

## PENGARUH ORIENTASI AGREGAT SERAT BAMBUN TERHADAP MORFOLOGI DAN KUAT LENTUR KOMPOSIT GEOPOLIMER BERBASIS METAKAOLIN

Nurhayati, Subaer\*, dan Nur Fadillah

Pusat Penelitian Geopolimer - Lab. Fisika Material

Jurusan Fisika FMIPA UNM

Jalan Dg. Tata Raya, Makassar, 90223

Tel/Fax : (0411) 840 622; Email: [jzubayir@yahoo.com](mailto:jzubayir@yahoo.com)

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh orientasi agregat serat bambu terhadap morfologi dan kuat lentur komposit geopolimer berbasis metakaolin. Mineral metakaolin diperoleh melalui proses dehidroksilasi kaolin pada suhu 750°C selama 6 jam. Pasta geopolimer disintesis melalui metode aktivasi larutan alkali dan dicuring pada suhu 60°C selama 1 jam. Serat bambu diproduksi secara termo-mekanik dengan panjang sekitar 20,00 mm dan diameter 20 -100 µm, digunakan sebagai agregat dengan susunan acak atau membanjar searah panjang sampel. Karakterisasi mikro bahan dasar dan material yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM) yang dilengkapi dengan *electron dispersive spectroscopy* (EDS). Struktur kristal dan komposisi kimia bahan dasar dan sampel dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD). Sifat termal serat bambu diukur dengan menggunakan *differential scanning calorimetry* (DSC) 400 PerkinElmer. Hasil karakterisasi dengan SEM-EDS menunjukkan bahwa matriks geopolimer cukup homogen, namun ikatan antara matriks dengan agregat serat bambu tampak belum sempurna akibat kehadiran celah yang cukup besar pada daerah antar zona antara matriks dengan agregat serat bambu. Hasil karakterisasi dengan XRD memperlihatkan bahwa matriks komposit geopolimer yang dihasilkan bersifat amorf. Uji mekanik berupa *three bending points flexural strength* dilakukan terhadap 3 sampel untuk setiap jenis sampel memperlihatkan bahwa kehadiran agregat serat bambu, orientasi serat dan suhu curing sangat berpengaruh terhadap kuat lentur komposit geopolimer yang dihasilkan.

**Kata kunci:** geopolimer, komposit, metakaolin, serat bambu, morfologi

### PENDAHULUAN

Geopolimer dikenal sebagai jenis baru dari polimer anorganik yang disintesis melalui metode aktivasi aluminosilikat dengan larutan alkali pada suhu kurang dari 100°C. Material ini terdiri dari kerangka polimerik -Si-O-Al- serupa dengan zeolit tetapi bersifat amorf (Barbosa, 2002; Barbosa, 2003; Davidovits, 1991; Davidovits, 1994). Geopolimer berpotensi sebagai substitusi semen, keramik dan komposit. Sebagai material dasar komposit, geopolimer mudah pecah dan memiliki kekuatan tarik yang rendah (Zhao, 2007). Salah satu upaya yang banyak diteliti untuk memperbaiki sifat mekanik komposit geopolimer adalah penambahan serat pendek seperti *polyvinyl alcohol* (PVA),

*polypropylene* (PP), basalt serta serat karbon. Kehadiran serat sebagai agregat matriks komposit berperan untuk mencegah keretakan serta menambah kekuatan tarik matriks geopolimer (Zhang et al. 2006; Zhang et al., 2006). Hasil-hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa peningkatan sifat mekanik komposit geopolimer dapat diperoleh melalui perbaikan kualitas matriks dan pencegahan pertumbuhan retakan baik yang bersifat mikro maupun makro.

Penelitian ini memanfaatkan metakaolin sebagai bahan dasar pasta geopolimer. Metakaolin merupakan produk dehidroksilasi mineral metakaolin pada suhu 750°C. Secara kimia, komposisi oksida mineral metakaolin

bersifat relatif murni dibandingkan dengan *fly ash* atau *slag* (Davidovits, 1991; Davidovits, 1994). Selanjutnya, pemanfaatan selulosa serat bambu sebagai agregat komposit dimaksudkan untuk memperkuat kekuatan lentur geopolimer serta menjembatani retakan yang mungkin terjadi baik pada saat proses perawatan (*curing*) berlangsung maupun saat komposit geopolimer terpakai.

**METODE**

Metakaolin yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui proses dehidroksilasi mineral kaolin pada suhu 750°C selama 6 jam. Serat bambu yang digunakan diperoleh dari berupa bambu betung yang berasal dari Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Serat bambu diproduksi secara termo-mekanik. Bambu dipotong pendek sekitar 10cm, dibelah kecil kemudian direndam di air mendidih selama 12 jam. Bambu yang telah kering selanjutnya dipukul merata hingga diperoleh serat bambu yang kemudian direndam di dalam larutan 1M NaOH selama 1 jam. Setelah itu, serat bambu kemudian dicuci hingga pH netral lalu didiamkan selama 24 jam.

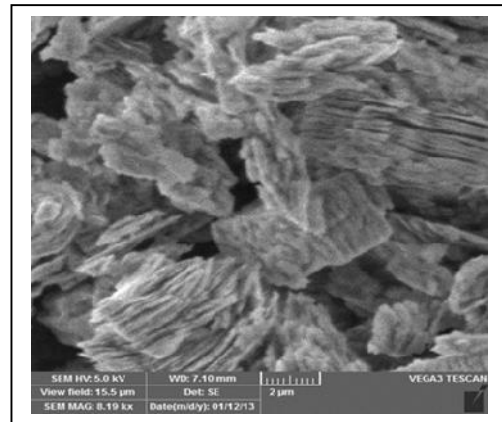
Pasta geopolimer diperoleh melalui aktivasi metakaolin dengan larutan alkali tinggi (pH =13) diaduk secara manual hingga diperoleh gel yang homogen. Komposit geopolimer serat bambu dengan orientasi yang berbeda di cetak dengan cetakan kaca kemudian di curing pada suhu 60 – 70°C selama 60 menit.

Sifat termal serat bambu diukur dengan menggunakan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*). Morfologi permukaan sampel, daerah antar zona matriks dan serat, serta komposisi kimia (wt% oksida) diteliti dengan Tescan Vega3SB Analytical SEM-EDS (*Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*). Struktur kekristalan serta fase yang dikandung sampel diuji dengan XRD (*X-Ray Diffraction*). Kuat lentur diukur dengan teknik *three points bending flexural strength* (Callister, 2001).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Gambar 1 memperlihatkan morfologi kaolin (disuplai oleh PT. Intraco, Makassar) yang digunakan dalam penelitian ini. Ukuran dari partikel kaolin yang digunakan berkisar antara 2-5µm berbentuk lempeng dan pipih.

Komposisi molar oksida penyusun kaolin berdasarkan pengukuran EDS diberikan pada tabel 1.

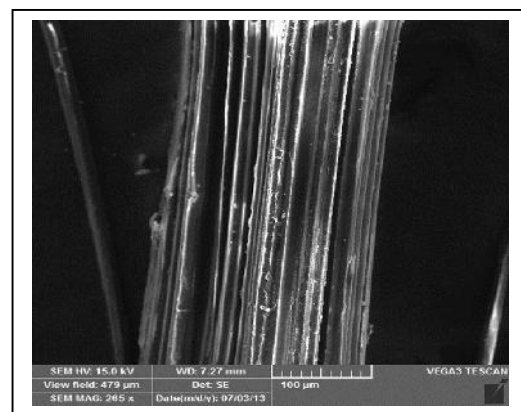


Gambar 1. Mikrograf mineral kaolin

Tabel 1. Molar oksida mineral kaolin

Komponen	Wt (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	49,68
SiO <sub>2</sub>	49,47
K <sub>2</sub> O	0,85

Tampak dari tabel 1 bahwa rasio molar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub> sekitar 1:1. Hal ini serupa dengan hasil yang diperoleh (Zuhua et al. 2009) untuk kaolin Cina.



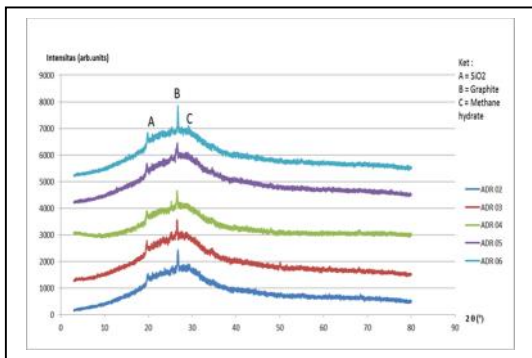
Gambar 2. Mikrograf serat bambu

Gambar 2 memperlihatkan SEM mikrograf permukaan serat bambu. Tampak dengan jelas kumpulan mikro serat yang menyatu membentuk serat bambu berdiameter antara 100 – 200 µm. Hasil pengukuran dengan EDS menunjukkan bahwa serat tersebut mengandung mineral SiO<sub>2</sub> sebesar 51,11wt%,

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 22,66 wt% dan Na<sub>2</sub>O 26,24 wt%. Kandungan sesuai dengan hasil yang dilaporkan oleh Fitriasi (Fatriasari, 2006; Ghavami, et al., 2003).

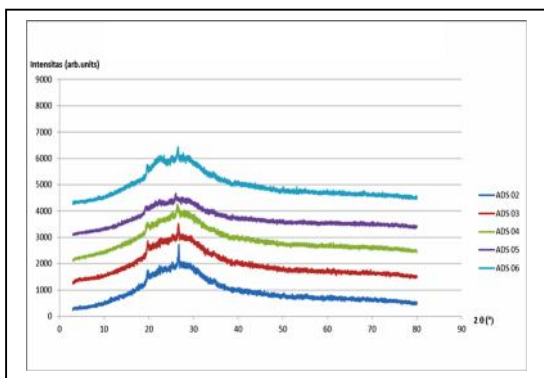
Komposit geopolimer diproduksi dengan massa serat bambu yang bervariasi, dari 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 dan 1,2 g. Serat ini disusun secara acak (sampel ADR) dan sejajar (sampel ADS) di dalam matriks komposit geopolimer.

Gambar 3 memperlihatkan difraktogram komposit geopolimer sampel ADR. Tampak bahwa variasi (kenaikan) massa serat relatif terhadap massa pasta geopolimer tidak berpengaruh terhadap struktur jaringan amorf geopolimer. Puncak SiO<sub>2</sub> dan graphite mendominasi fase kristal di dalam struktur jaringan geopolimer.



Gambar 3. Difraktogram sampel ADR

Gambar 4 memperlihatkan difraktogram sampel ADS.

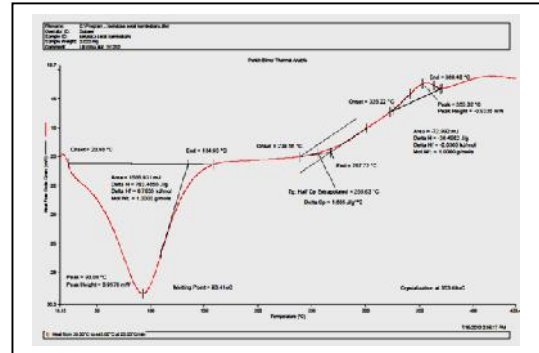


Gambar 4. Difraktogram sampel ADS

Tampak pada gambar 4, bahwa penambahan 1,2 g serat bambu mulai berpengaruh pada struktur amorf jaringan geopolimer. Hal ini

tidak ditemukan pada sampel dengan serat yang disusun acak.

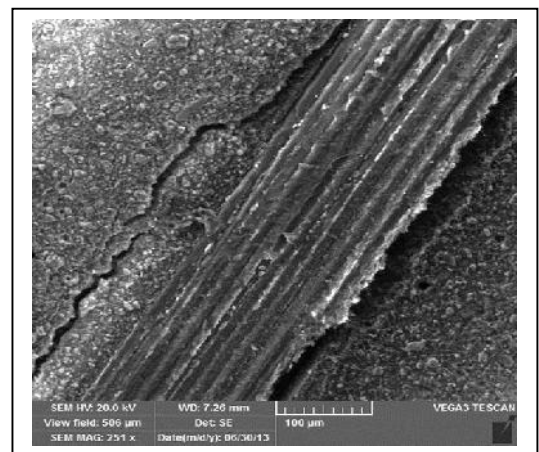
Hasil pengukuran sifat termal serat bambu memperlihatkan perilaku endotermik pada suhu 30-150°C. Perilaku eksotermik terjadi pada suhu 320 – 350°C seperti tampak pada gambar 5 dengan suhu transisi gelas (T<sub>g</sub>) sebesar 268°C.



Gambar 5. Kurva DSC serat bambu

Hal ini merupakan indikasi bahwa serat bambu akan mengalami perubahan struktur pada suhu di atas 300°C dan berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanik komposit.

Selanjutnya, SEM mikrograf komposit geopolimer dengan serat bambu yang tersusun secara random diperlihatkan pada gambar 6. Tampak bahwa matriks geopolimer masih terdiri atas banyak partikel metakaolin yang tidak bereaksi secara sempurna.

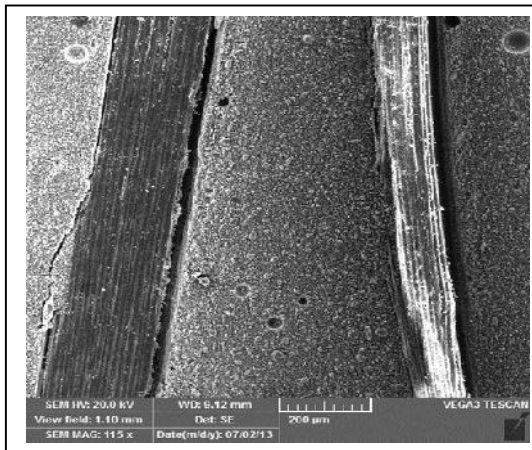


Gambar 6. Contoh SEM mikrograf sampel ADR

Selanjutnya pada gambar 7 tampak contoh SEM mikrograf untuk sampel ADS.

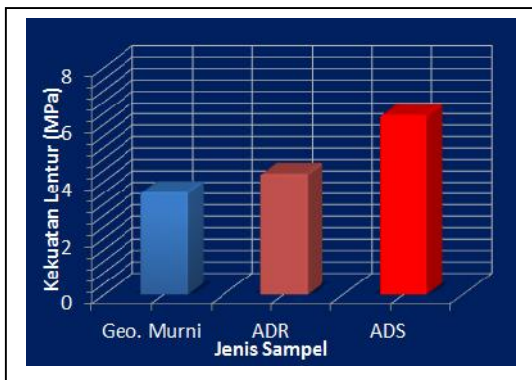
Pada gambar 6 dan 7 tampak bahwa terdapat void (celah) antara matriks geopolimer dengan

serat bambu. Celah tersebut kemungkinan besar merupakan akibat pemrosesan yang dilakukan pada saat penyiapan spesimen untuk karakterisasi dengan SEM-EDS. Namun demikian, hal ini dapat juga menjadi indikasi bahwa ikatan antara matriks dan geopolimer belum begitu kuat dan berpengaruh pada kekuatan mekanik komposit.



Gambar 7. Contoh SEM mikrograf sampel ADS

Gambar 8 memperlihatkan nilai kuat lentur komposit geopolimer serat bambu.



Gambar 8. Kuat lentur geopolimer murni dan komposit geopolimer (ADR dan ADS)

Tampak bahwa kuat lentur sampel ADS lebih tinggi daripada kuat lentur sampel ADR dan dua kali lebih besar daripada kuat lentur geopolimer murni. Hal ini menunjukkan bahwa serat bambu yang disusun sejajar berperan sebagai penguat struktur (agregat) dan mampu meningkatkan kuat lentur geopolimer.

## SIMPULAN

Serat bambu merupakan salah satu serat alami yang dapat digunakan sebagai penguat (agregat) komposit geopolimer tanpa merubah komposisi kimia matriks geopolimer. Antara matriks geopolimer dengan serat bambu terbentuk celah (void) yang berpengaruh kekuatan mekanik komposit. Komposit dengan arah serat bambu yang terusun sejajar memiliki kuat lentur yang lebih tinggi daripada komposit dengan arah serat yang terusun acak atau geopolimer murni.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barbosa, V. F. F. & MacKenzie, K. J. D. 2002, *Materials Letters*, 4012 : 1477-1482.
- Barbosa, V. F. F. & MacKenzie, K. J. D. 2003, *Materials Research Bulletin*, 38 (2) : 319 - 331.
- Callister, W. D. Jr., 2001, *Fundamentals of Materials Science and Engineering, Fifth Ed.* John Wiley & Son, Inc., New York.
- Davidovits, J., 1991, *Journal of Thermal Analysis*, 37 : 1633-1656.
- Davidovits, J., 1994, *Alkaline Cements and Concretes*, Kiev State Technical University, Ukraine, 131-149.
- Fatriasari, W., 2006, Analisis Morfologi Serat dan Sifat Fisis Kimia Beberapa Jenis Bambu sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas. Laporan Teknik Akhir Tahun 2006 UPT BPP Biomaterial. LIPI.
- Ghavami, K, Rodrigues, C. S. and Paciornik, S., 2003 *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*, 4 (1) : 1-10.
- Zhao, Q, Nair, B., Rahimian, T, Balaguru, P 2007, *J. Mater. Sci.* 42 : 3131-3137.
- Zhang, Y., Sun, W., 2006, *J. Mater. Sci.* 41 : 2787-2794.
- Zhang, Y., Sun, W., Li, Z., Zhou, X., Eddie, C. Chau, *Construct.* 2008, *Build. Mater.* 22 : 370-383.

Zuhua Z, et.al.. 2009, 'Role of Water in The Synthesis of Calcined Kaolin Based

Geopolymer', Journal of Applied Clay Science, 43 : 218-223.