

## SIFAT KUAT BENDING DAN STRUKTUR MIKRO KOMPOSIT *CLAY/FLY ASH* DENGAN PEMANASAN BERULANG

Lucky Rempe', Alimuddin Sam, Muhammad Sadat Hamzah, Iskandar

Jurusan Teknik Fakultas Teknik Universitas Tadulako  
Email : [luckyrempe0808@gmail.com](mailto:luckyrempe0808@gmail.com)

**Abstract: The bending properties and microstructure of clay / fly ash composites with repeated heating.** In this study clay powder as a matrix and fly ash powder as a reinforcement, in the process of making clay powder specimens calcined with a temperature of 600 °C and fly ash with a temperature of 200 °C retained for 20 minutes, and continued with the screening process to obtain a powder size of 75 µm, 63 µm and 53 µm, then the mixing process uses a mixing tool for 2 hours with a mixture composition of 25%, 50% and 75% weight fraction of fly ash. The mixture of clay and fly ash is compacted by uniaxial pressing with a pressure of 50 MPa. Then sintered with temperature variations of 1100 °C, 1125 °C and 1150 °C were held for 120 minutes at a rate of 10 °C temperature increase per minute. Tests carried out are testing Bending and microstructure.

The test results show that the addition of fly ash powder and sintering temperature increases the value of bending strength. The results of bending test obtained the highest value obtained from repeated heating 3 times, 5 times, 7 times and 9 times composite with 75% fly weight fraction with a temperature of 1150°C which is 61.48 MPa at 9 times heating while the lowest bending strength value is in the composition of the fly ash 25% heavy fraction with a temperature of 1100°C which is 36.17 MPa at 3 times heating.

**Keywords:** clay, uniaxial fly ash compacting, sintering, repeated heating, bending strength, microstructure.

**Abstrak: Sifat kuat bending dan struktur mikro komposit clay/fly ash dengan pemanasan berulang.** Dalam penelitian ini serbuk clay sebagai matriks dan serbuk fly ash sebagai penguat, dalam proses pembuatan spesimen serbuk clay dikalsinasi dengan temperatur 600 °C dan fly ash dengan temperatur 200 °C ditahan selama 20 menit, dan dilanjutkan dengan proses screening hingga diperoleh ukuran serbuk 75 µm, 63 µm dan 53 µm, kemudian proses pencampuran menggunakan alat mixing selama 2 jam dengan komposisi campuran 25 %, 50 % dan 75 % fraksi berat fly ash. Campuran clay dan fly ash di kompaksi secara uniaxial pressing dengan tekanan 50 MPa. Kemudian disintering dengan variasi temperatur 1100 °C, 1125 °C dan 1150 °C ditahan selama 120 menit dengan laju kenaikan suhu 10 °C permenit. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian Bending dan struktur mikro.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan penambahan serbuk fly ash dan temperatur sintering meningkatkan nilai kuat bending. Hasil dari pegujian bending didapatkan nilai tertinggi yang diperoleh dari pemanasan berulang 3 kali, 5 kali, 7 kali dan 9 kali komposit dengan fly ash 75% fraksi berat dengan temperatur 1150°C yaitu 61.48 MPa pada 9 kali pemanasan sedangkan nilai kekuatan bending terendah berada pada komposisi fly ash 25% fraksi berat dengan temperatur 1100°C yaitu 36.17 MPa pada 3 kali pemanasan.

**Kata kunci :** clay , fly ash kompaksi uniaksial, sintering, pemanasan berulang, kekuatan bending, struktur mikro.

### PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini cukup pesat, baik dibidang material logam dan bukan logam. Adapun material logam saat ini sangat mendominasi khususnya dibidang industri. Akan tetapi, masih banyak

material unggulan yang belum didapatkan dalam aplikasi di industry, maka dikembangkan material bukan logam (*anorganik*) khususnya material keramik dengan gabungan antara *fly ash* yang bersifat tahan terhadap temperatur tinggi dan juga tahan terhadap korosi. Sehingga

memang selayaknya bahan material komposit digunakan secara luas di industri.

*fly ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batu bara jumlahnya di Indonesia sangat banyak, pada tahun 2006 mencapai 3,3 juta ton dan akan terus meningkat, limbah ini perlu mendapat perhatian yang serius karena berpotensi besar menjadi masalah lingkungan,

bahkan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) telah menetapkannya sebagai Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena kandungan logam-logam berat yang bersifat *toksin*. Namun disisi lain, telah diketahui pula bahwa mengandung unsur-unsur sebagai bahan agregat dan beberapa logam yang mempunyai nilai tinggi, sehingga *fly ash* mempunyai potensi untuk dimanfaatkan.

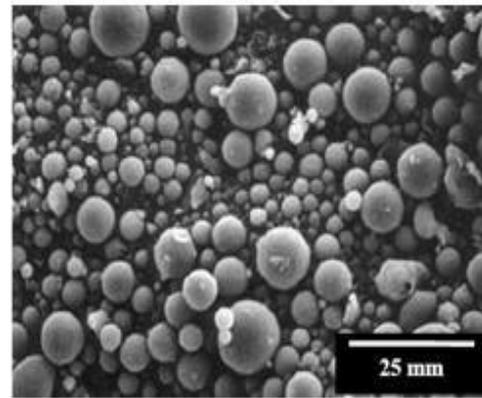
## TINJAUAN PUSTAKA

### Komposit

Komposit adalah kombinasi dua material atau lebih yang menghasilkan sebuah material baru dengan *properties* yang tidak dapat dicapai oleh material penyusunnya (Gibson, 1994). Pada material komposit sebuah material akan bertindak sebagai *matrik*, sedangkan material yang lain akan berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*). Material komposit ini memiliki prospek yang cukup baik di masa depan karena memiliki *specific strength* yang baik, yaitu kekuatan yang tinggi dengan berat material yang cukup ringan

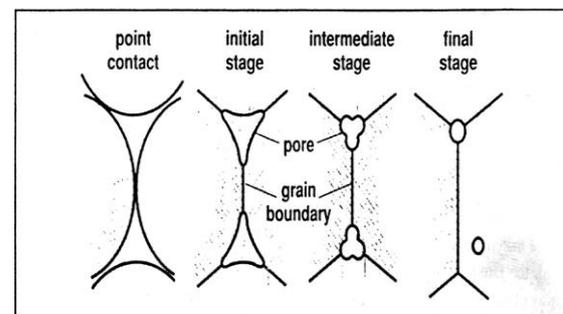
### Penguat jenis partikel (*particulate material*).

CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*) dan satu fasa sebagai matriks di mana matriksnya terbuat dari keramik. *Reinforcement* yang umum digunakan pada CMC adalah: oksida, *carbide*, *nitride*. Keuntungan dari CMC



**Gambar 2.1.** Partikel *fly ash* (Suprihanto dan Setyana, 2006)

Penggambaran SEM menunjukkan bahwa partikel *fly ash* tampak lebih berat dan terang dibandingkan dengan partikel karbon yang juga banyak terdapat dalam *fly ash*. Semakin kecil partikel *fly ash* maka bentuknya semakin bulat (*spherical*) dibandingkan dengan partikel yang besar. Secara umum besarnya *specific gravity fly ash* berkisar antara 1,91–2,94, Dan tingkat kehalusan (*Fineness*) partikel *fly ash* dapat didefinisikan sebagai *specific surface area* dengan menggunakan *blaine air permeability method*



**Gambar 2.2.** Skema Tahapan perubahan struktur proses sinter (German, 1984).

Selama proses sinter akan terjadi penggabungan antar partikel, sehingga akan saling mengikat akibat terjadinya proses difusi dan menurunkan *porositas*.

### Proses Manufacturing Keramik.

*Uniaxial pressing* adalah metode pemadatan dan pembentukan *green body* bahan keramik dari serbuk atau butiran yang dibatasi cetakan tetap atau fleksibel. Pada metode ini gaya tekan untuk pemadatan (*single action* atau *double*

*action*) umumnya diberikan searah (*axial*) sumbu *green body*. Pematatan dilakukan menggunakan penumbuk (*punch*) yang permukaannya berkontur sesuai permukaan *green body* yang diperlukan. *Pressing* ini umumnya dilakukan secara kering sehingga lebih dikenal sebagai *dry pressing*.

#### **Kelebihan dari metode uniaxial pressing.**

- a. Dapat dipergunakan untuk memproduksi komponen dalam jumlah banyak (*mass production*) dengan hasil yang cukup presisi.
- b. Tekanan *pressing* tidak terlalu besar.
- c. Produk ukuran kecil, tipis dan permukaan berkontur dapat dibuat.

#### **Sintering.**

*Sintering* adalah terjadinya ikatan antar partikel serbuk pada temperatur tinggi. Proses sinter adalah memanaskan benda hasil kompaksi (*green body*) pada temperatur tertentu, biasanya 80% dari titik lebur (*solid state sintering*). Tetapi untuk bahan yang sulit disinter (contoh:  $\text{Si}_3\text{N}_4$  dan WC). Proses sinter dilakukan dengan *liquid phase Sintering*. Proses ini umumnya dilakukan dengan cara memberikan bahan tambahan (*additive*) yang akan meleleh terlebih dahulu sebelum matriksnya.

#### **Refraktori.**

*Refraktori* adalah bahan yang tahan terhadap panas dan berbagai tegangan dan regangan mekanik, tegangan dan regangan termal abrasi atau korosi dari bahan padat, cair atau gas pada berbagai suhu (Charles, 2004). Bahan-bahan *refraktori* dibuat dengan kombinasi dan bentuk yang bervariasi tergantung pada penggunaannya.

*Refraktori* mempunyai kandungan silika dan alumina yang bervariasi sampai mencapai 68,1% dan kandungan alumina sampai mencapai 41,9%. Tabel 2.3 memperlihatkan bahwa titik leleh *Refraktori* berkurang dengan meningkatnya *impurities* dan menurunkan alumina. Bahan ini seringkali digunakan

dalam tungku, *kiln* dan kompor sebab bahan tersebut tersedia banyak dan murah.

#### **Pengujian Bending**

Pengujian *bending* ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan terhadap beban *bending* atau beban lentur dari spesimen, pengujian *bending* adalah salah satu jenis pengujian bahan yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan`

Dalam penelitian ini, Pengujian ini menggunakan metode *four point bending* yang mengacu standar JIS R 1601 (Barsoum, 1997), dengan variasi *sintering* 1100°C, 1125°C dan 1150°C.

#### **Pengujian Struktur Mikro**

Struktur mikro adalah gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. Struktur mikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop optik dan mikroskop elektron. Sebelum dilihat dengan mikroskop, permukaan logam harus dibersihkan terlebih dahulu, kemudian reaksi dengan reagen kimia untuk mempermudah pengamatan. Proses ini dinamakan *etching*.

#### **Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan selama 5 bulan mulai dari bulan September sampai dengan Mei 2017. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako dan Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako.

#### **Alat dan Bahan**

##### **Alat**

Alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

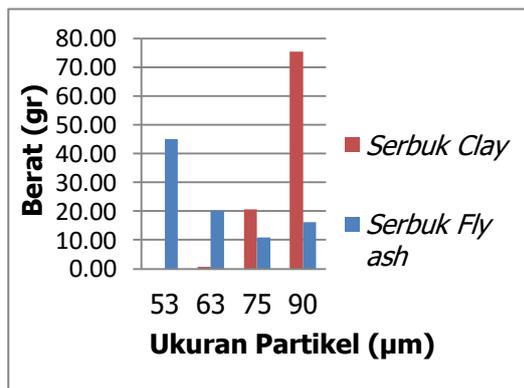
1. Cetakan spesimen
2. Timbangan digital
3. Furnace
4. Ayakan serbuk
5. Mesin mixer

6. Hidrolik Press
7. Mesin uji bending
8. Mikroskop Optik
9. Mesin Poles
10. Amplas
11. Mesin Uji Struktur Mikro
12. Jangka sorong
13. Clay
14. Fly ash
15. alkohol

**PEMBAHASAN**

**Distribusi dan Ukuran Serbuk**

Clay dan fly ash ditimbang masing-masing 100 gram lalu dimasukkan ke dalam ayakan dengan urutan ukuran 90, 75, 63 dan 53 μm. Kemudian ayakan dipasang di mesin screening selama 20 menit dengan getaran 20 Hz. Selesai proses pengayakan serbuk ditimbang



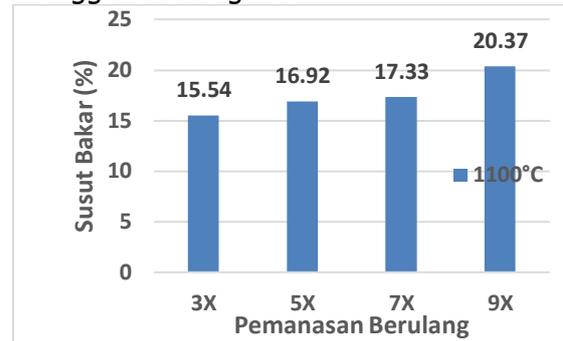
**Gambar 4.1.** Distribusi Serbuk clay dan fly ash hasil ayakan

Dapat dilihat pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa serbuk clay yang lolos pada ayakan ukuran partikel 53 μm sebesar 0% fraksi berat, ayakan ukuran partikel 63 μm yang lolos sebesar 0,75% fraksi berat dan ayakan ukuran partikel 75 μm sebesar 21,71% fraksi berat. Pada ukuran 53 μm partikel serbuk tidak lolos dimungkinkan karena bentuk partikel serbuk clay yang tidak beraturan dan berukuran besar

**Penyusutan**

Susut bakar adalah presentase penyusutan volume sebelum dan sesudah pembakaran dalam tungku dengan temperature 1100°C, 1125°C dan 1150°C. pengukuran susut bakar dapat dilakukan

dengan mengukur volume dari spesimen sebelum dan sesudah *sintering* dengan menggunakan sigmat



**Gambar 4.3.** Persentase susut Bakar tiap variasi pemanasan dengan komposisi fly ash 25% fraksi berat dan clay 75% fraksi berat pada temperatur 1100 °C terhadap pemanasan berulang

Pada Gambar 4.3. memperlihatkan besar penyusutan volume (susut bakar) disetiap komposisi clay dan fly ash terhadap pemanasan berulang, Pada temperatur 1100°C dengan komposisi 25% fraksi berat fly ash pada 9 kali pemanasan dengan nilai rata-rata 20.37% dan nilai terendah pada 3 kali pemanasan dengan nilai 15.54%.

**Hasil Pengujian Bending**

Pengujian ini menggunakan metode *four point bending* yang mengacu standar JIS R 1601 (Barsoum, 1997), dengan variasi *sintering* 1100°C, 1125°C dan dan 1150°C. panjang spesimen 50 mm, lebar 7 mm, tebal 8 mm

Pada hasil pengujian bending diperoleh data yang dimasukkan dalam grafik seperti pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9.** Pengaruh pemanasan berulang terhadap kekuatan bending komposit clay/fly ash komposisi 25 % fraksi berat fly ash dengan temperatur 1100 °C

Dapat dilihat pada Gambar 4.9. bahwa seiring dilakukan pemanasan berulang kekuatan *bending* semakin meningkat, terbukti pada pada komposisi 25% fraksi berat *fly ash* pada temperatur 1100 °C didapatkan nilai tertinggi yaitu 53.67 Mpa pada 9 kali pemanasan dan terendah yaitu 36.17 pada 3 kali pemanasan.



**Gambar 4.10.** Pengaruh pemanasan berulang terhadap kekuatan bending komposit *clay/fly ash* komposisi 50 % fraksi berat *fly ash* dengan temperatur 1125 °C

Sedangkan pada komposisi 50% fraksi berat *fly ash* dengan temperatur 1125°C di dapatkan nilai tertinggi pada 9 kali pemanasan yaitu 61.11 MPa dan terendah pada 3 kali pemanasan yaitu 47.54 Mpa

nilai kekuatan bending tertinggi pada komposisi 75% fraksi berat *fly ash* dengan temperatur 1150°C yaitu 61.48 MPa pada 9 kali pemanasan dan nilai terendah pada 3 kali pemanasan yaitu 48.39 Mpa, dan Peningkatan kekuatan bending ini di sebabkan karena partikel serbuk telah terikat dengan lebih baik akibat temperatur tinggi. sedangkan nilai kekuatan bending terendah berada pada komposisi 25% fraksi berat *fly ash* dengan temperatur 1100°C yaitu 36.17 MPa pada 3 kali pemanasan

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang sifat kuat bending dan struktur mikro komposit *clay/fly ash* dengan pemanasan berulang

maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada temperatur 1100 °C nilai kekuatan bending tertinggi terdapat pada 9 kali pemanasan

yaitu 53.67 Mpa dan terendah pada 3 kali pemanasan yaitu 36.17 Mpa, sedangkan pada komposisi 50% *fly ash* pada temperatur 1125 °C didapatkan nilai tertinggi yaitu 61.11 Mpa pada 9 kali pemanasan dan terendah yaitu 47.54 Mpa pada 3 kali pemanasan dan pada komposisi dengan penambahan 75% fraksi berat *fly ash* pada temperatur 1150 °C yaitu 61.48 MPa pada 9 kali pemanasan sedangkan nilai kekuatan bending terendah yaitu 48.39 Mpa pada 3 kali pemanasan.

2. Pada pengamatan struktur mikro yang digunakan adalah bentuk tak beraturan (*irregular*), sedangkan serbuk *fly ash* bentuk bola (*spherical*). Pada pengujian struktur mikro temperatur sintering 1100 °C memiliki porositas paling banyak dibanding temperatur sintering 1125 °C dan 1150 °C. Porositas banyak terlihat pada penambahan fraksi berat 25% *fly ash* dibanding penambahan 50% fraksi berat *fly ash* dan 75% *fly ash*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amir,N.,2016.,Kekuatan *Bending* dan Struktur Mikro Komposit *Fly Ash*/Aluminium, Universitas Tadulako
- 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,ITB,Bandung.
- Askeland.R.D.,dan Wright., 2010, "*The Science and Engineering Of Materials*", six edition Publisher, *Global Engineering*.
- Barsoum, M.W., 1997, "*Fundamental of Ceramics*", *Mc Graw-Hill Book Co New York*

- Baskoro, Y., 2013, " Alumina – Tembaga Matriks Komposit Dengan Penguat Abu Terbang Dibuat Dengan Ekstrusi Panas", Skripsi, Teknik Mesin Universitas Gajah Mada.
- Charles A.S., 2004, "Refractories Handbook", Marcel Dekker, New York.
- Cheng, T. W. and Chen, Y. S., 2004, *Characterization of Glass-Ceramics Made From Incinerators Fly Ash*, Journal Ceramics international 30, 343-349.
- German, R.M., 1994, *Powder Metallurgy Science, Metal Powder Industries Federation*, Princeton New Jersey.
- Gibson, Ronald F. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. Singapore: McGraw-Hill.
- Hamzah M.S., 2002, "Studi Sifat Fisis, Mekanis dan Konduktifitas Termal Komposit Clay/ Alumina Untuk Aplikasi Fire Brick", Tesis, Teknik Mesin UGM.
- Hasan, W.A., 2016, "Sifat Kuat Tekan dan Struktur Mikro Komposit Clay dan Fly Ash" Skripsi, Teknik Mesin Universitas Tadulako.
- Hardiyatmo H.C., 2002, "Mekanika Tanah 1", Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- Hidayat ., 2015. Sifat Kekuatan Bending dan Struktur Mikro Komposit Clay/ Fly Ash, Universitas Tadulako
- Joelianingsih, 2004, Peningkatan Kualitas Genteng Keramik Dengan Penambahan Sekam Padi Dan Daun Bambu. Makalah Pribadi *Falsafah Sains (PPS 702)* Sekolah Pasca Sarjana / S3, Institut Pertanian Bogor.
- Mashuri 2002, " Penggunaan Abu Terbang Batubara Pada Pembuatan Batako di Kota Palu", Jurnal Mektek XIV No. 3 .
- Mubin F., 2015 "Sifat Kekerasan Dan Struktur Mikro Komposit Fly Ash /Alumina" Teknik Mesin Universitas Tadulako.
- Nurhakim., 2005. Draft Modul BGI Teknik Kimia  
[http://nurhakim.files.wordpress.com/2005/04/bahan\\_galian\\_industri.pdf](http://nurhakim.files.wordpress.com/2005/04/bahan_galian_industri.pdf). diakses pada tanggal 10 mei 2015.
- Rusianto, T., 2004, "Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Paduan Al-Si/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Yang Dibuat Dengan Metode Metalurgi Serbuk", Pascasarjana, Universitas Gajah Mada.
- Soesilowati, 2006, Penyempurnaan Badan Keramik untuk Industri Kecil Keramik di Plered  
. <http://www.dprin.go.id/data/industry/abstech/>. Diakses pada tanggal 26 oktober 2014.
- Suprihanto, A. dan Setyana B., 2006, Pengujian Mekanik dan Fisik pada Metal Matrix Composit (mmc) Aluminium- Fly Ash, Universitas Sumatra Utara
- Widodo R.D, Rusiyanto, 2010, "Densitas dan kekuatan Bending pada Material Komposit Fly Ash-MGO", Vol.8 No.1 2010 Hal.79-86.