay* dan alumina tidak terlihat jelas. Hal ini menunjukkan bahwa sinter telah sepenuhnya terjadi. Pada spesimen tanpa penguat (Gambar 5.a) dapat dilihat bahwa terdapat porous

berukuran besar tetapi jumlahnya relatif banyak. Sedangkan pada spesimen dengan penguat (Gambar 5.b) terlihat bahwa porous berukuran kecil tetapi jumlah relatif lebih sedikit. Hal itu menunjukkan bahwa sinter pada spesimen dengan penambahan penguat bahan tidak sepenuhnya sempurna ini disebabkan ketika partikel alumina berkumpul bersama ikatannya partikel akan lemah sehingga membentuk porous. Berdasarkan tahapan proses sinter, sinter yang terjadi masih berada

pada tahap *intermediate stage*, dimana terjadi penyusutan porous. Sinter yang terjadi pada komposisi tanpa penguat terjadi lebih cepat dibandingkan dengan adanya penguat. Sehingga agar dapat dicapai sinter yang lebih baik perlu dilakukan sinter dengan waktu yang lebih lama dan temperatur yang lebih tinggi. Proses sinter antar partikel yang tidak berlangsung dengan baik/semurna, akan berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan (Wang dkk, 2008).



a) Fraksi berat alumina 0% suhu 1000°C      b) Fraksi berat alumina 60% suhu 1300°C

**Gambar 5.** Foto mikro komposit clay alumina pembesaran 1000x (pada saat pengambilan gambar)

## KESIMPULAN

Serbuk alumina dapat digunakan sebagai penguat pada *clay* dengan suhu sinter lebih tinggi. Hal ini dapat dibuktikan dengan meningkatnya fraksi berat alumina dan temperatur sinter akan meningkatkan densitas relatif dan kekuatan bending. Jika kenaikan fraksi berat alumina tidak diiringi kenaikan suhu sinter akan menurunkan nilai kekuatan bending. Nilai kekuatan bending tertinggi diperoleh pada komposit dengan fraksi berat 60% alumina dan suhu sinter 1300°C adalah 62,14 Mpa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alamaireh, 2009, "Production of Fire-Clay Refractory Produced from Local Materials " Tafila Technical University.
- Ariwahjoedi, B., 2003, *Kimia Fisik Material Berbasis Lempung dan Retrospeksi Potensi Lempung Nasional dalam Pengembangan Industri Bahan Kimia Khusus*. Prosiding, Pada Seminar Upaya Membina Kemandirian Bangsa Melalui Sains dan Teknologi Material, I T B, Bandung.
- Barsoum, M.W., 1997, "Fundamental of Ceramics", Mc Graw-Hill Book Co New York.

- Carniglia, S.C. dan Barna, G.L., 1992, "*Handbook of Industrial Refractories Technology*", Noyes Publications, USA.
- Charles A.S., 2004, "*Refractories Handbook*", Marcel Dekker, New York.
- Jalaluddin dan Jamaluddin T., 2005 "*Pemanfaatan Kaolin sebagai bahan baku pembuatan aluminium sulfat dengan metode adsorpsi*" *Jurnal Sistem Teknik Industri* Volume 6, No. 5
- Johan, A., 2009. "Karakterisasi Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Refraktori  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Pengaruh Penambahan TiO<sub>2</sub>", Thesis Program Pascasarjana Jurusan Teknik Mesin USU.
- Sukandarrumidi., 2009, "*Bahan Galian Industri*", Gadjah Madah University, Yogyakarta.
- Wang, H., Rui Z., Xing H., Chang-An W., dan Yong H., 2008, "*Characterization of a powder metallurgy SiC/Cu-Al composite*", *Journal of Materials Processing Technology* Vol. 197 : p43-48