

PENGARUH KONSENTRASI GRAFENA OKSIDA DAN CURING TEMPERATURE PADA SINTESIS MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS LIMBAH PALM OIL FLY ASH (POFA)

Ahmad Ainun Najib¹⁾, Amun Amri²⁾, Monita Olivia³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia, ³⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil

Laboratorium Dasar Proses dan Operasi Pabrik
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
E-mail: ahmad.najib4505@student.unri.ac.id

ABSTRACT

This research aims to study the effects of graphene oxide addition and curing temperature toward the compressive strength of Palm Oil Fly Ash (POFA) based geopolymer. Matrixes were prepared by mixing treated palm oil fly ash and fine aggregate and continued by preparing alkali activator of 10 M sodium hydroxide and 33,3 mL sodium silicate also different concentration of graphene oxide (0 mg/mL, 1 mg/mL and 3 mg/mL) were mixed for 1 hour. Solid and liquid were mixed together with ratio 0,39 and placed them in geopolymer mortar mold (50 mm x 50 mm x 50 mm) which were cured at room temperature for 1 hour and heated them in oven for 24 hours at different temperature (40°C, 60°C and 80°C). The highest compressive strength was 11.4MPa yielded by adding 3mg/mL of graphene oxide at 80°C.

Keywords: *compressive strength, curing temperature, geopolymer, graphene oxide, palm oil fly ash*

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian yang telah mengarah pada pengembangan geopolimer dengan bahan baku abu terbang/fly ash (FA). Geopolimer sintesis polimer anorganik oleh alkali aktivator dengan mineral Si dan Al yang terdapat pada FA. Penggunaan geopolimer ini dapat mengurangi tingkat konsumsi semen portland biasa (OPC) dalam bidang industri konstruksi. OPC menghasilkan lebih banyak gas rumah kaca daripada geopolimer yang mana memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Sebaliknya, geopolimer menghasilkan lebih sedikit gas rumah kaca karena kandungan karbonat-nya yang rendah (Saafi dkk, 2015).

Geopolimer adalah sesuatu yang baru di bidang struktur material sintetis fly ash (FA). Keuntungan menggunakan bentuk geopolimer bila dibanding-kan dengan OPC adalah biaya yang lebih rendah, bahan yang

lebih baik (ketahanan suhu tinggi), ketahanan korosi unggul, kekuatan *gain rate* yang lebih tinggi, penyusutan lebih rendah dan ketahanan *freeze-thaw* (Saafi dkk, 2014). Namun, geopolimer diklasifikasikan sebagai keramik yang memiliki karakteristik rapuh sesuai dengan perilaku dari OPC, sehingga memiliki kekuatan lentur rendah dan *application oriented* ketika desain struktur berbasis keselamatan diterapkan (Zhu dkk, 2010).

Graphene oxide (GO) sebagai grafit teroksidasi, telah dianggap sebagai prekursor produksi berbahan dasar graphene berbiaya rendah (Zhang, 2010). Sifat mekanis yang sangat baik dan luas permukaan tinggi dari lembaran GO memberikan peningkatan sifat mekanis pada komposit geopolimer yang akan menguntungkan dalam aplikasinya (Du dan Cheng, 2012).

2. BAHAN DAN METODOLOGI

2.1 Bahan dan Alat

Bahan pembuatan geopolimer mortar terdiri atas *fly ash* kelapa sawit yang telah diolah (Lewat no.200 saringan dan dipanaskan dengan tungku 500°C selama 1,5 jam) (Johari dkk, 2012), agregat halus (Lulus 12 mesh saringan dan dipanaskan oleh oven 110°C) (Putri dkk, 2012), larutan aktivator alkali dan graphene oxide. Bahan yang digunakan dalam fabrikasi geopolimer adalah 48% berat *Palm Oil Fly Ash* (POFA) dari PT. Terera Riau, agregat halus 24% berat, 20% berat natrium silikat (Na_2SiO_3), 8 % berat natrium hidroksida (NaOH) 10 M dengan rasio *liquid per solid* adalah 0,39.

2.2 Pembuatan Komposit Geopolimer

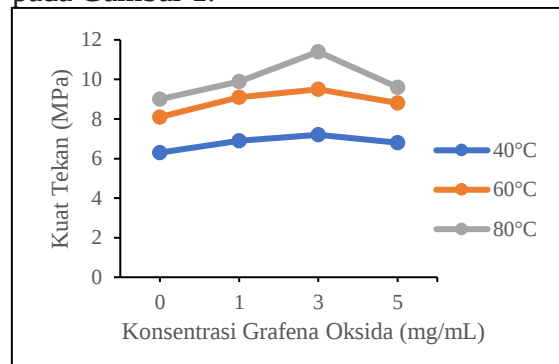
Pembuatan geopolimer diawali dengan mempersiapkan larutan alkali aktivator terlebih dahulu 1 hingga 3 jam sebelum pencampuran. Proses pencampuran mortar dilakukan secara manual dengan urutan pencampuran yaitu pengadukan abu sawit dan pasir kemudian dilanjutkan dengan penuangan larutan alkali aktivator. sodium hidroksida dilarutkan terlebih dahulu ke dalam air berdasarkan komposisi yang telah direncanakan dengan konsentrasi NaOH 10 M, kemudian sodium silikat dimasukkan ke dalam larutan sodium hidroksida dan air, kemudian larutan tersebut. Kemudian, campuran tersebut ditambahkan grafena oksida sesuai variasi konsentrasi yang direncanakan yaitu 0 mg/mL, 1 mg/mL, 3 mg/mL dan 5 mg/mL dan didiamkan selama 10 menit. Setelah itu larutan tersebut dicampur dengan abu sawit dan pasir, kemudian diaduk sampai merata hingga didapat *workability*. Setelah selesai dicampur material tersebut kemudian dimasukkan ke dalam cetakan logam yang berbentuk kubus dengan ukuran (50 x 50 x 50) mm. Material yang telah dimasukkan ke dalam cetakan kemudian didiamkan selama 60 menit sebelum dimasukkan ke dalam oven. Pada proses pemanasan dilakukan pada suhu yang bervariasi yaitu 40°C, 60°C dan 80°C. Setelah dipanaskan kemudian material didiamkan selama 7 hari kemudian

mortar geopolimer tersebut diuji kuat tekan dari mortar geopolimer serta analisa morfologi dan karakteristik bentuk dari geopolimer-grafena oksida.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Konsentrasi Grafena Oksida terhadap Kuat Tekan Komposit Geopolimer

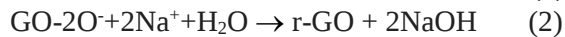
Konsentrasi yang berbeda dari grafena oksida yang ditambahkan dalam penelitian ini adalah 0 mg/mL, 1 mg/mL, 3 mg/mL dan 5 mg/mL. Variasi konsentrasi grafena oksida memberikan hasil yang berbeda terhadap kekuatan tekan geopolimer. Nilai kuat tekan untuk variasi penambahan grafena oksida selama 7 hari dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Grafena Oksida terhadap Kuat Tekan Komposit Geopolimer

Berdasarkan Gambar 1, kekuatan tekan geopolimer meningkat dengan meningkatnya konsentrasi grafena oksida (GO) yang ditambahkan hingga 3 mg/mL. Namun, pada konsentrasi GO 5 mg/mL, kekuatan tekan menurun bila dibandingkan dengan 1 dan 3 mg/mL GO. Penurunan nilai kuat tekan dipikirkan karena konsentrasi NaOH yang rendah dan efektivitas sonikator yang tidak cukup digunakan selama 1 jam, dimana semakin tinggi konsentrasinya, semakin banyak grafena oksida terdispersi yang perlu direduksi menjadi reduksi graphene. oksida (r-GO) dan membutuhkan waktu lebih lama untuk mengurangi dari konsentrasi 1 dan 3 mg/mL grafena oksida dengan kandungan NaOH yang sama. Pada GO 5 mg/mL masih ada gugus hidroksil yang tidak tereduksi

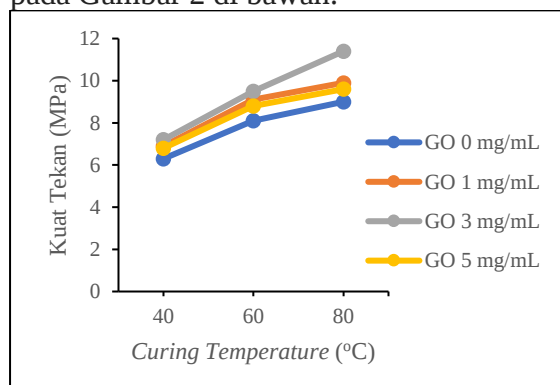
sempurna, yang mana menyebabkan geopolimer lebih memiliki sifat GO daripada sifat r-GO. Akibatnya, nilai kuat tekan menurun. GO reaksi kimia ke r-GO tersedia dalam Persamaan 1 dan 2 (Chen dkk, 2014), sebagai berikut.



Dalam reaksi kimia dari grafena oksida menjadi *reduce* grafena oksida (r-GO), NaOH berfungsi sebagai katalis untuk mereduksi grafena oksida. Reaksi dari grafena oksida dengan natrium hidroksida menghasilkan dua ion Na^+ dan H_2O . Kemudian ion Na^+ dan H_2O membentuk NaOH kembali dengan menarik satu atom oksigen dari lembaran graphene oxide yang disebabkan oleh polaritas ion Na^+ , yang menghasilkan satu gugus epoksi (GO-O) dalam graphene oksida. Hilangnya gugus hidroksil (OH) ke gugus epoxy (GO-O) dari graphene oksida disebut r-GO (Chen dkk, 2014).

3.2 Pengaruh dari *Curing Temperature* terhadap Kuat Tekan Komposit Geopolimer

Variasi suhu curing yang digunakan dalam penelitian ini adalah 40°C, 60°C dan 80°C. Suhu perawatan yang digunakan berbeda memberikan hasil yang bervariasi terhadap kekuatan tekan geopolimer. Nilai kuat tekan geopolimer terhadap suhu *curing* yang berbeda selama 7 hari dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah.



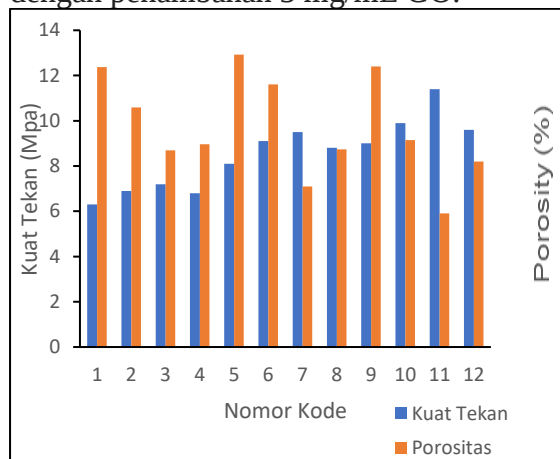
Gambar 2. Pengaruh *Curing Temperature* terhadap Kuat Tekan Komposit Geopolimer

Berdasarkan Gambar 2, nilai kuat tekan yang dihasilkan dalam rentang suhu antara 40-60 °C lebih meningkat secara signifikan dari pada kisaran suhu 60-80 °C. Dalam reaksi geopolimerisasi, kelembaban juga diperlukan, sehingga pada suhu pengovenan yang tinggi tidak mengalami peningkatan kuat tekan secara signifikan. Namun, secara umum, nilai kuat tekan dari komposit geopolimer akan meningkat ketika suhu oven meningkat. Hal ini terjadi karena reaksi geopolimerisasi yang melepaskan ikatan air sehingga kekuatan tekan dapat ditingkatkan. Hal ini konsisten dengan penelitian lain, dimana kekuatan tekan dari komposit geopolimer meningkat dengan meningkatnya suhu curing pada kisaran 20 - 60 °C (Mo dkk, 2014). Sementara itu, nilai kuat tekan dalam kisaran suhu perawatan 75 - 90 °C meningkatkan nilai kekuatan tekan dalam jumlah kecil (Vora dan Dave, 2013). Pada suhu 30 °C, reaksi berlangsung sangat lambat dengan tingkat adsorben natrium silikat rendah pada permukaan metakolin (tingkat disolusi metakolin rendah). Selain itu, pada 30 °C-50 °C tidak ada proses pelarutan dan pembentukan hidroksi dan oligomer secara efisien karena air yang terjebak di pori-pori dapat menghambat pembentukan gel dan jaringan geopolimer (Muniz dkk, 2011). Nilai kuat tekan pada suhu *curing* 80 °C adalah nilai kuat tekan tertinggi yang telah dihasilkan bila dibandingkan dengan suhu 40 dan 60 °C. Ini karena meningkatnya suhu oven mempercepat reaksi kimia geopolimer. Reaksi yang terjadi pada suhu kamar berjalan sangat lambat, sehingga penyediaan suhu di atas suhu kamar diperlukan untuk mempercepat reaksi kimia. Sementara, suhu 60 °C adalah suhu *curing* optimum dengan nilai kuat tekan tertinggi (Mo dkk, 2014). Namun, kekuatan tekan yang dihasilkan pada suhu 90 °C lebih tinggi bila dibandingkan dengan suhu 60 °C. Perlakuan suhu tinggi diperlukan untuk mempercepat reaksi polimerisasi dalam kondisi basa untuk membentuk ikatan Si-O-Al-O. Selain itu, kadar alumina yang rendah dalam *fly ash* kelapa sawit menjadi salah satu faktor yang

menyebabkan kurang reaktifnya *fly ash* kelapa sawit sehingga suhu *curing* yang lebih tinggi diperlukan untuk mempercepat reaksi kimia (Ariffin dkk, 2011).

3.3 Pengaruh Porositas terhadap Kuat Tekan Komposit Geopolimer

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa nilai porositas yang lebih rendah akan meningkatkan kekuatan tekan dari komposit geopolimer. Kuat tekan yang lebih tinggi dihasilkan oleh komposit geopolimer dengan penambahan 3 mg/mL GO.



Gambar 3. Nilai Porositas dan Kuat Tekan

Pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa ada sejumlah kode, dari 1 - 4 menyajikan komposit geopolimer dengan penambahan 3 mg/mL GO pada suhu 40 °C curing sementara 5 - 8 menyajikan komposit geopolimer dengan penambahan 3 mg/mL GO pada suhu pengeringan 60 °C dan 9 - 12 pada suhu 80 °C curing. Pada kode nomor 3, 7 dan 9, nilai porositas yang dihasilkan dalam komposit geopolimer yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan nomor-nomor kode lain sehingga meningkatkan nilai kuat tekan dari komposit geopolimer. Nilai porositas yang lebih rendah dalam matriks geopolimer menyebabkan semakin sedikitnya pori-pori yang dihasilkan sehingga strukturnya lebih padat. Kuat tekan optimum dihasilkan oleh komposit geopolimer dengan penambahan GO konsentrasi 3 mg/mL dan suhu *curing* 80 °C.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini yaitu dengan meningkatkan jumlah konsentrasi penambahan grafena

oksida dan suhu *curing* dapat meningkatkan nilai kuat tekan. Hasil terbaik sebesar 11,4 MPa dengan penambahan grafena oksida berkonsentrasi 3 mg/mL pada suhu *curing* 80°C sementara tanpa tambahan graphene oxide hanya 9 MPa. Penambahan graphene oxide menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan sebesar 1,27 kali.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing dan lainnya yang bersangkutan yang telah memberikan masukan dan arahan serta bantuan dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariffin, M., Hussin, M.W., and Bhutta, M.A.R. (2011). Mix Design and Compressive Strength of Geopolymer Concrete containing Blended Ash from Agro-Industrial Wastes. *Advance Materials Research* Vol. 339 452-457.
- Chen, C., Kong, W. Duan, H. dan Zhang, J. (2014). Theoretical Simulation of Reduction Mechanism of Graphene Oxide in Sodium Hydroxide Solution. *Phys. Chem. Chem Phys.* 16 12858-12864.
- Du, J. dan H.M. Cheng, (2012), The fabrication, properties and uses of graphene/polymer composites, *Macromol. Chem. Phys.* 213 (2012) 1060–1077.
- Johari, M.A.M., Zeyad, A.M., Bunnori, N.M., Ariffin, K.S. (2012), Engineering and transport properties of high-strength green concrete containing high volume of ultrafine palm oil fuel ash, *Construction and Building Materials* 30: 281-88.
- Mo, B., H. Zhu, C. Xue-min, H. Yan, G. Si-yu. (2014), Effect of Curing Temperatur on Geopolymerization of Metakolin-based Geopolymers, *Applied Clay Science*.
- Muniz – Villareal, M., S., Manazano-Ramirez, A., Sampieri – bulbarela, S., Ramon Gasca-Tirado, Reyes Araiza, J., L., Rubio – Avalos, J., C., Perez –

- Bueno, J., J., Apatiga, L., M., Zaldivar – Cadena, A. dan Amigo Borrás, V. (2011). The Effect of Temperature on The Geopolymerization Process of a Metakaolin Based Geopolymer. *Material Letters*.
- Putri, W. A. H., Monita, O., Lita, D., (2012). Karakteristik Mortar Geopolimer Abu Sawit dengan Variasi Modulus Aktivator. *Fakultas Teknik. Universitas Riau. Pekanbaru*.
- Saafi, M., L. Tang, J. Fung, M. Rahman, J. Liggat, (2015). Enhanced properties of Grafena/ fly ash geopolimeric composite cement, *Cement and Concrete Research*, 67 292-299.
- Saafi, M., L. Tang, J. Fung, M. Rahman, F. Sillars, J. Liggat, X. Zhou, (2014). Grafena/fly ash geopolimeric composites as self-sensing structural materials, *Smart Mater. Struct.* 23 065-006.
- Vora, P.R., U.V. Dave, (2013). Parametric Studies on Compressive Strength of Geopolymer Concrete, *Procedia Engineering*, 51 (2013) 210-219.
- Zhu, Y., S. Murali, W. Cai, X. Li, S.J. Won, J.R. Potts, R.S. Ruoff, (2010), Graphene and graphene oxide: synthesis, properties and applications, *Adv. Mater.* 22 (35) (2010) 3906–3924.
- Zhang, Y.J., Y.C Wang, D.L Xu, S. Li, (2010). Mechanical Performance and hydration Mechanism of Geopolymer Composite Reinforced by Resin, *Material Science and Engineering A*, 527 (2010) 6574-6580.