



## Karakteristik Termal Mortar Geopolimer Berbasis Abu Layang dan Kaolin Alam

Muhammad Saukani<sup>\*)</sup>, Saifullah Arief

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Kalimantan MAAB

Email korespondensi : [saukani@uniska-bjm.ac.id](mailto:saukani@uniska-bjm.ac.id)

Submitted 11 November 2018, *accepted* 06 Maret 2019

**ABSTRACT**–Mortar geopolimer berbasis abu layang dengan penambahan metakaolin telah disintesis dan dikarakterisasi sifat termalnya. Rasio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  dalam penelitian ini dipertahankan dengan nilai 3,46. Efek substitusi abu layang dengan kaolin tatakan yang telah dikalsinasi pada suhu  $750^\circ\text{C}$  selama 3 jam memberikan informasi peningkatan nilai kuat tekan. Peningkatan nilai kuat tekan ini diyakini akibat berkurangnya kadar  $\text{SiO}_2$  yang tidak aktif dalam campuran bahan dasar, sehingga reaksi ikatan antara matrik dan partikel-partikel aluminosilikat semakin baik. Daya tahan terhadap suhu pada suhu  $750^\circ\text{C}$  selama 4 jam menunjukkan adanya penyusutan volume dan berkurangnya massa sampel, meskipun pengurangan massa sampel terjadi namun massa jenis semakin meningkat dan secara visual tidak terlihat adanya keretakan. Pengujian *shock thermal* juga menunjukkan bahwa mortar geopolimer yang disintesis mampu menahan adanya perubahan suhu secara mendadak. Oleh sebab itu mortar geopolimer dengan bahan abu layang/kaolin tatakan dapat digunakan sebagai material refraktori.

**KEYWORD** : *Abu layang, Geopolimer, Kaolin, Refraktori*

### I. PENDAHULUAN

Kalimantan Selatan merupakan daerah yang memiliki sumber aluminosilikat yang jumlahnya berlimpah. Kaolin dan Abu layang adalah sumber aluminosilikat yang sangat banyak digunakan sebagai bahan dasar material geopolimer dengan berbagai aplikasi diantaranya untuk mensubstitusi semen portland (Schneider et al., 2011), plastik, bata refraktori (Timakul et al., 2016) dan produk-produk mineral lainnya. Geopolimer merupakan bentuk baru dari polimer inorganik yang dipopulerkan oleh Joseph Davidovits pada tahun 1980-an (Davidovits, 1991). Material ini merupakan hasil reaksi bahan aluminosilikat dibawah kondisi alkali yang tinggi sehingga membentuk struktur polimer amorf 3 dimensi yang terdiri dari ikatan Si-O-Al (Duxson et al., 2007).

Salah satu aplikasi geopolimer dalam bidang material maju adalah sebagai material refraktori. Bahan dasar material refraktori

dapat dibuat dari berbagai jenis material yang mampu bertahan pada suhu yang tinggi terdiri dari alumina, kaolinit, kromit, magnesia, silikon, karbida dan sebagainya (Assaedi et al., 2015). Pemilihan ini didasarkan pada ketahanannya terhadap korosi kimia dan beban mekanis dari luar hal ini disebabkan oleh titik lebur yang tinggi, kekuatan baik pada temperatur tinggi serta tahan terhadap degradasi.

Material refraktori dapat tahan terhadap temperatur tinggi, tahan terhadap korosi, logam cair dan gas-gas agresif, siklus termal dan tahan terhadap benturan. Beberapa jenis refraktori yang telah dipasarkan diantaranya berbasis magnesia, aluminosilikat, carbon-grafit dan sebagainya (Vert, 2016). Jenis material refraktori lainnya yang tengah berkembang adalah material refraktori berbasis geopolimer yang telah diaplikasikan pada kabin tahan api (Lyon et al., 1997)

Abu layang yang dihasilkan dari PLTU Asam-asam dilaporkan memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  59,8% dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  19,4% (Atmaja et al., 2011), artinya rasio perbandingan antara  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 3,08$ . Geopolimer terbaik dihasilkan dengan perbandingan  $3,3 < \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 < 4,5$  (Atmaja et al., 2011). Dalam penelitian ini akan dilaporkan hasil penambahan kaolin tatakan sebagai bahan dasar geopolimer, sebagai upaya meningkatkan rasio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  dan selanjutnya dilakukan karakterisasi nilai kuat tekannya. Nilai kuat tekan tertinggi selanjutnya diberikan perlakuan termal untuk diketahui *shock thermal* dan daya tahan terhadap suhu.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan dan Peralatan

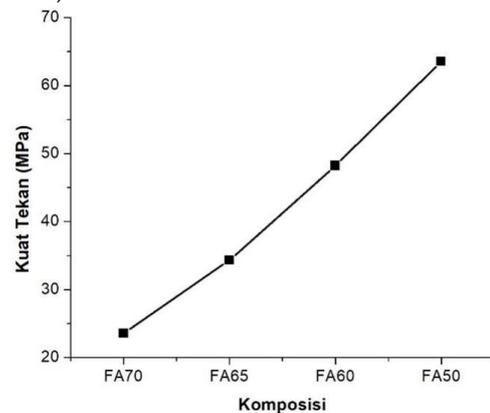
Bahan dasar geopolimer yang digunakan adalah Abu layang kelas F PLTU Asam-asam dan Lempung Kaolin Tatakan. Rasio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  kaolin tatakan adalah 3,46 (Saukani and Febrianty, 2017). Kedua bahan dasar setelah dipreparasi, diayak dengan saringan 200 mesh. Komposisi lempung kaolin dan abu layang masing-masing 70:0 (FA70), 65:5 (FA65), 60:10 (FA60), dan 50:20 (FA50). Larutan alkali dipreparasi dari campuran larutan *sodium silicate* ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2$ ) dan *sodium hydroxide* (NaOH) 5M. Larutan alkali dan bahan dasar dicampur dengan perbandingan (30:70) hingga membentuk pasta geopolimer. Pasta geopolimer dimasukkan kedalam cetakan silinder dengan ukuran 20mm x 10mm dan dibiarkan berada pada suhu ruang selama 1 hari dan kemudian dicuring pada suhu 60 °C selama 24 jam. Mortar geopolimer kemudian disimpan hingga berumur 28 hari dan selanjutnya dikarakterisasi kuat tekannya. Komposisi dengan kuat tekan tertinggi selanjutnya dikarakterisasi sifat termal berupa daya tahan terhadap suhu dan *shock thermal*.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Kuat Tekan Mortar Geopolimer

Gambar 1. Adalah grafik hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer yang disintesis

dengan molaritas NaOH 5M dan umur simpan 28 hari. Berdasarkan hasil ini dapat terlihat bahwa semakin banyak jumlah abula yang digantikan oleh metakaolin nilai kuat tekan yang dihasilkan semakin meningkat. Kuat tekan material geopolimer dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya rasio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  yang terkandung dalam bahan aluminosilikat, jumlah NaOH yang berfungsi sebagai matrik, dan suhu curing. Penelitian ini menunjukkan bahwa kehadiran metakaolin mampu meningkatkan nilai kuat tekan. Menurut Fansuri et al (2012), abu layang kelas F yang memiliki nilai  $\text{SiO}_2$  48% terdapat 17% yang tidak aktif. Atas alas an inilah reduksi abu layang dengan menambahkan metakaolin akan menambah jumlah  $\text{SiO}_2$  aktif (Fansuri et al., 2012).



Gambar 1 Hubungan antara komposisi abu layang/metakaolin terhadap nilai kuat tekan.

### 3.2 Karakterisasi Sifat Termal

Gambar 1. Menunjukkan bahwa sampel yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi adalah FA50. Karakterisasi sifat termal berupa perlakuan panas untuk mengetahui ketahanan sampel FA50 terhadap pemberian panas dan *shock thermal*. Hasil perlakuan termal dengan output data berupa massa jenis disajikan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Data hasil pengukuran massa jenis akibat pengujian daya tahan terhadap temperatur.

Kondisi	Massa (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )
Sebelum	60,18	32,29	1,86
Sesudah	53,03	28,08	1,89

Tabel 1. Menunjukkan nilai rata-rata hasil pengukuran dimensi mortar geopolimer sebelum dan sesudah pengujian daya tahantemperaturnya. Suhu yang digunakan dalam pengujian adalah 750°C selama 4 jam di dalam furnace, dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Secara visual sampel yang telah mengalami perlakuan termal disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Keadaan visual material geopolimer setelah diberikan perlakuan termal.

Hasil ini menunjukkan adanya perubahan massa dan volume sebelum dan sesudah pengujian. Massa dan volume sampel sesudah pengujian daya tahan temperatur mengalami penyusutan sehingga menyebabkan massa jenis bertambah. Meskipun demikian secara visual tidak terdapat keretakan yang terlihat.

Selanjutnya pengujian *thermal shock* dilakukan pada saat dengan kuat tekan tertinggi berusia 28 hari. Pengujian ini dilakukan dengan siklus 10 kali siklus. Suhu pendinginan adalah 27°C dan suhu maksimum pemanasan adalah 500°C. Data rata-rata hasil pengukuran sebelum dan sesudah pengujian *shockthermal* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengukuran massa jenis akibat perlakuan *shock thermal*

Kondisi	Massa (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa Jenis gr/cm <sup>3</sup>
Sebelum	58,14	32,23	1,80
Sesudah	57,82	29,17	1,98

Tabel 2 menunjukkan adanya perubahan massa dan volume sebelum dan sesudah

pengujian. Massa dan volume sampel sesudah pengujian *shockthermal* mengalami penyusutan sehingga massa jenis sampel bertambah. Massa sampel sebelum diuji adalah 58,14 g dan setelah diuji massa sampel menjadi 57,82 g sedangkan volume rata-rata sampel sebelum diuji adalah 32,23cm<sup>3</sup> dan setelah diuji volume rata-rata sampel menjadi 29,17 cm<sup>3</sup>.

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini substitusi abu layang dengan metakaolin dapat meningkatkan nilai kuat tekan mortar geopolimer. Hasil perlakuan termal menunjukkan bahwa sampel dengan komposisi substitusi 20% metakaolin pada abu layang mampu menahan adanya *shock thermal* dan memiliki ketahanan terhadap panas yang baik. Oleh sebab itu, hasil ini dapat digunakan sebagai formulasi material refraktori.

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada DRPM Kemenristekdikti atas pendaan yang diberikan melalui skema Hibah Penelitian Dosen Pemula dengan nomor kontrak 113/UNISKA-LP2M/IV/2018.

#### VI. DAFTAR PUSTAKA

- Assaedi, H., Alomayri, T., Shaikh, F.U.A. & Low, I.-M., 2015. Characterisation of mechanical and thermal properties in flax fabric reinforced geopolymer composites. *Journal of Advanced Ceramics*, 4(4), pp.272–281.
- Atmaja, L., Fansuri, H. & Maharani, A., 2011. Crystalline Phase Reactivity in the Synthesis of Fly Ash-Based Geopolymer. *Indonesia Journal Chemistry*, 11(1), pp.90–95.
- Davidovits, & Joseph, 1991. Geopolymers. *Journal of thermal analysis*, 37(8), pp.1633–1656.
- Duxson, P. et al., 2007. Geopolymer technology: the current state of the art. *Journal of Materials Science*, 42(9), pp.2917–2933.
- Fansuri, H., Prasetyoko, D., Zhang, Z. & Zhang, D., 2012. The effect of sodium silicate and sodium hydroxide on the

- strength of aggregates made from coal fly ash using the geopolymerisation method. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 7(1), pp.73–79.
- Lyon, R.E. et al., 1997. Fire-resistant aluminosilicate composites. *Fire and Materials*, 21(2), pp.67–73.
- Saukani, M. & Febrianty, R., 2017. Analisa Komposisi Fasa Lempung Kalimantan Selatan Berdasarkan Data Difraksi Sinar X. *Jurnal Fisika FLUX*, 13(2), pp.117–120.
- Schneider, M., Romer, M., Tschudin, M. & Bolio, H., 2011. Sustainable cement production—present and future. *Cement and Concrete Research*, 41(7), pp.642–650.
- Timakul, P., Rattanaprasit, W. & Aungkavattana, P., 2016. Enhancement of compressive strength and thermal shock resistance of fly ash-based geopolymer composites. *Construction and Building Materials*, 121, pp.653–658.
- Vert, T., 2016. *Refractory Material Selection for Steelmaking*, John Wiley & Sons, Canada.